وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

دستورالعمل فنی

معرفی و کاربرد نرم‌افزار eWater Source در مدل‌سازی مدیریتی حوزه‌های آبخیز

نویسندگان:

احسان الوندی، محمودرضا طباطبایی، کاظم صابرچناری

شماره ثبت: ۶۹۱۸۹

۱۴۰۵

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

دستورالعمل فنی:

معرفی و کاربرد نرم‌افزار eWater Source در مدل‌سازی مدیریتی حوزه‌های آبخیز

نویسندگان:
احسان الوندی، محمودرضا طباطبایی، کاظم صابرچناری

شماره ثبت: ۶۹۱۸۹

۱۴۰۵

وزارت جهادکشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

عنوان: معرفی و کاربرد نرم‌افزار eWater Source در مدل‌سازی مدیریتی حوزه‌های آبخیز
نویسندگان: احسان الوندی، محمودرضا طباطبایی، کاظم صابرچناری
ویراستار ادبی: سعید نبی‌پی لشکریان
طراحی جلد و صفحه‌آرایی: عباس صدیق
ناشر: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
شمارگان: ۱۰ نسخه
تاریخ انتشار: بهار ۱۴۰۵
این اثر در مورخه **۱۴۰۵/۰۲/۰۷** با شماره **۶۹۱۸۹** در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است. حق چاپ محفوظ است. نقل مطلب، تصاویر، جداول، منحنی‌ها و نمودارها با ذکر ماخذ بلامانع است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ۱
۱- مقدمه ۲
۲- معرفی نرم‌افزار eWater Source ۴
۲-۱- دانلود و نصب ۶
۲-۲- قابلیت‌های نسخه عمومی ۶
۲-۳- کاربرد نرم‌افزار eWater Source در مدل‌سازی بارش رواناب حوزه آبخیز چهل‌چای استان گلستان ۷
۳- مفاهیم بنیادی ۱۶
۳-۱- اجزای موتور شبیه‌سازی eWater Source ۱۷
۳-۲- جریان کار مدل‌سازی ۱۹
۳-۲-۱- ساخت مدل ۱۹
۳-۲-۲- مراحل کلی ساخت مدل ۱۹
۳-۳- افزونه‌ها و مدل‌های اجزایی ۲۰
۳-۳-۱- افزونه‌ها ۲۰
۳-۳-۲- مدل‌های اجزایی ۲۰
۳-۴- موازنه جرم ۲۱
۳-۵- واحدها ۲۱
۴- نمایش سامانه‌ها در eWater Source ۲۲
۴-۱- سامانه مدل‌سازی Node-Link ۲۳
۴-۲- جریان، مواد و ساختار حوضه‌ها در eWater Source ۲۵
۴-۲-۱- جریان ۲۵
۴-۲-۲- مواد محلول/ آلاینده‌ها ۲۶
۴-۲-۳- حوضه‌ها و زیرحوضه‌ها ۲۶
۴-۳- واحدهای عملکردی ۲۶
۴-۳-۱- نکاتی درباره واحدهای عملکردی ۲۷
۴-۳-۲- سه فرآیند اصلی در هر واحد عملکردی ۲۷
۴-۳-۳- انتخاب مدل‌ها برای هر واحد عملکردی ۲۸
۴-۳-۴- تجمیع خروجی‌ها ۲۸
۳- پروژه‌ها و سناریوها در eWater Source ۲۹
۳-۱- پروژه‌ها ۳۰

۳-۱-۱- ایجاد یک پروژه جدید ۳۰
۳-۱-۲- ذخیره‌سازی پروژه ۳۱
۳-۱-۳- بستن یک پروژه باز ۳۱
۳-۱-۴- بازکردن یک پروژه موجود ۳۲
۳-۱-۵- کپی‌کردن پروژه‌ها ۳۲
۳-۲- سناریوها ۳۳
۳-۲-۱- درباره انواع سناریو ۳۳
۳-۲-۲- مدیریت سناریو ۳۴
۳-۲-۳- ایجاد یک سناریو ۳۴
۳-۲-۴- بازکردن یک سناریو ۳۵
۳-۲-۵- کپی‌کردن یک سناریو ۳۶
۳-۲-۶- تغییر نام یک سناریو ۳۶
۳-۲-۷- پیونددادن سناریوها ۳۷
۳-۳- گزارش حسابرسی ۳۷
۴- نودها و لینک‌ها ۴۰
۴-۱- درباره نودها ۴۰
۴-۱-۱- استفاده از نودها در eWater Source ۴۲
۴-۱-۲- افزودن نود به یک مدل ۴۲
۴-۲- درباره لینک‌ها ۴۲
۴-۲-۱- استفاده از لینک‌ها در eWater Source ۴۴
۴-۲-۲- افزودن لینک‌ها به یک مدل ۴۴
۴-۲-۳- کشیدن لینک‌ها ۴۶
۴-۲-۴- ارتفاع لینک ۴۶
۴-۳- کار با نودها و لینک‌ها ۴۶
۴-۳-۱- اتصالات نودها ۴۷
۴-۳-۲- تغییرنام نودها و لینک‌ها ۴۷
۴-۳-۳- جستجوی نودها و لینک‌ها ۴۸
۴-۳-۴-کپی و چسباندن ۴۹
۴-۳-۵- حذف نودها و لینک‌ها ۵۰
۴-۳-۶- افزودن یک نود بدون حذف لینک ۵۱
۴-۳-۷- گزینه‌ها هنگام افزودن یک نود به لینک بدون حذف آن ۵۱
"بالادست: لینک اصلی/ پایین‌دست: لینک پیش‌فرض جدید" ۵۲
گزینه «بالادست: لینک پیش‌فرض جدید/ پایین‌دست: لینک اصلی" ۵۴

گزینه «هر دو جریان: لینک‌های جدید با ویژگی‌های لینک اصلی" ۵۴
گزینه «هر دو جریان: لینک‌های پیش‌فرض جدید" ۵۵
۴-۳-۸- افزودن یادداشت به نودها و لینک‌ها ۵۶
۵- کیفیت آب ۵۷
۶- فازهای شبیه‌سازی مدل ۵۸
۶-۱- جزئیات فازهای شبیه‌سازی ۵۹
۶-۲- فاز جریان ۶۱
۶-۳- فاز ارزیابی منابع ۶۲
۶-۴- جزئیات فاز افزونه‌ها ۶۳
۷- صفحه اصلی ۶۴
۷-۱- نوارهای ابزار ۶۵
۷-۲- خروج از نرم‌افزار ۶۶
۷-۳- پروژه‌ها و سناریوها ۶۷
۷-۳-۱- ذخیره‌سازی پروژه ۶۷
۷-۴- ویرایشگرها ۶۷
۷-۵- اجزای اصلی صفحه ۶۸
۷-۵-۱- کاوشگر پروژه ۶۸
۷-۵-۲- سلسله‌مراتب پروژه ۶۹
۷-۵-۳- پارامترهای مدل ۷۰
۷-۵-۴- منابع داده ۷۱
۷-۵-۵- مدیریت توابع ۷۱
۷-۵-۶- فهرست گره‌ها ۷۱
۷-۵-۷- مدیریت لایه‌ها ۷۲
۷-۵-۸- مدیر ثبت داده‌ها ۷۲
۷-۵-۹- گزارش خطاها ۷۲
۷-۵-۱۰- نمودار نتایج ۷۳
۷-۶- کار با پنجره eWater Source ۷۳
۷-۶-۱- ویرایشگر ویژگی‌ها ۷۳
۷-۶-۲- یادداشت‌ها ۷۶
۷-۶-۳- ویرایشگرهای خطی قطعه‌ای ۷۸
۷-۶-۴- کار با انتخاب‌گر تاریخ ۸۰
۷-۶-۵- پنجره‌های قابل جداسازی ۸۲
۷-۶-۶- کلیدهای میانبر ۸۳

نتیجه‌گیری ۸۵
منابع مورد استفاده: ۸۷
Abstract ۹۰

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱- مدل رقومی ارتفاعی آبخیز چهل‌چای (متر) ۸
شکل ۲- نقشه کاربری اراضی آبخیز چهل‌چای ۹
شکل ۳- موقعیت آبخیز چهل‌چای در محیط eWater Source ۱۰
شکل ۴- مراحل واسنجی در محیط نرم‌افزار eWater Source ۱۱
شکل ۵- مقایسه گرافیکی دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده روزانه دوره واسنجی با استفاده از مدل IHACRES (تیموری و الوندی، ۲۰۲۱) ۱۳
شکل ۶- مقایسه گرافیکی دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده روزانه دوره اعتبارسنجی با استفاده از مدل IHACRES (تیموری و الوندی، ۲۰۲۱) ۱۳
شکل ۷- مقایسه گرافیکی دبی مشاهداتی و شبیهسازی‌شده روزانه دوره واسنجی با استفاده از مدل GR4J ۱۵
شکل۸- مقایسه گرافیکی دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده روزانه دوره اعتبارسنجی با استفاده از مدل GR4J (تیموری و الوندی، ۲۰۲۱) ۱۵
شکل ۹- اجزای مدل‌سازی حوزه آبخیز در محیط نرم‌افزار eWater Source ۲۳
شکل ۱۰- شبکه‌های گره-پیوند و زیرحوضه‌ها ((eWater Ltd. (n.d.)) ۲۳
شکل ۱۱- مدل شماتیک گره - لینک در محیط eWater Source ۲۵
شکل ۱۲- واحدهای عملکردی فعال در یک زیرحوضه ((eWater Ltd. (n.d.)) ۲۷
شکل ۱۳- پروژه‌ها و سناریوها ۲۹
شکل ۱۴- پنجره ایجاد پروژه جدید ((eWater Ltd. (n.d.)) ۳۰
شکل ۱۵- بستن پروژه ۳۱
شکل ۱۶- بازکردن پروژه ۳۲
شکل ۱۷- بازکردن پروژه – خطا ۳۵
شکل ۱۸-کپی‌کردن سناریو ۳۶
شکل ۱۹- پیام ثبت تغییرات در گزارش حسابرسی ((eWater Ltd. (n.d.)) ۳۸

شکل ۲۰- نمایشگر گزارش حسابرسی ((eWater Ltd. (n.d.) ۳۸
شکل ۲۱- گزینه‌های پروژه – تنظیمات گزارش حسابرسی ((eWater Ltd. (n.d.) ۳۹
شکل ۲۲- آیکون‌های نود دریeWater Source ۴۱
شکل ۲۳- اصطلاحات مربوط به اتصالات نود ((eWater Ltd. (n.d.) ۴۵
شکل ۲۴- لینک افقی ((eWater Ltd. (n.d.) ۴۵
شکل ۲۵- تغییرنام یک نود یا لینک..... ۴۸
شکل ۲۶- پنل جستجو (Find Panel) ۴۹
شکل ۲۷- افزودن یک نود جدید بین دو نود بدون حذف لینک ((eWater Ltd. (n.d.)..... ۵۲
شکل ۲۸- افزودن نود جدید با گزینه "بالادست: لینک اصلی، پایین‌دست: لینک پیش‌فرض جدید" ۵۳
شکل ۲۹- افزودن نود جدید با گزینه "بالادست: لینک پیش‌فرض جدید، پایین‌دست: لینک اصلی" ۵۴
شکل ۳۰- افزودن نود جدید با گزینه "هر دو جریان: لینک‌های جدید با ویژگی‌های لینک اصلی"..... ۵۵
شکل ۳۱- افزودن نود جدید با گزینه "هر دو جریان: لینک‌های پیش‌فرض جدید" ((eWater Ltd. (n.d.)
..... ۵۶
شکل ۳۲- نود ورودی جریان – افزودن یا ویرایش یادداشت ((eWater Ltd. (n.d.)..... ۵۷
شکل۳۳- فازهای شبیه‌سازی مدل ((eWater Ltd. (n.d.) ۵۹
شکل ۳۴- واسط کاربر گرافیکی برای eWater Source ((eWater Ltd. (n.d.) ۶۵
شکل ۳۵- کاوشگر پروژه ((eWater Ltd. (n.d.) ۶۹
شکل ۳۶- گزینه‌های منو نوع نمایش ((eWater Ltd. (n.d.)..... ۷۰
شکل ۳۷- مدیر لایه ۷۲
شکل ۳۸- ویرایشگر ویژگی (کنترل‌های رایج) ((eWater Ltd. (n.d.) ۷۴
شکل ۳۹-گره ورودی (قابلیت جستجو) ((eWater Ltd. (n.d.)..... ۷۵
شکل ۴۰-یادداشت‌ها، مرور کلی ۷۶
شکل ۴۱- یادداشت‌ها، خلاصه ((eWater Ltd. (n.d.) ۷۷
شکل ۴۲- ویرایشگر شماتیک، یادداشت‌ها ((eWater Ltd. (n.d.)..... ۷۸
شکل ۴۳- انتخابگر تاریخ..... ۸۱
شکل ۴۴- شناسایی پنجره‌های فعال ((eWater Ltd. (n.d.) ۸۳

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱- مقادیر معیارهای کارایی مدل‌های GR4J و IHACRES در eWater Source در دوره واسنجی و اعتبارسنجی ۱۶
جدول ۲- انواع لینک‌ها در eWater Source ۴۳
جدول ۳- لیست کلیدهای میانبر برای رابط اصلی..... ۸۴

چکیده

این دستورالعمل با هدف معرفی، بررسی و تحلیل قابلیت‌های نرم‌افزار eWater Source در زمینه مدل‌سازی مدیریتی حوزه‌های آبخیز تهیه شده است. نرم‌افزار eWater Source یک ابزار جامع مدل‌سازی برای مدیریت و تحلیل سامانه‌های منابع آب در مقیاس حوزه آبخیز و رودخانه است. این نرم‌افزار با ساختار انعطاف‌پذیر خود، امکان انتخاب سطح پیچیدگی مدل متناسب با اهداف مطالعاتی، داده‌های دردسترس و شرایط منطقه‌ای را فراهم می‌کند. eWater Source قابلیت شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی، انتقال آب و آلاینده‌ها و ارزیابی تأثیرات تغییرات اقلیمی، کاربری اراضی و سناریوهای مدیریتی را داراست. این نرم‌افزار از طریق ترکیب داده‌های تجربی، دانش محلی و مدل‌های علمی، بستری برای تصمیم‌گیری نظام‌مند و مبتنی بر تحلیل‌های کمی فراهم می‌آورد. از کاربردهای اصلی آن می‌توان به مدل‌سازی رواناب، تخصیص آب، ارزیابی کیفیت منابع آبی و تحلیل اثرات مدیریتی اشاره کرد. با وجود محدودیت‌هایی در مدل‌سازی دقیق هیدرولیکی و بوم‌شناسی، eWater Source ابزاری قدرتمند در پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی پایدار منابع آب محسوب می‌شود و نقش مؤثری در ارتقای کارایی و پایداری سامانه‌های آبی ایفا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی حوزه آبخیز، مدیریت جامع حوزه آبخیز، نرم‌افزار eWater Source.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، محیط‌های مدل‌سازی متعددی برای مدیریت منابع طبیعی و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز توسعه یافته‌اند. برای دستیابی به مدیریت مؤثر حوزه‌های آبخیز، وجود یک محیط مدل‌سازی یکپارچه ضروری است؛ محیطی که بتواند تمامی شرایط فیزیکی، هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و مدیریتی موجود در یک حوزه آبخیز را شبیه‌سازی و تحلیل کند. در این گزارش، به معرفی و بررسی نرم‌افزار eWater Source و نقش آن در مدل‌سازی مدیریتی حوزه‌های آبخیز پرداخته می‌شود. این نرم‌افزار یکی از ابزارهای نوین در زمینه مدیریت جامع منابع آب است که امکان شبیه‌سازی سناریوهای مختلف بهره‌برداری، تخصیص و حفاظت از منابع آب را در مقیاس‌های گوناگون فراهم می‌کند.

استفاده از نرم‌افزار eWater Source برای مدل‌سازی حوزه آبخیز در زمینه‌های مختلف مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است (Rassam و همکاران ۲۰۱۳؛ Hughes و همکاران ۲۰۱۴ ؛ Black و همکاران ۲۰۱۴). همچنین Dutta و همکاران (۲۰۱۳) از ابزار جدید مدل‌سازی سامانه رودخانه Source، برای مدیریت عملیاتی پایدار منابع آب در حوضه رودخانه گولبورن استرالیا استفاده کردند. نتایج نشان داد این مدل نتایج قابل قبولی ارائه داده است و به ورودی‌های کمتری نسبت به دیگر مدل‌ها نیاز دارد. همچنین نرم‌افزار مدل‌سازی Source شرایطی را فراهم کرده است که می‌توان از طریق آن انواع مختلف مدل‌های پیش‌بینی را مورد استفاده قرار داد. Welsh و همکاران (۲۰۱۳) نیز از چارچوب یکپارچه مدل‌سازی Source، برای مدیریت سامانه رودخانه نامویی استرالیا استفاده کردند. نتایج نشان داد این نرم‌افزار یک محیط مدل‌سازی یکپارچه است که شامل الگوریتم‌ها و رویکردهایی است که امکان پیش‌بینی اجزای مختلف جریان آب از منابع حوزه آبخیز تا خروجی رودخانه را فراهم می‌کند و به‌عنوان یک ابزار یکپارچه برای مدل‌سازی حوزه‌های آبخیز پیشنهاد می‌شود. Zafari و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهش به مدل‌سازی هیدرولوژیکی در مقیاس حوزه آبخیز برای بررسی اثرات تغییرات اقلیمی و تغییر کاربری اراضی بر جریان رودخانه در حوضه Painkalac در ایالت ویکتوریا استرالیا می‌پردازند. برای این منظور از نرم‌افزار eWater Source استفاده شده و عملکرد سه مدل مفهومی بارش–رواناب شامل AWBM، Sacramento و GR4J با یکدیگر مقایسه شده است. ورودی‌های اصلی مدل‌ها شامل

داده‌های بارش روزانه، تبخیر–تعرق بالقوه و جریان مشاهده‌شده رودخانه بوده است. داده‌های جریان به دو بخش تقسیم شدند؛ دوسوم برای واسنجی و یک‌سوم برای اعتبارسنجی مدل‌ها. ارزیابی عملکرد مدل‌ها با استفاده از شاخص‌های آماری مختلف ازجمله ضریب کارایی نش–ساتکلیف (NSE) ، میانگین، انحراف معیار و نسخه لگاریتمی NSE انجام شده است. نتایج نشان داد که مدل GR4J از نظر دقت پیش‌بینی و کارایی محاسباتی، عملکرد بهتری نسبت به دو مدل دیگر در این حوضه دارد. بنابراین، این مدل برای بررسی سناریوهای آینده انتخاب شد. در مجموع، این مطالعه نشان می‌دهد که انتخاب مدل مناسب نقش مهمی در ارزیابی اثرات تغییرات آینده دارد و هر دو عامل تغییر اقلیم و تغییر کاربری اراضی می‌توانند به‌طور چشمگیری منابع آب سطحی را کاهش دهند. Raut و همکاران (۲۰۲۴) تهیه و کاربرد منحنی‌های افت ذخیره سدها برای برنامه‌ریزی بهره‌برداری در شرایط خشکسالی را مورد مطالعه قرار دادند. تاب‌آوری یک سامانه رودخانه‌ای با توانایی آن در حفظ سطح ذخایر آب در شرایط بحرانی خشکسالی و در عین حال تأمین نیازهای ضروری سنجیده می‌شود. در این پژوهش از مدل‌های eWater Source استفاده شده و با داده‌های جدید مدل اعتبارسنجی شد. تمرکز اصلی مطالعه بر بررسی افت ذخیره سد کوپتون در حوضه گوی‌دیر است. دوره کم‌بارش سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵ به‌عنوان بدترین سناریوی تاریخی خشکسالی در نظر گرفته شده است. سناریوهای مختلفی مانند حداقل یا صفر بودن ورودی آب، کاهش سهمیه‌های مصرف، کاهش نیازهای ضروری، تغییر در ذخیره اضطراری، رهاسازی‌های بلوکی برای کاهش تلفات، بستن بخش‌هایی از رودخانه با تلفات بالا و گزینه‌های زیرساختی بررسی شده‌اند. در نهایت، مطالعه نشان می‌دهد که منحنی‌های افت ذخیره ابزار مؤثری برای برنامه‌ریزی بهره‌برداری سدها و تصمیم‌گیری در مدیریت خشکسالی هستند. Snigdha و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای به مدیریت تأمین آب شهری در شرایط عدم قطعیت‌های آینده در شهر بنگلور هند پرداختند. در این پژوهش، از مدل یکپارچه eWater Source استفاده شده که می‌تواند منابع مختلفی مانند آب رودخانه، آب زیرزمینی، رواناب بارندگی، آب باران جمع‌آوری‌شده از بام‌ها و فاضلاب تصفیه‌شده را برای تأمین نیازهای آینده ترکیب کند. با این حال، ترکیب این منابع می‌تواند باعث ایجاد بده‌بستان‌هایی میان هزینه کل سامانه و مصرف انرژی شود. یافته‌ها نشان می‌دهد که راهکارهای کم‌هزینه معمولاً مصرف انرژی بالاتری دارند، زیرا

تمرکز آن‌ها بر کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری زیرساختی است. در نتیجه، هزینه‌های سرمایه‌ای عامل اصلی هزینه کل و مصرف انرژی عملیاتی عامل اصلی مصرف انرژی در سامانه آب شهری بنگلور هستند. همچنین مشخص شد که آب باران جمع‌آوری‌شده و فاضلاب تصفیه‌شده می‌توانند به‌ترتیب منابعی کم‌هزینه، کم‌انرژی و قابل‌اعتماد برای مصارف شرب و غیرشرب باشند. به‌ویژه استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای مصارف غیرشرب، علاوه بر تأمین آب، به کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی بر دره‌ها و دریاچه‌های بنگلور نیز کمک می‌کند. Bhusal و همکاران (۲۰۲۵)، طی مطالعه‌ای به بررسی اثر جداگانه و هم‌زمان تغییر کاربری اراضی و تغییرات اقلیمی آینده بر رواناب سطحی و جریان رودخانه پرداختند. برای این منظور، از پیش‌بینی‌های اقلیمی آینده تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شده و داده‌های اقلیمی سالانه و فصلی پس از ریزمقیاس‌سازی، در مدل بارش–رواناب Sacramento در محیط eWater Source به‌کار رفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که تغییر کاربری اراضی به‌طور قابل‌توجهی باعث افزایش رواناب شهری و دبی رودخانه می‌شود. در مجموع، نتایج نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی بیشتر الگوی زمانی جریان رودخانه را تغییر می‌دهد، در حالی که تغییر کاربری اراضی عمدتاً بر حجم جریان و رواناب اثرگذار است. این مطالعه بر نقش مهم تغییر کاربری اراضی و ضرورت استفاده از داده‌های اقلیمی با تفکیک زمانی مختلف (به‌ویژه فصلی) در مدل‌سازی هیدرولوژیکی تأکید می‌کند.

۲- معرفی نرم‌افزار eWater Source

eWater Source یک نرم‌افزار است، که هم برای مدل‌سازی حوزه آبخیز و هم برای مدل‌سازی رودخانه‌ها استفاده می‌شود. این نرم‌افزار یک ساختار انعطاف‌پذیر دارد که به کاربر امکان می‌دهد سطح پیچیدگی مدل را متناسب با مسأله موردنظر و محدودیت‌هایی مثل داده‌ها و دانش موجود انتخاب کنید. بنابراین کاربران می‌توانید مدل‌ها را با انتخاب و اتصال بخش‌های مختلف از میان گزینه‌های موجود بسازند. نرم‌افزار eWater Source برای مدیران، پژوهشگران، مدل‌سازان و مشاورانی طراحی شده که می‌خواهند مدل‌های شبیه‌سازی رایانه‌ای از رودخانه‌ها و حوزه‌های آبخیز بسازند. این نرم‌افزار به درک بهتر رفتار رودخانه یا حوزه آبخیز کمک می‌کند؛ همچنین باعث تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تری می‌شود.

نرم‌افزار eWater Source با هدف پشتیبانی از ساخت و اجرای مدل‌های رودخانه‌ای طراحی شده است؛ مدل‌هایی که رفتار رودخانه و سامانه‌های منابع آب را شبیه‌سازی می‌کنند. این نرم‌افزار امکان تحلیل منابع آب را در بازه‌های زمانی کوتاه، مانند چند روز، تا بلندمدت، مانند چند سال، فراهم می‌آورد و به کاربران اجازه می‌دهد تأثیر تغییرات آینده بر پارامترهای مهم منابع آب را بررسی کنند. همچنین، eWater Source قابلیت مدل‌سازی انتقال آب و آلاینده‌ها را دارد، که برای ارزیابی اثرات مختلف بر کیفیت و کمیت آب ضروری است.

در این نرم‌افزار می‌توان سناریوهای متنوعی ایجاد کرد؛ ازجمله سناریوهای برنامه‌ریزی حوزه آبخیز، سناریوهای بهره‌برداری رودخانه برای مدیریت روزانه عملیات و سناریوهایی که بر کیفیت آب، ازجمله شوری و سایر مواد محلول، تمرکز دارند. این امکانات، eWater Source را به ابزاری قدرتمند برای مدیریت جامع منابع آب تبدیل می‌کند.

نرم‌افزار eWater Source کاربردهای متنوعی در مدیریت منابع آب دارد. ازجمله این کاربردها می‌توان به ساخت مدل‌های شبیه‌سازی سامانه رودخانه، تخصیص حجم‌های آب در مسیر رودخانه، و بررسی رفتار مواد مغذی و آلاینده‌ها شامل تولید، انتقال، تغییر شکل و سرنوشت آن‌ها اشاره کرد. همچنین این نرم‌افزار برای ارزیابی اثرات مداخلات مدیریتی به‌منظور بهبود کیفیت آب و کاهش ورود آلاینده‌ها به منابع پذیرنده مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً مدل‌های eWater Source در بازه‌های زمانی طولانی، مانند شبیه‌سازی ۱۰۰ ساله، و با گام‌های زمانی ماهانه یا روزانه اجرا می‌شوند. با این حال، بسته به نوع مسأله و هدف مطالعه، می‌توان از بازه‌ها و گام‌های زمانی متفاوت نیز استفاده کرد.

نرم‌افزار eWater Source محدودیت‌هایی نیز دارد. این نرم‌افزار بر پایه یک چارچوب مفهومی خاص ساخته شده است که ممکن است برای همه مسائل مناسب نباشد. مدل‌ها از اجزای مختلف تشکیل می‌شوند و کاربر باید اجزای مناسب را برای مسأله مورد نظر انتخاب کند. علاوه‌براین، برای ساخت مدل‌های قابل‌اعتماد، داده‌های کافی برای اعتبارسنجی و واسنجی لازم است. لازم به ذکر است که eWater Source برای مدل‌سازی دقیق هیدرولیکی یا بوم‌شناسی مناسب نیست.

این نرم‌افزار در ابتدا با نام E2 Modelling Framework معرفی شد. این نسخه اولیه شامل ابزارهای انتخاب مدل، تحلیل و سناریوسازی بود. سپس به دو شاخه WaterCAST و Source Rivers تقسیم شد. در نهایت در سال ۲۰۱۱، این دو شاخه دوباره ادغام شدند و نرم‌افزار eWater Source شکل گرفت.

۲-۱- دانلود و نصب

چندین نسخه از نرم‌افزار eWater Source وجود دارد که همه آن‌ها از طریق eWater Toolkit به آدرس toolkit.net.au قابل‌دریافت هستند. نسخه عمومی (Public version) این نرم‌افزار رایگان است و دردسترس همه قرار دارد، تنها کافی است یک حساب رایگان در Toolkit ایجاد شود. سایر نسخه‌ها، مانند نسخه بتا یا نسخه کامل، تنها تحت شرایط خاص و با داشتن مجوز (License) قابل‌دسترس هستند.

فرآیند دانلود و نصب eWater Source ساده است. ابتدا به سایت eWater Toolkit به آدرس http://toolkit.net.au مراجعه کنید، سپس نسخه موردنظر خود، مانند نسخه عمومی، را دانلود کرده و مراحل نصب را اجرا کنید. برای اجرای نرم‌افزار eWater Source پس از نصب، می‌توانید از منوی Start ویندوز وارد مسیر زیر شوید:

Start » All Programs » eWater Source n.n.n » Source

همچنین در پوشه eWater Source، میانبرهایی به مستندات آنلاین، مانند راهنمای کاربر و نسخه مستقل Results Manager نیز موجود است که می‌توانند در استفاده و مدیریت نتایج به شما کمک کنند.

۲-۲- قابلیت‌های نسخه عمومی

در نسخه عمومی eWater Source، همانند نسخه کامل آن، امکانات متعددی در اختیار کاربر قرار دارد. در این نسخه می‌توان یک سناریوی حوزه آبخیز[1] ایجاد و اجرا کرد و همچنین سناریوهای بهره‌برداری رودخانه[2] را توسعه داد. علاوه‌براین، امکان واردکردن داده‌ها با استفاده از ابزارهایی مانند Function Manager یا Climate

[1] Catchments scenario
[2] River Operator scenarios

Data Import فراهم است. نسخه عمومی همچنین از ابزارهای تحلیلی و افزونه‌ها[1] پشتیبانی می‌کند و کاربر می‌تواند اجرا و تحلیل نتایج را از طریق رابط کاربری (UI) انجام دهد.

با این حال، نسخه عمومی دارای محدودیت‌هایی نیز هست. ازجمله اینکه تعداد گره‌ها[2] به بیشینه ۲۰ گره محدود می‌شود. همچنین تنها نسخه‌های ساده‌ای از Function Editor و Calibration Tool در دسترس هستند. هرچند افزونه‌ها پشتیبانی می‌شوند، اما باید آن‌ها را به‌صورت جداگانه از Plugin Store دریافت کرد. برخی ابزارهای مدیریت سناریو مانند Import/Copy Scenario یا Scenario Diff Tool در این نسخه وجود ندارند. همچنین ابزارهای ویرایشی مانند Feature Table و Tabular Editor نیز در دسترس نیستند. در این نسخه User Logs قابل استفاده است، اما ابزار Log Reporter ارائه نشده است. افزون بر این، مدل‌های پیشرفته‌ای همچون NetLP optimisation، مدل جریان آب زیرزمینی GN1D و مدل‌های مرتبط با کیفیت آب شامل تولید، فیلتر، انتقال و ذخیره‌سازی مواد محلول در نسخه عمومی قابل‌استفاده نیستند.

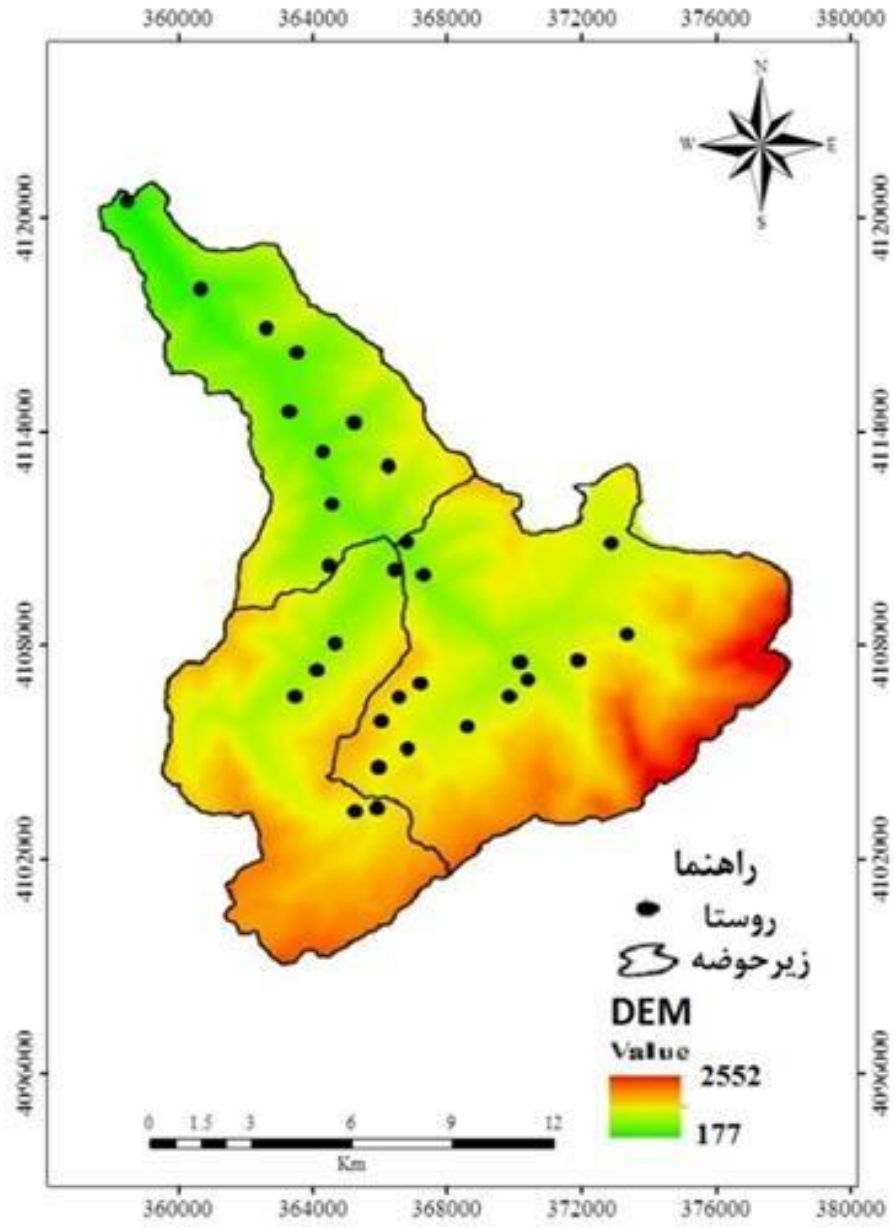
۲-۳- کاربرد نرم‌افزار eWater Source در مدل‌سازی بارش رواناب حوزه آبخیز چهل‌چای استان گلستان

آبخیز چهل‌چای استان گلستان از حوضه‌های مهم و در عین حال بحرانی از نظر تغییر کاربری، فرسایش و سیل‌خیزی در استان گلستان به‌شمار می‌رود. آبخیز چهل‌چای در شرق استان گلستان بر دامنه‌های شمالی البرز شرقی قرار دارد، از نظر جغرافیایی بین ˚۵۹ ´۳۶ تا ˚۱۳ ´۳۷ عرض شمالی و ˚۲۳ ´۵۵ تا ˚۳۸ ´۵۵ طول شرقی واقع شده است. این آبخیز دارای مساحتی حدود ۲۵۶ کیلومترمربع است. کاربری عمده آن جنگل (۵۹ درصد) و زراعت (۳۹ درصد) است.

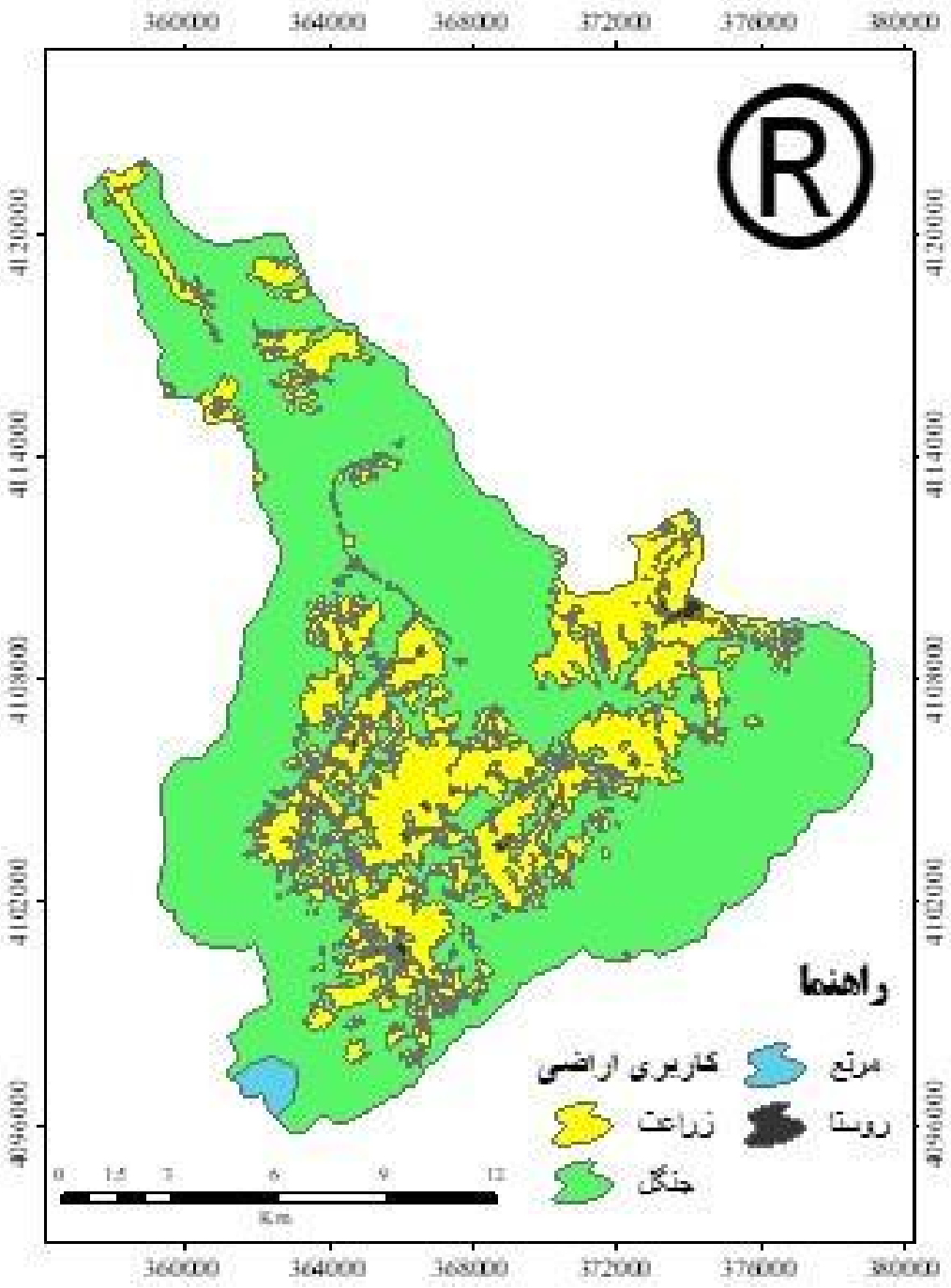
در این تحقیق برای مدل‌سازی بارش- رواناب آبخیز چهل‌چای استان گلستان از محیط نرم‌افزار eWater Source استفاده شد. به‌منظور مدل‌سازی بارش-رواناب آبخیز چهل‌چای، ابتدا موقعیت جغرافیایی آبخیز با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) با قدرت تفکیک ۳۰ متر (شکل ۱)، موقعیت زیرحوضه‌ها، موقعیت ایستگاه‌ها (لزوره)، موقعیت خروجی آبخیز، واحدهای عملیاتی (براساس نقشه کاربری اراضی (شکل ۲) و شبکه

[1] Plugins
[2] Nodes

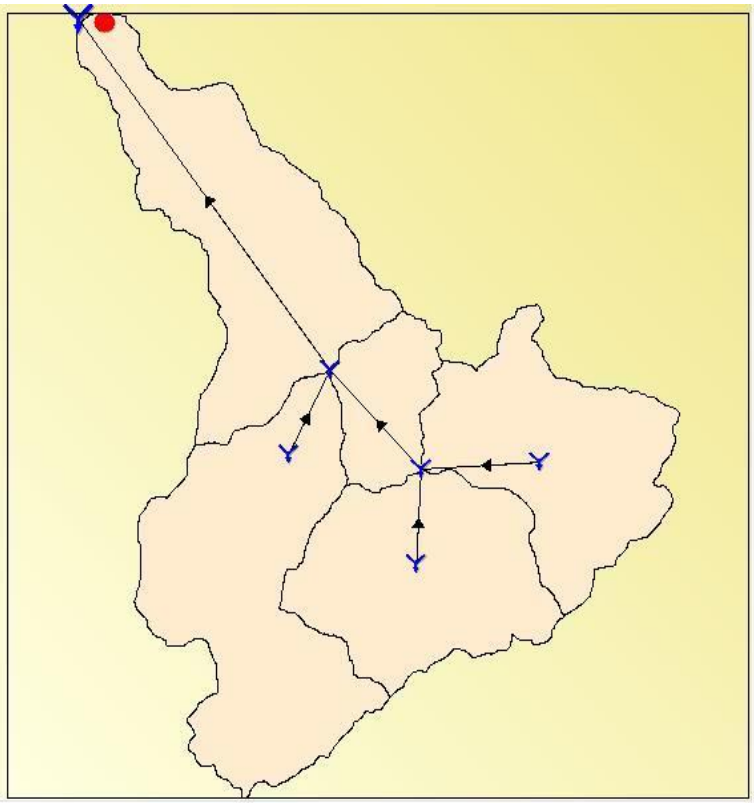
آبراهه آبخیز و محل‌های تلاقی جریان در محیط eWater Source شبیه‌سازی شد (شکل ۳). شایان ذکر است به‌منظور تهیه نقشه مدل رقومی ارتفاعی از نقشه ۱/۵۰۰۰۰ توپوگرافی سازمان جغرافیایی ارتش استفاده شده است (تیموری و الوندی، ۲۰۲۱).



شکل ۱- مدل رقومی ارتفاعی آبخیز چهل‌چای (متر)



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی آبخیز چهل‌چای



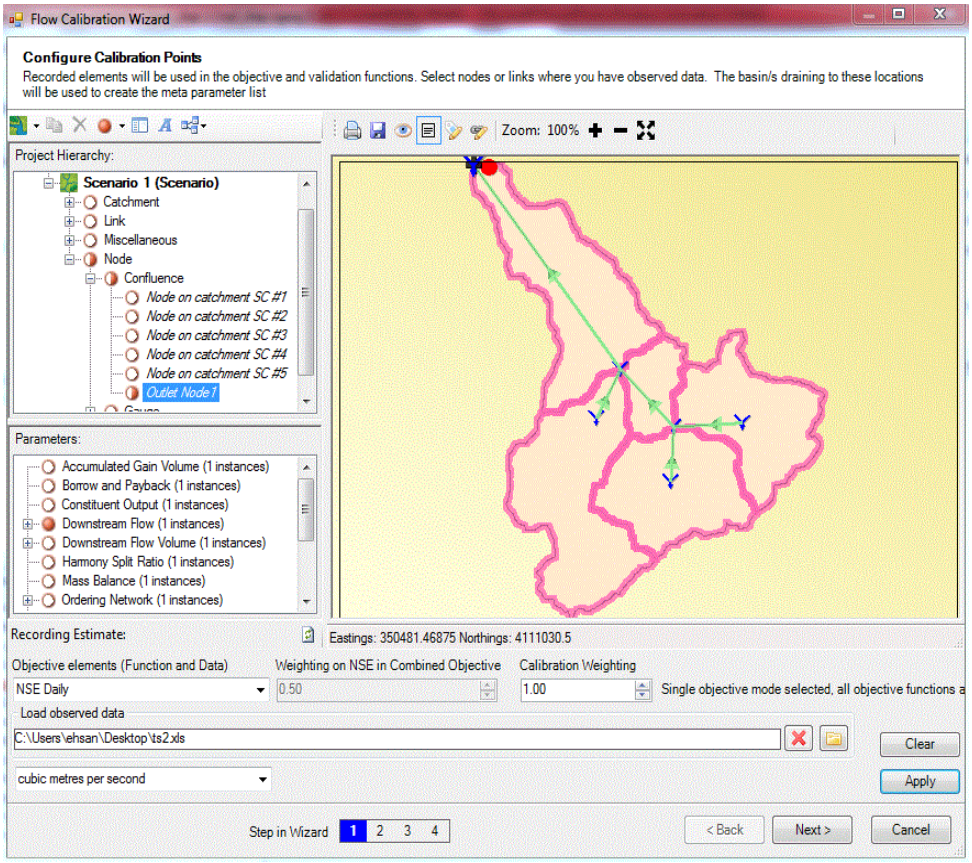
شکل ۳- موقعیت آبخیز چهل‌چای در محیط eWater Source

پس از معرفی موقعیت آبخیز، محل تلاقی زیرحوضه‌ها، موقعیت خروجی آبخیز و موقعیت ایستگاه هیدرومتری به‌منظور مدل‌سازی بارش- رواناب از مدل‌های GR4J و IHACRES در محیط eWater Source استفاده شد. در این مدل‌های بارش - رواناب داده‌های سری زمانی پیوسته در گام زمانی روزانه در نظر گرفته شد. بدین‌منظور برای اجرای مدل‌ها از سری زمانی بارش روزانه سال‌های (۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹)، تبخیروتعرق (۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹) و درجه حرارت (۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹)، ایستگاه لزوره استفاده شد. در نهایت مدل‌های موردنظر در محیط نرم‌افزار eWater Source اجرا شدند.

پس از شبیه‌سازی بارش- رواناب در محیط eWater Source نسبت به واسنجی مدل‌ها اقدام شد. واسنجی در eWater Source طی چند مرحله انجام شد. ابتدا مکان واسنجی (ایستگاه/ بازه) انتخاب شد. برای این منظور ایستگاه هیدرومتری لزور انتخاب شد. سپس تابع هدف انتخاب خواهد شد. در محیط eWater Source چهار تابع هدف NSE، NSE with bias penalty، NSE and Flow Duration، Minimise Absolute Bias

در نظر گرفته شده است. در این تحقیق معیار نش- ساتکلیف روزانه به‌عنوان تابع هدف در نظر گرفته شد. در ادامه بارگذاری داده‌های مشاهداتی (۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹) انجام شد و یک دوره Warm-up در نظر گرفته شد. شایان ذکر است در این تحقیق یک دوره شش ماهه قبل از سال ۱۳۸۰ به‌عنوان دوره Warm-up در نظر گرفته شد. در نهایت پارامترهایی که بهینه‌سازی خواهند شد در نظر گرفته می‌شود و یک تابع بهینه‌سازی انتخاب می‌شود. در شکل ۴ مراحل واسنجی مدل‌ها در محیط eWater Source ارائه شده است.

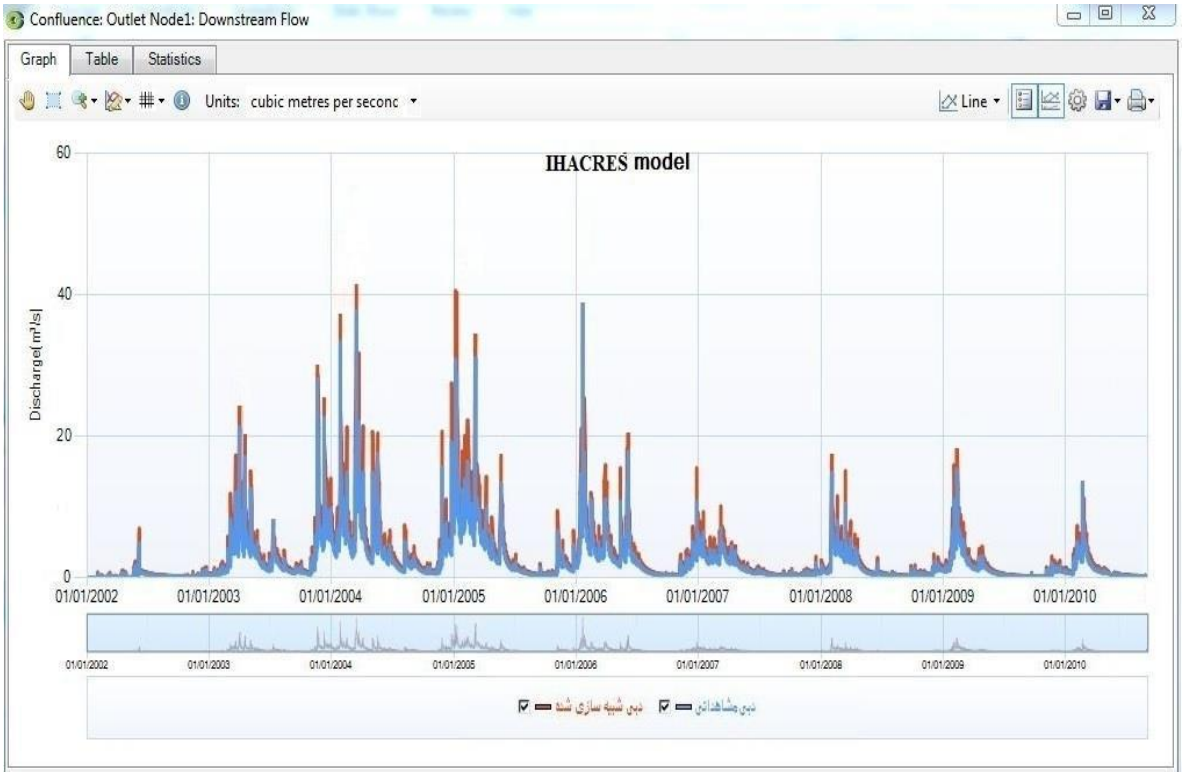
در نهایت پس از واسنجی مدل‌ها، دوره آماری پنج ساله ۱۳۸۹-۱۳۹۴ برای اعتبارسنجی مدل‌ها در نظر گرفته شد تا مشخص شود با توجه به پارامترهای بهینه بدست‌آمده در مرحله واسنجی، مدل در دوره اعتبارسنجی هم دارای نتایج قابل‌قبولی هست یا خیر. شایان ذکر است که عبارت اعتبارسنجی یک مدل به یک منطقه خاص اشاره دارد و نباید این تصور غلط به وجود آید که مدل برای تمامی نقاط اعتبارسنجی شده است (تیموری و الوندی، ۲۰۲۱).



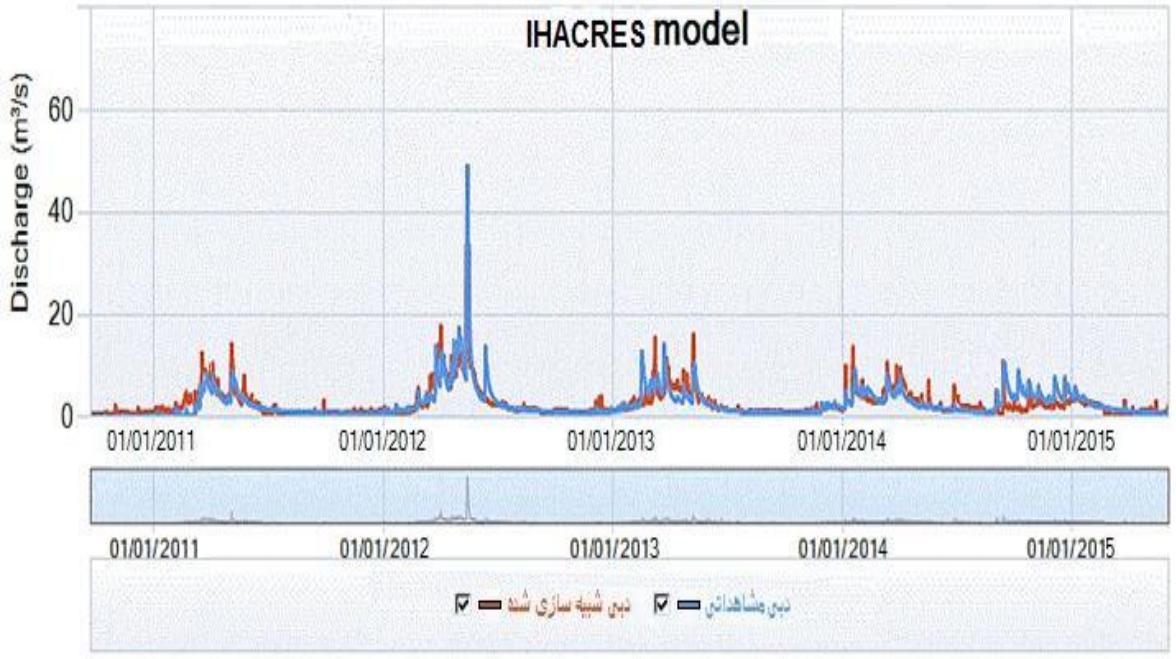
شکل ۴- مراحل واسنجی در محیط نرم‌افزار eWater Source

در نهایت در محیط نرم‌افزار eWater Source با استفاده از نقشه‌های ورودی مدل، نقشه‌های موردنیاز مدل استخراج شد. سپس مدل با استفاده از این نقشه‌ها و داده‌های بارندگی، تبخیروتعرق، درجه حرارت و دبی اندازه‌گیری شده اجرا شد. در این تحقیق برای شبیه‌سازی بارش- رواناب دوره آماری نه ساله ۱۳۸۰-۱۳۸۹ برای واسنجی و دوره پنج ساله ۱۳۸۹-۱۳۹۴ برای اعتبارسنجی مدل‌ها انتخاب شد.

در مدل IHACRES از آمار دما، بارش و دبی مشاهداتی ایستگاه لزوره به‌عنوان ورودی مدل برای شبیه-سازی استفاده شد. مدل در طول سال‌های آماری ۱۳۸۰-۱۳۸۹، واسنجی شد. سپس در طول سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۴ مورد اعتبارسنجی قرار گرفت. مقایسه ظاهری هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده امکان ارزیابی کلی و سریع دقت مدل‌ها را فراهم می‌کند. نتایج گرافیکی مقایسه دبی حاصل از اجرای مدل IHACRES با پارامترهای واسنجی شده و دبی اندازه‌گیری‌شده برای دوره آماری ۱۳۸۰-۱۳۸۹ در شکل ۵ نشان داده شده است. همچنین مقایسه گرافیکی دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده روزانه دوره اعتبارسنجی با استفاده از مدل IHACRES در شکل ۶ ارائه شده است. با توجه به شکل ۵ مدل IHACRES نسبت به مدل GR4M توانایی پایین‌تری در برآورد مقادیر دبی‌های بیشینه جریان روزانه حوزه آبخیز چهل‌چای داشته است و بیشتر مقادیر دبی‌های شبیه‌سازی‌شده بیشتر از مقادیر دبی‌های مشاهداتی است. جدول ۱ مقادیر شاخص ارزیابی مدل IHACRES را برای دوره واسنجی و اعتبارسنجی نشان می‌دهند. براساس نتایج بدست‌آمده مدل IHACRES با ضریب نش- ساتکلیف ۰/۷۳ در دوره واسنجی و ۰/۶۸ در دوره اعتبارسنجی، دارای توانایی لازم برای شبیه‌سازی مقادیر روزانه دبی حوزه آبخیز چهل‌چای است (تیموری و الوندی، ۲۰۲۱).

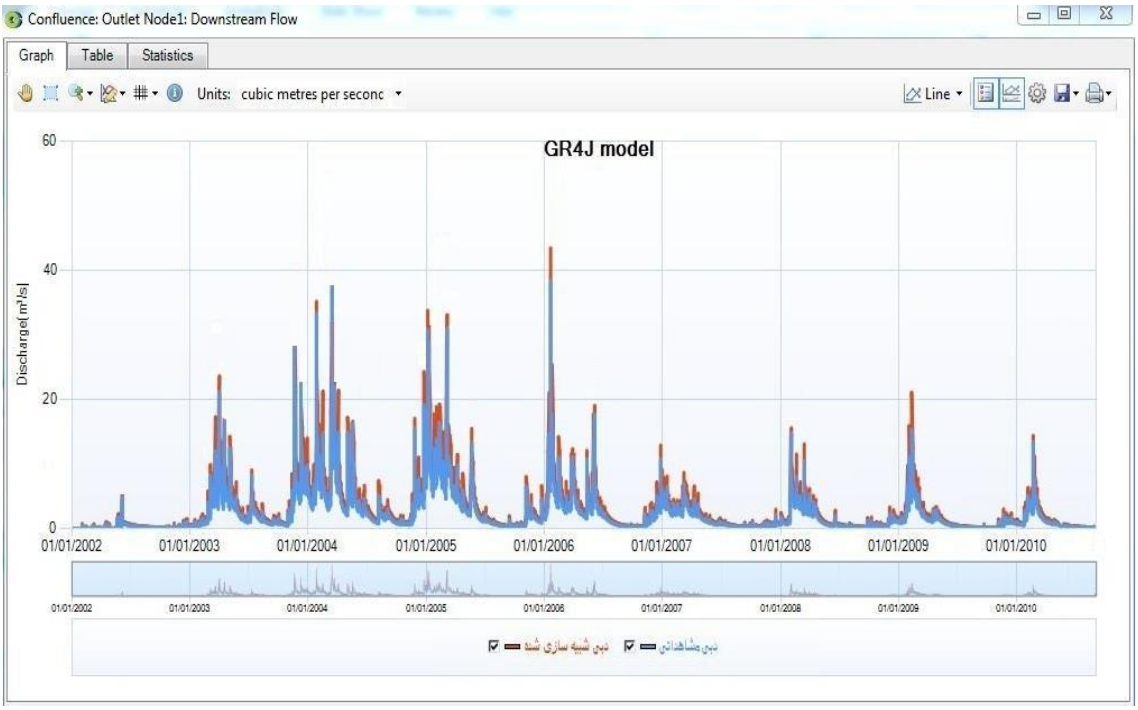


شکل ۵- مقایسه گرافیکی دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده روزانه دوره واسنجی با استفاده از مدل IHACRES (تیموری و الوندی، ۲۰۲۱)

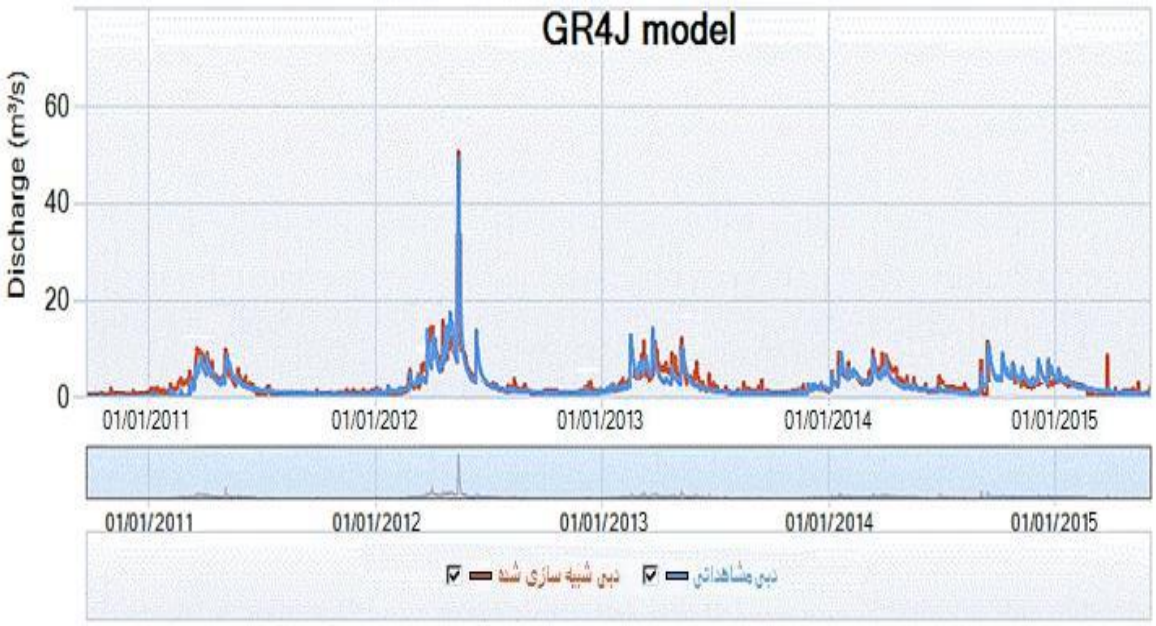


شکل ۶- مقایسه گرافیکی دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده روزانه دوره اعتبارسنجی با استفاده از مدل IHACRES (تیموری و الوندی، ۲۰۲۱)

داده‌های موردنیاز برای مدل GR4M بارش، تبخیروتعرق و دبی است. مدل GR4M با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای دبی ابتدا واسنجی (۱۳۸۰-۱۳۸۹)، سپس اعتبارسنجی (۱۳۸۹-۱۳۹۴) شد. مقادیر پارامترهای واسنجی‌شده مدل GR4M شامل ضریب X1، بیشینه ظرفیت ذخیره‌سازی، ضریب X2، ظرفیت تبادل آب‌های زیرزمینی، ضریب X3، بیشینه ظرفیت ذخیره‌سازی روندیابی و ضریب X4، زمان پایه هیدروگراف است که به‌ترتیب در دوره واسنجی و اعتبارسنجی برابر، ضریب X1، ۲/۷۱ و ۶/۳۴، ضریب X2، ۰/۸۱ و ۲/۷۹، ضریب X3، ۲/۸۳ و ۶/۵۵ و ضریب X4، ۳/۶۲ و ۱/۴۳ است. نتایج گرافیکی مقایسه دبی حاصل از اجرای مدل GR4J با پارامترهای واسنجی‌شده و دبی اندازه‌گیری‌شده برای دوره آماری ۱۳۸۰-۱۳۸۹ در شکل ۷ نشان داده شده است. همچنین مقایسه گرافیکی دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده روزانه دوره اعتبارسنجی برای دوره آماری ۱۳۸۹-۱۳۹۴ با استفاده از مدل GR4J در شکل ۸ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل‌های ۷ و ۸ مشخص است مدل GR4M، توانایی بالاتری نسبت به مدل IHACRES در برآورد مقادیر دبی‌های بیشینه جریان روزانه حوزه آبخیز چهل‌چای داشته است. وضعیت عملکرد مدل GR4M در دوره واسنجی و اعتبارسنجی در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به نتایج عملکرد مدل GR4M، این مدل با ضرایب نش- ساتکلیف ۰/۷۹ و ۰/۷۶ به‌ترتیب برای دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی الگوی تغییرات جریان حوضه را شبیه‌سازی کرده است (تیموری و الوندی، ۲۰۲۱).



شکل ۷- مقایسه گرافیکی دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده روزانه دوره واسنجی با استفاده از مدل GR4J



شکل۸- مقایسه گرافیکی دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده روزانه دوره اعتبارسنجی با استفاده از مدل GR4J

(تیموری و الوندی، ۲۰۲۱)

نتایج آماری ارزیابی مدل‌های GR4J و IHACRES در eWater Source در شبیه‌سازی دبی جریان در جدول ۱ ارائه شده است. برای ارزیابی مدل‌ها از دو معیار نش- ساتکلیف و خطای کلی تعادل آب[1] استفاده شده است. نتایج ارزیابی مدل GR4J در eWater Source دقت شبیه‌سازی جریان را براساس معیار نش – ساتکلیف ۰/۷۹ در دوره واسنجی (۱۳۸۰-۱۳۸۹) و ۰/۷۶ در دوره اعتبارسنجی (۱۳۸۹-۱۳۹۴)، نشان می‌دهد. همچنین نتایج ارزیابی مدل IHACRES دریWater Sourc دقت شبیه‌سازی جریان را براساس معیار نش – ساتکلیف ۰/۷۳ در دوره واسنجی و ۰/۶۸ در دوره اعتبار سنجی، نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان برداشت کرد که این مدل‌ها کارایی خوبی در شبیه‌سازی جریان دارند، که با نتایج Zhang و همکاران (۲۰۱۳)، Hughes و همکاران (۲۰۱۳)، Traore و همکاران (۲۰۱۴)، Mouelh و همکاران (۲۰۱۳) و Zandi و همکاران (۲۰۱۷) همخوانی دارد. همچنین نتایج ارزیابی نشان‌دهنده کارایی بهتر مدل GR4J نسبت به مدل IHACRES برای شبیه‌سازی جریان روزانه است که با نتایج Harlan و همکاران (۲۰۱۰) و Kunnath و Eldho (۲۰۱۹) مطابقت دارد.

جدول ۱- مقادیر معیارهای کارایی مدل‌های GR4J و IHACRES در eWater Source در دوره واسنجی و اعتبارسنجی

فرایند	معیار	مدل‌های بارش-رواناب	
		GR4J	IHACRES
واسنجی (۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹)	NSE	0.79	0.73
	WBE (%)	-1.91	-2.37
اعتبارسنجی (۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴)	NSE	0.76	0.68
	WBE (%)	-5.37	-6.89

۳- مفاهیم بنیادی

کار با نرم‌افزارeWater Source شامل دو مرحله اصلی است: ساخت مدل و اجرای مدل. مدل‌ها معمولاً در چهار دسته اصلی قرار می‌گیرند، هرچند ممکن است برخی از آن‌ها با یکدیگر همپوشانی داشته باشند. اولین دسته، مدل‌های سامانه رودخانه است که برای ارزیابی اثرات بلندمدت سیاست‌های منابع آب بر مخازن،

[1] Water Balance Error

جریان‌ها و سهم آب استفاده می‌شوند و به مدیریت بهتر رودخانه‌ها کمک می‌کنند. دسته دوم، مدل‌های عملیات رودخانه هستند که برای بهینه‌سازی عملیات روزانه، مانند رهاسازی آب برای آبیاری یا نیازهای زیست‌محیطی، کاربرد دارند. دسته سوم، مدل‌های حوزه آبخیز می‌باشند که برای بررسی تولید، انتقال، تغییر و سرنوشت مواد مغذی و آلاینده‌ها به کار می‌روند و توسعه و آزمون راهبردهای بهبود کیفیت آب را تسهیل می‌کنند. دسته چهارم، مدل‌های شهری هستند که به بهینه‌سازی سامانه‌های تأمین آب شهری و راهبردهای صرفه‌جویی در مصرف آب کمک می‌کنند.

۳-۱- اجزای موتور شبیه‌سازی eWater Source

در داخل موتور شبیه‌سازی نرم‌افزار eWater Source، فرآیندهای فیزیکی، نظارتی و قوانین مدیریتی، تنظیم سامانه رودخانه در شش زیر اجزای اصلی شامل: "رواناب حوزه آبخیز"، "اثر متقابل رودخانه و آب سطحی دشت سیلابی با آب‌های زیرزمینی"، "کیفیت آب"، "مقررات رودخانه و ذخیره‌سازی"، "تقاضای شهری، آبیاری و محیط زیستی" و "قوانین مدیریت رودخانه" ارائه شده است (Rassam و همکاران ۲۰۱۲).

- رواناب حوزه آبخیز: سامانه مدل‌سازی یکپارچه eWater Source، شامل چارچوب مدل‌سازی بارش-رواناب برای برآورد آب سالانه آبخیز و ویژگی‌های رواناب است. این نرم‌افزار امکان انتخاب یکی از ۶ مدل بارش-رواناب روزانه شامل: AWBM، IHACRES، SIMHYD، SMARG، GR4J، Sacramento را برای کاربران فراهم می‌کند (Dutta و همکاران، ۲۰۱۲).
- اثر متقابل رودخانه و آب سطحی دشت سیلابی با آب‌های زیرزمینی: ماژول آب‌های زیرزمینی در eWater Source، تبادل آب بین رودخانه و سفره آب زیرزمینی را در تمام طول هر لینک، در داخل شبکه گره- لینک eWater Source پیش‌بینی می‌کند. در ماژول مدل‌سازی eWater Source، تغییرات جریان آبهای زیرزمینی (هدررفت یا افزایش) با استفاده از روش‌های زیر است: واردکردن مدل‌های آب زیرزمینی و محاسبات تغییرات جریان با استفاده از قانون دارسی یا واردکردن تبادل جریان از مدل‌های آب زیرزمینی موجود، مانند: MODFLOW.

- کیفیت آب: امکان اندازه‌گیری کیفیت رواناب در نرم‌افزار eWater Source وجود دارد. مدل‌های تولید اجزاء (به‌عنوان مثال رسوب، مواد مغذی، نمک) در سامانه مدل‌سازی یکپارچه eWater Source در مقیاس زیرحوضه یا واحد عملیاتی قرار داده شده است. این مدل‌ها شامل مدل‌های مبتنی بر بار رسوب و مدل‌های نسبت تحویل مواد مغذی هستند.
- مقررات رودخانه و ذخیره‌سازی: در سامانه مدل‌سازی یکپارچه eWater Source، به‌منظور برآورد این که چگونه آب مورد نیاز از مقدار ذخیره شده کاهش یابد، دو روش رتبه‌بندی "قوانین" و "برنامه نویسی خطی شبکه (NetLP)"، استفاده شده است. روش مبتنی بر قوانین دارای زمان‌های اجرا سریع و مدل فرایندهای پیچیده است، اما نمی‌تواند راه حل مؤثری را ارائه دهد. اما روش NetLP می‌تواند راه‌حل‌های مدیریتی کارآمدتر را برای چندین مشکل ارائه دهد، اما زمان‌های اجرای آن طولانی‌تر و تعداد نودهای آن بیشتر است.
- تقاضای شهری، آبیاری و محیط زیستی: تقاضای آب در یک سامانه رودخانه تفاوت‌های قابل‌توجهی با توجه به نوع استفاده، ملاحظات آب و هوایی و ویژگی‌های منحصر به فرد کاربر به وجود می‌آورد. مدل‌سازی تقاضا به سیاست‌گذاران و مدیران برای به دست آوردن پتانسیل ناشی از تغییرات سامانه، تغییرات نظارتی، تغییرات زیربنایی، تغییرات فیزیکی و آب و هوایی کمک می‌کند. سامانه مدل‌سازی یکپارچه eWater Source شامل چندین مدل پیچیده به‌منظور برآورد تقاضای شهری، آبیاری و زیست‌محیطی است.
- قوانین مدیریت رودخانه: تنظیم رودخانه دارای قوانین پیچیده مدیریت آب است، که سامانه ارزیابی منابع (RAS[1]) نامیده می‌شود. سامانه ارزیابی منابع به‌منظور تقسیم منابع آب در دسترس، در میان مصرف کنندگان آب است. در سامانه مدل‌سازی یکپارچه eWater Source، امکان ایجاد RAS های متعدد برای کاربران از طریق یک رابط مشترک به‌منظور مدل‌سازی مدیریت منابع آب فراهم شده است (Black و Podger، ۲۰۱۲).

[1] Resource Assessment Systems

۳-۲- جریان کار مدل‌سازی[1]

جریان کار مدل‌سازی در نرم‌افزار eWater Source شامل چهار گام اصلی است که هریک مرحله‌ای مهم در فرایند ایجاد و تحلیل مدل به شمار می‌آیند. این مراحل عبارت‌اند از: نخست، ساخت مدل (Build) که در آن ساختار کلی مدل ایجاد و اجزای مختلف آن مانند گره‌ها، لینک‌ها و پارامترهای پایه تعریف می‌شوند. در مرحله دوم، واسنجی (Calibrate) انجام می‌شود تا پارامترهای مدل براساس داده‌های واقعی تنظیم شده و مدل بتواند رفتار سامانه را به‌درستی بازنمایی کند. در گام سوم، اجرا (Run) صورت می‌گیرد؛ در این مرحله مدل با داده‌های ورودی تعیین‌شده اجرا شده و نتایج شبیه‌سازی تولید می‌شود. در نهایت، مرحله چهارم یعنی گزارش‌گیری (Report) انجام می‌شود که در آن خروجی‌ها تحلیل و تفسیر شده و نتایج به‌صورت نمودار، جدول یا گزارش‌های متنی ارائه می‌شوند. این چهار گام به‌صورت متوالی و گاهی تکرارشونده انجام می‌گیرند تا مدل نهایی از دقت و کارایی لازم برخوردار باشد.

۳-۲-۱- ساخت مدل

فرآیند ساخت مدل در نرم‌افزار eWater Source یک فرآیند تکرارشونده است. در ابتدا یک مدل ساده ساخته می‌شود و سپس با جمع‌آوری داده‌های جدید یا تغییر نیازها، مدل بارها اصلاح و تکمیل می‌شود. از آنجا که یک مدل ممکن است برای ده‌ها سال مورد استفاده قرار گیرد، اهمیت دارد که در این فرآیند سازمان‌یافته و سامانهاتیک عمل کرده و تصمیمات کلیدی را ثبت و مستند کنید.

۳-۲-۲- مراحل کلی ساخت مدل

مراحل کلی ساخت مدل در نرم‌افزار eWater Source شامل چند گام اصلی است. ابتدا یک نمودار شماتیک طراحی می‌شود که شامل رودخانه‌ها، ایستگاه‌های اندازه‌گیری، جریان‌های ورودی، انحراف‌ها و خروجی‌ها است. سپس داده‌های موردنیاز جمع‌آوری می‌شوند، مانند کاربری اراضی، جریان‌ها، برداشت‌ها و بازگشت جریان‌ها برای مدل‌های رودخانه‌ای یا داده‌های تولید مواد مغذی برای مدل‌های حوزه آبخیز. در مرحله بعد، نمودار

[1] Model workflow

شماتیک براساس داده‌های جدید اصلاح می‌شود. سپس مدل در eWater Source ساخته می‌شود و پارامترها وارد شده و رفتار آن‌ها تعریف می‌شود. در نهایت، پارامترهای عملیاتی کالیبره می‌شوند تا اطمینان حاصل شود که مدل شرایط واقعی را به درستی شبیه‌سازی می‌کند.

۳-۳- افزونه‌ها[1] و مدل‌های اجزایی[2]

۳-۳-۱- افزونه‌ها

قابلیت‌های نرم‌افزار eWater Source را می‌توان با استفاده از افزونه‌ها گسترش داد. افزونه‌ها ابزارهای پردازش داده یا مدل‌های جدیدی هستند که خارج از eWater Source ساخته شده‌اند، مانند مدل‌های بارش-رواناب یا مدل‌های تقاضای مصرف‌کننده آب و همچنین ابزارهای پردازش داده. افزونه‌ها می‌توانند رابط کاربری eWater Sourceرا گسترش دهند یا مراحل و مدل‌های جدیدی به راهنمای جغرافیایی[3] اضافه کنند و بدین‌ترتیب امکانات و انعطاف‌پذیری نرم‌افزار را افزایش دهند.

۳-۳-۲- مدل‌های اجزایی

مدل‌های اجزایی در نرم‌افزار eWater Source الگوریتم‌ها یا معادلاتی هستند که فرآیندهای فیزیکی خاص، مانند تولید رواناب بارش، انتقال جریان یا فیلتر کردن مواد محلول، را شبیه‌سازی می‌کنند. این مدل‌ها به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند. دسته اول، مدل‌های داخلی (Built-in) هستند که همراه با نصب eWater Source نصب می‌شوند؛ برخی از آن‌ها به‌طور خودکار در منوها ظاهر می‌شوند و برخی دیگر باید به‌صورت دستی بارگذاری شوند. دسته دوم مدل‌هایی مانند گره برداشت و انحراف آب رودخانه[4] هستند که باید به‌صورت دستی به eWater Source اضافه شوند و برای برخی از آن‌ها رابط کاربری خاص طراحی شده است. دسته

[1] Plugins
[2] Component Models
[3] Geographic Wizard
[4] River Harvesting Diversion Node

سوم، افزونه‌ها هستند که همراه با مدل اجرا می‌شوند و می‌توانند داده‌های خروجی سناریو را پردازش کنند؛ این مدل‌ها خارج از eWater Source ساخته شده‌اند اما باید با آن سازگار باشند.

۳-۴- موازنه جرم[1]

موازنه جرم، یا موازنه آب، بر اصل حفظ جرم آب در سامانه رودخانه استوار است. این اصل تضمین می‌کند که مجموع خروجی‌ها از مجموع ورودی‌ها بیشتر نشود و به‌عنوان شاخصی برای بررسی صحت واسنجی مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد. نرم‌افزار eWater Source در محاسبات جریان و مواد محلول همواره موازنه جرم را رعایت می‌کند و قابلیت گزارش‌گیری از موازنه جرم را نیز دارد، ویژگی‌ای که در برخی دیگر از نرم‌افزارها مشاهده نمی‌شود.

۳-۵- واحدها[2]

در مدل‌سازی رودخانه، داده‌ها معمولاً بر حسب حجم بر واحد زمان وارد می‌شوند، مانند ML/day یاGL/month. در نرم‌افزارeWater Source ، صرف‌نظر از واحد ورودی، همه محاسبات داخلی به مترمکعب بر ثانیه (m^3/s) تبدیل می‌شوند. نتایج خروجی از طریق Recording Manager هم به واحد انتخابی کاربر و هم به مترمکعب بر ثانیه ارائه می‌شوند. این روش باعث می‌شود که کاربران بدانند داده‌های ورودی چگونه پردازش شده‌اند، مطمئن شوند محاسبات داخلی براساس چه واحدی انجام شده‌اند و نتایج خروجی را کامل‌تر در اختیار داشته باشند. همچنین می‌توان واحدهای مختلف اندازه‌گیری را از طریق منوی Tools » Unit Preferences…انتخاب کرد. فهرست کامل واحدهای موجود در بخش User Preferences and Settings توضیح داده شده است.

[1] Mass Balance
[2] Units

۴- نمایش سامانه‌ها در eWater Source

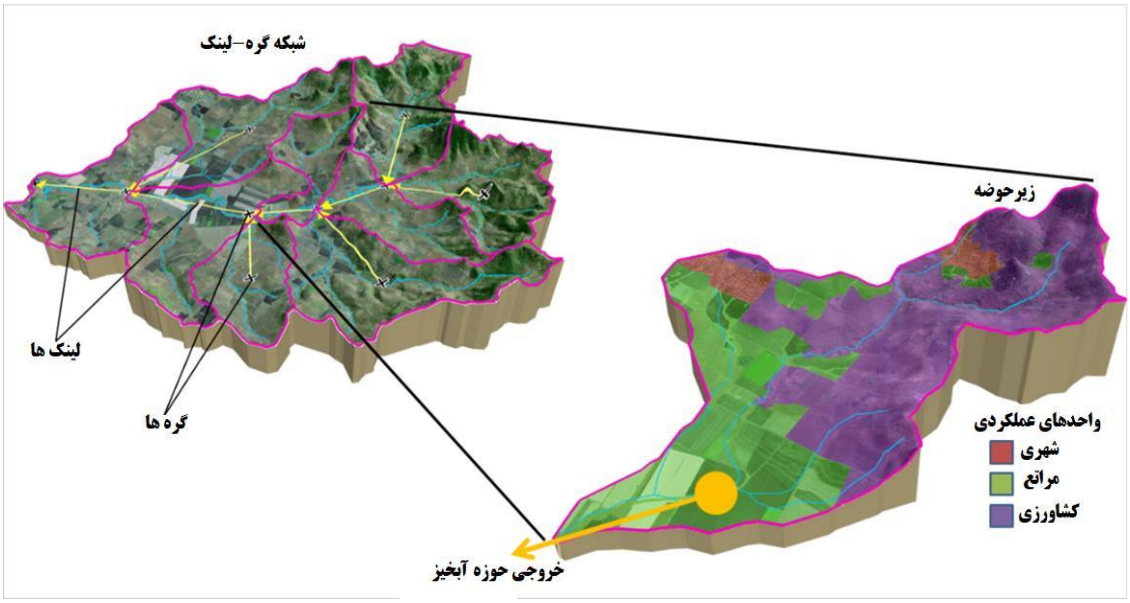
مدل eWater Source نسخه‌ای ساده‌شده از دنیای واقعی است که با استفاده از مجموعه‌ای از قراردادها و استانداردها، ویژگی‌های مهم یک سامانه را نمایش می‌دهد. در این مدل، چند ویژگی کلیدی وجود دارد که هر کدام نقش مهمی در شبیه‌سازی و تحلیل فرآیندها دارند. جریان، به نرخ حرکت آب از یک نقطه در واحد زمان اشاره دارد. مواد محلول یا آلاینده‌ها، شامل موادی هستند که در سامانه تولید، منتقل یا دچار تغییر می‌شوند. حوضه‌ها و زیرحوضه‌ها، مناطقی‌اند که رواناب و بار آلاینده‌ها در آن‌ها تولید می‌شود. درون هر زیرحوضه، واحدهای عملکردی، قرار دارند که بخش‌هایی از منطقه با رفتار مشابه در تولید رواناب یا مواد مغذی را نشان می‌دهند؛ برای مثال، نواحی با کاربری اراضی مشابه در یک واحد عملکردی قرار می‌گیرند. گره‌ها، نقاطی هستند که در آن‌ها جریان یا مواد وارد شبکه رودخانه می‌شوند یا فرآیندهای مهمی برای مدل‌سازی رخ می‌دهد، مانند اندازه‌گیری جریان در ایستگاه‌های سنجش. در نهایت، اتصالات، وظیفه دارند گره‌ها را به هم متصل کنند و امکان ذخیره، انتقال و پردازش جریان و مواد را فراهم آورند.

نرم‌افزار eWater Source یک چارچوب برای مدل‌سازی کمیت آب و آلاینده‌های جریان در سطح آبخیز، رودخانه اصلی، تالاب‌ها و دریاچه‌ها است (شکل ۹). eWater Source چارچوبی از یک واسط کاربر برای ورودی، مدل‌سازی و خروجی جریان و اطلاعات مرتبط با منابع آب است. این نرم‌افزار به همراه مجموعه‌ای از مدل‌ها و اطلاعات به‌منظور شبیه‌سازی متغیرهای آبخیز (بارش، تبخیر، کاربری اراضی و پوشش گیاهی)، اثرات رواناب، رسوب و آلاینده‌ها استفاده می‌شود (Rassam، ۲۰۱۱؛ Dutta و همکاران، ۲۰۱۳).

شکل ۹- اجزای مدل‌سازی حوزه آبخیز در محیط نرم‌افزار eWater Source

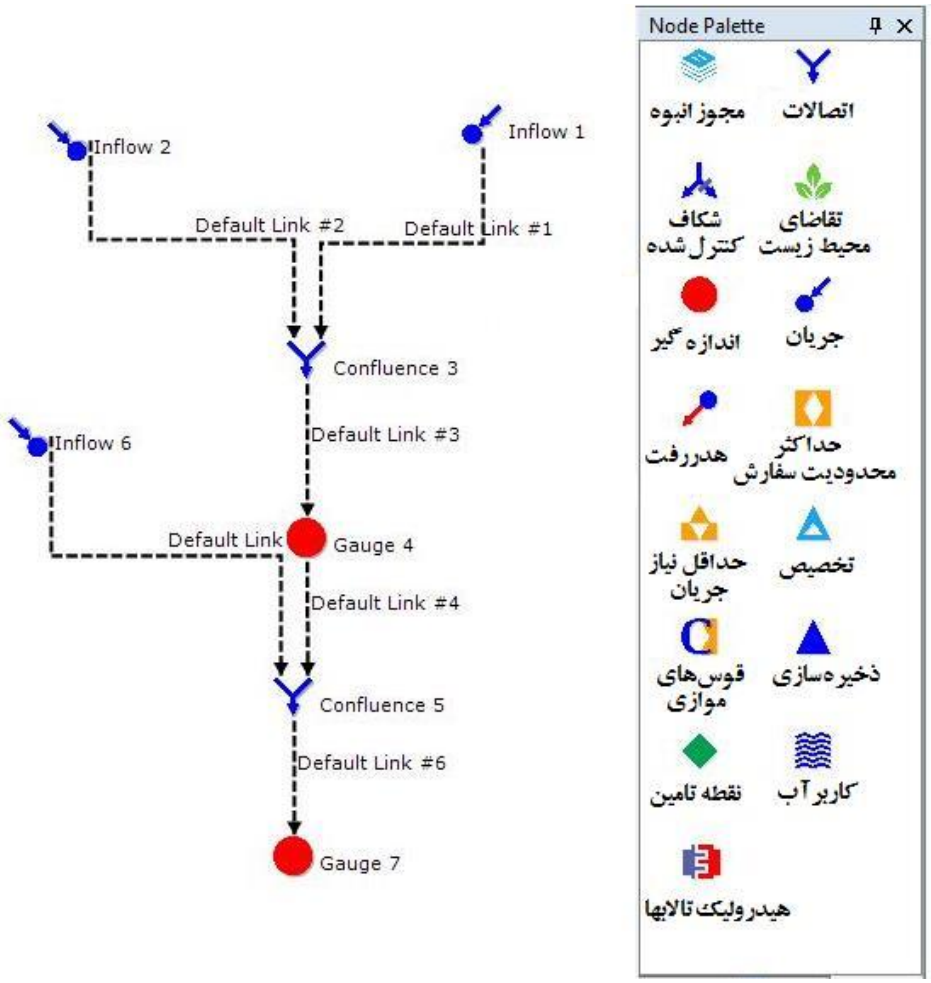
۴-۱- سامانه مدل‌سازیNode-Link

نرم‌افزار eWater Source از سامانه مدل‌سازی گره-اتصال (Node-Link) برای شبیه‌سازی تولید، انتقال و تبدیل آب و مواد در مسیرهای اصلی حوضه استفاده می‌کند (شکل ۱۰). توجه داشته باشید که همه جریان‌ها قابل مدل‌سازی نیستند و باید تصمیم بگیرید کدام جریان‌ها برای کاربرد موردنظر اهمیت دارند. در کاربردهای شهری، می‌توان از گره‌ها و اتصالات eWater Source برای مدل‌سازی سامانه‌هایی مانند نیروگاه‌های نمک‌زدایی و سامانه‌های جمع‌آوری آب باران استفاده کرد.



شکل ۱۰- شبکه‌های گره-پیوند و زیرحوضه‌ها((eWater Ltd. (n.d.)

نرم‌افزار eWater Source براساس واحدهای ساختمانی "زیرحوضه"، "گره" و "لینک‌ها" طراحی شده است. "زیرحوضه" واحد مکانی پایه است، که از واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی (یا واحدهای عملیاتی) براساس پاسخ یا رفتار مشترک تشکیل شده است. "گره‌ها" برای نشان دادن یک یا چند مکان فیزیکی در امتداد رودخانه استفاده می‌شوند. گره نماینده خروجی زیرحوضه، تلاقی جریان یا مکان‌های مانند سد است. در محیط eWater Source مجموعه‌ای از گره‌ها برای نشان دادن فرایندهای مختلف جریان طراحی شده است. گره‌ها به دو نوع "فیزیکی" و "مقرارت/مدیریت" طبقه‌بندی می‌شوند. گره‌های فیزیکی برای بررسی همگرایی (تلاقی دو انشعاب)، واگرایی (انشعاب) و هدررفت استفاده می‌شوند. گره مقرارت/مدیریت به‌منظور بکارگیری قوانین مدیریتی برای تنظیم رودخانه استفاده می‌شوند. "لینک‌ها" نماینده بازه‌هایی از رودخانه هستند. لینک‌ها نشان دهنده طول جریان هستند و برای انتقال جریان بین گره استفاده می‌شود. در شکل ۱۱ یک شبکه سامانه رودخانه، با استفاده از ساختار گره - لینک در سامانه مدل‌سازی یکپارچه eWater Source ارائه شده است (Welsh و همکاران، ۲۰۱۳).



شکل ۱۱- مدل شماتیک گره - لینک در محیط eWater Source

۴-۲- جریان، مواد و ساختار حوضه‌ها درeWater Source

۴-۲-۱- جریان[1]

در نرم‌افزار eWater Source، جریان به آب منتقل‌شونده در شبکه گره-اتصال گفته می‌شود که از زیرحوضه‌ها، از طریق لینک‌ها، تا خروجی جریان می‌یابد. eWater Source قادر است جریان را در نقاط مشخصی از شبکه رودخانه پیش‌بینی کند. همچنین زمان‌بندی مدل‌ها قابل‌تنظیم است و می‌توان از گام‌های روزانه استفاده کرد و گزارش‌دهی را از سطح روزانه تا ماهانه و حتی دهه‌ای انجام داد.

[1] Flow

۴-۲-۲- مواد محلول/ آلاینده‌ها[1]

در نرم‌افزارeWater Source ، Constituent به موادی گفته می‌شود که در یک حوضه تولید، منتقل و یا تغییر شکل می‌دهند. نمونه‌هایی از این مواد شامل رسوبات، مواد مغذی، آلاینده‌ها مانند آفت‌کش‌ها و فلزات سنگین، پاتوژن‌ها و سایر ویژگی‌های کیفیت آب هستند. مدل‌های تولید مواد دریeWater Source تعیین می‌کنند که این مواد چگونه تولید می‌شوند. این تولید می‌تواند ثابت یا متغیر با زمان باشد و ممکن است تابع جریان یا سایر متغیرها نیز باشد.

۴-۲-۳- حوضه‌ها و زیرحوضه‌ها

در نرم‌افزار eWater Source، حوضه[2] به کل منطقه‌ای گفته می‌شود که مورد مدل‌سازی قرار می‌گیرد. اولین مرحله مدل‌سازی، تقسیم حوضه به زیرحوضه‌ها[3] است. مرزهای زیرحوضه‌ها می‌توانند براساس توپوگرافی رودخانه و زمین، با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی یا نقشه‌های توپوگرافی تعیین شوند.

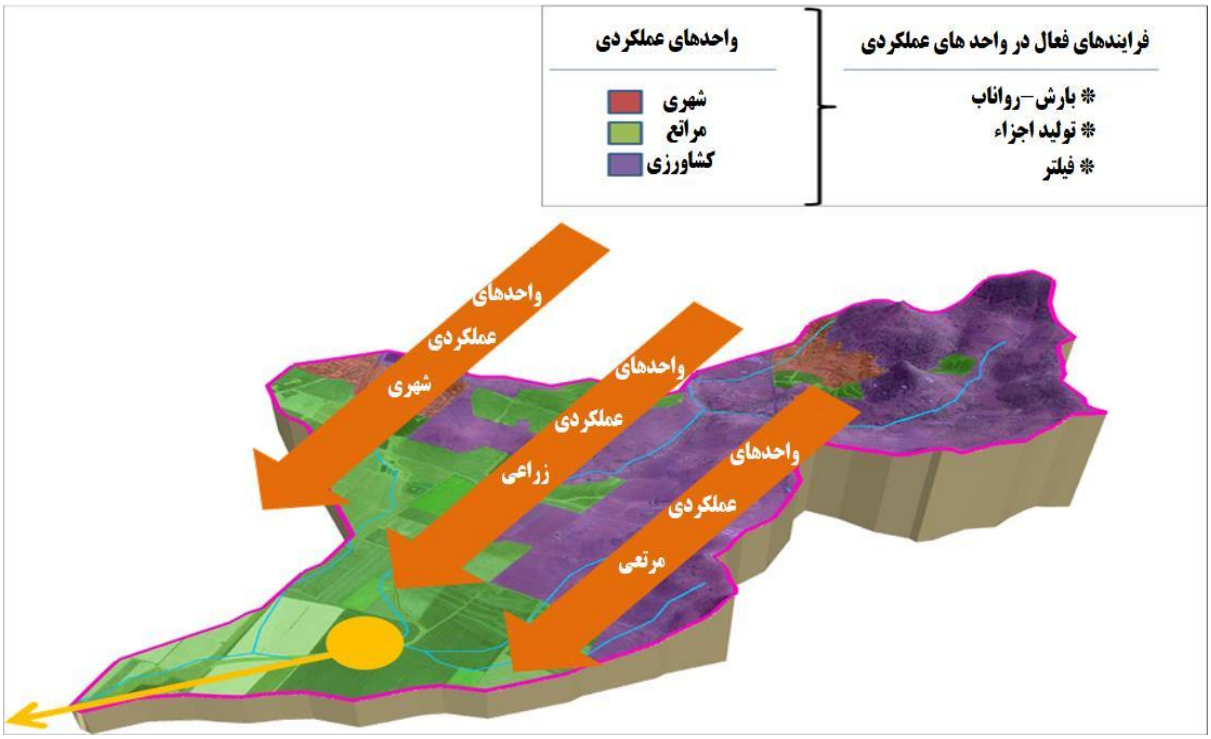
زیرحوضه‌ها نقش مهمی در تعیین محل گره‌ها در مدل گره-اتصال دارند. هر زیرحوضه باید نمایانگر منابع اصلی آب و مواد مغذی باشد. دریeWater Source، زیرحوضه به منطقه‌ای گفته می‌شود که آب آن به یک گره می‌ریزد و شبکه رودخانه یا مسیر سطحی جریان داخل زیرحوضه به‌صورت صریح مدل نمی‌شود.

۴-۳- واحدهای عملکردی[4]

در نرم‌افزار eWater Source ، هر زیرحوضه به مناطقی با پاسخ یا رفتار هیدرولوژیکی مشابه تقسیم می‌شود که واحدهای عملکردی[5] نام دارند (شکل ۱۲). معیارهای تعیین این واحدها شامل نوع کاربری زمین یا پوشش (مانند جنگل، مزارع، مناطق شهری)، شیوه‌های مدیریت زمین، موقعیت در چشم‌انداز (سطح، شیب تپه، و غیره) و ریسک یا خطرات احتمالی است. این واحدها به مدل کمک می‌کنند تا رفتار تولید رواناب و مواد مغذی را با دقت بیشتری شبیه‌سازی کند.

---

[1] Constituents
[2] Catchment
[3] Sub-catchments
[4] Functional Units
[5] Functional Units - FUs



شکل ۱۲- واحدهای عملکردی فعال در یک زیرحوضه (eWater Ltd. (n.d.))

۴-۳-۱- نکاتی درباره واحدهای عملکردی

واحد عملکردی[1] به منطقه‌ای گفته می‌شود که دارای پاسخ هیدرولوژیکی خاص است. تفاوت این واحد با کاربری زمین[2] در این است که زمین‌های مختلف ممکن است پاسخ هیدرولوژیکی یکسانی داشته باشند و بالعکس، زمین‌های مشابه ممکن است پاسخ هیدرولوژیکی متفاوتی نشان دهند. هنگام ایجاد مدل، بسیار مهم است که واحدهای عملکردی براساس پاسخ هیدرولوژیکی واقعی منطقه ساخته شوند تا شبیه‌سازی دقیق و معتبر انجام گیرد.

۴-۳-۲- سه فرآیند اصلی در هر واحد عملکردی

در هر واحد عملکردی سه فرآیند اصلی وجود دارد. نخست، تولید رواناب[3] است که در eWater Source مدل‌های مختلفی برای آن موجود است، ازجمله Simhyd ، AWBM و Sacramento. همچنین امکان استفاده

[1] Functional Unit – FU
[2] Land Use
[3] Runoff Generation

از داده‌های رواناب سطحی مشاهده شده نیز وجود دارد. دوم، تولید مواد یا آلاینده‌ها[1] است که شامل تولید موادی مانند Total Suspended Solids و Total Nitrogen می‌شود. سوم، فرآیند فیلترکردن[2] است که هر تغییر یا ذخیره‌سازی مواد بین زمان تولید و رسیدن به گره زیرحوضه را شبیه‌سازی می‌کند و می‌تواند فرآیندهای فیزیکی مانند نوارهای حفاظتی کنار رودخانه[3]، سدها و حوضچه‌های کوچک و فرایندهای دنیتریفیکاسیون را نمایش دهد. هر یک از این فرآیندها با یک مجموعه الگوریتم اجرا می‌شوند و خروجی نهایی به گره زیرحوضه منتقل می‌شود.

۴-۳-۳- انتخاب مدل‌ها برای هر واحد عملکردی

برای هر واحد عملکردی (FU) می‌توان یک مدل رواناب، یک مدل تولید مواد و یک مدل فیلتر انتخاب کرد. در برخی سناریوها، FUهای مختلف می‌توانند از همان مدل‌ها استفاده کنند، اما با پارامترهای متفاوت، مانند محدوده سطح نفوذپذیر متفاوت. در مواردی، هر FU ممکن است به مدل متفاوتی نیاز داشته باشد، مانند زمین‌های کشاورزی آبیاری‌شده در مقابل جنگل بومی. ترکیب مدل‌های رواناب، تولید مواد و فیلتر، خروجی FU را تولید می‌کند. همچنین در برخی زیرحوضه‌ها یا کاربردهای eWater Source ممکن است تنها یک یا دو فرآیند کافی باشد.

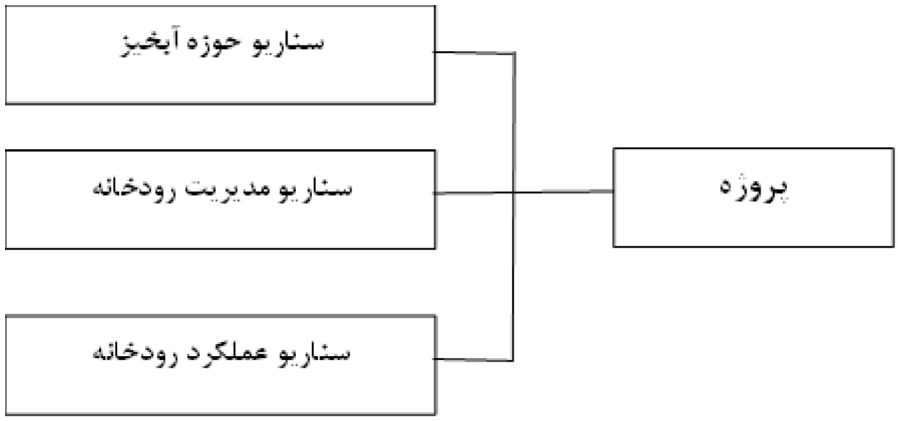
۴-۳-۴- تجمیع خروجی‌ها

در نرم‌افزارeWater Source، خروجی تمام واحدهای عملکردی(FU) در یک زیرحوضه با یکدیگر تجمیع شده و به‌عنوان ورودی گره زیرحوضه در نظر گرفته می‌شوند. به این ترتیب، خروجی‌ها در مقیاس زیرحوضه یکپارچه‌شده و نمایی کلی از رفتار هیدرولوژیکی و کیفی آب ارائه می‌دهند. همچنین، eWater Source قابلیت تقسیم جریان و بار مواد را به بخش‌های سطحی (سریع) و زیرسطحی (کند) دارد که موجب افزایش دقت شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی می‌شود.

[1] Constituent Generation
[2] Filtering
[3] Riparian buffers

۳- پروژه‌ها و سناریوها در eWater Source

یک مدل eWater Source از دو بخش اصلی تشکیل شده است: یک پروژه و یک یا چند سناریو. پروژه در واقع مجموعه‌ای از یک یا چند سناریو را شامل می‌شود و مشخص می‌کند که نام پروژه (که همان نام فایل است)، توضیحات مربوط به آن و هر سناریوی مرتبط با پروژه چیست. در هر زمان تنها می‌توان یک فایل پروژه را باز کرد و نباید هم‌زمان یک فایل پروژه را در بیش از یک نسخه از eWater Source اجرا کرد. هر سناریو نیز نمایانگر شبکه‌ای از گره‌ها و پیوندها (node-link) در eWater Source است. نمونه‌ای از رابطه بین یک پروژه و سناریو در شکل ۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۳- پروژه‌ها و سناریوها

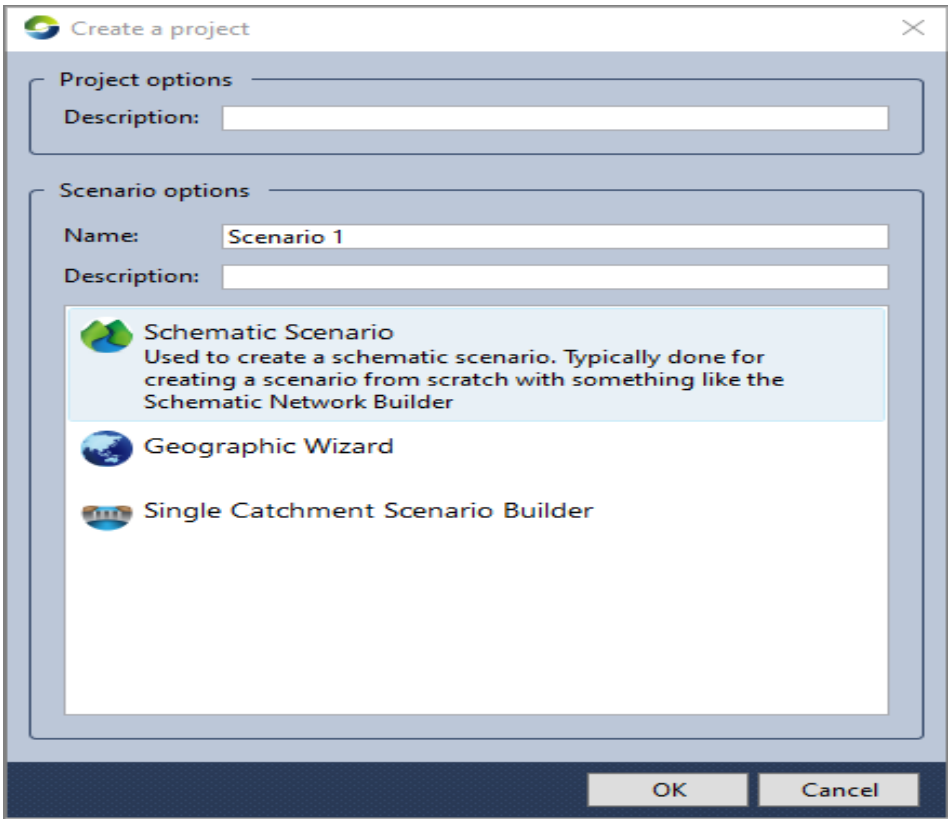
سناریوی فرآیندهای اصلی در یک سامانه رودخانه یا حوزه آبخیز را که قصد مدل‌سازی آن‌ها را داریم، توصیف می‌کند. این فرآیندها شامل تعریف حوضه و زیرحوضه، مدل‌های رواناب ناشی از بارش و تولید مؤلفه‌ها، و همچنین مجموعه داده‌ها و پارامترهای مرتبط است. شما می‌توانید چندین سناریو ایجاد کنید تا پروژه‌های پیچیده را به بخش‌های مجزا تقسیم کنید یا سناریوهای موجود را کپی کرده و آزمایش‌های فرضی انجام دهید، بدون این‌که سناریوی اصلی تغییر کند. هر تغییری در تعریف زیرحوضه‌ها، شبکه گره-پیوند (node-link network)، واحدهای عملکردی(FU)ها، یا مدل‌های داخل FU ها، موجب ایجاد یک سناریوی جدید می‌شود. علاوه‌براین، استفاده از ورودی‌ها یا پارامترهای متفاوت، مانند تغییر کاربری زمین یا تغییرات اقلیمی، نیز می‌تواند مبنای ایجاد یک سناریوی جدید باشد.

۳-۱- پروژه‌ها

۳-۱-۱- ایجاد یک پروژه جدید

برای ایجاد یک پروژه جدید دریeWater Source ، می‌توانید یکی از روش‌های زیر را استفاده کنید: از منوی File → New → Project، کلیک روی New Scenario در نوار ابزارFile ، یا فشاردادن کلیدهای Ctrl+N روی صفحه‌کلید. در هر زمان تنها می‌توانید یک فایل پروژه باز داشته باشید. پس از انجام یکی از این کارها، پنجره‌ای باز می‌شود (شکل ۱۴) که در آن باید اطلاعات زیر را وارد کنید:

- نام سناریو: یک نام معنادار برای سناریو وارد کنید یا نام پیش‌فرض را بپذیرید. توجه داشته باشید که همه سناریوها در یک پروژه باید نام‌های یکتا داشته باشند.
- انتخاب نوع سناریو: نوع سناریوی موردنظر را انتخاب کنید.
- در نهایت، روی OK کلیک کنید تا پروژه ایجاد شود.



شکل ۱۴- پنجره ایجاد پروژه جدید (eWater Ltd. (n.d.))

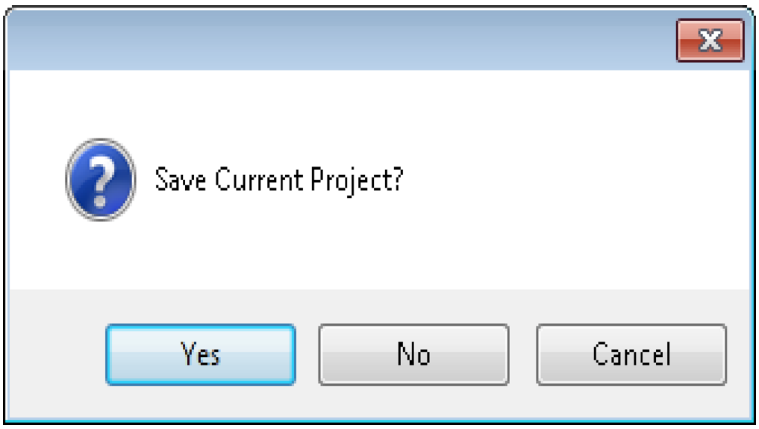
۳-۱-۲- ذخیره‌سازی پروژه

برای ذخیره یک پروژه باز در eWater Source ، مسیر File → Save را انتخاب کنید. این کار باعث ایجاد فایلی با پسوند rsproj. می‌شود. اگر برای اولین بار پروژه را ذخیره می‌کنید، پنجره Save As باز خواهد شد و به شما امکان می‌دهد محل ذخیره و نام فایل پروژه را تعیین کنید. به‌طور پیش‌فرض، نام فایل همان نام پروژه خواهد بود. در صورتی که بخواهید نسخه‌ای دیگر از پروژه را ذخیره کنید، می‌توانید از گزینه File → Save As… استفاده کنید.

نکته مهم این است که با وجود پسوند rsproj.، فایل‌های پروژه eWater Source در واقع آرشیوهای فشرده با فرمت zip. هستند. به همین دلیل، هنگام ارسال فایل پروژه به‌عنوان پیوست ایمیل یا دانلود آن از منابع تحت وب با استفاده از پروتکل HTTP باید دقت کنید. بسیاری از فیلترهای ایمیل به‌دلیل ناتوانی در تفسیر محتوای فایل‌های zip. اجازه عبور آن‌ها را نمی‌دهند و همچنین، سرورها و مرورگرها اغلب فایل‌های zip. را پس از دانلود به‌طور خودکار از حالت فشرده خارج می‌کنند.

۳-۱-۳- بستن یک پروژه باز

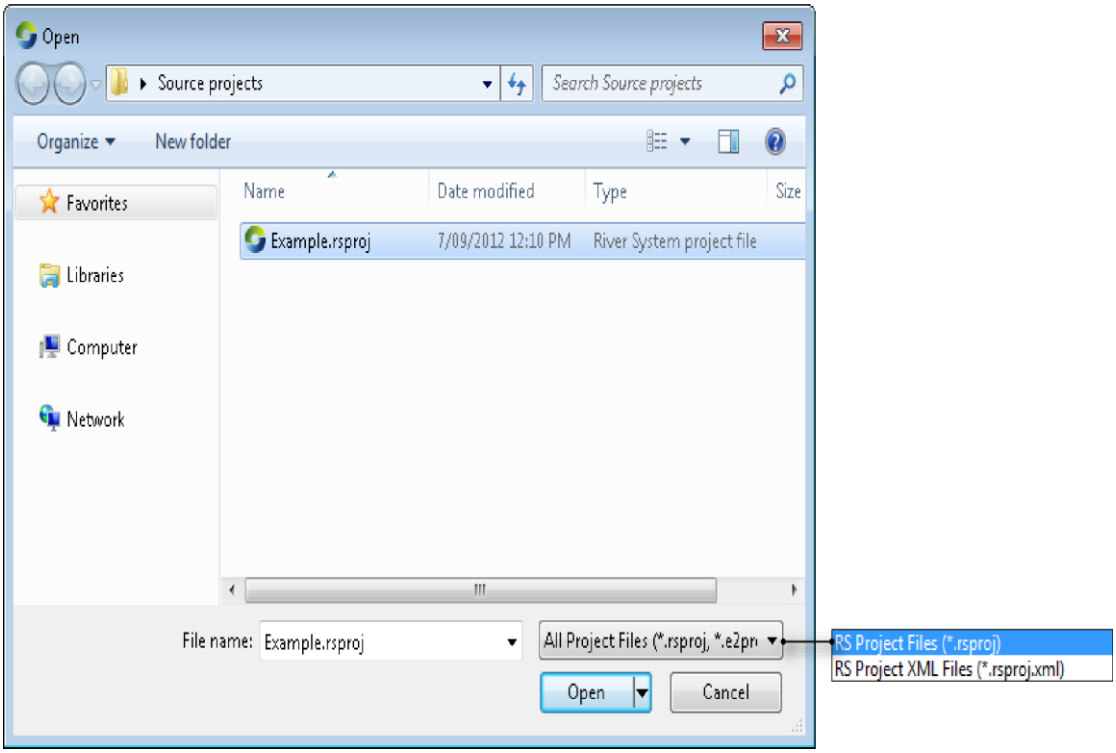
برای بستن یک پروژه باز در eWater Source ، مسیر File → Close Project را انتخاب کنید. این عمل پروژه جاری را می‌بندد و از شما می‌خواهد که تغییرات خود را ذخیره کنید (شکل ۱۵). کافی است روی دکمه مناسب کلیک کنید تا فرآیند بسته‌شدن کامل شود.



شکل ۱۵- بستن پروژه

۳-۱-۴- بازکردن یک پروژه موجود

برای بازکردن یک پروژه موجود دریeWater Source ، می‌توانید یکی از روش‌های زیر را استفاده کنید: مسیر File → Open Projectرا دنبال کنید یا روی Open Project در نوار ابزار File کلیک کنید. با این کار، پنجره استاندارد بازکردن فایل در ویندوز™ (شکل ۱۶) نمایش داده می‌شود. توجه داشته باشید که هنگام بازکردن یک پروژه جدید، نرم‌افزار از شما می‌خواهد هر پروژه باز را ذخیره کنید تا تغییرات آن از بین نرود.



شکل ۱۶- بازکردن پروژه

۳-۱-۵- کپی‌کردن پروژه‌ها

می‌توانید پروژه‌های موجود را با کپی‌کردن آن‌ها تکرار کنید. برای این کار، در File Explorer سامانه خود، پروژه موردنظر را انتخاب کرده و با راست‌کلیک‌کردن گزینه Copy را انتخاب کنید. سپس در محل مقصد، راست‌کلیک کرده و گزینه Paste را بزنید تا نسخه‌ای از پروژه ایجاد شود.

۳-۲- سناریوها

۳-۲-۱- درباره انواع سناریو

درeWater Source چهار نوع سناریو قابل تعریف است:

۱. سناریوی شماتیک (Schematic) : این نوع سناریو عمدتاً برای مدل‌سازی در بازه‌های زمانی بلندمدت استفاده می‌شود.

۲. سناریوی عملیات (Operations): بیشتر برای بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت مناسب است. این سناریو از امکانات پیش‌بینی و کار با اختلافات محاسبه‌نشده بهره می‌برد و معمولاً به شکل گسترده از ویرایشگر جدولی[1] استفاده می‌کند.

۳. سناریوی حوضه (Catchments): برای مدیریت فرآیندهای حوضه‌های بالادست کاربرد دارد. این سناریو معمولاً با استفاده از Geographic Wizard for Catchments ساخته می‌شود که مجموعه‌ای ساختارمند از مراحل را ارائه می‌دهد و شما را در فرآیند ساخت راهنمایی می‌کند.

٤. سناریوی تک‌حوضه[2]: ابزاری برای ساخت یک سناریوی ساده حوضه است و معمولاً برای اهداف آزمایشی استفاده می‌شود.

نکته مهم این است که قبل از شروع ساخت مدل، نوع سناریوی مناسب باید انتخاب شود. اگرچه یک پروژه می‌تواند شامل چندین سناریو باشد، اما نوع سناریو پس از ایجاد قابل تغییر نیست. همچنین هر سناریو مستقل از دیگر سناریوها عمل می‌کند و تغییر در یک سناریو بر سایر سناریوها تأثیری ندارد.

عملیات توضیح داده‌شده برای پروژه‌ها، مانند ذخیره، بازکردن یا بستن، برای سناریوها نیز دردسترس هستند. علاوه‌براین، می‌توانید سناریوها را وارد (Import) کرده و مقایسه (Compare) کنید. لازم به ذکر است که ابزارهای Scenario Import و Scenario Difference تنها برای سناریوهایی قابل‌استفاده هستند که در نسخه فعلی یا نسخه‌های قبلیeWater Source ساخته شده باشند.

---

[1] Tabular Editor
[2] Single Catchment Scenario

۳-۲-۲- مدیریت سناریو

گزینه‌های مختلف موجود در منو به شما امکان می‌دهند تا سناریوها را به‌صورت جامع مدیریت کنید. برای مثال:

- هنگام اجرای سناریوهای مختلف، می‌توانید از مجموعه‌های ورودی سناریو (Scenario Input Sets) برای تنظیم مقادیر پارامترهای ورودی استفاده کنید. برای این کار مسیر Edit → Scenario Input Sets… را دنبال کنید.
- با استفاده از مسیر Tools → Export Summary… می‌توانید خلاصه‌ای متنی از سناریوی انتخاب‌شده را در قالب یک فایل csv. ذخیره کنید.
- جدول ویژگی‌ها (Feature Table) که از مسیر Edit → Feature Table… قابل‌دسترسی است، نمایی کلی از سناریوی انتخاب‌شده ارائه می‌دهد و می‌تواند برای ویرایش پارامترهای اجزا مورداستفاده قرار گیرد.

۳-۲-۳- ایجاد یک سناریو

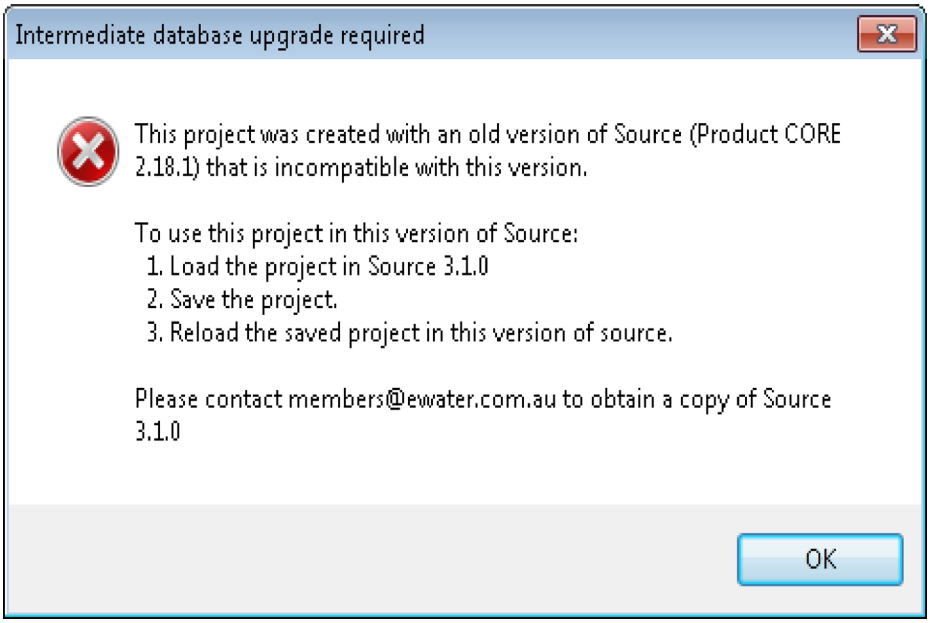
برای ایجاد یک سناریو دریeWater Source ، لازم است توجه داشته باشید که روش توضیح داده‌شده در این بخش تنها برای ایجاد سناریوی شماتیک یا حوضه‌ای قابل استفاده است. اگر قصد ساخت سناریوی پیش‌بینی (Forecasting) را دارید، باید به بخش مربوط به Forecast Scenarios مراجعه کنید. هر پروژه باید دست‌کم یک سناریو داشته باشد و هنگام ایجاد پروژه جدید، نرم‌افزار از شما می‌خواهد که یک سناریو نیز بسازید. برای ایجاد سناریوهای بیشتر می‌توانید از مسیرScenario → New → File ، یا با کلیک روی گزینه New Scenario در نوار ابزارFile ، و همچنین از طریق گزینه New Scenario (by menu) در نوار ابزار Project Explorer اقدام کنید.

درصورتی‌که بخواهید یک سناریوی عملیات (Operations Scenario) ایجاد کنید، ابتدا باید یک سناریوی شماتیک بسازید و سپس از مسیر Tools → Rivers Operations به پنجره River Operations dialog دسترسی پیدا کنید.

۳-۲-۴- بازکردن یک سناریو

هنگامی که یک پروژه تنها یک سناریو دارد، آن سناریو به‌طور خودکار هنگام بازشدن پروژه فعال می‌شود. اما اگر پروژه شامل چندین سناریو باشد، لازم است هر سناریو را به‌طور جداگانه باز کنید. برای مشاهده و ویرایش یک سناریو درون پروژه، کافی است روی نام آن در فهرست Project Hierarchy دوبار کلیک کنید. این عمل ویرایشگر مناسب سناریوی انتخاب‌شده را باز می‌کند و نام سناریو به حالت پررنگ نمایش داده می‌شود تا مشخص شود که فعال است. علاوه‌براین، می‌توانید از فهرست سناریوهای بارگذاری‌شده در منوی View، سناریوی موردنظر خود را انتخاب کرده و آن را فعال کنید.

نرم‌افزار eWater Source از سازگاری معکوس[1] برای پروژه‌هایی که پس از نسخه v3.1.0 ساخته شده‌اند، پشتیبانی می‌کند. نکته مهم این است که اگر پروژه‌ای در نسخه v3.1.0 یا قبل‌تر ساخته شده باشد، لازم است آن را ارتقا دهید. در نسخه‌های جدیدترeWater Source ، هنگام بازکردن چنین پروژه‌هایی پیامی نمایش داده می‌شود (شکل ۱۷) که از شما می‌خواهد فایل را در نسخه v3.1.0 ذخیره کنید. با دنبال‌کردن مراحل ارائه‌شده در آن پنجره، پروژه به‌طور خودکار به نسخه جاری eWater Source ارتقا می‌یابد.



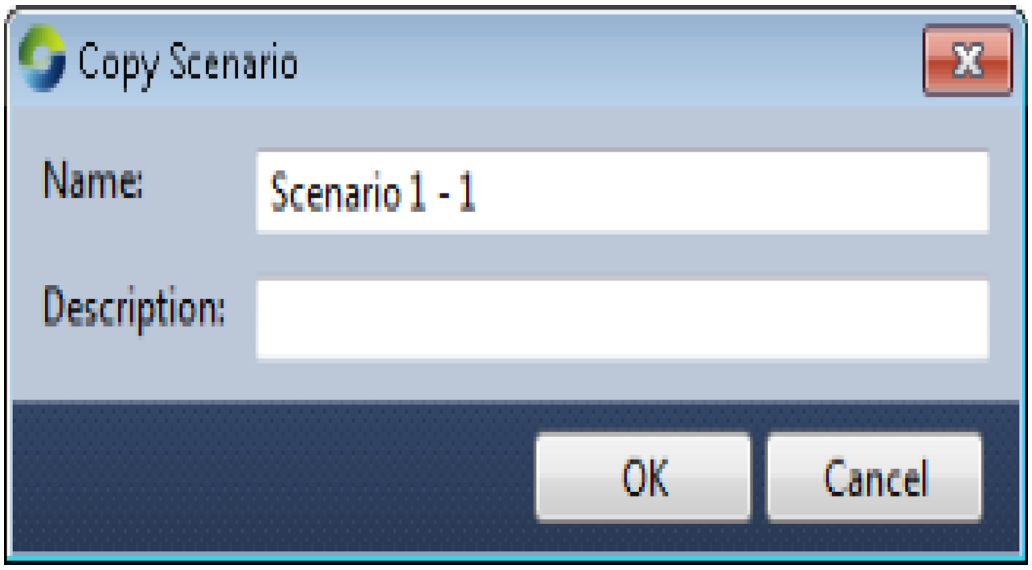
شکل ۱۷- بازکردن پروژه – خطا

[1] Backward Compatibility

۳-۲-۵- کپی‌کردن یک سناریو

درeWater Source می‌توانید سناریوهای موجود را کپی کنید، به شرط آنکه آن‌ها بخشی از یک پروژه واحد باشند. این قابلیت زمانی مفید است که بخواهید با تغییرات مختلف آزمایش کنید بدون این‌که سناریوی اصلی تحت‌تأثیر قرار گیرد. نکته مهم این است که اگر تنها قصد کپی‌کردن برخی عناصر شبکه را دارید، باید به بخش Copying Network Elements مراجعه کنید.

برای کپی‌کردن یک سناریو، کافی است روی گزینه Copy Scenario در نوار ابزار Project Explorer کلیک کنید (شکل ۱۸). نرم‌افزار یک نسخه از سناریوی جاری ایجاد کرده و از شما می‌خواهد برای نسخه کپی‌شده یک نام تعیین کنید. شما می‌توانید نام پیشنهادی را بپذیرید یا نام دیگری وارد کنید، اما باید توجه داشته باشید که نام سناریوها در هر پروژه یکتا باشد. سناریوی جدید، دقیقاً مشابه نسخه اصلی در لحظه کپی‌برداری خواهد بود.



شکل ۱۸-کپی‌کردن سناریو

۳-۲-۶- تغییر نام یک سناریو

نرم‌افزار eWater Source به‌طور خودکار به سناریوهای جدید نام پیش‌فرض «Scenario #n» می‌دهد، که در آن n یک عدد متوالی است. برای تغییر نام یک سناریو، ابتدا سناریوی موردنظر را در Project Hierarchy

انتخاب کنید. سپس پس از انتخاب نام سناریو، کمی مکث کرده و دوباره روی آن کلیک کنید. وقتی نام برجسته شد، می‌توانید نام جدید را وارد کنید. توجه داشته باشید که نام سناریوها در هر پروژه باید یکتا باشد.

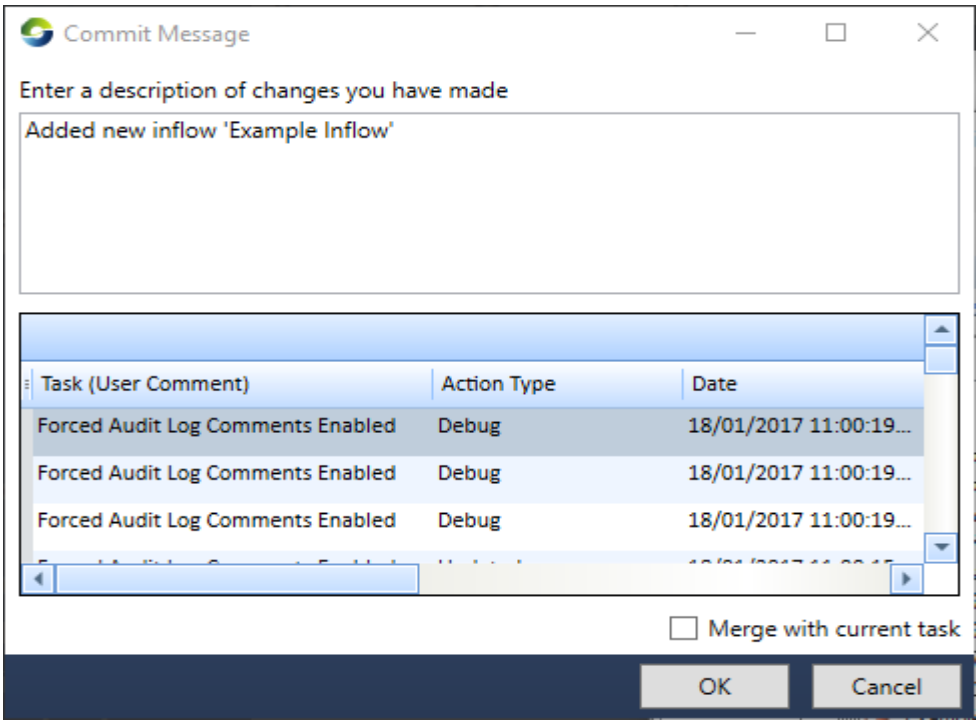
۳-۲-۷- پیونددادن سناریوها

درeWater Source می‌توانید دو سناریو را با استفاده از قابلیت Connecting Models به یکدیگر پیوند دهید. لازم به ذکر است که برخی اجزای سناریوی اول ممکن است به سناریوی دوم منتقل نشوند و این موضوع باید هنگام پیونددادن سناریوها مدنظر قرار گیرد.

۳-۳- گزارش حسابرسی[1]

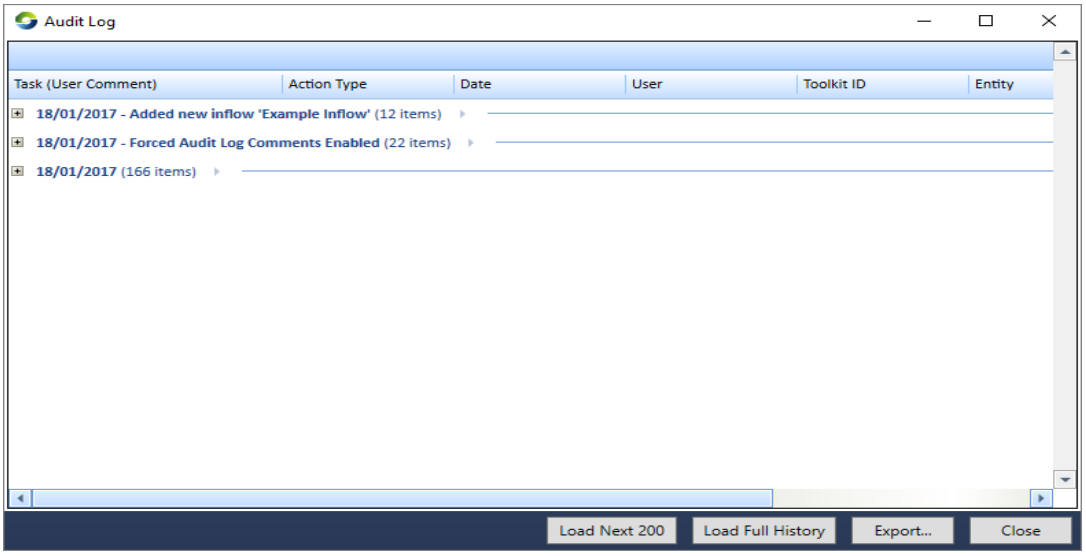
ویژگی گزارش حسابرسی دریeWater Source تغییرات اعمال‌شده روی یک پروژه را در طول زمان ثبت می‌کند و به‌ویژه برای پروژه‌هایی که توسط چند نفر به‌طور همزمان مدیریت می‌شوند اهمیت دارد. این گزارش ترکیبی از اطلاعات تولیدشده توسط نرم‌افزار درباره تغییرات مدل است و به کاربران این امکان را می‌دهد که هنگام ذخیره پروژه، هدف هر تغییر را با یک پیام تعهد (commit message) یادداشت کنند (شکل ۱۹).

[1] Audit Log



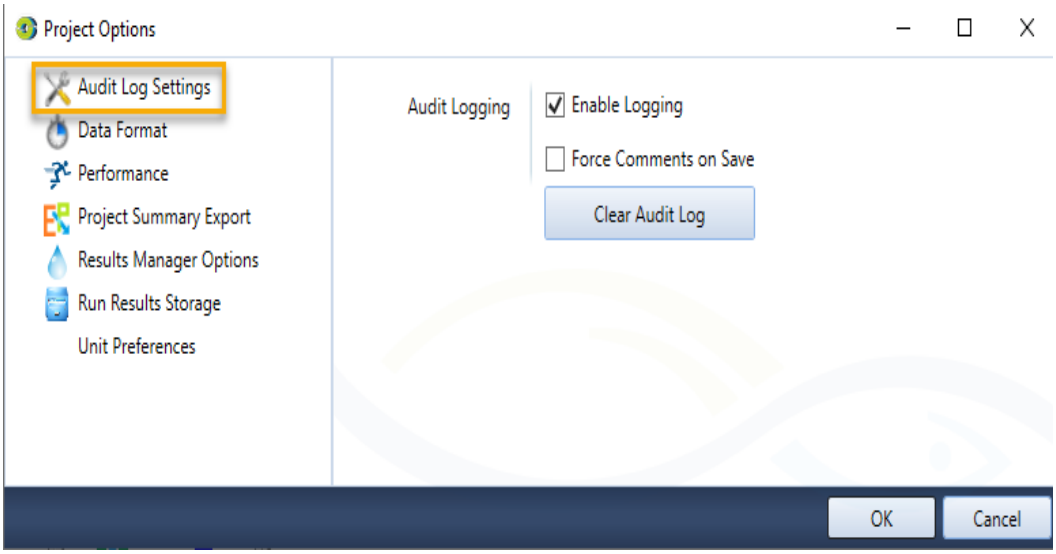
شکل ۱۹- پیام ثبت تغییرات در گزارش حسابرسی (eWater Ltd. (n.d.))

پیام‌های تعهد برای دسته‌بندی لاگ‌های تولیدشده توسط نرم‌افزار به‌کار می‌روند تا تغییرات پروژه برای کاربران قابل‌درک‌تر باشند. در صورتی که یک مسأله مشابه در چند جلسه کاری به‌طور هم‌زمان بررسی شود، می‌توانید گزینه Merge with Current Task را انتخاب کنید تا لاگ‌های جدید در زیر همان پیام تعهد قبلی گروه‌بندی شوند (شکل ۲۰).



شکل ۲۰- نمایشگر گزارش حسابرسی (eWater Ltd. (n.d.))

یک گزارش حسابرسی حجیم که به یک پروژه متصل است، به‌ویژه در پروژه‌های بزرگ می‌تواند موجب افزایش بار پردازشی و کاهش عملکرد نرم‌افزار شود. به‌طور پیش‌فرض، قابلیت گزارش‌گیری حسابرسی در eWater Source فعال است، اما در صورت نیاز می‌توان آن را غیرفعال کرد. برای این کار کافی است به مسیر Edit → Project Options → Audit Log Settings رفته و با برداشتن تیک گزینه Enable Logging، ثبت گزارش حسابرسی را خاموش کنید (شکل ۲۱).



شکل ۲۱- گزینه‌های پروژه – تنظیمات گزارش حسابرسی ((eWater Ltd. (n.d.)

برای حذف تمام ورودی‌های موجود در گزارش حسابرسی، کافی است روی گزینه Clear Audit Log کلیک کنید. این کار زمانی مفید است که یک مرحله از مدل‌سازی، مانند ساخت مدل، به پایان رسیده و قصد دارید از آن نقطه به بعد تغییرات اعمال‌شده بر پروژه را رصد کنید. پیش از پاک کردن گزارش، می‌توانید ورودی‌های موجود را برای نگهداری صادر کنید. برای این منظور، ابتدا Audit Log Viewer را از مسیر View → Audit Logs… باز کنید، سپس روی یکی از سلول‌ها راست‌کلیک کرده و گزینه Copy All را انتخاب کنید. در ادامه، محتوای کپی‌شده را می‌توانید در یک فایل متنی یا در نرم‌افزار Excel بچسبانید.

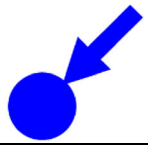
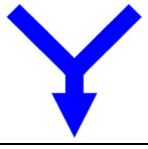
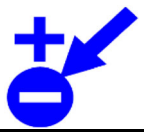
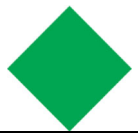
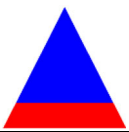
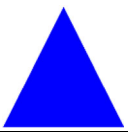
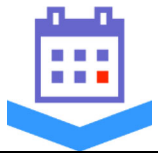
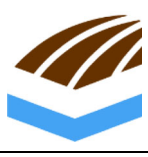
علاوه‌براین، می‌توان گزارش حسابرسی را به‌طور دائمی فعال کرد. برای این کار باید گزینه Force Comment on Save را روشن کنید. پس از فعال‌سازی این قابلیت، دیگر امکان غیرفعال‌کردن گزینه Enable

Logging وجود نخواهد داشت و گزینه Clear Audit Log نیز غیرفعال می‌شود. این تغییر به‌صورت دائمی در پروژه اعمال می‌شود و پیش از انجام آن، چندین پیام هشدار برای تأیید کاربر نمایش داده خواهد شد.

۴- نودها و لینک‌ها

۴-۱- درباره نودها

نودها (Nodes) نقاطی هستند که در سامانه‌های رودخانه‌ای برای انجام اقدامات یا اندازه‌گیری‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نقاط محل‌هایی را نشان می‌دهند که در آن‌ها آب می‌تواند اضافه شود، برداشت شود، ذخیره شود، ثبت شود یا حتی مالکیت آن در مدل تغییر پیدا کند. هر نود می‌تواند بیانگر پدیده‌هایی باشد که در یک محدوده فیزیکی نسبتاً گسترده رخ می‌دهند، اما برای مقاصد مدل‌سازی، معمولاً به‌صورت یک نقطه منفرد در نظر گرفته می‌شوند. در زیرحوضه‌ها، نودها موقعیت‌هایی را در شبکه آبخیز فراهم می‌کنند که اطلاعات مربوط به مدیریت منابع آب در آن‌ها قرار می‌گیرد. در نرم‌افزار eWater Source، نودها با آیکون‌های خاصی نمایش داده می‌شوند که در شکل ۲۲ قابل‌مشاهده‌اند.

					
جریان ورودی	ایستگاه- اختلاف محاسبه نشده	ایستگاه	تقسیم‌کننده کنترل‌شده	محل تلاقی	صدور مجوز انبوه
					
کمان‌های موازی	تخصیص خارج از محدوده	حداقل جریان مورد نیاز	محدودیت بیشینه سفارش	هدررفت	جریان ورودی - اختلاف محاسبه نشده
					
نقطه تأمین	سرریز - اختلاف محاسبه نشده	سرزیر	ذخیره‌سازی - مابه‌التفاوت محاسبه‌نشده	ذخیره‌سازی	انتقال سناریو
					
کاربر آب - مدل تقاضای الگوی ماهانه	کاربر آب- مدل تقاضای آبیاری	کاربر آب – مدل تقاضای محصول IQQM	کاربر آب	انتقال مالکیت	نقطه تأمین - استخراج آب‌های زیرزمینی
کاربر آب – مدل تقاضای PRIDE	کاربر آب - مدل تقاضای سری زمانی	اتصال هیدرولیک تالاب‌ها	محل اتصال لوله		

شکل ۲۲- آیکون‌های نود در eWater Source

۴-۱-۱- استفاده از نودها در eWater Source

بخش مربوط به استفاده از نودها دریeWater Source نحوه کار با نودها را در این نرم‌افزار توضیح می‌دهد. در این بخش مشخص می‌شود که چگونه می‌توان نودها را ایجاد، ویرایش یا مدیریت کرد. همچنین برخی از اقداماتی که برای نودها قابل‌انجام هستند، برای لینک‌ها نیز کاربرد دارند.

۴-۱-۲- افزودن نود به یک مدل

برای افزودن نود به یک مدل در نرم‌افزار eWater Source، می‌توان از دو روش استفاده کرد. در روش نخست، نوع مناسب نود را از بخش Node Palette انتخاب کرده و آن را با کشیدن و رهاکردن روی بخش Schematic Editor قرار می‌دهند. در روش دوم، کافی است در محیط Schematic Editor راست‌کلیک کرده و گزینه موردنظر را از منوی Add انتخاب کنید تا نود جدید به مدل افزوده شود. نکته‌ای که باید به آن توجه داشت این است که پس از افزودن نود به یک سناریو، می‌توان مشخصات آن را در جدول ویژگی‌ها (Feature Table) مشاهده کرده و در صورت نیاز، پارامترهای آن را ویرایش کرد.

۴-۲- درباره لینک‌ها

در نرم‌افزار eWater Source، لینک‌ها عناصر ارتباطی هستند که نودها را به یکدیگر متصل می‌کنند. آن‌ها نقش کلیدی در انتقال، ذخیره و هدایت آب بین نودها دارند. در این سامانه، نودها تنها از طریق لینک‌ها به هم متصل می‌شوند و دو لینک نمی‌توانند بدون وجود یک نود واسط با یکدیگر ارتباط داشته باشند.

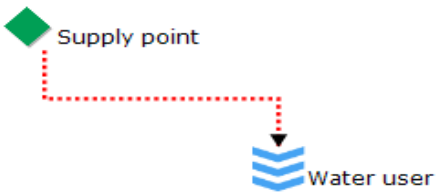
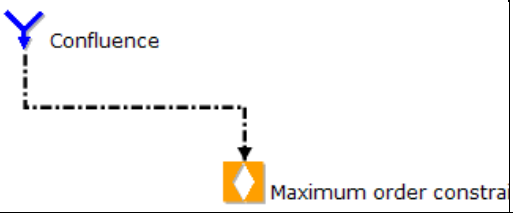
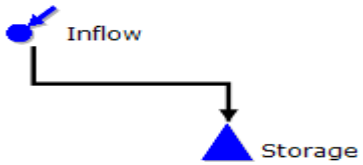
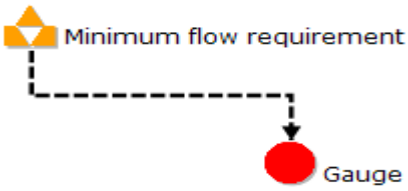
اصطلاح Reach به بخشی از رودخانه یا یک قطعه فیزیکی بین نقاط بالادست و پایین‌دست اشاره دارد، در حالی که Link یک اتصال منطقی درون مدل سامانه رودخانه است و لزوماً نمایانگر یک بخش فیزیکی مشخص نیست. فرآیند Routing نیز تغییرات در زمان‌بندی و شکل جریان آب را در هنگام حرکت در رودخانه توصیف می‌کند. لازم به ذکر است که در این مستند، مگر آنکه به‌طور صریح خلاف آن ذکر شود، منظور از Routing، نوع هیدرولوژیکی آن است، نه هیدرولیکی. در مدل‌سازیeWater Source ، لینک‌ها به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

۱. لینک‌های عمودی (Vertical): این نوع لینک‌ها برای اتصال بیشتر نودها به کار می‌روند. چهار نوع نخست از لینک‌ها که در جدول ۲ معرفی شده‌اند، همگی از نوع عمودی هستند.

۲. لینک‌های افقی (Horizontal): این لینک‌ها به‌طور خاص برای اتصال نود Wetlands Hydraulic Connector (به‌عنوان مبدأ) به نود Storage (به‌عنوان مقصد) استفاده می‌شوند. وجود یک لینک افقی در یک نود ذخیره‌سازی نشان می‌دهد که این نود رفتاری مشابه یک تالاب دارد. شکل ۲ نمونه‌ای از یک لینک افقی را نمایش می‌دهد.

در نهایت، ماتریس اتصالات نود[1] نوع لینک‌هایی را که هنگام اتصال نودهای مختلف ایجاد می‌شوند، نشان می‌دهد و به درک روابط میان اجزای مدل کمک می‌کند.

جدول ۲- انواع لینک‌ها در eWater Source

نوع	موارد استفاده	رنگ	شکل
پیوند مورد تقاضا	فقط گره‌های نقطه تأمین (منبع) و کاربر آب (هدف)	قرمز، خط‌چین	
مسیریابی جریان تأخیری	گره‌های مختلف	خط سیاه، با نقطه‌ها و خط تیره‌های متناوب	
مسیریابی ذخیره‌سازی	گره‌های مختلف	سیاه، خط ثابت	
مسیریابی مستقیم	گره‌های مختلف	سیاه، خط‌چین	

[1] Node Connection Matrix

نوع	موارد استفاده	رنگ	شکل
پیوند تالاب (افقی)	گره رابط هیدرولیکی تالاب‌ها (منبع) و گره ذخیره‌سازی (هدف)	سبز، خط ممتد	در شکل ۲۴ نشان داده شده است.

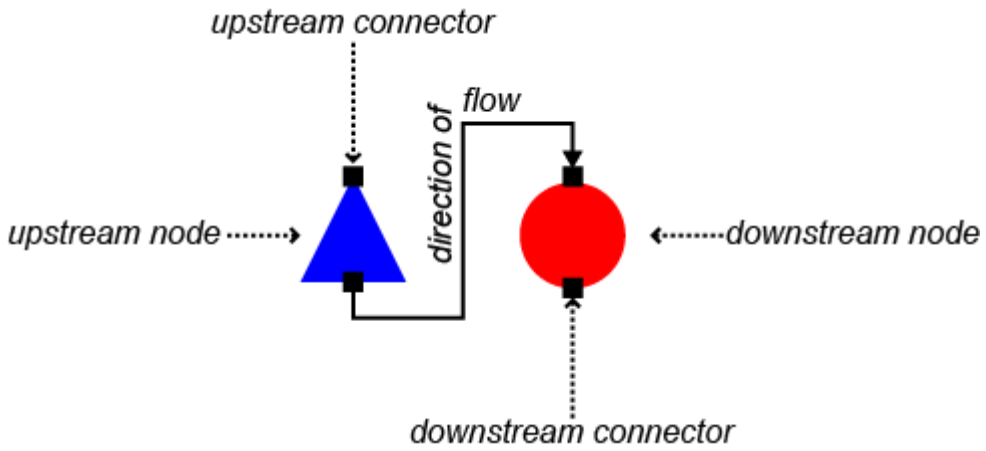
۴-۲-۱- استفاده از لینک‌ها در eWater Source

پس از افزودن لینک‌ها به یک مدل در نرم‌افزار eWater Source، امکان ویرایش و مدیریت ویژگی‌های مختلف آن‌ها وجود دارد؛ درست مانند کاری که برای نودها انجام می‌شود. کاربران می‌توانند نام‌های پیش‌فرض نودها و لینک‌ها را تغییر دهند، برای آن‌ها نام‌های جدید انتخاب کنند، پارامترهای مرتبط را پیکربندی نمایند و در صورت نیاز، یادداشت‌هایی (Notes) به هرکدام اضافه کنند. علاوه‌براین، امکان جستجو در میان نودها و لینک‌ها، حذف آن‌ها، و همچنین کپی و جای‌گذاری (Copy & Paste) نیز فراهم است. نکته‌ای که باید در نظر داشت این است که پس از افزودن لینک‌ها به یک سناریو، می‌توان آن‌ها را در Feature Table مشاهده کرده و پارامترهای مربوط به آن‌ها را به‌صورت مستقیم ویرایش کرد.

۴-۲-۲- افزودن لینک‌ها به یک مدل

برای افزودن یک لینک به مدل در نرم‌افزار eWater Source، ابتدا باید به شکل ۲۳ مراجعه کرد تا با اصطلاحات مرتبط آشنا شوید. پس از آن، می‌توان مراحل ایجاد لینک را آغاز کرد. برای این منظور، نشانگر ماوس را روی نود بالادست قرار دهید، سپس بر روی یکی از اتصالات پایین‌دست[1] کلیک کرده و دکمه را نگه دارید. در ادامه، با کشیدن ماوس، مسیر اتصال را مشخص کنید. در هنگام انجام این کار، نرم‌افزار مقصدهای ممکن برای اتصال بالادست یک نود پایین‌دست را به‌صورت آیکون‌های بزرگ نمایش می‌دهد. در نهایت، هنگامی که ماوس را در محل مناسب رها کنید، لینک به‌طور خودکار در جای درست خود قرار گرفته (snap) و اتصال برقرار می‌شود.

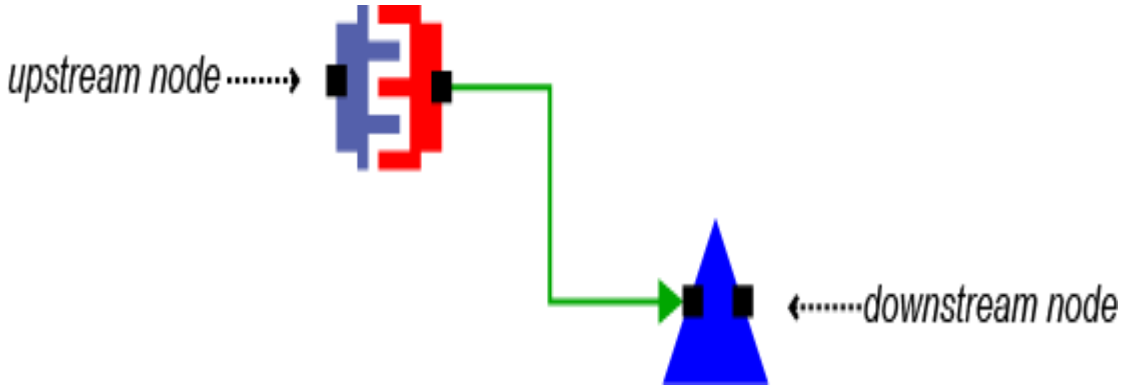
[1] downstream connectors



شکل ۲۳- اصطلاحات مربوط به اتصالات نود (eWater Ltd. (n.d.))

در مورد لینک‌های افقی، محل قرارگیری اتصالات نود (Node Connectors) متفاوت از لینک‌های عمودی است؛ این اتصالات به‌جای بالا و پایین نود، در سمت چپ و راست آن قرار می‌گیرند. برای ایجاد یک اتصال افقی، کافی است همانند روش توضیح‌داده‌شده در بخش قبل، کانکتور موردنظر را کلیک کرده و با نگه داشتن دکمه ماوس، آن را به سمت مقصد بکشید تا اتصال برقرار شود.

پس از ایجاد لینک، امکان جابجایی عمودی آن نیز وجود دارد. برای این منظور، روی لینک کلیک کنید تا یک نقطه قرمز در مرکز آن ظاهر شود. با گرفتن و کشیدن این نقطه، می‌توانید موقعیت لینک را به‌صورت عمودی تنظیم کرده و آن را در محل مناسب قرار دهید.



شکل ۲۴- لینک افقی (eWater Ltd. (n.d.))

۴-۲-۳- کشیدن لینک‌ها[1]

در نرم‌افزار eWater Source، می‌توان یک لینک را بین نودها قطع و مجدداً متصل کرد، بدون آن‌که نیاز باشد لینک را حذف و دوباره اضافه کنید. برای فعال‌سازی این قابلیت، باید گزینه Allow Link Dragged را از نوار ابزار Schematic Editor Options فعال کنید. لازم به ذکر است که همه لینک‌ها قابل اتصال به تمامی انواع نودها نیستند؛ زیرا برخی نودها تنها با لینک‌های خاصی سازگار هستند و محدودیت‌هایی در اتصال آن‌ها وجود دارد.

۴-۲-۴- ارتفاع لینک[2]

در نرم‌افزار eWater Source، می‌توان ارتفاع یک لینک را با استفاده از پنجره Location Control تنظیم کرد. معمولاً مقدار صفر ذخیره (Zero storage) به‌عنوان نقطه مرجع برای تعیین ارتفاع لینک یا نود در نظر گرفته می‌شود، اما هیچ قاعده قطعی وجود ندارد که ارتفاع لینک باید در ابتدای reach، انتهای آن یا نقطه‌ای میانی تعیین شود. همچنین، نرم‌افزارeWater Source هیچ سازوکاری برای نمایش شیب (Fall) در طول یک reachارائه نمی‌دهد.

۴-۳- کار با نودها و لینک‌ها

هرگاه یک نود یا لینک در نرم‌افزار eWater Source ایجاد شود، به آن یک نام پیش‌فرض اختصاص داده می‌شود که از الگوی زیر پیروی می‌کند:

type #

در این الگو، type نوع نود یا لینک را مشخص می‌کند و # عددی است که در طول عمر دیاگرام به‌صورت پیوسته افزایش می‌یابد. نکته‌ای که باید در نظر داشت این است که نمایش این نام‌ها را می‌توان از طریق نوار ابزار Schematic Editor Options فعال یا غیرفعال کرد.

---

[1] Dragging links
[2] Link elevation

۴-۳-۱- اتصالات نودها[1]

نودها می‌توانند به یکدیگر متصل شوند، اما نوع لینک ایجادشده بین آن‌ها به نوع نودها بستگی دارد. به‌عنوان مثال، اگر یک نود Storage به یک نود Wetland Connector متصل شود، لینک ایجادشده از نوع Wetland conveyance link خواهد بود که انتقال آب به‌صورت مشابه با عملکرد یک تالاب را شبیه‌سازی می‌کند.

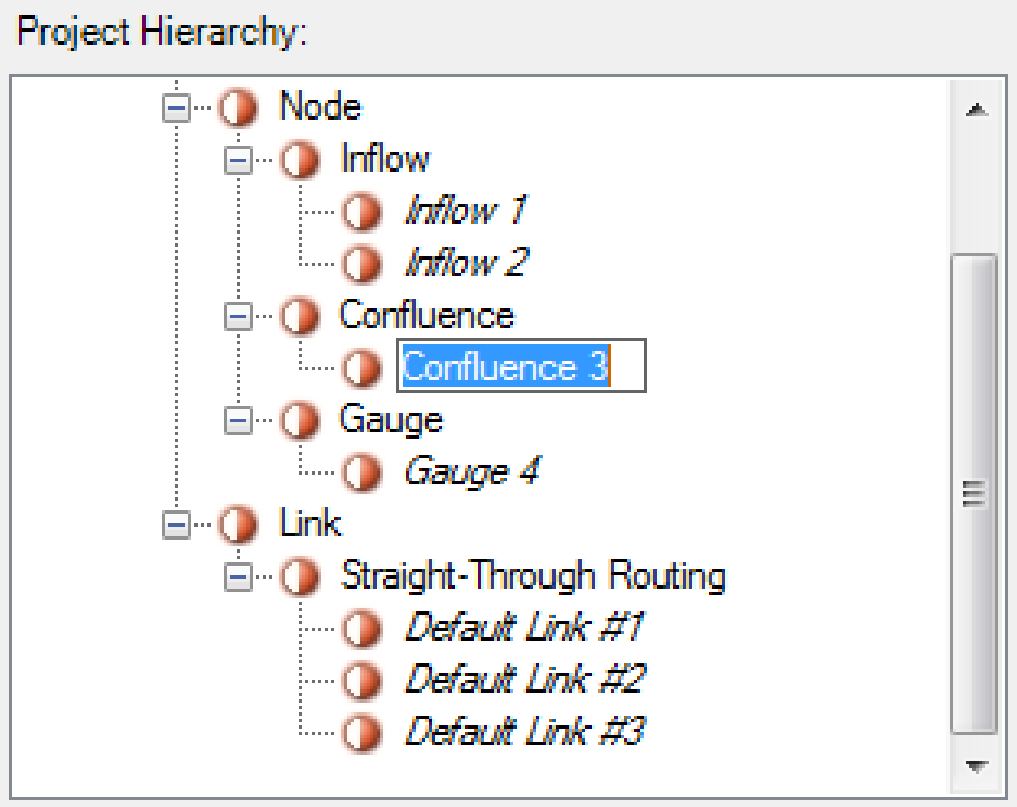
۴-۳-۲- تغییرنام نودها و لینک‌ها

تغییر نام یک نود یا لینک تنها در همان سناریویی اعمال می‌شود که تغییر در آن انجام شده است و این تغییر به سایر سناریوها منتقل نمی‌شود، زیرا هیچ ارتباط مستقیمی بین سناریوها وجود ندارد. برای تغییر نام نود یا لینک می‌توان از یکی از روش‌های زیر استفاده کرد:

۱. ابتدا از منو گزینه View » Project Explorer را انتخاب کنید یا روی دکمه معادل آن در نوار ابزار کلیک کنید تا پنجره Project Explorer نمایش داده شود. در ساختار پروژه (Project Hierarchy) روی نود یا لینک موردنظر کلیک کنید، کمی مکث کنید و دوباره کلیک کنید. در این حالت نام آماده ویرایش خواهد بود. نام جدید را تایپ کرده و کلید Enter را فشار دهید (شکل ۲۵).

۲. روی نود یا لینک در دیاگرام راست‌کلیک کرده و گزینه Rename را انتخاب کنید. سپس نام آماده ویرایش می‌شود و می‌توانید نام جدید را وارد کرده و کلید Enter را فشار دهید.

1 Node connections

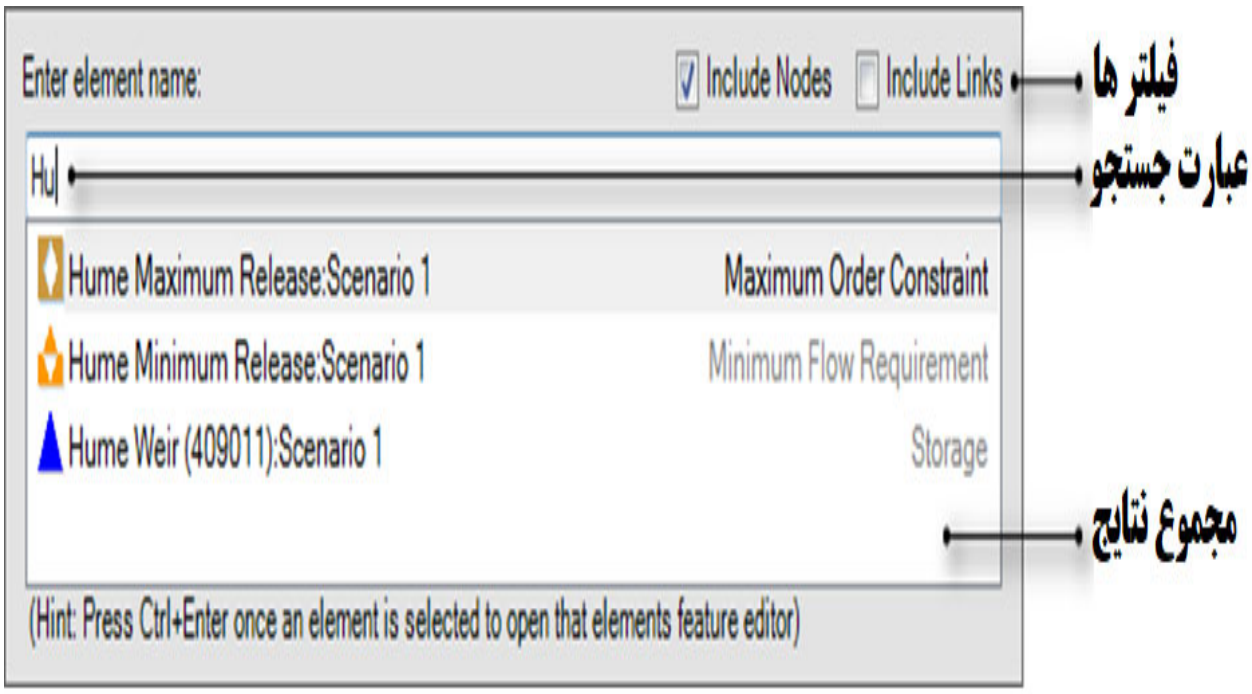


شکل ۲۵- تغییرنام یک نود یا لینک

نکته: نرم‌افزار eWater Source از نام‌های تکراری برای نودها یا لینک‌ها پشتیبانی نمی‌کند. در صورت استفاده از نام مشابه، نرم‌افزار به شما هشدار خواهد داد. بنابراین، ضروری است که اطمینان حاصل کنید نام‌هایی که برای نودها یا لینک‌ها انتخاب می‌کنید در هر سناریو منحصربه‌فرد باشند.

۴-۳-۳- جستجوی نودها و لینک‌ها

پنل Find در نرم‌افزار eWater Source این امکان را فراهم می‌کند که نودها و لینک‌های خاص را در سناریوهای باز جستجو کنید. برای بازکردن این پنل، می‌توانید کلیدهای Ctrl + F را فشار دهید (شکل ۲۶). سپس بخشی از نام نود یا لینک موردنظر را به‌عنوان عبارت جستجو وارد کنید. مجموعه نتایج نمایش داده‌شده، شامل سناریوی حاوی آن نود یا لینک و همچنین نوع آن خواهد بود. این قابلیت به‌ویژه هنگام کار با سناریوهای بسیار بزرگ و پیچیده کاربردی و مفید است.



شکل ۲۶- پنل جستجو (Find Panel)

۴-۳-۴-کپی و چسباندن

در نرم‌افزار eWater Source، کاربران می‌توانند مجموعه‌ای از نودها و/یا لینک‌ها را درون یک سناریو یا بین سناریوهای مختلف یک پروژه کپی و پیست کنند. برای انجام این کار، ابتدا با ماوس کلیک کرده و ناحیه‌ای از دیاگرام را با کشیدن یک مستطیل انتخاب می‌کنید. سپس با راست‌کلیک‌کردن، گزینه Copy را انتخاب کنید. برای چسباندن، در محیط Schematic Editor راست‌کلیک کرده و گزینه Paste را بزنید.

در هنگام کپی‌کردن بخش‌هایی از یک سناریو، نکات زیر مهم هستند:

- کپی درون یک سناریو:

مؤلفه‌های کپی‌شده نام‌های منحصربه‌فرد دریافت می‌کنند. با این حال، توابع (Functions) و متغیرها (Variables) دوباره‌سازی نمی‌شوند و تابع اصلی، هم مؤلفه‌های اصلی و هم کپی‌شده را به‌عنوان استفاده‌کننده فهرست می‌کند.

- کپی بین سناریوها:

هم توابع و هم متغیرهای مدل‌شده منتقل می‌شوند، اما کپی باید شامل هر نودی باشد که متغیر مدل‌شده به آن اشاره دارد. توابع کپی‌شده در یک پوشه جدید به نام From<OriginatingScenarioName> قرار

می‌گیرند تا از ایجاد نام‌های تکراری جلوگیری شود. توابعی که توسط هیچ مؤلفه‌ای استفاده نمی‌شوند منتقل نمی‌شوند، حتی اگر گزینه Force Evaluate فعال باشد. برخی محدودیت‌ها و نکات دیگر هنگام کپی بین سناریوها عبارتند از:

- Restriction curves منتقل نمی‌شوند.
- اگر یک نود Water User با نوع کشت[1] پیکربندی‌شده باشد، پارامترهای مربوط به کشت نیز منتقل می‌شوند.
- برای کپی‌کردن Constituents و موارد استفاده از آن‌ها، ابتدا باید Constituents با همان نام در سناریوی مقصد ایجاد شوند.
- اگر مجموعه داده‌های ورودی سناریو[2] به مؤلفه‌های کپی‌شده شبکه اختصاص یافته باشند، سناریوهای مبدأ و مقصد می‌توانند ورودی‌های متفاوت داشته باشند، اما فقط داده‌های مرتبط با مجموعه ورودی‌های هم‌نام منتقل خواهند شد.
- اگر یک قانون ترتیب اجرا[3] شامل دو نود باشد، کپی و چسباندن هر دو نود، آن قانون را نیز منتقل خواهد کرد.
- سامانه‌های ارزیابی منابع[4] منتقل نمی‌شوند.
- نود Scenario Transfer کپی‌شده هنگام پیست کردن، ارتباط خود را با نود اصلی از دست خواهد داد.

۴-۳-۵- حذف نودها و لینک‌ها

برای حذف یک نود، ابتدا نود مورد نظر را انتخاب کرده و کلید Delete را فشار دهید، یا روی نود راست‌کلیک کرده و گزینه Delete را انتخاب کنید. توجه داشته باشید که حذف یک لینک تنها همان لینک را حذف می‌کند، اما هنگام حذف یک نود، هم نود و هم تمامی لینک‌های متصل به آن حذف خواهند شد.

---

[1] Crop type
[2] Scenario input sets
[3] Execution order rule
[4] Resource assessment systems

نکته: حذف یک نود باعث از دست رفتن داده‌های مرتبط با آن و همچنین داده‌های لینک‌های متصل به آن می‌شود. این عملیات قابل بازگردانی نیست و در صورت نیاز باید نود یا لینک موردنظر را مجدداً ایجاد کنید.

۴-۳-۶- افزودن یک نود بدون حذف لینک

در نسخه‌های قدیمی‌تر نرم‌افزار eWater Source، برای قرار دادن یک نود جدید بین دو نود موجود در مدل شماتیک، کاربر مجبور بود لینک موجود را حذف کند. این فرآیند می‌توانست بر پیکربندی نودهای بالادست، مانند Storage و پایین‌دست مانند Confluence تأثیر بگذارد.

به‌عنوان مثال، اگر نود جدید یک محل تلاقی Confluence باشد، حذف لینک بالادست باعث تغییر پیکربندی آن به Unregulated می‌شد و کاربر مجبور بود مجدداً آن را به حالت Regulated تغییر دهد. همچنین، حذف لینک‌هایی مانند Storage Routing Link می‌توانست باعث ازدست‌رفتن تنظیمات پارامترها شود و کاربر باید مقادیر را دوباره وارد می‌کرد. برای رفع این مشکل، از نسخه eWater Source 5.50 به بعد، قابلیت جدیدی اضافه شد که امکان افزودن نود جدید بدون حذف لینک موجود را فراهم می‌کند، مشابه روشی که در سناریوهای جغرافیایی اعمال می‌شود.

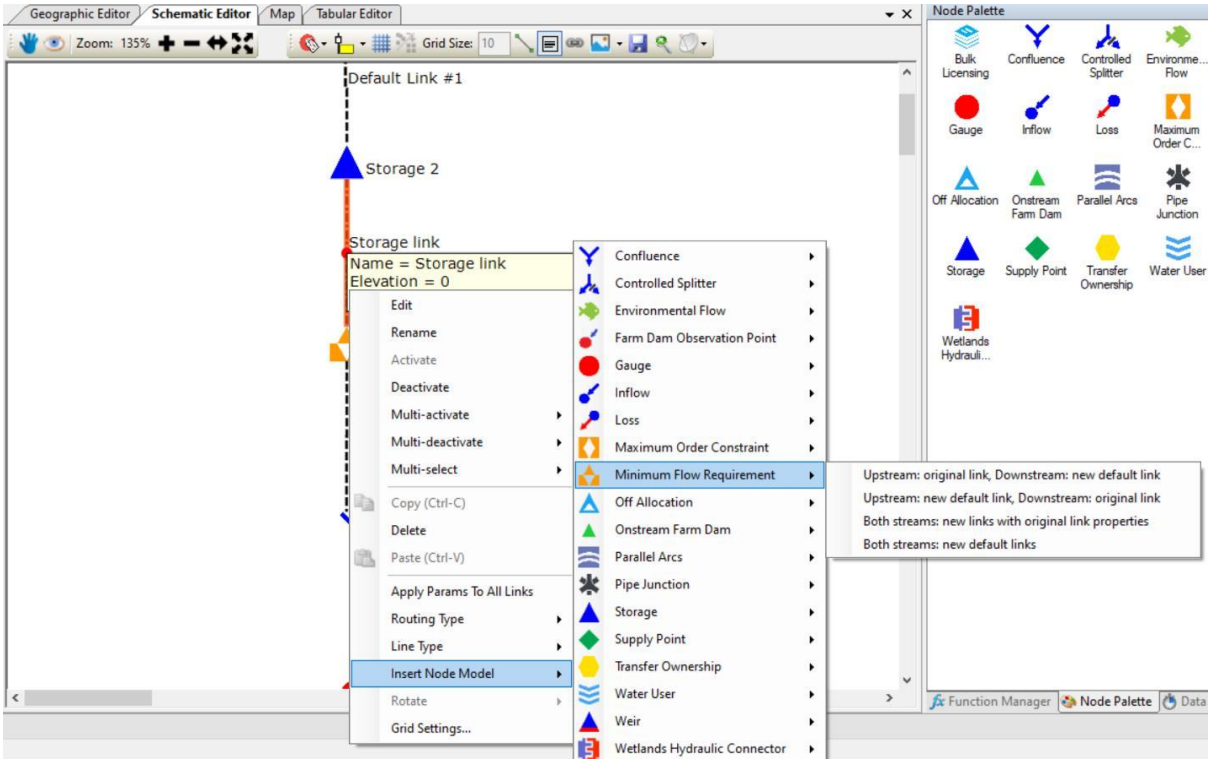
۴-۳-۷- گزینه‌ها هنگام افزودن یک نود به لینک بدون حذف آن

هنگام افزودن یک نود جدید در یک لینک موجود، نرم‌افزارeWater Source امکان تعیین چگونگی حفظ ویژگی‌های لینک اصلی را فراهم می‌کند. گزینه‌های موجود عبارت‌اند از:

۱. بالادست: لینک اصلی حفظ شود و لینک پایین‌دست نود جدید با ویژگی‌های پیش‌فرض ایجاد شود.
۲. پایین‌دست: لینک پیش‌فرض جدید برای بالادست ایجاد شود و لینک اصلی پایین‌دست حفظ شود.
۳. هر دو: لینک‌های جدید با ویژگی‌های لینک اصلی ایجاد شوند.
٤. هر دو: لینک‌های پیش‌فرض جدید ایجاد شوند.

به‌عنوان مثال (شکل ۲۷)، اگر کاربر بخواهد یک نود Minimum Flow Requirement را بین نودهای Storage 2 و Confluence 3 وارد کند، می‌تواند روی لینک راست‌کلیک کرده و گزینه Insert Node Model

Minimum Flow Requirement > را انتخاب کند. سپس یکی از گزینه‌های بالا را برای حفظ یا جایگزینی ویژگی‌های لینک اصلی برگزینند.



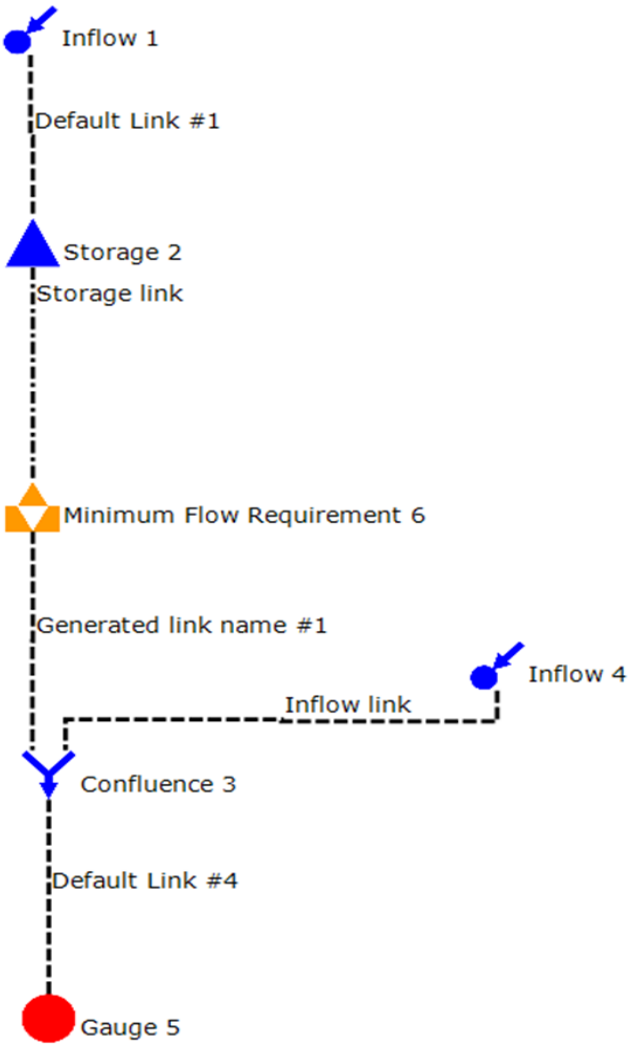
شکل ۲۷- افزودن یک نود جدید بین دو نود بدون حذف لینک (eWater Ltd. (n.d.))

چهار گزینه ارائه شده‌اند تا کاربران بتوانند تصمیم بگیرند که آیا ویژگی‌های لینک اصلی باید حفظ شوند یا خیر. این گزینه‌ها به‌ویژه زمانی اهمیت دارند که نوع مسیر (Routing Type) لینک، مانند Lagged Flow Routing یا Storage Routing باشد و حفظ تنظیمات خاص لینک برای عملکرد مدل ضروری است.

"بالادست: لینک اصلی / پایین‌دست: لینک پیش‌فرض جدید"

این گزینه به کاربران اجازه می‌دهد تا نام و ویژگی‌های لینک اصلی، مانند Storage link، را در بخش بالادست نود جدید حفظ کنند. به‌عنوان مثال، اگر لینک اصلی Storage link در شکل ۴ از نوع Lagged Flow Routing باشد، پس از افزودن نود جدید، لینک بالادست ویژگی‌های لینک اصلی—مانند تأخیر (lag)—را حفظ خواهد کرد، در حالی که لینک پایین‌دست یک لینک پیش‌فرض جدید ایجاد می‌شود.

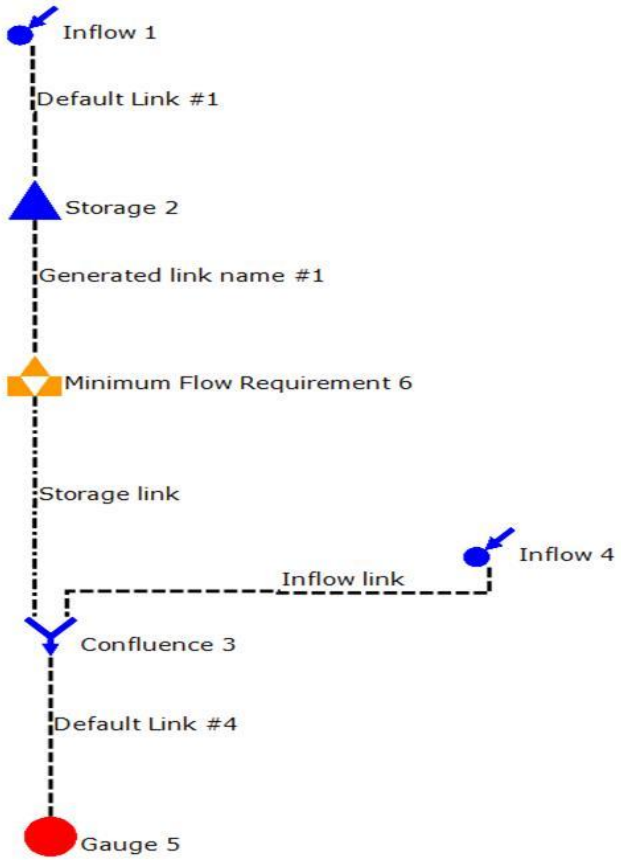
این حالت در شکل ۲۸ نشان داده شده است. در این شکل، نود Minimum Flow Requirement 6 نود جدید است، Storage link لینک بالادست و Generated link name #1 لینک پایین‌دست جدید است. با این گزینه، نود Storage 2 به دلیل حفظ لینک اصلی، تنظیمات خروجی خود را بدون تغییر نگه می‌دارد، اما نود Confluence 3 نیاز به پیکربندی مجدد دارد تا نشان دهد لینک آن اکنون یک لینک تنظیم‌شده (regulated link) است.



شکل ۲۸- افزودن نود جدید با گزینه "بالادست: لینک اصلی، پایین‌دست: لینک پیش‌فرض جدید"

گزینه «بالادست: لینک پیش‌فرض جدید/ پایین‌دست: لینک اصلی"

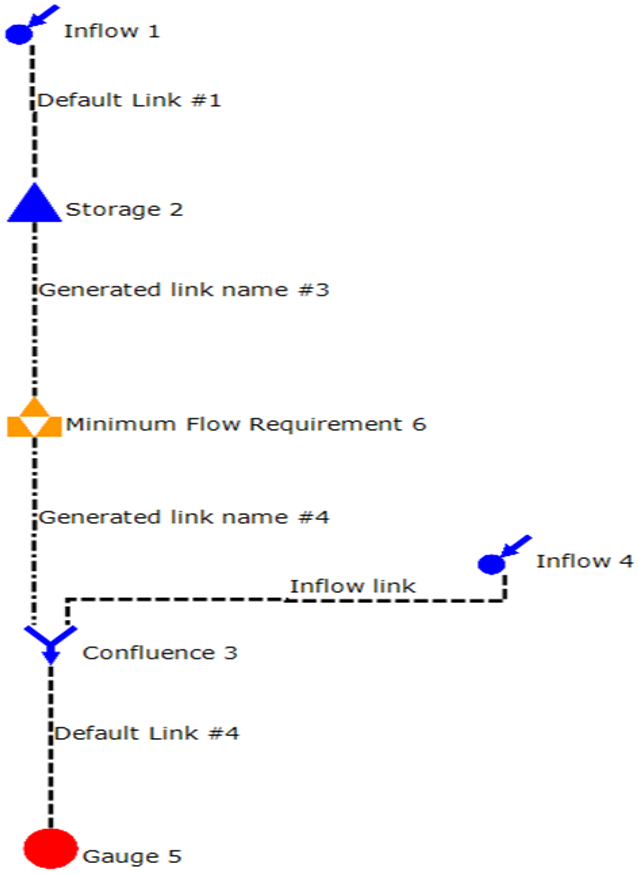
با انتخاب این گزینه، لینک اصلی و ویژگی‌های آن به بخش پایین‌دست نود جدید، مانند Minimum Flow Requirement 6، اضافه می‌شود، همان‌طور که در شکل ۲۹ نشان داده شده است. در این حالت، تنظیمات خروجی نود Storage 2 تحت تأثیر قرار می‌گیرد، اما پیکربندی نود Confluence 3 تغییر نمی‌کند.



شکل ۲۹- افزودن نود جدید با گزینه "بالادست: لینک پیش‌فرض جدید، پایین‌دست: لینک اصلی"

گزینه «هر دو جریان: لینک‌های جدید با ویژگی‌های لینک اصلی"

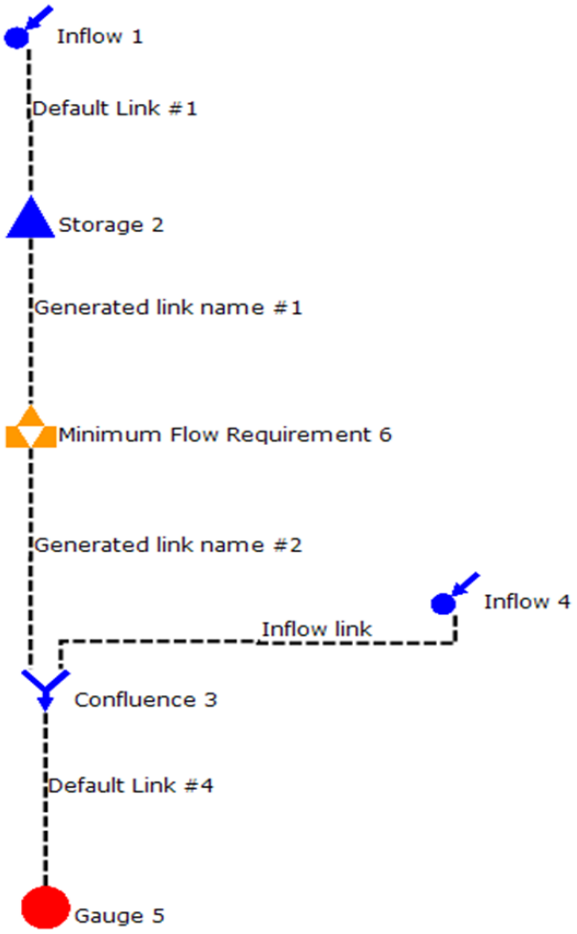
با انتخاب این گزینه، دو لینک جدید هم در بالادست و هم در پایین‌دست نود جدید، مانند Minimum Flow Requirement 6، ایجاد می‌شوند. این دو لینک جدید ویژگی‌های لینک اصلی را به ارث می‌برند، مانند مسیر جریان تأخیری (Lagged Flow Routing) در این مثال. با این حال، نودهای Storage 2 و Confluence 3 نیاز به پیکربندی مجدد خواهند داشت، زیرا تنها ویژگی‌های لینک به ارث می‌رسند و تنظیمات نودها منتقل نمی‌شوند. این حالت در شکل ۳۰ نشان داده شده است.



شکل ۳۰- افزودن نود جدید با گزینه "هر دو جریان: لینک‌های جدید با ویژگی‌های لینک اصلی"

گزینه «هر دو جریان: لینک‌های پیش‌فرض جدید"

با انتخاب این گزینه، دو لینک پیش‌فرض جدید در بالادست و پایین‌دست نود جدید، مانند Minimum Flow Requirement 6، ایجاد می‌شوند. در این حالت، ویژگی‌های لینک اصلی منتقل یا به ارث برده نمی‌شوند. به‌عنوان مثال، همان‌طور که در شکل ۳۱ نشان داده شده است، دو لینک پیش‌فرض (Generated link name #1 و Generated link name #2) جایگزین مسیر جریان تأخیری اصلی می‌شوند. همچنین، نودهای Storage 2و Confluence 3 نیاز به پیکربندی مجدد دارند.



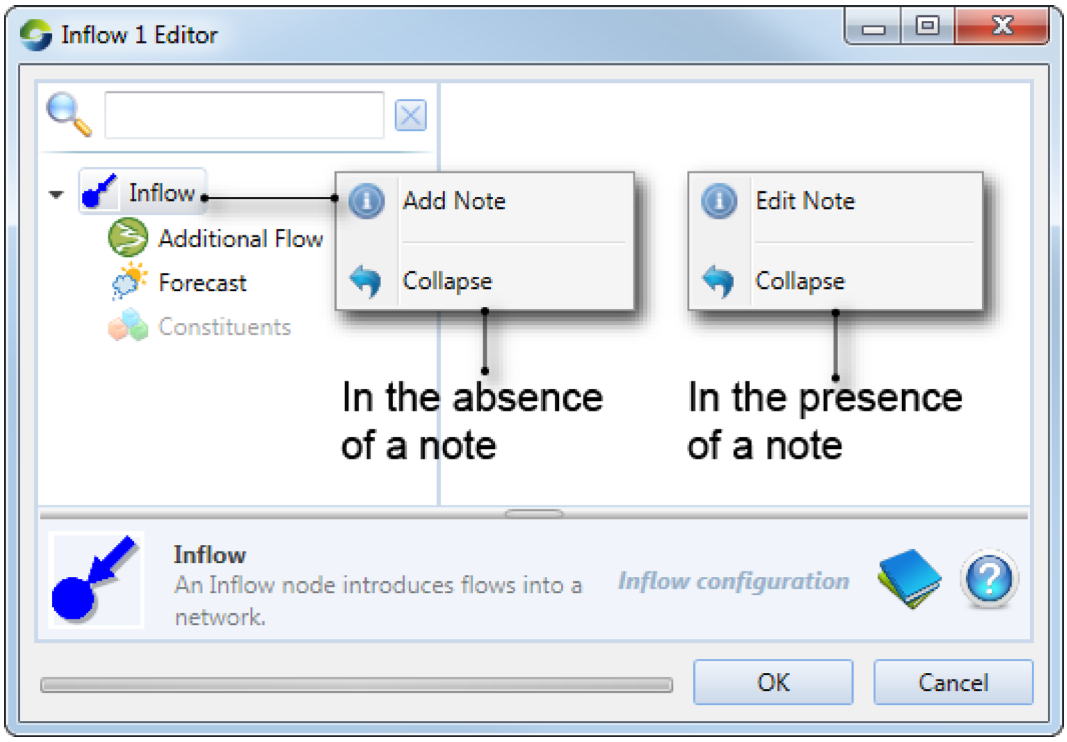
شکل ۳۱- افزودن نود جدید با گزینه "هر دو جریان: لینک‌های پیش‌فرض جدید" (eWater Ltd. (n.d.))

اضافه‌شدن این ویژگی جدید باعث آسان‌تر شدن مدل‌سازی در نرم‌افزار eWater Source می‌شود، زیرا از انجام کارهای تکراری توسط کاربر جلوگیری می‌کند.

۴-۳-۸- افزودن یادداشت به نودها و لینک‌ها

در نرم‌افزار eWater Source می‌توانید به هر نود یا لینک یک پیام متنی یا یادداشت اضافه کنید تا اطلاعات تکمیلی یا توضیحات مهم ثبت شود. لازم به ذکر است که تنها می‌توان برای لینکی یادداشت اضافه کرد که برای مسیر ذخیره‌سازی (Storage Routing) پیکربندی شده باشد.

برای افزودن یا ویرایش یادداشت کافی است Feature Editor را باز کرده، روی آیکون نود یا لینک راست‌کلیک کنید و از منوی زمینه‌ای گزینه Add Note یا Edit Note را انتخاب کنید. شکل ۳۲ مراحل این فرآیند را برای یک نود ورودی جریان (Inflow Node) نشان می‌دهد.



شکل ۳۲- نود ورودی جریان – افزودن یا ویرایش یادداشت ((eWater Ltd. (n.d.))

۵- کیفیت آب

سامانه Water Source ابزاری جامع برای شبیه‌سازی و مدیریت کیفیت آب در حوزه‌های آبخیز است. این مدل با بهره‌گیری از قابلیت‌های متنوعی مانند تولید و فیلتر مواد تشکیل‌دهنده، انتقال در کانال‌ها، رسوب‌گذاری در مخازن و فرآیندهای تجزیه ساده، امکان تحلیل دقیق رفتار مواد مختلف در سامانه‌های آبی را فراهم می‌کند. در این چارچوب، مواد تشکیل‌دهنده (Constituents) به موادی گفته می‌شود که در حوزه آبخیز تولید، انتقال یا کاهش می‌یابند و بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارند؛ ازجمله رسوبات، مواد مغذی و آلاینده‌هایی مانند نمک‌ها و جامدات محلول.

مدل eWater Source قادر است فرآیندهای گوناگونی را که بر این مواد اثر می‌گذارند، از مرحله تولید تا انتقال و دگرگونی، شبیه‌سازی کند. ورود مواد به سامانه ممکن است به شکل غلظت نقطه‌ای، منبع پخش‌شده یا همراه با جریان آب در سطح زمین و یا در امتداد مسیرهای جانبی رودخانه باشد. پس از ورود به سامانه، فرآیندهایی مانند فیلتر شدن، انتقال در شبکه رودخانه‌ای و پردازش درون‌جریانی می‌توانند باعث تغییر یا

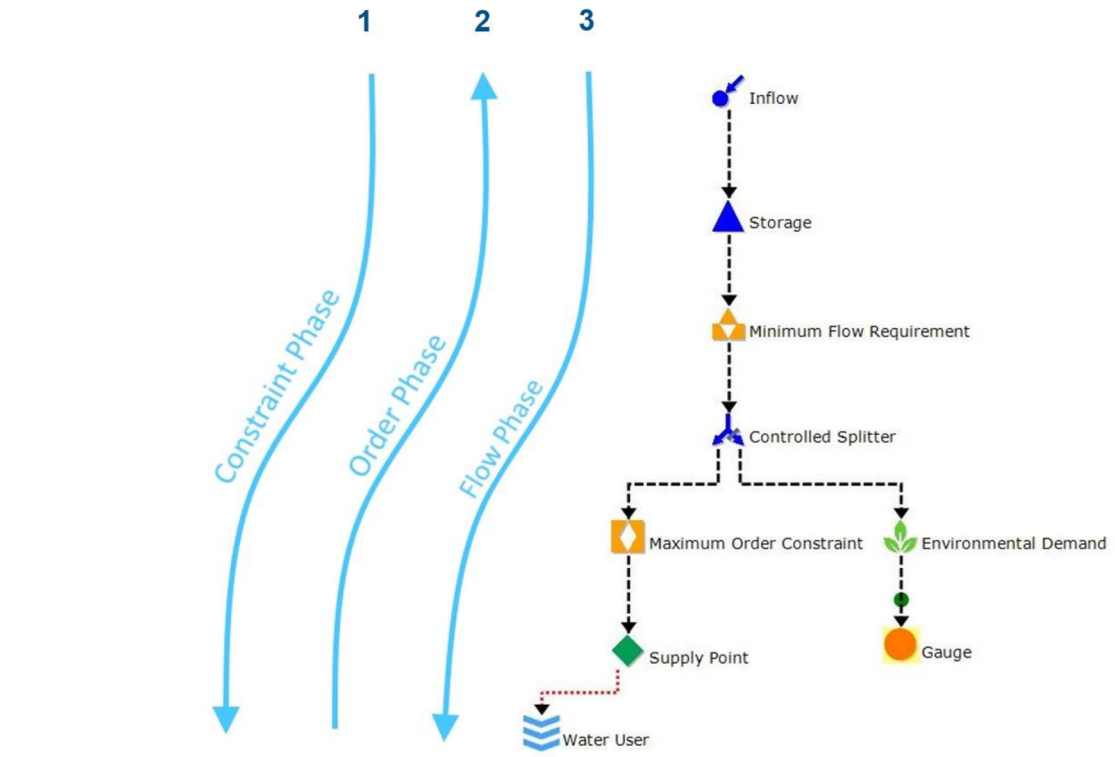
جابجایی این مواد شوند. به‌ویژه، مدل‌های انتقال مواد، جابجایی آن‌ها را در مسیر رودخانه‌ها و ارتباط آن‌ها با تالاب‌ها، دشت‌های سیلابی، مناطق آبیاری و آب‌های زیرزمینی بررسی می‌کنند.

مواد تشکیل‌دهنده می‌توانند در بخش‌های مختلف مدل، ازجمله لینک‌ها، زیرحوزه‌ها، گره‌های ورودی و ذخیره‌سازی و نقاط مصرف‌کننده آب، تعریف شوند. در مقابل، هر تغییری در حجم جریان در گره‌های مختلف، مانند تلاقی جریان‌ها یا تقسیم آب، بر غلظت و جرم این مواد تأثیر می‌گذارد. به‌طور کلی، مدل‌سازی حوزه آبخیز در eWater Source ابزاری مؤثر برای بررسی تراز مواد و ارزیابی اثرات احتمالی راهبردهای مدیریتی است. هرچه مدل از نظر مکانی و زمانی عملکرد دقیق‌تری داشته باشد، اعتماد به نتایج و تصمیم‌های مدیریتی حاصل از آن نیز افزایش خواهد یافت (Dougall و Carroll، ۲۰۱۳).

۶- فازهای شبیه‌سازی مدل

در فرآیند شبیه‌سازی جریان آب و تعیین قوانین حاکم بر آن، محاسبات مدل در چند مرحله انجام می‌شود که سه مرحله اصلی آن عبارت‌اند از: اعمال محدودیت‌ها، تعیین سفارش‌ها و محاسبه جریان (شکل ۳۳). در مرحله نخست، محدودیت‌ها از بخش‌های بالادست به پایین‌دست سامانه محاسبه می‌شوند. در این مرحله، خروجی‌های مخازن با توجه به ظرفیت و شرایط موجود محدود می‌گردند و ممکن است این مقادیر به‌وسیله بیشینه جریان مجاز نیز بیشتر محدود شوند.

در مرحله دوم، سفارش‌ها یا نیازهای آبی با در نظر گرفتن محدودیت‌های تعیین‌شده از پایین‌دست به سمت بالادست محاسبه می‌شوند. در این روند، نیازهای آبی مصرف‌کنندگان و نیازهای زیست‌محیطی به‌صورت سفارش‌هایی ثبت می‌گردند و در گره‌های تقسیم جریان با یکدیگر ترکیب می‌شوند. اگر این سفارش‌ها کمتر از کمینه جریان موردنیاز باشند، در گره مربوط به کمینه جریان، سفارش‌های بیشتری اضافه خواهد شد تا شرایط تأمین آب رعایت شود. در نهایت، در مرحله سوم، جریان واقعی آب براساس سفارش‌ها و محدودیت‌های اعمال‌شده از بالادست به پایین‌دست محاسبه می‌شود و بدین ترتیب شبیه‌سازی کامل چرخه جریان در سامانه انجام می‌گیرد.



شکل۳۳- فازهای شبیه‌سازی مدل (eWater Ltd. (n.d.))

۶-۱- جزئیات فازهای شبیه‌سازی

در یک اجرای استاندارد از سامانه eWater Source، فرآیند شبیه‌سازی در قالب چند فاز زمانی و محاسباتی متوالی انجام می‌شود. این فازها مجموعه‌ای از مراحل را در بر می‌گیرند که هدف آن‌ها محاسبه جریان، تخصیص منابع و ارزیابی شرایط هیدرولوژیکی سامانه در هر گام زمانی است.

شبیه‌سازی با آغاز گام زمانی شروع می‌شود. در ابتدا، داده‌های ورودی مربوط به هر مؤلفه از سری‌های زمانی خوانده شده و به گره‌ها یا عناصر مربوطه اختصاص داده می‌شوند. در این مرحله، در صورت استفاده از عملیات رودخانه‌ای (River Operations)، مقادیر ورودی ممکن است با داده‌های جدید جایگزین شوند. سپس مدل وارد فاز پیش‌بینی (Forecasting) می‌شود و توابع و متغیرهای مدل که در ابتدای گام زمانی باید ارزیابی شوند، محاسبه می‌گردند. در صورت فعال‌بودن عملیات رودخانه‌ای، خروجی این توابع و مدل‌های پیش‌بینی نیز می‌تواند بازنویسی شود تا با شرایط عملیاتی هماهنگ شود.

در ادامه، افزونه‌های نرم‌افزاری (Plugins) پیش از اجرای هر گام زمانی فعال شده و اطلاع‌رسانی می‌شوند. سپس فاز ارزیابی منابع[1] آغاز می‌شود که طی آن توابع و متغیرهای مرتبط با سامانه‌های ارزیابی منابع بررسی و پردازش می‌شوند. پس از آن، مدیر جریان‌های زیست‌محیطی[2] وظایف مربوط به تخصیص و کنترل جریان‌های اکولوژیکی را اجرا می‌کند.

در فاز بعدی، یعنی کاربران آب و محدودیت‌ها[3]، ابتدا توابع مرتبط ارزیابی شده و سپس نیازهای آبی کاربران محاسبه و بین آن‌ها توزیع می‌شود. در همین مرحله، محدودیت‌های کمینه و بیشینه جریان برای هر عنصر شبکه تعیین شده و به بخش‌های پایین‌دست منتقل می‌شوند.

پس از این مرحله، مدل وارد فاز سفارش‌دهی (Ordering Phase) می‌شود. در این فاز، سفارش‌های تنظیم‌شده و خارج از تخصیص[4] برای هر عنصر شبکه محاسبه و به سمت بالادست منتقل می‌شوند تا نیازهای آبی در طول شبکه تأمین شود.

در ادامه، فاز جریان (Flow Phase) اجرا می‌شود. در این مرحله، همه حوزه‌ها می‌توانند به‌صورت موازی اجرا شوند تا عملکرد مدل بهبود یابد. توابع مربوط به جریان در هر عنصر ارزیابی شده و محاسبات مربوط به مالکیت آب، آزادسازی مخازن، شبیه‌سازی تالاب‌ها و انتقال جریان‌ها انجام می‌گیرد. همچنین، مدل‌سازی مواد تشکیل‌دهنده (Constituent Modeling) نیز در این فاز صورت می‌پذیرد.

در انتهای هر گام زمانی، توابع نهایی و متغیرهای مدل ارزیابی شده و نتایج مربوط به آن گام در مرحله ثبت داده‌ها (Recording Phase) ذخیره می‌شوند. افزونه‌های eWater Source پس از پایان هر گام زمانی نیز به‌روزرسانی می‌گردند تا مدل برای گام بعدی آماده شود. در نهایت، با پایان‌یافتن تمامی محاسبات، فاز شبیه‌سازی آن گام زمانی خاتمه می‌یابد.

[1] Resource Assessment
[2] Environmental Flow Manager
[3] Water User and Constraint Phase
[4] Off Allocation

۶-۲- فاز جریان[1]

در فاز جریان، محاسبات مربوط به انتقال آب در شبکه برای هر یک از عناصر مدل انجام می‌شود. در این مرحله، فرآیندهای مختلفی نظیر محاسبه سهم مالکیت آب، بررسی جریان‌های خارج از تخصیص، حل مدل تالاب‌ها، اجرای محاسبات جریان در هر عنصر، به‌روزرسانی مالکیت پس از شبیه‌سازی، تعیین عوامل محدودکننده جریان و در نهایت اجرای مدل‌سازی مواد تشکیل‌دهنده صورت می‌گیرد.

یکی از بخش‌های کلیدی در این فاز، تولید درخواست‌های آزادسازی اضافی (Generate Additional Release Requests) است. در این مرحله، اثر جریان‌های خارج از تخصیص بر میزان رهاسازی مورد نیاز از هر خروجی مخزن محاسبه می‌شود. برای این منظور، پیش از اجرای اصلی فاز جریان، یک مرحله محاسباتی مقدماتی با عنوان پیش‌فاز جریان (Pre-flow Phase) انجام می‌شود تا مشخص شود که برای تأمین تقاضاهای خارج از تخصیص در پایین‌دست، چه میزان رهاسازی اضافی از مخازن ضروری است.

پس از تکمیل محاسبات جریان، فرآیند دیگری تحت عنوان مالکیت آب (Ownership) اجرا می‌شود. در این فرآیند، درصدی از کل جریان محاسبه‌شده به هر مالک اختصاص می‌یابد. در برخی موارد، ممکن است لازم باشد اطلاعات مرتبط با مالکیت پیش از انجام محاسبات جریان در گره یا لینک جمع‌آوری شود، به همین دلیل این گام به‌صورت جداگانه پیش از شبیه‌سازی جریان انجام می‌گیرد.

همچنین، هر گره و لینک در مدل دارای عوامل محدودکننده (Constraint Factors) است که با عنوان نسبت جریان به سفارش (Flow to Order Ratio) شناخته می‌شود. این ضرایب برای تشخیص کمبودها یا ناترازی‌های سامانه به کار می‌روند و نتایج حاصل از آن‌ها در برخی گره‌ها برای بازتوزیع سفارش‌های آتی استفاده می‌شود.

به‌طورکلی، فاز جریان مرحله‌ای است که در آن تمام فرآیندهای فیزیکی و مدیریتی مرتبط با حرکت آب، تخصیص مالکیت و تغییرات کیفی آن به‌صورت یکپارچه شبیه‌سازی می‌شود و پایه اصلی برای تحلیل نهایی عملکرد سامانه در مدل eWater Source را فراهم می‌کند.

[1] Flow Phase

۶-۳- فاز ارزیابی منابع[1]

فاز ارزیابی منابع از دو مرحله اصلی تشکیل شده است که وظیفه آن‌ها به‌روزرسانی و مدیریت اطلاعات حساب‌های آبی در طول فرآیند شبیه‌سازی است. این فاز تضمین می‌کند که مقادیر مربوط به منابع در اختیار کاربران و اجزای سامانه با واقعیت‌های شبیه‌سازی‌شده در هر گام زمانی هم‌خوانی داشته باشد.

در مرحله نخست، موسوم به ارزیابی پیش از سفارش (Resource Assessment Pre)، سامانه‌های حسابداری به‌صورت متوالی فراخوانی می‌شوند تا تراز حساب‌ها را پیش از ورود به فاز سفارش و توزیع جریان بررسی کنند. این کار موجب می‌شود که میزبان‌های حساب (Account Hosts) بتوانند با دقت بیشتری وضعیت منابع خود را پیش از اجرای سفارش‌ها ارزیابی کنند. این مرحله خود شامل دو بخش است:

- مرحله آغازین (Entry): در این بخش، عملیات اولیه‌ای مانند بازنشانی مقادیر در ابتدای سال آبی انجام می‌شود. این گام پیش از هرگونه فعال‌سازی یا اجرای محرک‌ها (Triggers) صورت می‌گیرد.
- مرحله اصلی یا محرک‌ها (Main/Triggers) : در این مرحله، محرک‌ها فراخوانی شده و سامانه تراز حساب‌ها را برای ورود به فاز سفارش و تقاضا تعیین می‌کند.

در هر گام زمانی، همه سامانه‌های ارزیابی منابع (RAS) ابتدا توالی "Entry" را براساس ترتیب نمایش آن‌ها در درخت Resource Assessment Explorer اجرا می‌کنند. سپس، توالی "Main/Triggers" نیز برای هر سامانه به همان ترتیب اجرا می‌شود. این ساختار باعث می‌شود هر سامانه ابتدا مقادیر خود را برای گام زمانی جدید بازنشانی کند و سپس محرک‌هایی که به آن مقادیر وابسته‌اند فعال شوند.

مرحله دوم با عنوان ارزیابی پس از جریان (Resource Assessment Post) پس از توزیع جریان اجرا می‌شود. در این بخش، سامانه حسابداری به وضعیت نهایی شبکه پس از اجرای سفارش‌ها دسترسی پیدا می‌کند. در این فاز، کمبودهای ناشی از اجرای سفارش‌ها می‌توانند مجدداً به حساب‌ها بازگردانده شوند، و عملیات دیگری مانند افزودن اعتبارهای انتقالی (Carry-over Credits) یا تسویه حساب‌ها در پایان سال آبی نیز انجام می‌گیرد.

[1] Resource Assessment Phase

به‌طورکلی، فاز ارزیابی منابع نقشی اساسی در حفظ یکپارچگی و دقت مدل دارد و تضمین می‌کند که تمامی محاسبات مرتبط با تخصیص و استفاده از آب در چارچوب منطقی و سازگار با وضعیت واقعی منابع انجام شود.

۶-۴- جزئیات فاز افزونه‌ها[1]

در مدیریت سناریو در محیط TIME.Scenario، مجموعه‌ای از نقاط فراخوان (Plugin Hooks) برای افزونه‌ها فراهم شده است تا در مراحل مختلف اجرای مدل بتوانند وارد فرآیند شبیه‌سازی شوند. این قابلیت امکان گسترش عملکرد مدل را از طریق افزونه‌های تخصصی فراهم می‌سازد.

نخستین مرحله، IPluginPreInitialise است که پیش از آغاز هر زیرسامانه فراخوانی می‌شود و معمولاً برای تنظیمات اولیه مانند مجموعه‌های ضبط‌کننده (Recorder Set) مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مرحله قبل از اجرای روش‌های بازنشانی شبکه و گره‌ها انجام می‌شود.

در مرحله بعد، IPluginInitialise اجرا می‌شود که پیش از مقداردهی اولیه سناریو (و زیرسامانه‌های وابسته مانند منابع داده) فعال می‌شود. در این بخش، افزونه‌ها به‌ترتیب مشخصی اجرا می‌شوند؛ ابتدا افزونه‌های IAddProvenance، سپس افزونه‌هایی که نام آن‌ها از نظر الفبایی پیش از ParameterSetManager قرار دارند (مانند مجموعه‌های ورودی سناریو)، سپس خود مجموعه‌های ورودی (Input Sets) و در نهایت افزونه‌هایی که از نظر الفبایی پس از ParameterSetManager قرار دارند. پس از این مرحله، توابعی با زمان ارزیابی InitializeRun اجرا خواهند شد.

سومین مرحله، IPluginRunStart است که پس از مقداردهی اولیه سناریو، اجرای مجموعه‌های ورودی، و بازنشانی شبکه و گره‌ها فراخوانی می‌شود. این مرحله بین اجرای توابع InitializeRunو StartOfRun قرار دارد. در هر گام زمانی از شبیه‌سازی، دو مرحله مرتبط با افزونه‌ها اجرا می‌شود:

- IPluginBeforeStep که در ابتدای هر گام زمانی و پس از اجرای توابع StartOfTimeStep فراخوانی می‌شود، و

[1] Plugin Phase Details

- IPluginAfterStep که در پایان هر گام زمانی به‌عنوان آخرین فرآیند اجرا می‌شود، یعنی پس از اجرای تمامی زیرسامانه‌ها، ضبط‌کننده‌ها و توابع EndOfTimeStep.

پس از اتمام کل اجرای مدل، مرحله IPluginRunEnd فعال می‌شود که تقریباً آخرین فاز اجرایی است و تنها مرحله نهایی‌سازی (Finalize) پس از آن انجام می‌گیرد. در این مرحله، افزونه‌ها به‌ترتیب زیر اجرا می‌شوند: ابتدا IStoreProvenance، سپس IAddProvenance و در نهایت سایر افزونه‌ها براساس ترتیب حروف الفبا.

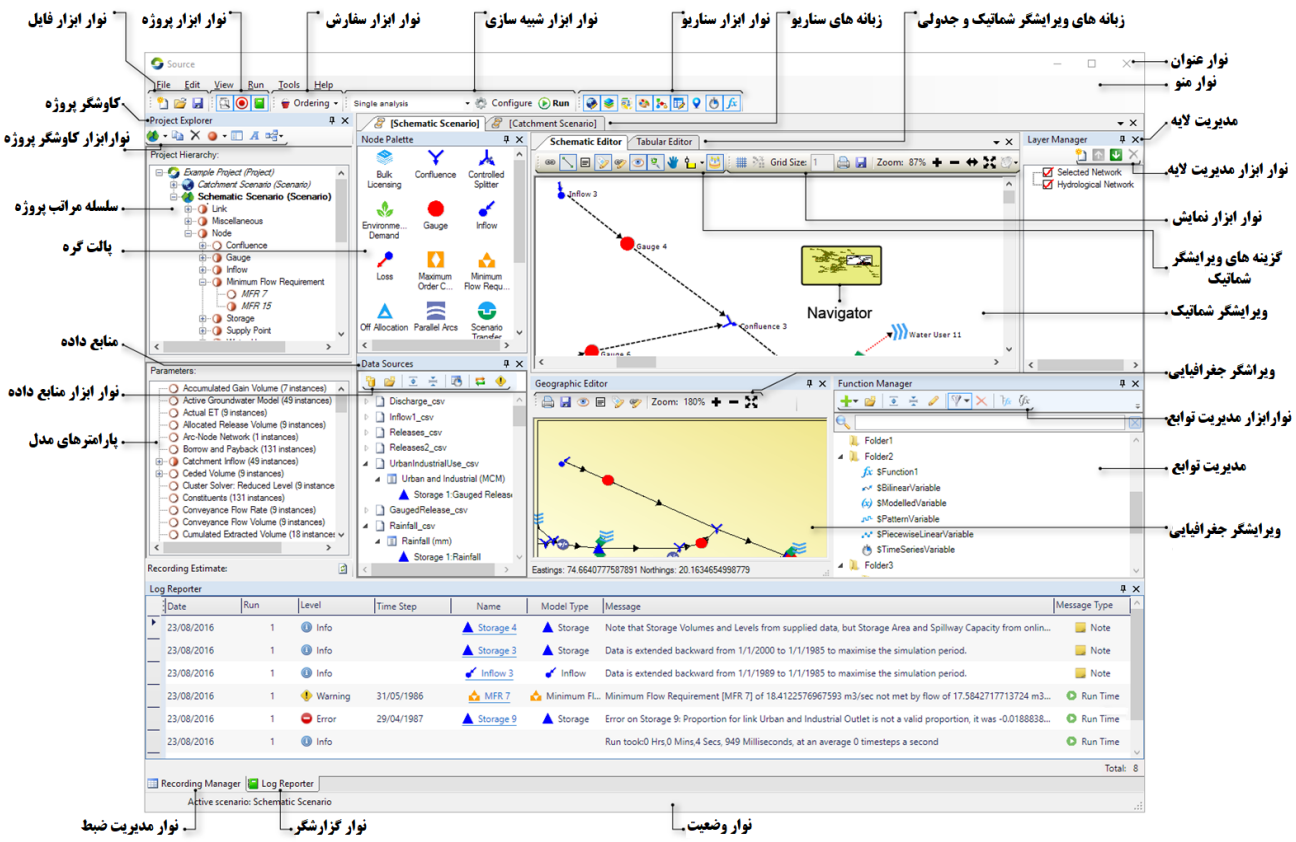
آخرین فاز افزونه‌ها IPluginFinalise است که همانند فاز قبلی، در همان ترتیب اجرا می‌شود. با این تفاوت که این مرحله معمولاً در زمینه منشأ داده‌ها استفاده می‌شود. در این ساختار، افزونه‌ها اطلاعات مربوط به منشأ داده‌ها را در مرحله RunEnd ایجاد کرده و در مرحله Finalise آن‌ها را روی دیسک ذخیره می‌کنند.

به‌طور کلی، بیشتر افزونه‌ها باید از فاز IPluginRunEnd برای عملیات پایانی خود استفاده کنند، مگر در موارد خاصی مانند نیاز به ثبت منشأ داده‌ها که اجرای جداگانه در فاز IPluginFinalise ضروری است (eWater، ۲۰۱۱).

۷- صفحه اصلی[1]

پس از بازکردن نرم‌افزار، مشاهده می‌شود که eWater Source از ساختار و استانداردهای متداول رابط کاربری در برنامه‌های Microsoft Windows™ پیروی می‌کند (شکل ۳۴). به‌عنوان مثال، پنجره اصلی نرم‌افزار را می‌توان از طریق دکمه‌های کنترلی در سمت راست نوار عنوان، بزرگ‌نمایی یا کوچک‌نمایی کرد. در بالای صفحه، یک نوار منو قرار دارد که شامل گزینه‌های آشنایی مانند File، Viewو Help است، و منوهای دیگری نیز برای دسترسی به عملکردهای تخصصی‌تر نرم‌افزار eWater Source در دسترس هستند. همچنین، نوار ابزارها (Toolbars) امکان دسترسی سریع و آسان به بسیاری از دستورات را از طریق کلیک مستقیم فراهم می‌سازند.

[1] Main Screen



شکل ۳۴- واسط کاربر گرافیکی برای eWater Source (eWater Ltd. (n.d.))

۷-۱- نوارهای ابزار[1]

در صفحه اصلی نرم‌افزار eWater Source مجموعه‌ای از نوارهای ابزار در دسترس کاربر قرار دارد که امکان دسترسی مستقیم به بخش‌های مختلف نرم‌افزار را فراهم می‌کنند. هر نوار ابزار وظیفه خاصی بر عهده دارد و استفاده از آن‌ها موجب تسهیل در مدیریت داده‌ها، اجرای مدل و مشاهده نتایج می‌شود.

نوار ابزار منابع داده[2]، برای افزودن و مدیریت منابع داده به کار می‌رود. این داده‌ها می‌توانند به‌صورت سری زمانی باشند یا از طریق ارتباط با یک سناریوی دیگر فراخوانی شوند. پس از بارگذاری، کاربر می‌تواند داده‌ها را در بخش Data Sources Explorer مشاهده یا ویرایش کند. نوار ابزار فایل[3]، امکان ایجاد پروژه جدید، بازکردن پروژه‌های موجود و ذخیره پروژه‌ها (به‌همراه تمامی سناریوهای مرتبط با آن‌ها) را فراهم می‌سازد.

1 Toolbars
2 Data Sources Toolbar
3 File Toolbar

نوار ابزار مدیریت توابع[1]، به کاربر اجازه می‌دهد تا توابع مختلف مورد استفاده در مدل eWater Source را اضافه، تنظیم یا مدیریت کند. نوار ابزار سفارش‌دهی[2]، دسترسی سریع به عملکردهای مربوط به سفارش آب را فراهم می‌کند و از طریق دکمه موجود در این نوار، منویی بازشو برای انتخاب گزینه‌های مرتبط در دسترس است.

نوار ابزار پروژه[3]، برای فعال یا غیرفعال‌کردن نمایش بخش‌های مختلف مانند Project Explorer، Recording Manager، Log Reporter و Chart Recording Manager استفاده می‌شود. نوار ابزار مدیریت ثبت[4]، مدیریت نتایج شبیه‌سازی و داده‌های ثبت‌شده را از طریق بخش Recording Manager امکان‌پذیر می‌سازد.

نوار ابزار سناریو[5]، به کاربر اجازه می‌دهد تا نمایش و پنهان‌سازی اجزای مختلف ازجمله Geographic Editor، Schematic Editor، Tabular Editor، Function Manager، Data Sources، Node Palette، Layer Manager و Location Control Panels را کنترل کند. در نهایت، نوار ابزار شبیه‌سازی[6]، برای تنظیم نوع تحلیل (تک‌حالته، تصادفی یا واسنجی جریان)، تعیین تاریخ‌های آغاز و پایان شبیه‌سازی و اجرای مدل حوزه آبخیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۷-۲- خروج از نرم‌افزار

برای خروج از نرم‌افزار eWater Source می‌توان از دو روش استفاده کرد: انتخاب گزینه File → Exit از منوی اصلی، یا فشردن هم‌زمان کلیدهای Alt + F4 بر روی صفحه‌کلید.

[1] Function Manager Toolbar
[2] Ordering Toolbar
[3] Project Toolbar
[4] Recording Manager Toolbar
[5] Scenario Toolbar
[6] Simulation Toolbar

۷-۳- پروژه‌ها و سناریوها

در نرم‌افزارeWater Source ، هر پروژه (Project) مانند یک پوشه اصلی است که شامل یک یا چند سناریو (Scenario) است. سناریوها در واقع مدل‌های مجزایی هستند که در قالب یک پروژه ذخیره و مدیریت می‌شوند. برای آشنایی بیشتر با نحوه ساختاردهی پروژه‌ها و سناریوها، به بخش "پروژه ها و سناریوها" مراجعه شود.

۷-۳-۱- ذخیره‌سازی پروژه

برای ذخیره‌سازی داده‌ها و تغییرات، می‌توان از گزینه File → Save در منوی اصلی یا دکمه Save Projectدر نوار ابزار فایل استفاده کرد. در صورتی که پروژه برای نخستین بار ذخیره می‌شود، با انتخاب گزینه File → Save As از کاربر خواسته می‌شود تا نامی برای پروژه تعیین کند. فایل‌های پروژه در eWater Sourceبا پسوند rsproj.در محیط ویندوز ذخیره و شناسایی می‌شوند.

۷-۴- ویرایشگرها

نرم‌افزار eWater Source از ویرایشگرهایی استفاده می‌کند که متناسب با نوع سناریوی در حال اجرا طراحی شده‌اند. سه ویرایشگر اصلی در این نرم‌افزار عبارت‌اند از:

- ویرایشگر جغرافیایی[1]، برای سناریوهای مرتبط با حوزه‌های آبخیز،
- ویرایشگر شماتیک[2]، برای سناریوهای مدیریتی و عملیاتی،
- ویرایشگر جدولی[3]، برای مشاهده و ویرایش داده‌ها در قالب جدول.

با این حال، ارتباط میان نوع سناریو و ویرایشگر به‌صورت مطلق نیست و در بسیاری از پروژه‌ها ممکن است از چند ویرایشگر به‌صورت هم‌زمان استفاده شود. برای مثال، می‌توان از ویرایشگر شماتیک برای تعریف مدل

[1] Geographic Editor
[2] Schematic Editor
[3] Tabular Editor

سامانه رودخانه در هر دو نوع سناریوی مدیریت و بهره‌برداری استفاده کرد. همچنین، امکان نمایش سناریوها بر روی نقشه پس‌زمینه از طریق تب Map وجود دارد.

۷-۵- اجزای اصلی صفحه[1]

۷-۵-۱- کاوشگر پروژه[2]

یکی از اجزای مهم رابط کاربری eWater Source ، Project Explorer است (شکل ۳۵). این بخش به کاربر امکان می‌دهد اجزای مختلف مدل را از طریق ترکیبی از نوار منوها، ساختار سلسله‌مراتبی پروژه (Project Hierarchy)، ناحیه پارامترهای مدل[3] و منوهای بازشو (Pop-up Menus) مدیریت کند.

در هنگام اجرای یک سناریوی فعال، انتخاب هر جزء در ویرایشگر شماتیک یا ویرایشگر جغرافیایی باعث می‌شود همان جزء در ساختار سلسله‌مراتبی پروژه برجسته شود. این ویژگی ارتباط مستقیم و هماهنگی میان اجزای مدل و ساختار پروژه را برای کاربر فراهم می‌کند.

[1] Components of the Main Screen
[2] Project Explorer
[3] Model Parameters

شکل ۳۵- کاوشگر پروژه ((eWater Ltd. (n.d.)

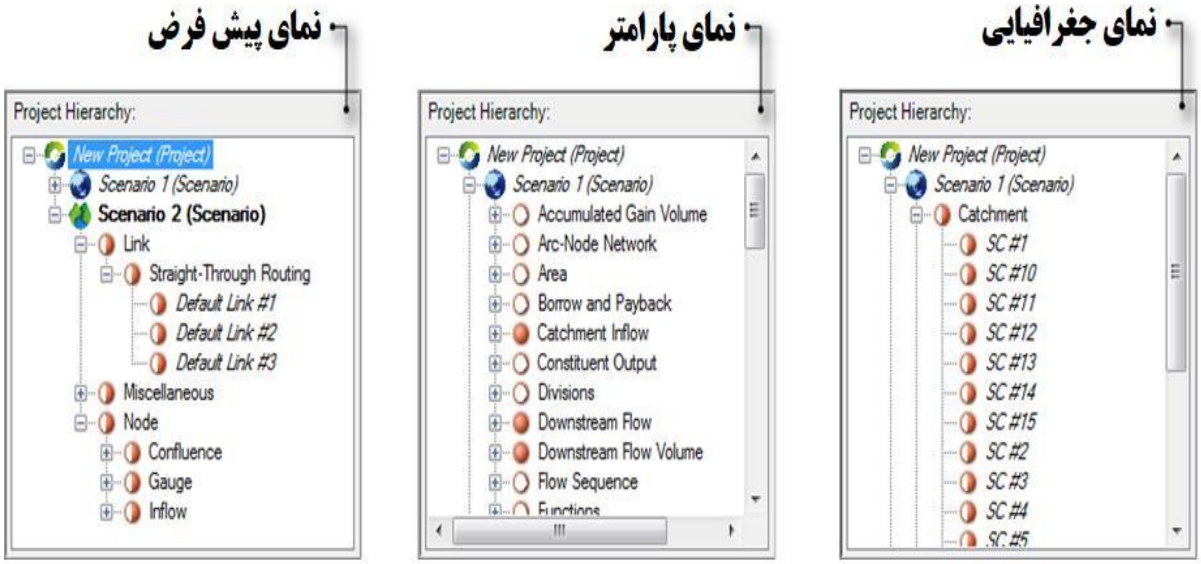
۷-۵-۲- سلسله‌مراتب پروژه[1]

بخش Project Hierarchy ساختار درونی پروژه را به‌صورت سلسله‌مراتبی نمایش می‌دهد. نوع نمایش این ساختار به نمای انتخاب‌شده در منوی کشویی View Type واقع در نوار ابزار Project Explorer بستگی دارد. در تمامی حالت‌های نمایش، حداقل نام پروژه و سناریوهای موجود در آن قابل‌مشاهده هستند.

در حالت نمای پیش‌فرض[2] که در سمت چپ شکل ۲۸ نشان داده شده است – اجزای منفردی که مدل را تشکیل می‌دهند به‌صورت ساختاری نمایش داده می‌شوند. در نمای پارامترها، تمام پارامترهای قابل ثبت مدل نمایش داده می‌شوند و در نمای جغرافیایی، اجزای مربوط به سناریوی جغرافیایی قابل‌مشاهده هستند.

[1] Project Explorer Project Hierarchy
[2] Default View

با استفاده از منوی زمینه‌ای[1] که با کلیک راست بر روی یک گره (Node) یا پیوند (Link) فعال می‌شود (مطابق شکل ۳۶)، کاربر می‌تواند گزینه‌هایی همچون تنظیم ثبت پارامترها، ویرایش یا تغییر نام آن جزء را انجام دهد.



شکل ۳۶- گزینه‌های منو نوع نمایش((eWater Ltd. (n.d.)

۷-۵-۳- پارامترهای مدل[2]

ناحیه Model Parameters (مطابق شکل ۳۵) نشان می‌دهد که کدام پارامترها برای جزء انتخاب‌شده در سناریو—اعم از گره‌ها، پیوندها یا حوضه‌های آبخیز— در حال ثبت هستند. شاخص‌های رنگی در این بخش مفهوم زیر را دارند:

- تمام پارامترهای موجود در این سطح و سطوح پایین‌تر در حال ثبت هستند؛
- هیچ‌یک از پارامترهای موجود در این سطح و سطوح پایین‌تر ثبت نمی‌شوند؛
- بخشی از پارامترها (اما نه همه آن‌ها) در این سطح و سطوح پایین‌تر ثبت می‌شوند.

برای تغییر وضعیت ثبت پارامترها، ابتدا باید یکی از اجزای مدل را در بخش Project Hierarchy یا Model Parameters انتخاب کنید، سپس از منوی کشویی Recording Options در نوار ابزار Project

[1] Contextual Menu
[2] Model Parameters

Explorerیا از منوی زمینه‌ای استفاده کنید. این تنظیمات به‌صورت سلسله‌مراتبی اعمال می‌شوند و بر جزء انتخاب‌شده و زیرمجموعه‌های منطقی آن در ساختار مدل تأثیر می‌گذارند.

توجه داشته باشید، در برخی موارد، عناصری که برای ثبت داده تنظیم شده‌اند ممکن است پس از بارگذاری مجدد پروژه از وضعیت نقطه قرمز به نقطه سفید تغییر کنند؛ این اتفاق زمانی رخ می‌دهد که داده‌ای برای ثبت در آن پارامتر وجود نداشته باشد. به‌عنوان مثال، اگر پارامتر «Constituents» انتخاب شده باشد اما در پروژه مدل‌سازی‌نشده باشد، پس از بازگشایی مجدد پروژه، نشانگر آن از قرمز به سفید تغییر خواهد کرد.

۷-۵-۴- منابع داده[1]

برگه Data Sources امکان مشاهده و مدیریت سری‌های زمانی داده را در یک مکان متمرکز در نرم‌افزار eWater Source فراهم می‌کند. هنگامی که یک سری زمانی از طریق Data Sources Explorer اضافه شود، در کل محیط Source قابل‌استفاده خواهد بود. برای آشنایی بیشتر با نحوه واردکردن داده‌ها، به بخش Specifying Data Inputs مراجعه شود.

۷-۵-۵- مدیریت توابع[2]

پنل Function Manager برای ایجاد، مدیریت و نگهداری تمام توابع تعریف‌شده در Source به‌کار می‌رود. همان‌گونه که داده‌های بارگذاری‌شده در Data Sources Explorer در تمام نرم‌افزار قابل‌دسترس هستند، توابع تعریف‌شده در Function Manager نیز در سراسر محیط Source قابل‌استفاده هستند.

۷-۵-۶- فهرست گره‌ها[3]

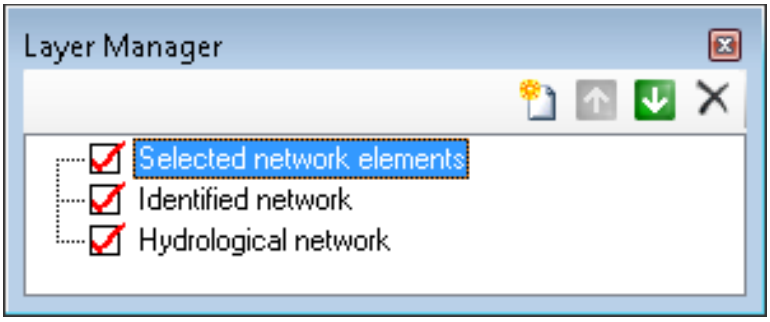
بخش Node Palette شامل مجموعه‌ای از آیکون‌ها است که نمایانگر گره‌های پشتیبانی‌شده در نرم‌افزار Source هستند. برای ایجاد شبکه‌ای از گره‌ها و پیوندها، کافی است آیکون‌های دلخواه را از این فهرست به سطح ترسیم Schematic Editor بکشید و رها کنید.

---

[1] Data Sources
[2] Function Manager
[3] Node Palette

۷-۵-۷- مدیریت لایه‌ها

بخش Layer Manager (شکل ۳۷) عمدتاً با ویرایشگر جغرافیایی (Geographic Editor) مرتبط است و هنگام ایجاد یک سناریوی حوزه آبخیز جدید به‌صورت پیش‌فرض فعال است. در صورتی که این بخش قابل‌مشاهده نباشد، می‌توان از مسیر View → Layer Manager آن را فعال کرد. از طریق این پنل می‌توان لایه‌های جدید اضافه کرد یا ترتیب نمایش لایه‌ها را تغییر داد. تیک کنار نام هر لایه نشان‌دهنده فعال بودن نمایش آن در ویرایشگر جغرافیایی است. توجه داشته باشید که افزودن یا حذف لایه‌ها در این بخش به‌صورت موقت است و در فایل سناریو ذخیره نخواهد شد.



شکل ۳۷- مدیر لایه

۷-۵-۸- مدیر ثبت داده‌ها[1]

بخش Recording Manager فهرستی از تمامی نتایج ثبت‌شده در اجرای مدل را نمایش می‌دهد. هربار اجرای مدل دارای یک تب (Tab) مجزا است و کاربر می‌تواند با کلیک بر روی سرستون‌ها، داده‌های ثبت‌شده را براساس معیارهای مختلف مرتب کند. نوار ابزار همراه این بخش نیز امکان دسترسی سریع به عملکردهای پرکاربرد را فراهم می‌سازد.

۷-۵-۹- گزارش خطاها[2]

پنجره Log Reporter پیام‌های مربوط به خطاها، هشدارها و اطلاعیه‌های سامانهی را که در نتیجه اقدامات کاربر یا در طول اجرای سناریو ایجاد شده‌اند، نمایش می‌دهد. در پایین این بخش، سه زبانه Errors،

[1] Recording Manager
[2] Log Reporter

Warnings و Info قرار دارند که از طریق آن‌ها می‌توان نوع پیام‌های قابل‌نمایش را فیلتر یا پنهان کرد. این قابلیت به کاربر کمک می‌کند تا در زمان تحلیل مدل، تنها پیام‌های موردنیاز خود را مشاهده کند.

۷-۵-۱۰- نمودار نتایج

بخش Chart Recording برای مقایسه نتایج اجرای سناریوهای مختلف طراحی شده است. از طریق این قابلیت می‌توان پارامترهای یک سناریو را تغییر داد و تأثیر آن را بر خروجی مدل به‌صورت نموداری مشاهده کرد. برای اطلاعات بیشتر درباره نحوه استفاده از این ابزار، به بخش Chart Recording Manager مراجعه شود.

۷-۶- کار با پنجره eWater Source

محیط نرم‌افزار eWater Source مشابه نرم‌افزارهای استاندارد Microsoft Windows طراحی شده است و کاربران می‌توانند پنل‌ها و بخش‌های مختلف را جابه‌جا، کوچک یا بزرگ کنند. این ویژگی به‌ویژه هنگام کار با مدل‌های بزرگ و پیچیده، انعطاف‌پذیری زیادی فراهم می‌کند و موجب سازمان‌دهی بهتر فضای کاری می‌شود.

۷-۶-۱- ویرایشگر ویژگی‌ها[1]

پنجره Feature Editor برای تعریف و تنظیم پارامترهای مربوط به گره‌ها و پیوندها به‌کار می‌رود. این پنجره زمانی باز می‌شود که کاربر بر روی یکی از اجزای مدل در Schematic Editor دوبار کلیک کند، یا از طریق منوی زمینه‌ای با انتخاب گزینه Edit به آن دسترسی یابد.

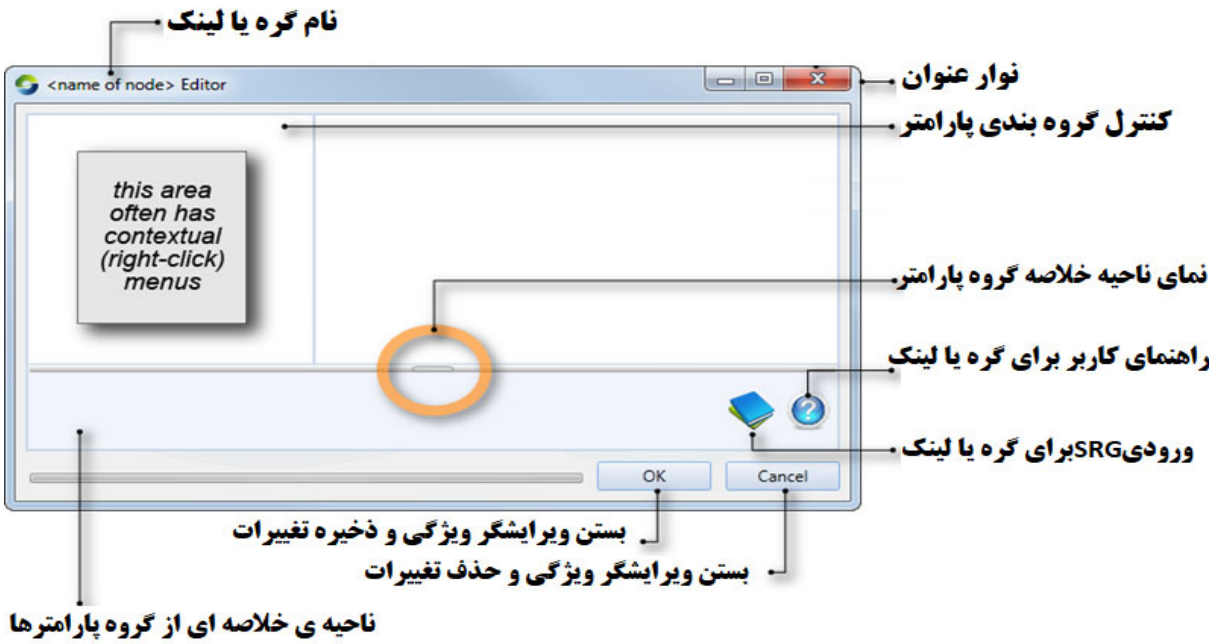
هر نوع گره یا پیوند، بسته به نقش خود در مدل، پارامترهای متفاوتی دارد؛ بنابراین ساختار دقیق ویرایشگرها ممکن است بسته به نوع جزء انتخابی تغییر کند. با این حال، برخی از کنترل‌ها و تنظیمات عمومی (شکل ۳۸) در بیشتر ویرایشگرها مشترک هستند.

در پنل سمت چپ ویرایشگر، تمامی پارامترهای مربوط به گره یا پیوند انتخابی فهرست می‌شوند. علاوه‌براین، کاربر می‌تواند برای هر جزء، یادداشت (Note) اضافه کند تا ویژگی خاصی از آن را مشخص کند—

[1] Feature Editors

برای مثال، توضیحی درباره عملکرد متفاوت آن در طول اجرای سناریو. وجود یادداشت با علامت تعجب قرمز (!)بر روی آیکون جزء در Schematic Editor مشخص می‌شود و پس از اجرای سناریو نیز در Recording Manager قابل‌مشاهده خواهد بود. برای افزودن یادداشت، کافی است روی آیکون جزء در پنجره ویرایشگر ویژگی راست‌کلیک کرده و گزینه Add Note را انتخاب کنید (شکل ۴۰).

در محیط eWater Source، منوهای زمینه‌ای با راست‌کلیک بر روی عناصر مختلف رابط کاربری در دسترس هستند. در برخی موارد، گزینه‌های موجود در این منوها مشابه گزینه‌های موجود در نوار ابزار یا منوی اصلی‌اند؛ اما در مواردی دیگر، منوی زمینه‌ای تنها مسیر دسترسی به یک عملکرد خاص است. در مستندات نرم‌افزار، تمامی منوهای زمینه‌ای همراه با ویرایشگرها و اجزای گرافیکی مربوطه نشان داده شده‌اند.



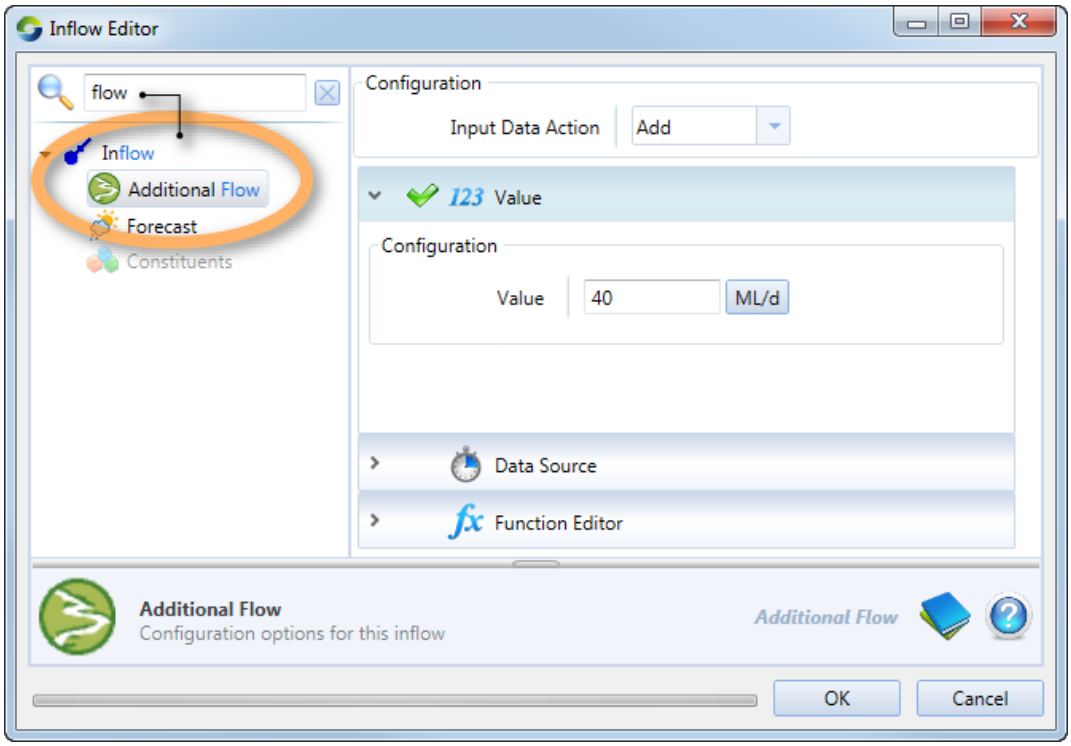
شکل ۳۸- ویرایشگر ویژگی (کنترل‌های رایج) ((eWater Ltd. (n.d.))

تعدادی از رفتارها و ویژگی‌های رابط کاربری در میان بیشتر ویرایشگرهای ویژگی (Feature Editors) در نرم‌افزار Source مشترک هستند. این ویژگی‌ها شامل موارد زیر می‌شوند:

پارامترهای مربوط به یک گره یا پیوند معمولاً براساس هدف یا کارکرد مشابه در گروه‌های مرتبط سازمان‌دهی می‌شوند. برخی از عناصر رابط کاربری تنها زمانی فعال می‌شوند که پیش‌شرط‌های لازم برای استفاده از آن‌ها برآورده شده باشد.

همچنین، امکان جست‌وجو در فهرست سلسله‌مراتبی پارامترها وجود دارد. نتایج جست‌وجو تمام موارد منطبق را نمایش می‌دهد—اعم از موارد والد و فرزند—و همان‌طور که در شکل ۳۹ نشان داده شده است، نتایج با رنگ آبی مشخص می‌شوند. برای مثال، در صورت جست‌وجوی واژه «flow»، این عبارت در هر دو سطح والد و فرزند قابل مشاهده خواهد بود.

در شرایطی که برای یک پارامتر امکان ورود چند مقدار وجود داشته باشد، تنها یک مقدار را می‌توان در هر لحظه ویرایش کرد. فیلدی که در حال ویرایش است معمولاً با رنگ آبی مشخص می‌شود. برای تغییر مقدار در فیلد دیگر، کافی است با نشانگر ماوس بر روی آن فیلد کلیک کنید تا فعال شود.



شکل ۳۹-گره ورودی (قابلیت جستجو) (eWater Ltd. (n.d.))

بسیاری از ویرایشگرهای ویژگی (Feature Editors) در نرم‌افزار Source از قابلیت بارگذاری اطلاعات پارامترها از فایل‌های خارجی پشتیبانی می‌کنند. در این حالت، دکمه ...Import برای بارگذاری داده‌ها و وارد کردن مقادیر پارامترها در ویرایشگر استفاده می‌شود، درحالی‌که دکمه ...Export امکان ذخیره‌سازی مقادیر فعلی جدول پارامترها را در یک فایل خارجی فراهم می‌سازد.

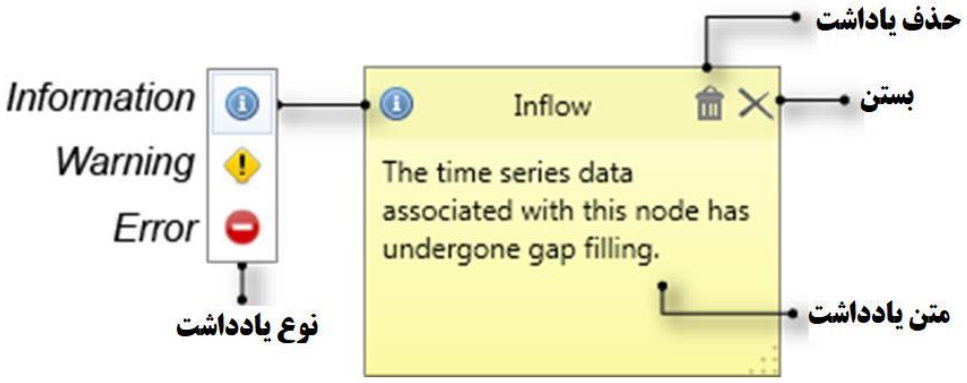
علاوه بر ورود یا بارگذاری مستقیم مقادیر عددی برای هر پارامتر، برخی از ویرایشگرهای گره‌ها این امکان را فراهم می‌کنند که رفتار گره از طریق یک عبارت ریاضی یا تابع تعریف شود. این توابع در نرم‌افزار Source با عنوان Function شناخته می‌شوند (برای اطلاعات بیشتر به بخش Functions مراجعه شود).

۷-۶-۲- یادداشت‌ها

در Source، کاربر می‌تواند برای هر گره، پیوند، تابع یا مؤلفه‌ای در سامانه ارزیابی منابع، یک یادداشت متنی اضافه کند. هر یادداشت می‌تواند دارای یکی از سه سطح اطلاع‌رسانی زیر باشد:

- اطلاع‌رسانی
- هشدار
- خطا

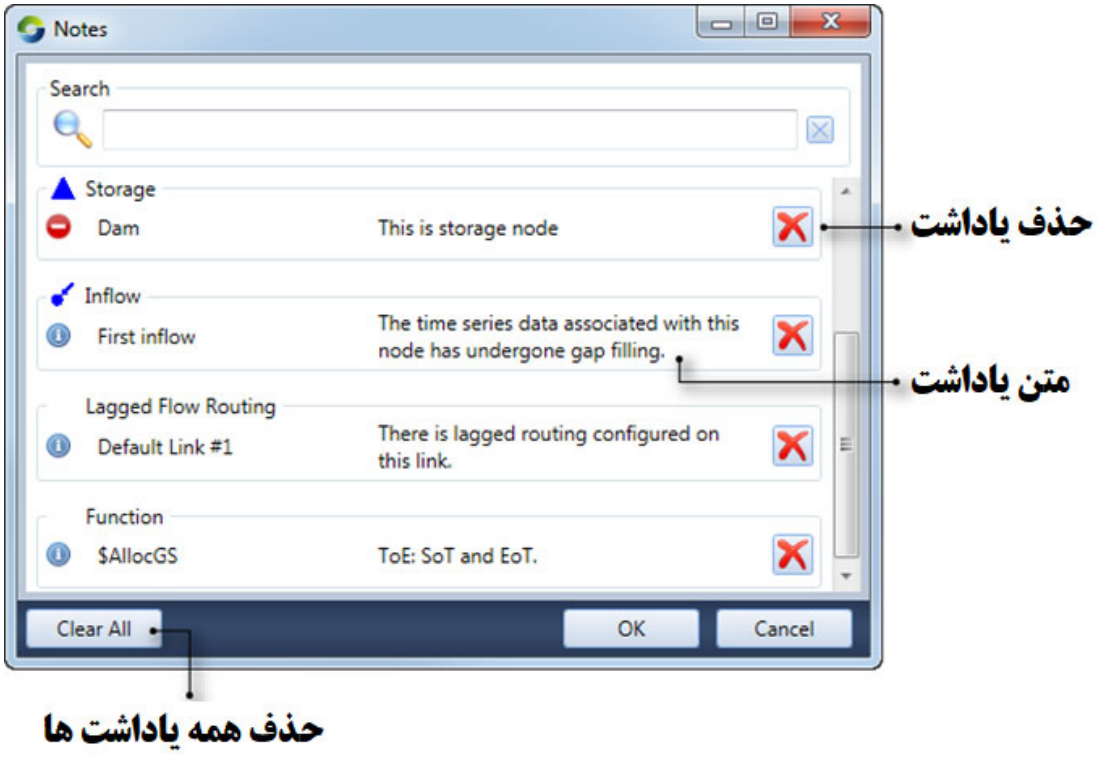
هر یک از این سطوح با آیکون مخصوص به خود نمایش داده می‌شوند. شکل ۴۰ نمونه‌ای از یک یادداشت اطلاع‌رسانی را نشان می‌دهد که به یک گره ورودی جریان (Inflow Node) افزوده شده است.



شکل ۴۰-یادداشت‌ها، مرور کلی

اگر امکان افزودن یادداشت به یک جزء وجود داشته باشد، با راست‌کلیک روی آن جزء، گزینه Add Note در منوی زمینه‌ای فعال می‌شود (برای جزئیات بیشتر به بخش Adding Notes to Nodes and Links مراجعه شود). استثنا در این زمینه، افزودن یادداشت به یک تابع (Function) است که از طریق آیکون Add/Edit Note در نوار ابزار ویرایشگر توابع انجام می‌گیرد (برای جزئیات بیشتر به بخش Adding a Note to a Function مراجعه شود).

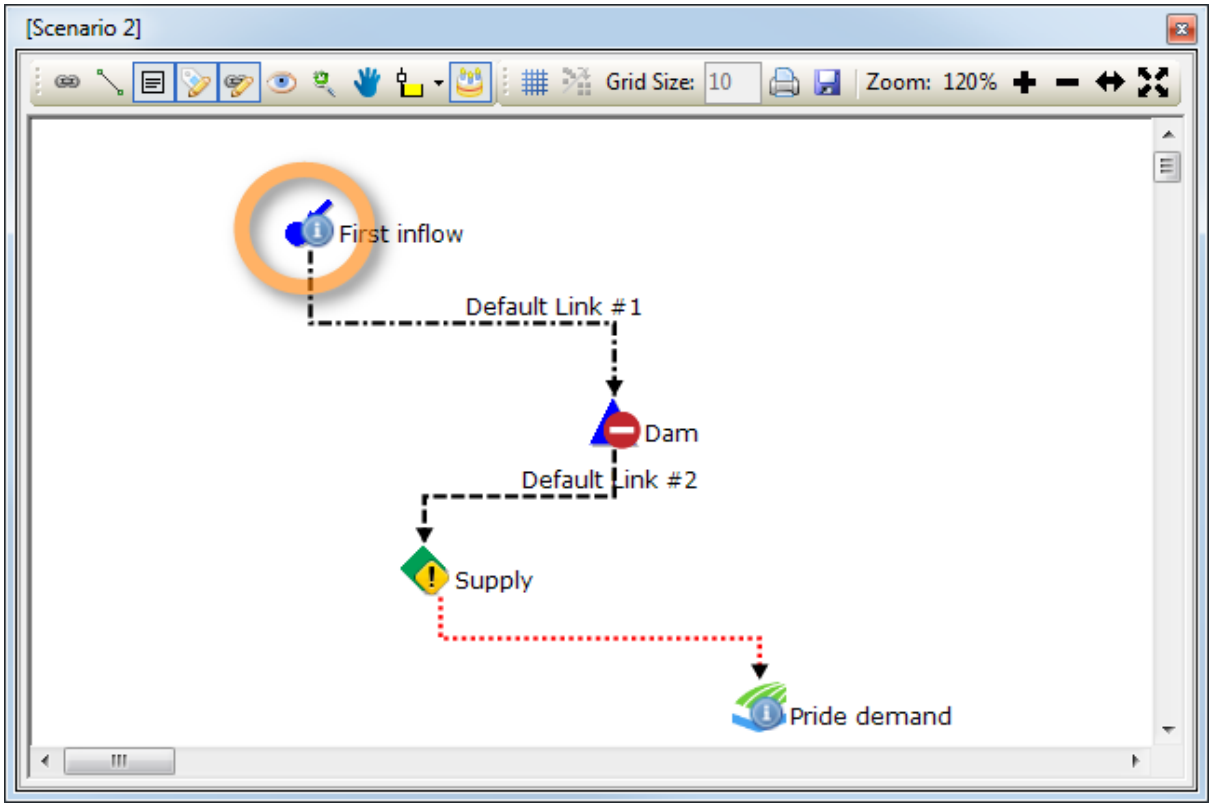
همچنین، کاربر می‌تواند خلاصه‌ای از تمامی یادداشت‌های تنظیم‌شده در یک سناریو را با مسیر View → Notesمشاهده کند. به‌عنوان مثال، همان‌طور که در شکل ۴۱ نشان داده شده است، گره‌های First Inflow و Dam، تابع $AllocGS و پیوند Default Link #1 دارای یادداشت‌های مرتبط با خود هستند.



شکل ۴۱- یادداشت‌ها، خلاصه (eWater Ltd. (n.d.))

پس از اجرای یک سناریو که دارای یادداشت است، این یادداشت‌ها در Log Reporter با نوع پیام Note فهرست می‌شوند. علاوه‌براین، سطح اطلاع‌رسانی، نام جزء مرتبط برای مثال (Inflow 1) و متن یادداشت نیز نمایش داده می‌شوند. همچنین، ویرایشگر شماتیک (Schematic Editor) تمام گره‌ها و پیوندهایی که دارای یادداشت هستند را نشان می‌دهد. به‌عنوان نمونه، شکل ۴۲ دو گره با یادداشت‌های اطلاع‌رسانی، یک گره با یادداشت هشدار و یک گره با یادداشت خطا را نمایش می‌دهد.

توجه: یادداشت‌ها تنها پس از اجرای سناریو در ویرایشگر شماتیک قابل مشاهده خواهند بود.



شکل ۴۲- ویرایشگر شماتیک، یادداشت‌ها ((eWater Ltd. (n.d.)

۷-۶-۳- ویرایشگرهای خطی قطعه‌ای[1]

ویرایشگرهای خطی قطعه‌ای در نقاط مختلف نرم‌افزار eWater Source به‌کار می‌روند و امکان تعریف روابط پیچیده دو بعدی را به‌صورت دلخواه فراهم می‌کنند. یک استفاده رایج این ویرایشگرها، تعریف رابطه

[1] Piecewise Linear Editors

بین ورودی جریان X-axis (یا محور افقی) و خروجی جریان Y-axis (یا محور عمودی) است. همان‌طور که از نام آن‌ها مشخص است، ویرایشگرهای خطی قطعه‌ای از تجمیع چندین خط مستقیم تشکیل شده‌اند و تعداد زوج‌های مختصات (X, Y) وارد شده و پیچیدگی یا سادگی «منحنی» حاصل به تصمیم کاربر بستگی دارد. در اغلب موارد، ویرایشگرهای خطی قطعه‌ای از محدودیت‌ها و قواعد زیر پیروی می‌کنند:

- مبدأ مختصات (0,0) است و نیازی به برون‌یابی (Extrapolation) در جهت منفی محور X وجود ندارد. اگر این نقطه در داده‌ها موجود نباشد، نرم‌افزار به‌طور پیش‌فرض آن را فرض می‌کند؛
- برای هر مقدار میانیX ، می‌توان از درون‌یابی (Interpolation) برای محاسبه مقدار متناظر Y استفاده کرد؛
- آخرین خط مستقیم سمت راست، به‌صورت خطی به سمت بی‌نهایت امتداد می‌یابد و می‌تواند برای برون‌یابی مقادیر Y در مقادیر بزرگ‌تر X استفاده شود. تنها استثناء این قاعده در BigMod flow routing رخ می‌دهد، که در آن مقدار Y متناظر با بزرگ‌ترین X در جدول برای همه مقادیر بزرگ‌تر Xاستفاده می‌شود (جدول به‌گونه‌ای رفتار می‌کند که گویی لبه چپ یک میله هیستوگرام را تعریف می‌کند)؛
- توازن جرم (Mass Balance) رعایت می‌شود؛ برای مثال، تلفات نمی‌توانند از جریان ورودی بیشتر باشند، بنابراین همه مقادیر تلفات به بیشینه جریان ورودی محدود می‌شوند. همچنین، حجم منفی امکان‌پذیر نیست، بنابراین هر مقداری که منفی باشد به صفر محدود می‌شود.

برای اجتناب از مشکلات، بهتر است از راهنمایی‌های زیر پیروی کنید:

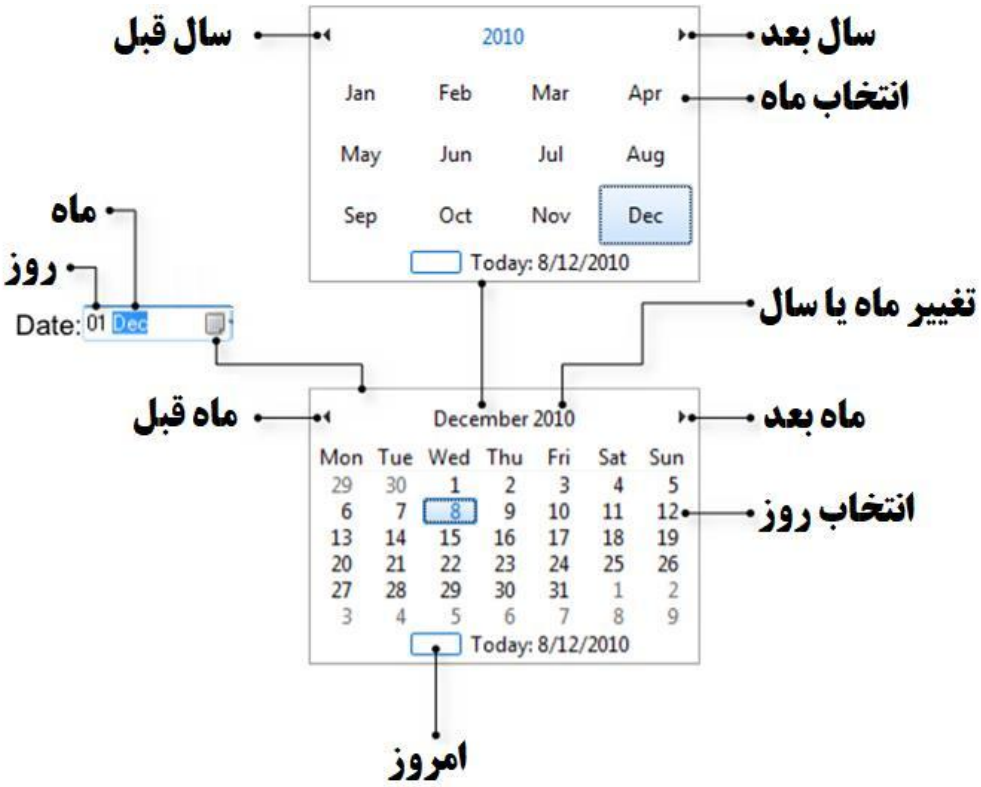
- همیشه مبدأ (0,0) را به‌صورت صریح وارد کنید تا نیاز به برون‌یابی در جهت منفی X حذف شود و مشکلات احتمالی ناشی از فرض مبدأ توسط نرم‌افزار پیشگیری شود؛
- مقادیر X باید همیشه به‌ترتیب صعودی وارد شوند. در نسخه فعلی، اگر مقدار X خارج از ترتیب وارد شود، تا زمانی که مقدار Y متناظر وارد شود، با رنگ قرمز مشخص می‌شود و پس از وارد کردنY، جدول به‌صورت خودکار مرتب می‌شود؛

- مقادیر Y نیز بهتر است به‌صورت صعودی باشند. در صورت نیاز به نقض این قانون، با احتیاط عمل کنید، به‌ویژه اگر آخرین خط سمت راست دارای شیب منفی باشد؛
- آخرین زوج مختصات (Right-most coordinate pair) باید فراتر از بیشترین مقدار شناخته شده شما قرار گیرد تا نیازی به برون‌یابی مثبت محور X نباشد و نیاز به‌خاطرسپردن روش‌های مختلف برون‌یابی برای هر ویرایشگر از بین برود؛
- همه مقادیر باید منطقی و مطابق توازن جرم باشند؛ برای مثال، وارد کردن زوج مختصاتی که تلفات را از جریان ورودی بیشتر نشان دهد، صحیح نیست؛
- اگر مدل شما از سفارش‌دهی بهینه (Optimised Ordering) استفاده می‌کند، ویرایشگرهای خطی قطعه‌ای را با کمینه داده‌ها نگه دارید، زیرا منحنی‌های پیچیده معمولاً زمان اجرای مدل را افزایش می‌دهند و گاهی به راه‌حل‌های غیرقابل‌قبول منجر می‌شوند.

۷-۶-۴- کار با انتخاب‌گر تاریخ[1]

Date-picker ها در نقاط مختلف نرم‌افزار eWater Source به کار می‌روند و ترکیبی از یک فیلد متنی قابل ویرایش و یک تقویم بازشونده هستند. شکل ۴۳ اجزای مختلف این ابزار و نحوه تعامل آن‌ها را نشان می‌دهد.

[1] Date-pickers



شکل ۴۳- انتخابگر تاریخ

برای ویرایش تاریخ به‌صورت مستقیم، می‌توانید روز(Day) ، ماه (Month) یا سال (Year) را در فیلد متنی انتخاب کنید. پس از انتخاب هر عنصر، با استفاده از کلیدهای چپ و راست می‌توانید عنصر انتخابی را تغییر دهید و با کلیدهای بالا و پایین یا واردکردن یک مقدار عددی جدید، مقدار آن را تنظیم کنید. توجه داشته باشید که برای عنصر ماه نیز باید از مقادیر عددی استفاده کنید؛ برای مثال واردکردن «۷» عنصر ماه را به «July» تغییر می‌دهد. با کلیک روی فلش کوچک سمت راست فیلد، تقویم باز می‌شود. در این تقویم می‌توانید:

- ماه، سال، دهه یا قرن را با کلیک مکرر روی فیلد سال تغییر دهید؛
- ماه را با دکمه‌های Last Month و Next Month تغییر دهید؛
- با کلیدهای جهت‌نما، تاریخ انتخاب شده را تغییر دهید. کلیدهای چپ و راست تاریخ را یک روز و کلیدهای بالا و پایین یک هفته جابه‌جا می‌کنند؛

- با کلیک روی روز، تاریخ مورد نظر را انتخاب کنید. همچنین با کلیک روی دکمه بدون نام در پایین و سمت چپ تقویم، می‌توانید تاریخ امروز را انتخاب کنید.

انتخاب یک تاریخ، فشردن کلید Return یا کلیک خارج از محدوده تقویم، آن را می‌بندد.

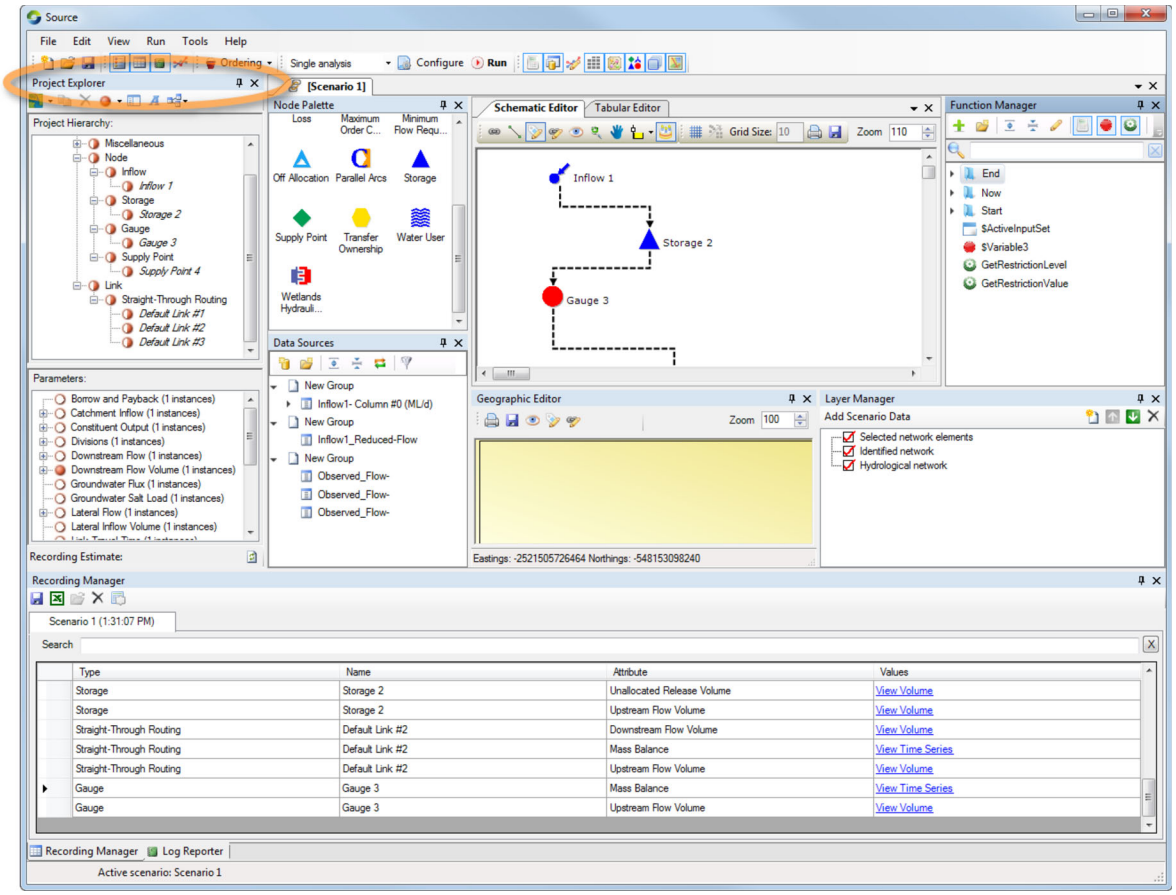
۷-۶-۵- پنجره‌های قابل جداسازی[1]

بسیاری از پنجره‌های eWater Source را می‌توان داخل پنجره اصلی مستقر (Docked) یا به‌صورت مستقل و شناور تنظیم کرد، بسته به نیاز پروژه یا سناریو. به‌عنوان مثال، در شبکه‌های بزرگ گره-پیوند، می‌توان پنل Schematic Editorرا جدا از پنجره اصلی eWater Source قرار داد تا نمای بهتری از کل شبکه داشته باشید.

پنجره‌های قابل‌جداسازی شامل ویرایشگرهای جغرافیایی[2]، شماتیک[3] و جدولی[4]، برگه نقشه[5]، بیشتر پنجره‌های جانبی و برخی پنجره‌های افزونه‌ها هستند. وضعیت استقرار یا جداسازی پنجره‌ها هنگام ذخیره پروژه و سناریو حفظ می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، اگر Schematic Editor جدا باشد و پروژه ذخیره و بسته شود، پس از بازگشایی دوباره، پنل همان موقعیت ذخیره‌شده را خواهد داشت. همین وضعیت در زمان بستن و بازکردن نرم‌افزار eWater Source نیز برقرار است.

حالت پیش‌فرض پنجره‌های قابل جداسازی، Docked است. با یک کلیک داخل مرز هر پنجره Docked، آن پنجره فعال می‌شود. یک پنجره فعال را می‌توان از طریق نوار عنوان یا عنصری که در آن برجسته شده است، شناسایی کرد. به‌عنوان مثال، در شکل ۴۴، Project Explorer پنجره Docked فعال است.

[1] Dockable Windows
[2] Geographic
[3] Schematic
[4] Tabular
[5] Map



شکل ۴۴- شناسایی پنجره‌های فعال ((eWater Ltd. (n.d.))

پنجره‌های برخی ابزارها را می‌توان در پنجره اصلی (Docked) قرار داد. در صورت نیاز به بازنشانی تمامی پنجره‌ها به وضعیت پیش‌فرض، می‌توان از مسیر View → Reset All Windows استفاده کرد.

۷-۶-۶- کلیدهای میانبر

کلید میانبر یا HotKey، ترکیبی از یک یا چند کلید است که امکان انجام سریع یک عمل را بدون استفاده از ماوس فراهم می‌کند. در نرم‌افزار eWater Source، برخی کلیدهای میانبر مختص رابط کاربری Results Manager هستند و جزئیات آن‌ها در بخش Results Manager – HotKeys شرح داده شده است. در سایر رابط‌های کاربری eWater Source، کلیدهای میانبر نیز توسعه یافته‌اند و معمولاً در سه نوع اصلی برای فعال‌کردن وظایف بدون استفاده از ماوس به‌کار می‌روند. یکی از رایج‌ترین روش‌ها استفاده مستقیم از کلیدهای میانبر پس از منوها است. به‌عنوان مثال:

- Ctrl+F، معادل کلیک روی منوی Tools → Find Node/Link است و برای یافتن یک گره یا پیوند خاص به کار می‌رود؛
- F5، معادل منوی Run → Run است و اجرای مدل برای تحلیل تکی را فعال می‌کند.

لیست کامل این نوع کلیدهای میانبر در رابط کاربری اصلی در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- لیست کلیدهای میانبر برای رابط اصلی

New >>Scenario	**Ctrl+N**	**کادر محاوره‌ای «ایجاد سناریو» را باز می‌کند تا یک سناریوی جدید و خالی به پروژه فعلی اضافه شود.**
Open	Ctrl+O	یک پروژه موجود را با استفاده از کادر محاوره‌ای استاندارد بازکردن فایل باز می‌کند.
Save	Ctrl+S	پروژه فعلی را ذخیره می‌کند و فایل موجود را بازنویسی می‌کند.
Print	Ctrl+P	این دستور در حال حاضر غیرفعال است.
Exit	Alt+F4	Sourceخروج از
View>>Results Manager	F10	پنجره مدیریت نتایج را باز می‌کند.
Configuration	F6	پنجره تنظیمات را باز می‌کند.
Run	F5	تحلیل انتخاب‌شده مانند اجرای مدل برای تحلیل واحد را انجام می‌دهد.
Tools>>Find Node/Link	Ctrl+F	کادر محاوره‌ای «جستجو» را باز می‌کند که در آن کاربر می‌تواند گره‌ها و پیوندها را در سناریوی باز فعلی جستجو کند.

در نرم‌افزار eWater Source می‌توان با نگه داشتن کلید Alt به‌راحتی به آیتم‌های منو دسترسی پیدا کرد و وظایف مختلف را بدون استفاده از ماوس فعال کرد:

- با نگه‌داشتن Alt، حروف زیرخط‌دار در منوها مشخص می‌شوند. برای مثال، برای منوی Viewدر رابط کاربری اصلی، حرف زیرخط‌دار را فشار دهید (مثلاً V) تا وظیفه موردنظر اجرا شود. به‌عنوان نمونه، ترکیب Alt+V+R رابط کاربری Results Manager را باز می‌کند. این عمل معادل کلیک روی مسیر View → Results Managerیا استفاده مستقیم از کلید میانبر F10 است.
- در برخی موارد، آیتم منو ممکن است حرف زیرخط‌دار نداشته باشد یا با چند وظیفه دیگر مشترک باشد. برای مثال، در منوی Edit، حرف زیرخط‌دار E است و برای دسترسی به آیتم‌هایی مانند Trade

Manager باید ابتدا Alt+E را فشار دهید، سپس کلید Alt را رها کرده و با استفاده از کلیدهای جهت‌نما به آیتم موردنظر بروید و با فشار Enter آن وظیفه را فعال کنید.

نتیجه‌گیری

این دستورالعمل با هدف معرفی و بررسی قابلیت‌های نرم‌افزار eWater Source در زمینه مدل‌سازی مدیریتی حوزه‌های آبخیز تدوین شده است. نرم‌افزار eWater Source به‌عنوان یک محیط پیشرفته مدل‌سازی، با ترکیب دانش محلی، داده‌های تجربی و مدل‌های علمی، بستری فراهم می‌کند تا تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در حوزه آبخیز به‌صورت شفاف، نظام‌مند و مبتنی بر تحلیل‌های جامع انجام گیرد. این نرم‌افزار با ساختار انعطاف‌پذیر خود قادر است متناسب با نوع مسأله، اهداف مطالعاتی و شرایط منطقه‌ای تنظیم شود و یک مدل یکپارچه برای تحلیل رفتار سامانه‌های هیدرولوژیکی ارائه دهد.

از مهم‌ترین ویژگی‌های eWater Source آن است که امکان بررسی هم‌زمان حجم و کیفیت رواناب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی را فراهم می‌کند و می‌تواند مدل‌های موجود نظیر مدل‌های کیفیت آب یا مدل‌های رواناب سطحی را در محیط خود به‌صورت یکپارچه اجرا کند. این نرم‌افزار همچنین توانایی پیش‌بینی اثرات تغییرات اقلیمی، تغییر کاربری اراضی و سناریوهای مدیریتی مختلف را دارد و می‌تواند پیامدهای احتمالی این تغییرات را بر حجم و کیفیت رواناب‌های ورودی به رودخانه‌ها شبیه‌سازی کند. افزون بر این، eWater Source ابزار مناسبی برای تحلیل اثرات پدیده‌هایی چون آتش‌سوزی، سیل یا خشکسالی بر وضعیت منابع آب است و امکان ارزیابی اثرات ناشی از تغییرات کاربری اراضی بر کمیت و کیفیت منابع آبی را نیز فراهم می‌آورد. قابلیت توسعه و گسترش مدل‌ها در پاسخ به نیازهای جدید مدیریتی، از دیگر مزیت‌های مهم این نرم‌افزار به شمار می‌رود. در چارچوب مدل‌سازی بارش–رواناب، نرم‌افزار eWater Source توانایی اجرای مدل‌های مختلف در یک سامانه یکپارچه را دارد و این امکان را به کاربر می‌دهد تا مناسب‌ترین مدل را براساس ویژگی‌های هیدرولوژیکی و اقلیمی حوضه انتخاب کند. همچنین قابلیت انتخاب روش‌های متنوع بهینه‌سازی و توابع هدف، و به‌کارگیری رویکردهای منطقه‌ای برای پیش‌بینی رواناب در مناطق فاقد داده، از نقاط قوت این نرم‌افزار محسوب می‌شود. افزون بر این، eWater Source ابزار قدرتمندی برای ارزیابی تأثیرات تغییرات اقلیمی بر

فرآیندهای هیدرولوژیکی است و می‌تواند به درک بهتر پویایی سامانه‌های آبی در شرایط متغیر اقلیمی کمک کند.

با وجود توانمندی‌های eWater Source در مدل‌سازی و برنامه‌ریزی منابع آب، این مدل دارای محدودیت‌هایی است که باید در تفسیر نتایج مورد توجه قرار گیرد. این نرم‌افزار به‌صورت داخلی ابزار خودکار و مستقلی برای تحلیل عدم قطعیت و حساسیت ارائه نمی‌دهد و انجام این تحلیل‌ها به‌طور مستقیم در محیط مدل امکان‌پذیر نیست؛ هرچند در راهنماهای بهترین روش مدل‌سازی، انجام تحلیل عدم قطعیت و حساسیت در کنار مراحل واسنجی و اعتبارسنجی به‌عنوان بخشی از فرآیند استاندارد توصیه شده است. در عمل، بررسی عدم قطعیت و حساسیت پارامترها نیازمند اجرای سناریوهای متعدد و یا به‌کارگیری روش‌های آماری خارج از محیط نرم‌افزار است که می‌تواند زمان‌بر بوده و به تخصص مدل‌ساز وابسته باشد. علاوه‌براین، eWater Source عمدتاً بر فرآیندهای هیدرولوژیکی و فنی تمرکز دارد و فرآیندهای اقتصادی و اجتماعی را به‌صورت محدود و غیرمستقیم لحاظ می‌کند؛ ازاین‌رو، توانایی مدل در تحلیل جامع پیامدهای مدیریتی، به‌ویژه از منظر اقتصادی-اجتماعی، محدود است. همچنین این مدل برای شبیه‌سازی‌های هیدرولیکی دقیق و فرآیندهای اکولوژیکی با جزئیات بالا طراحی نشده و دقت نتایج آن به‌شدت به کیفیت و کفایت داده‌های ورودی وابسته است. بنابراین، برای دستیابی به تصمیم‌گیری‌های جامع، شفاف و قابل اتکا، معمولاً لازم است نتایج eWater Source با مدل‌ها و تحلیل‌های مکمل اقتصادی، اجتماعی یا هیدرولیکی تلفیق شوند.

به‌طورکلی، نرم‌افزار eWater Source ابزاری مؤثر و جامع در مدیریت یکپارچه منابع آب محسوب می‌شود که هم در سطوح عملیاتی و هم در سطوح برنامه‌ریزی بلندمدت کاربرد دارد؛ و چارچوب قدرتمند مدل‌سازی آن امکان تحلیل هم‌زمان فرآیندهای طبیعی، هیدرولوژیکی و مدیریتی را فراهم می‌کند و دیدی جامع نسبت به عملکرد سامانه حوزه آبخیز ارائه می‌دهد. در نهایت می‌توان گفت که استفاده از نرم‌افزار eWater Source به‌عنوان یک محیط مدل‌سازی مدیریتی، گامی مؤثر در جهت بهبود کمیت و کیفیت منابع آب، بهینه‌سازی عرضه و تقاضای آب و ارتقای پایداری زیست‌محیطی حوزه‌های آبخیز به شمار می‌رود. این نرم‌افزار با فراهم‌سازی بستری پویا برای تحلیل و تصمیم‌سازی، می‌تواند نقش مهمی در مدیریت هوشمند و پایدار منابع

آب ایفا کند و به برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران کمک کند تا سیاست‌ها و اقدامات مدیریتی خود را بر پایه داده‌ها و شبیه‌سازی‌های دقیق‌تری اتخاذ کنند.

منابع مورد استفاده:

- Berris, S.N., Hess, G.W., Bohman, L.R. 2001. River and Reservoir Operations Model, Truckee River Basin, California and Nevada, 1998. Water-Resources Investigations Report 01-4017. USGS, USA, 148 pp.
- Bhusal, M. R., Jayasooriya, V. & Muthukumaran, S. 2025. Combined influence of future land use change and spatially distributed seasonal climatic variations on surface hydrology. Urban Climate, 64: 102688.
- Black DC, Wallbrink PJ, Jordan PW. 2014. Towards best practice implementation and application of models for analysis of water resources management scenarios. Environmental Modelling & Software. 52 (3): 136-148
- Black, D.C., Podger, G.M. 2012. Guidelines for Modelling Water Sharing Rules in eWater Source: Towards Best Practice Model Application. eWater Cooperative Research Centre, Canberra, Australia. ISBN 978-1-921543-74-6, 29 pp. Available at: www.ewater.com.au.
- Black, D.C., Wallbrink, P.J., Jordan, P.W., Waters, D., Carroll, C., and Blackmore, J.M. 2011. Guidelines for Water Management Modelling: Towards Best-Practice Model Application. eWater Cooperative Research Centre, Canberra, ACT, September. ISBN 978-1-921543-46-3, 26 pp.
- Bormann, H. 2005. Evaluation of hydrological models for scenario analyses: Signal-to-noise-ratio between scenario effects and model uncertainty. Advances in Geosciences, 5: 43–48. Available at: www.adv-geosci.net/5/43/2005/adgeo-5- 43-2005.pdf.
- Delgado, P., Kelley, P., Murray, N., Satheesh, A. 2012. Source User Guide. eWater Cooperative Research Centre, University of Canberra, Australia, 487 pp.
- Dougall, C. and Carroll, C. 2013. Great Barrier Reef Source Catchment's Modelling: Enhanced Simulation and Water Quality Targeting through Event Based Assessment. In: Anderssen, R.S. and Boland, J. (eds), MODSIM2013, 20th International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, December 2013. ISBN: 978-0-9872143-3-1, 7 pp.
- Dutta, D., Welsh, W., Vaze, J., Kim, Sh., Nicholls, D. 2012. A Comparative Evaluation of Short-Term Stream flow Forecasting Using Time Series Analysis and Rainfall-Runoff Models in eWater Source. Water Resources Management. 26(2): 4397-4415.
- Dutta, D., Wilson, K., Welsh, W., Nicholls, D., Kim, Sh., Lydia, C. 2013. A new river system modelling tool for sustainable operational management of water resources. Journal of Environmental Management. 121(4): 13-28.
- eWater CRC, 2012. Source Scientific Reference Guide (Draft). eWater Cooperative Research Centre, Canberra.
- eWater CRC. 2011. How to Write a Source Plugin. eWater Cooperative Research Centre, University of Canberra, Australia, 46 pp.
- eWater Ltd. (n.d.). 2026. *AlMan: eWater Source documentation wiki*. eWater Confluence. Retrieved February 2, 2026, from https://ewater.atlassian.net/wiki.

- Harlan D, Wangsadipura M, Munajat CM. 2010. Rainfall-runoff modeling of Citarum Hulu River Basin by using GR4J. in proc. World Congress on Engineering, pp. 1607–1611.
- Hughes, J.D., Dutta, D., Vaze, J., Kim, S., Podger, G. 2014. An automated multi-step calibration procedure for a river system model. Environmental Modelling & Software, 51(2): 173-183.
- Hughes, J.D., Silberstein, R.P., Grigg, A. 2013. Extending rainfall–runoff models for use in environments with long–term catchment storage and forest cover changes. In MODSIM2013, 20th International Congress on Modelling and Simulation. 231-243.
- Kim, S., Dutta, D., Singh, R., Chen, J., Welsh, W. 2011. Providing Flexibility in GUI-based River Modelling Software - Using Plug-ins to Create Custom Functions in Source IMS. Proceedings of the 19th International Congress on Modelling and Simulation, Perth, Australia, 2345e2351.
- Kundzewicz, Z.W. & Robson, A.J. 2004. Change detection in river flow records – Review of methodology. Hydrological Sciences Journal. 49(1): 7–19. Available at: www.iahs.info/hsj/hsjindex.htm.
- Kunnath-Poovakka A, Eldho TI. 2019. A comparative study of conceptual rainfall-runoff models GR4J, AWBM and Sacramento at catchments in the upper Godavari River basin, India. Journal of Earth System Science, 128 (2): 21–33.
- Loucks, D.P. and van Beek, E. 2005. Water resources systems planning and management: an introduction to methods, models and applications. UNESCO, Paris and WL Delft Hydraulics, The Netherlands. 680 pp. ISBN 92-3-103998-9. Available at: ecommons.library.cornell.edu/handle/1813/2799.
- McMahon, T.A. and Adeloye, A.J. 2005, Water Resources Yield. Water Resources Publications LLC, Highlands Ranch, Colorado, USA. ISBN 1-887201-38-6, 234 pp.
- Mohapatra, S. S., Arora, M., Wu, W., and Tiwari, M. K. 2024. Managing Urban Water Supplies under Future Uncertainties: A Case Study of Bengaluru, India. EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14–19 Apr 2024, EGU24-12035, 11 pp. https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-12035, 2024.
- Mouelhi S, Madani K, Lebdi F. 2013. A structural overview through GR (s) Models characteristics for better yearly runoff simulation. Open Journal of Modern Hydrology, 3 (2): 14–27.
- Murray-Darling Basin Commission. 2005. Basin Salinity Management Strategy Operational Protocols. Version 2.0. MDBC Publication No. 35/05. March. 174 pp. March. Available at: www2.mdbc.gov.au/subs/dynamic_reports/ bsms_op_protocols/HTML/index.htm.
- Oreskes, N., Shrader-Frechette, K. and Belitz, K. 1994. Verification, validation and confirmation of numerical models in the earth sciences. Science, 263: 641–6. 4 February.
- Radziejewski, M. & Kundzewicz, Z.W. 2004. Detectability of changes in hydrological records. Hydrological Sciences Journal. 49(1): 39–51. Available at: www.iahs.info/hsj/hsjindex.htm.
- Rassam, D.W., Jolly, I., Pickett, T. 2012. Guidelines for Modelling Groundwater-Surface Water Interactions in eWater Source, Toward Best Practice Model Application. eWater Cooperative Research Centre, Canberra. Version Interim 1, 23 pp. Viewed 5 December 2012.

- Rassam, D., Peeters, L, Pickett, T., Jolly, J., Linda, H. 2013. Accounting for surface groundwater interactions and their uncertainty in river and groundwater models: A case study in the Namoi River, Australia. Environmental Modelling & Software. 50 (3): 108-119.
- Rassam, D.W. 2011. A conceptual framework for incorporating surface groundwater interactions into a river operation-planning model. Environmental Modelling & Software, 26 (2):1554-1567.
- Raut, A., Hameed, T., Perera, H., Lal, A., Breda, A., Sivaneasharajah, L., Hahn, O., Du, Y., Tuteja, N. & Oliveira, L. 2024. Depletion curves for storage operation planning. In 2024 Hydrology and Water Resources Symposium (HWRS 2024) (pp. 1161-1169). Melbourne: National Committee on Water Engineering, Engineers Australia.
- Teimouri, M. and Alvandi, E. 2021. Rainfall-Runoff Modeling Using the eWater Source in the Chel-Chay Watershed, the Province of Golestan. *Watershed Management Research*, *34*(1): 16-29. [In persian].
- Traore Vb, Sambou S, Tamba S, Fall S, Diaw At, Cisse M. 2014. Calibrating the rainfall-runoff model GR4J and GR2M on the Koulountou river basin, a tributary of the Gambia River, American Journal of Environmental Protection, 3 (4): 36–4.
- Welsh WD, Dutta D, Wilson K, Nicholls D, Kim S, Cetin L. 2012. Improvements in river operations forecasting using Source IMS. In: Proceedings of Water and Climate: Policy Implementation Challenges. Engineers Australia, Canberra, Australia, 280-296.
- Welsh, W.D, Vaze, J., Dutta, D., Rassam, D., Rahman, J.M., Jolly, I.D., Wallbrink, P., Podger, G.M., Bethune, M., Hardy, M.J., Teng, J., Lerat, J. 2013. An integrated modelling framework for regulated river systems. Environmental Modelling & Software, 39(3): 81-102.
- Wolock, D.M. 1993. Simulating the Variable-source-area Concept of Streamflow Generation with the Watershed Model TOPMODEL, US Geological Survey Water Resources investigation Report 93-4124, 33 p.
- Zafari, N., Sharma, A., Navaratna, D., Jayasooriya, V. M., McTaggart, C. & Muthukumaran, S. 2022. A Comparative Evaluation of Conceptual Rainfall–Runoff Models for a Catchment in Victoria Australia Using eWater Source. Water: 14(16): 2523. https://doi.org/10.3390/w14162523.
- Zandi F, Khorsandi Z, Mozayan M, Arman N. 2017. Technical Note: Evaluating the proficiency of GR2M and GR4J rainfall-runoff models in Darehtakht Basin runoff simulation. Watershed Engineering and Management, 9 (3):360–370. [In Persian].
- Zhang X, Waters D, Ellis R. 2013. Evaluation of sighed, Sacramento and GR4J rain-fall runoff models in two contrasting Great Barrier Reef catchments. 20th International Congress on Modelling and Simulation, Adelaide, Australia, pp. 3260–3266.

Abstract

This guideline has been developed with the aim of introducing, reviewing, and analyzing the capabilities of the eWater Source software in watershed management modeling. eWater Source is a comprehensive modeling tool designed for the management and analysis of water resource systems at the watershed and river scales. With its flexible structure, the software allows users to adjust the level of model complexity according to study objectives, available data, and regional conditions. eWater Source has the capability to simulate hydrological processes, water and pollutant transport, and assess the impacts of climate change, land-use alterations, and various management scenarios. By integrating empirical data, local knowledge, and scientific models, the software provides a systematic and quantitative framework for informed decision-making. Its main applications include runoff modeling, water allocation, water quality assessment, and evaluation of management impacts. Despite certain limitations in detailed hydraulic and ecological modeling, eWater Source serves as a powerful tool to support managerial decision-making and sustainable water resource planning, playing a significant role in enhancing the efficiency and sustainability of aquatic systems.

Keywords: Watershed modeling, Integrated watershed management, eWater Source software.

Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Title: Introduction and Application of eWater Source Software in Watershed Management Modeling
Authors: Ehsan Alvandi, Mahmood Reza Tabatabaei, Kazem Saberchenari
Editor: Saeed Nabipay Lashkarian
Document Formatting: Abbas Seddigh
Publisher: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
Circulation: 10 Copies
Date of publication: Spring 2026
This scientific work has been registered with the series number of **69189** at the date of **2026-04-27** the Agriculture Information and Scientific Documents Center.
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or translated without the original reference.

Ministry of Agriculture-Jahad
A Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Technical Guidline:
Introduction and Application of eWater Source Software in Watershed Management Modeling

Authors:
Ehsan Alvandi, Mahmood Reza Tabatabaei, Kazem Saberchenari

Series Number: 69189

2026

Minstry of Agriculture - Jahad
Agriculture Research, Education and Extention Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Technical Guideline

Introduction and Application of eWater Source Software in Watershed Management Modeling

Authors:
Ehsan Alvandi, Mahmood Reza Tabatabaei, Kazem Saberchenari

Series Number: 69189

2026