



دانشگاه علوم کشاورزی
و منابع طبیعی ساری

وزارت نیرو
شرکت مدیریت منابع آب ایران
شرکت آب منطقه‌ای مازندران
گروه تحقیقات و پژوهش‌های کاربردی



خلاصه گزارش طرح

مدل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی (DSS) منابع و مصارف آبی استان مازندران (مطالعه موردی: دشت تجن)

کد طرح

MAE-90005

پژوهشگر

علی شاهنظری (دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری)

ناظران طرح (پنل فنی)

سید مهدی عمادی، رمضانعلی حاجی‌زاده، عباس مسکار، سیروس نیری، رضا طوسی،
نیما طاهری، حسینعلی زبردست رستمی

تاریخ انتشار

زمستان ۱۳۹۷

دبیرخانه گروه تحقیقات

شرکت آب منطقه‌ای مازندران

استان مازندران، ساری، کیلومتر ۳ جاده ساری - قائمشهر

شرکت آب منطقه‌ای مازندران کدپستی: ۴۸۱۵۸۹۸۶۴۳

تلفکس گروه تحقیقات: ۳۳۳۴۷۸۱۵ (۰۱۱)

تلفن: ۳۳۳۴۷۸۰۱-۴ (۰۱۱) دورنگار: ۳۳۳۴۷۸۰۰ (۰۱۱)

پست الکترونیک: wrm.mz.research@gmail.com

www.mzrw.ir

وب سایت:



دانشگاه علوم کشاورزی
و منابع طبیعی ساری



وزارت نیرو

شرکت مدیریت منابع آب ایران

شرکت آب منطقه‌ای مازندران

گروه تحقیقات کاربردی

خلاصه گزارش طرح

مدل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی (DSS) منابع و مصارف آبی استان مازندران (مطالعه موردی: دشت تجن)

کد طرح

MAE-90005

پژوهشگر

علی شاهنظری (دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری)

ناظران طرح (پنل فنی)

سید مهدی عمادی، رمضانعلی حاجی‌زاده، عباس مسکار، سیروس نیری، رضا طوسی،

نیما طاهری، حسینعلی زبردست رستمی

تاریخ انتشار

زمستان ۱۳۹۷

پروژه ارزیابی اثربخشی و مستندسازی پروژه‌های تحقیقاتی

شناسنامه طرح

این گزارش نتیجه اجرای طرح تحقیقاتی سفارشی با عنوان «مدل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی (DSS) منابع و مصارف آبی استان مازندران (مطالعه موردی: دشت تجن)» می‌باشد که پیشنهاد انجام آن پس از داوری و تایید در کمیته تحقیقات آب منطقه‌ای مازندران طی نامه شماره ۹۲/۱۳۴/۲۴۳۳ مورخ ۹۲/۲/۱۷ مورد موافقت ستاد نیز قرار گرفت.

قرارداد این طرح در تاریخ ۹۳/۰۳/۰۵ به شماره ۵۶۶۷/۵۰۰ بین شرکت آب منطقه‌ای مازندران به عنوان کارفرما و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به عنوان مجری (مشاور) تنظیم و با حمایت و پشتیبانی مالی از محل طرح‌های عمرانی (تملک دارایی و سرمایه‌ای) شرکت آب منطقه‌ای مازندران انجام شده و در تاریخ ۹۶/۶/۲۵ خاتمه یافته است.

پژوهشگر این طرح آقای **علی شاهنظری** بوده و داوری نهایی طرح نیز توسط پنل فنی انجام گردیده است.

گروه تحقیقات کاربردی
شرکت آب منطقه‌ای مازندران

مدل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی (DSS) منابع و مصارف آبی استان مازندران (مطالعه موردی: دشت تجن)

پژوهشگران: علی شاهنظری، میرخالق ضیاءتبار احمدی، رامین فضل‌اولی، محمود حبیب‌نژاد روشن،
عبداله درزی نفت‌چالی، مهدی جعفری تلوکالایی، محمدرضا شهبازبکیان، علی اسدی، پویا شیرازی
کد طرح: MAE-90005

چکیده

بحران‌ها و چالش‌های موجود در بخش مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی، استفاده بهینه از منابع آب موجود و برنامه‌ریزی دقیق را در راس برنامه‌های اصلی کشورها قرار داده است. سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری این فرصت را فراهم می‌آورد تا با دسترسی سریع به سناریوهای تخصیص آب و شبیه‌سازی مسایل وابسته به آن، نحوه حصول به اهداف مدیریت پایدار منابع آب را ارزیابی کرد. در این پژوهش، ابتدا تخصیص منابع و مصارف آب در شبکه آبیاری و زهکشی تجن در استان مازندران، مبتنی بر شرایط موجود و استفاده تلفیقی از منابع آب تحت عنوان سناریوی مرجع در بازه زمانی سی ساله (۹۴-۱۳۶۴) با استفاده از مدل VENSIM به صورت ماهانه شبیه‌سازی شد، سپس با در نظر گرفتن نیاز شرب، صنعت، زیست محیطی و کشاورزی، بیلان منابع آب تعیین گردید. نتایج نشان داد سیستم منابع و مصارف سد شهید رجایی ضمن تامین میانگین درازمدت ۴۱/۳۶ میلیون مترمکعب در سال نیاز شرب و صنعت (۹۸ درصد از کل نیاز)، مقدار میانگین درازمدت ۱۰۳/۷ میلیون مترمکعب در سال از نیاز کشاورزی (۸۵ درصد از کل نیاز) اراضی پایین دست (شامل اراضی حاشیه رودخانه و اراضی دشت تجن) را نیز تامین خواهد کرد. همچنین، تا محل بند انحرافی تجن، حقابه اراضی آبخور رودخانه تجن با حداقل کمبود قابل تامین خواهد بود.

کلید واژه‌ها: حقابه کشاورزی، سد شهید رجایی، سد زارم رود، سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری، مدل VENSIM

مقدمه

علیرغم بحران‌ها و چالش‌های موجود در بخش مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی، استفاده بهینه از منابع آب از برنامه‌های اصلی کشورها می‌باشد. از همین‌رو تخصیص عادلانه بین بخش‌ها و مصارف مختلف مورد توجه سیاست‌گذاران بخش آب قرار گرفته است. به‌منظور اعمال مدیریت تخصیص عادلانه آب، بایستی راهکارهای بهره‌برداری و تخصیص این منابع اصلاح گردد. سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری^۱ این فرصت را فراهم می‌آورد تا با دسترسی سریع به سناریوهای تخصیص و شبیه‌سازی مسایل مربوطه، نحوه حصول به اهداف مدیریت پایدار منابع آب را ارزیابی کرد (Yates et al., 2005). همچنین این سیستم، مجموعه‌ای از برنامه‌ها و داده‌های مرتبط است که در تحلیل و تصمیم‌گیری به‌کار گرفته می‌شود و با ایجاد یک بانک اطلاعاتی، از یک سو قادر به فرموله کردن مسایل بوده و از سویی دیگر برنامه‌ای را برای مدل‌سازی تصمیمات مختلف فراهم می‌آورد که قادر به حل معادلات مربوط به بیلان جرمی است (Kjelds et al., 2004). این مدل‌ها با پیش‌بینی و ارزیابی استراتژی‌های مدیریت، مدل‌سازی و تحلیل را به وسیله صفحه گسترده (Excel) انجام داده و با ایجاد شبکه خطی و اولویت قرار دادن مصرف‌کنندگان، امنیت لازم جهت تامین را فراهم می‌نمایند (Letcher et al., 2007).

در سال‌های اخیر، مدل‌های ریاضی متعددی به‌منظور شبیه‌سازی مسایل تخصیص آب، توسعه یافته است. مدل‌های ریاضی غالباً به دو دسته کلی مدل‌های ایستا و پویا تقسیم می‌شوند. مدل‌های ایستا، شرایط تعادل و مدل‌های پویا تغییرات سیستم طی زمان را نشان می‌دهند (Ebrahimi et al., 2016). پویایی سیستم در دهه ۱۹۶۰ توسط Forrester با عنوان پویایی صنعتی پایه‌گذاری شد (Forrester, 1961) که به‌صورت ساده برای حل موضوعات با داده کم ایجاد شده و روشی مبتنی بر سیستم کامپیوتری است که براساس نظریه کنترل بازخوردی و نظریه مدرن دینامیک غیرخطی، توسعه یافته است (Kotir et al., 2016). این سیستم‌ها ابتدا با فرضیات اساسی آغاز شده و از طریق دیاگرام‌های علت و معلولی به هم مرتبط شده و با استفاده از نمودارهای جریان و مخزن شبیه‌سازی می‌شود. این فرایند، فرایندی تکراری است. در هر مرحله اطلاعاتی به‌دست می‌آید که می‌تواند منجر به اصلاح یا تجدید نظر در مرحله قبلی شود. از جمله مدل‌های تحلیل پویا عبارتند از: VENSIM, Stella, PowerSim, و Simulink Matlab. در طرح جامع مدیریت منابع آب کشور، که از سال ۱۳۸۸ شروع شد، از بین مدل‌های تحلیل پویا، تاکید زیادی بر برنامه VENSIM وجود دارد (Bagheri Harooni and Morid, 2013). این مدل، یک ابزار شی‌گرا

¹ Decision Support System (DSS)

محسوب می‌شود که نوعی ابزار مدل‌سازی تصویری است که امکان مجسم نمودن سیستم‌های پویا را فراهم می‌آورد و توسط موسسه Ventana توسعه یافته است (Ventana Systems Inc, 1998). این مدل برای ایجاد مدل‌های شبیه‌سازی از نمودارهای جریان و ذخیره یا حلقه‌های علت و معلولی استفاده می‌کند. در این مدل، متغیرهای تعریف شده توسط کاربر با رابط‌هایی که به صورت معادلات هستند، به یکدیگر متصل می‌شوند. کاربر می‌تواند در زمان ساخت مدل، بارها مدل را مورد ارزیابی قرار دهد و پس از اتمام کار می‌تواند تحلیل‌های متنوعی استخراج نماید.

فرتوک‌زاده و همکاران (Fartokzadeh et al., 2014) به‌کارگیری مدل‌سازی پویا و روش تحلیل پویایی‌های سیستم را در منطقه تهران در محیط VENSIM در طی سال‌های ۸۹-۱۳۸۴ به‌منظور دستیابی به مدیریت یکپارچه منابع آب این حوزه بررسی کردند. نتایج نشان داد که سیاست‌های کنترل جمعیت و فناوری نسبت به سایر سیاست‌ها تأثیر قابل توجهی بر بهبود وضعیت آب منطقه دارند. نوذری و محسنی (Nozari and Mohseni, 2015) به‌منظور شبیه‌سازی و بهینه‌سازی الگوی کشت شبکه آبیاری و زهکشی سمت راست آبشار اصفهان، از مدل VENSIM در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در شرایط توجه و عدم توجه به محدودیت مساحت و محدودیت برداشت از آب زیرزمینی با هدف حداکثرسازی درآمد به هزینه استفاده نمودند. نتایج ارزیابی مدل، دقت بالای روش پویایی را نشان داد. کوتیر و همکاران (Kotir et al., 2016) نیز از روش پویایی سیستم برای مدیریت پایدار منابع آب و توسعه کشاورزی در حوزه رودخانه ولتا در غنا، طی سال‌های ۲۰۵۰-۲۰۰۰ در بازه زمانی ۳ ماهه استفاده نمودند. براساس نتایج، مدل بهترین تطابق را با واقعیت نشان داد. همچنین تحلیل حساسیت مدل نشان داد که مدل به‌خوبی می‌تواند عدم قطعیت‌های احتمالی را شبیه‌سازی نماید.

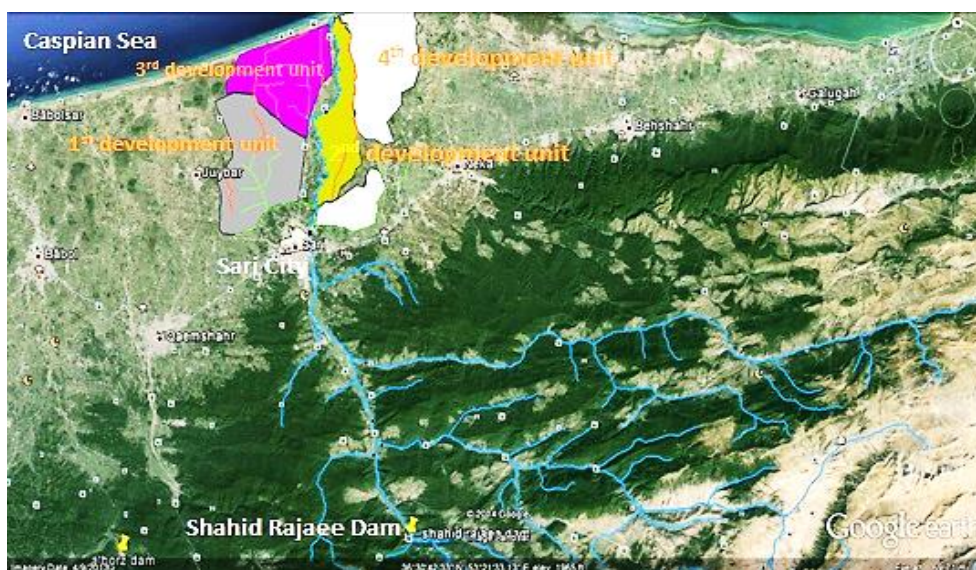
دشت تجن در استان مازندران یکی از مناطق استراتژیک در تامین محصولات زراعی، باغی و برنج می‌باشد. بخش اعظم آب این دشت از طریق شبکه آبیاری و زهکشی تجن که از سد شهید رجایی تغذیه می‌شود تامین می‌گردد. به‌دلیل آنکه، باران و دیگر نزولات آسمانی در فصول غیرزراعی اتفاق می‌افتد و از طرف دیگر از آب سد رجایی برای شرب نیز استفاده می‌شود، لذا تخصیص الگوی مصرف برای استفاده بهینه و برنامه‌ریزی شده با هدف تامین مصارف آب پایین‌دست از ضروریات مدیران استان مازندران می‌باشد. یکی از معضلات تخصیص منابع آب در این دشت، عدم زمان‌بندی مناسب می‌باشد که با کاهش تخصیص آب و افت محصولات در میانه تابستان همراه است. در این

پژوهش، ابتدا تخصیص منابع و مصارف آب در شبکه آبیاری و زهکشی تجن، مبتنی بر شرایط موجود و استفاده تلفیقی از منابع آب تحت عنوان سناریوی مرجع در بازه زمانی سی ساله ۹۴-۱۳۶۴ با استفاده از مدل VENSIM شبیه‌سازی شد و در نهایت با در نظر گرفتن نیاز شرب، صنعت، زیست محیطی و کشاورزی، بیلان منابع آب تعیین شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در استان مازندران در حوضه آبریز رودخانه هراز- قره‌سو واقع در شمال و شمال شرق ایران و در مختصات جغرافیایی $52^{\circ} 10'$ تا $56^{\circ} 45'$ طول شرقی و $35^{\circ} 45'$ تا $38^{\circ} 00'$ عرض شمالی بوده که از شمال به دریای خزر، از جنوب به رشته کوه‌های البرز، از شرق به حوضه‌های آبریز رودخانه‌های شمال خراسان و از غرب به حوضه آبریز بین رودخانه‌های چالوس و هراز محدود می‌گردد. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی آورده شده است. مساحت کل حوضه آبریز تجن، ۴۱۸۷ کیلومتر مربع بوده که حداکثر و حداقل ارتفاع این دشت نسبت به سطح دریا ۳۷۰۰ و ۱۵- متر، ارتفاع متوسط ۱۲۶۷ متر و شیب متوسط معادل ۱۴ درجه می‌باشد (Farajzadeh and Fallah, 2008).



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه (خطوط آبی، مسیر ابراهه‌های اصلی است)

ارزیابی منابع و مصارف آب در شبکه آبیاری و زهکشی تجن

منابع آب دشت تجن شامل منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌باشد. مصارف شبکه آبیاری و زهکشی تجن را شرب و بهداشت، نیاز زیست‌محیطی، صنعت و خدمات و فعالیت‌های کشاورزی در بر گرفته‌اند. رودخانه تجن و سرشاخه‌های سفیدرود، شیرین‌رود، زارم‌رود و چهاردانگه از جمله رودهای مهم محدوده طرح تجن است که در جدول ۱، خلاصه آبدهی آن‌ها ارایه شده است. به‌منظور ذخیره‌سازی و تنظیم بخشی از جریان آب رودخانه تجن، در محل سلیمان تنگه و در حوضه بالادست رودخانه تجن، سدی بتونی دو قوسی به نام سد شهید رجایی روی سرشاخه دودانگه احداث شده است که گنجایش ذخیره ۱۶۱ میلیون مترمکعب آب را دارا می‌باشد. به‌منظور انحراف آب رودخانه تجن و همچنین آب رها شده از سد مخزنی سلیمان تنگه، سد انحرافی با ظرفیت آگیری ۳۸ مترمکعب بر ثانیه در ۴۵ کیلومتری پایین‌دست سد رجایی احداث شد که قابلیت تنظیم برای کلیه دبی‌های موردنیاز را داراست. دو کانال آبیاری وابسته به سد انحرافی تجن، به نام کانال سمت راست با دبی ۱۲ مترمکعب در ثانیه و کانال سمت چپ با دبی ۱۶ مترمکعب در ثانیه از کانال اصلی منشعب شده که آب را به واحدهای عمرانی ۱، ۲، ۳ و ۴ می‌رسانند.

جدول ۱- آبدهی رودهای دشت تجن (میلیون مترمکعب در ماه)

رود	مهر	آبان	آذر	دی	تهر.	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
تجن	۱۳/۴۴	۱۲/۶۵	۱۳/۹۳	۱۲/۲۸	۱۴/۷۹	۱۹/۸۱	۲۹/۷۵	۲۱/۵۴	۱۹/۱۶	۱۴/۶۱	۱۱/۰۶	۱۴/۱۲
چهاردانگه و لاجیم دره	۲۰/۰۹	۲۰/۰۷	۲۳/۴۲	۲۳/۳۷	۲۷/۰۶	۳۵/۰۱	۴۳/۸۳	۳۴/۸۵	۲۵/۵۱	۲۱/۳۵	۱۸/۱۶	۱۹/۸۹
زارم‌رود	۵/۵۷	۹/۵۸	۱۱/۵۲	۱۱/۴۱	۱۴/۷۲	۱۹/۷۲	۲۳/۳۷	۱۳/۹۴	۸/۰۷	۶/۷۵	۶/۱۸	۷/۱۴

همچنین در محدوده مطالعاتی، بالغ بر ۱۵۲ آب‌بندان به مساحت ۴۹۹۰ هکتار و حجم مفید ۱۰۲ میلیون مترمکعب وجود دارند که تقریباً ۲۶ میلیون مترمکعب از آن برای آبی‌پروری و ۷۶ میلیون مترمکعب در فصول مورد نیاز برای مصارف کشاورزی استفاده می‌شود. این آب‌بندان‌ها در فصول غیر کشت و با استفاده از منابع آب سطحی و زیرزمینی منطقه آبیگری می‌شوند. طبق گزارش‌های سال ۱۳۸۵ حدود ۵۵ چاه کم‌عمق و ۱۳ چاه عمیق با میزان برداشت حدود ۸۶ میلیون مترمکعب ثبت شده است. در خصوص منابع آب زیرزمینی، فرض شده که یک مخزن منفرد در اعماق محدوده مورد مطالعه قرار دارد.

در مطالعات شبکه آبیاری و زهکشی مذکور، اراضی بین رودخانه‌های سیاهرود و تجن به نام ساحل سمت چپ مشتمل بر واحدهای عمرانی شماره یک و سه و اراضی بین رودخانه‌های نکا و تجن مشتمل بر واحدهای عمرانی شماره دو و چهار به نام ساحل سمت راست نامیده شده است (شکل ۱). وسعت ناخالص محدوده اراضی داخل شبکه بالغ بر ۳۷۰۱۰ هکتار است که واحد عمرانی شماره یک ۱۵۶۲۵ هکتار، واحد عمرانی شماره دو ۷۲۴۵ هکتار، واحد عمرانی شماره سه ۹۴۰۰ هکتار و واحد عمرانی شماره چهار ۴۷۴۰ هکتار و قطعه D خارج از شبکه آبیاری دارای ۳۵۵۵ هکتار می‌باشند. عمده‌ترین محصولات در دشت تن، شامل برنج، ذرت، غلات، کلزا، سویا، پنبه، علوفه و مرکبات می‌باشد که برنج بیشترین درصد سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است.

در دشت تجن، نیاز شرب و بهداشت شهری و روستایی، ۴۵ میلیون مترمکعب در سال و نیاز صنعت، ۳ میلیون مترمکعب است. نیاز زیست‌محیطی با استفاده از روش معروف به مونتانا (تانت) به‌دست آمد که مبتنی بر مقادیر نیاز آبی زیست‌محیطی و پایداری جریان پایین‌دست براساس مقادیر بلندمدت آبدهی رودخانه در محل طرح و کیفیت حیات آبریان در رودخانه و به‌صورت درصدی از میانگین بلندمدت جریان آبی رودخانه در ماه‌های مختلف سال می‌باشد. بر همین اساس پیشنهاد می‌شود که برای فصول زراعی، ده درصد و برای فصول غیرزراعی، ده تا سی درصد در نظر گرفته شود.

شبیه‌سازی با استفاده از روش پویایی سیستم (مدل VENSIM)

ایجاد مدل شبیه‌سازی منابع و مصارف توسط نرم‌افزار VENSIM شامل چند مرحله است. در مرحله اول بایستی موضوع اصلی، متغیرها، مفاهیم کلیدی و افق زمانی مشخص شود تا بتوان پویایی

مساله را تعریف نمود. به این ترتیب که باید رفتار تاریخی مفاهیم و متغیرهای کلیدی مشخص شود تا بتوان رفتار آن‌ها را در آینده بررسی نمود. در مرحله دوم، فرضیه‌های پویایی باید به صورت معادلات نوشته شود، به نحوی که برهم کنش درونی ساختارهای سیستم را در برگیرد. در این مرحله از رسم دیاگرام براساس فرضیه‌های اولیه می‌توان استفاده نمود. فرضیه‌های پویایی می‌توانند به صورت حلقه‌های علت و معلولی یا نمودار ذخیره- جریان باشد. در مرحله سوم، بایستی قوانین تصمیم‌گیری تعیین شده و پارامترها و روابط رفتاری آن‌ها با توجه به شرایط اولیه تخمین شود. در مرحله چهارم، واسنجی مدل انجام می‌شود و در مرحله آخر، سناریوها اعمال و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در پویایی سیستم، تغییرات زمانی عامل حاکم بر شبیه‌سازی است و شبیه‌سازی به صورت گام به گام انجام می‌شود. بایستی توجه نمود مدل VENSIM از انتگرال‌گیری بین مقادیر متغیرها بر حسب زمان استفاده می‌کند. متغیرها در VENSIM به چهار دسته کلی تفکیک می‌شود:

متغیر ثابت^۱: هیچ‌گاه تغییر نمی‌کنند، نظیر پارامترهای هواشناسی، رواناب ورودی به مخزن، جریانات رودخانه و ...

متغیر کمکی^۲: از سایر متغیرها (سطح، ثابت و ...) محاسبه می‌شود نظیر پارامتر زمان. متغیرهای سطح: در طول زمان تغییر کرده و مقدار آن در هر زمانی به مقدار آن در زمان قبل و بعد وابسته است نظیر حجم ذخیره مخزن.

متغیرهای نرخ^۳: مستقیماً متغیر سطح را تغییر می‌دهند نظیر دبی خروجی از مخزن و ...

اطلاعات ورودی به مدل

با توجه به وسعت محدوده حوضه آبریز رودخانه تجن و سازه‌های موجود (نقاط کلیدی شامل محل ساختگاه‌های سدها، ایستگاه‌های آب‌سنجی) و در نظر گرفتن تقاضاها و منابع (موقعیت اراضی کشاورزی و برداشت آب)، کل سیستم به ۴ بخش عمده قابل تفکیک است (شکل ۲).

۱- سیستم بالادست سد شهید رجایی (سد فینسک و رودخانه‌های شیرین‌رود و لنگسر و سفیدرود) که مشتمل بر اجزایی نظیر سری بلندمدت آبدهی ماهانه ورودی به مخزن سد (inflow)،

¹ Constant

² Auxiliary

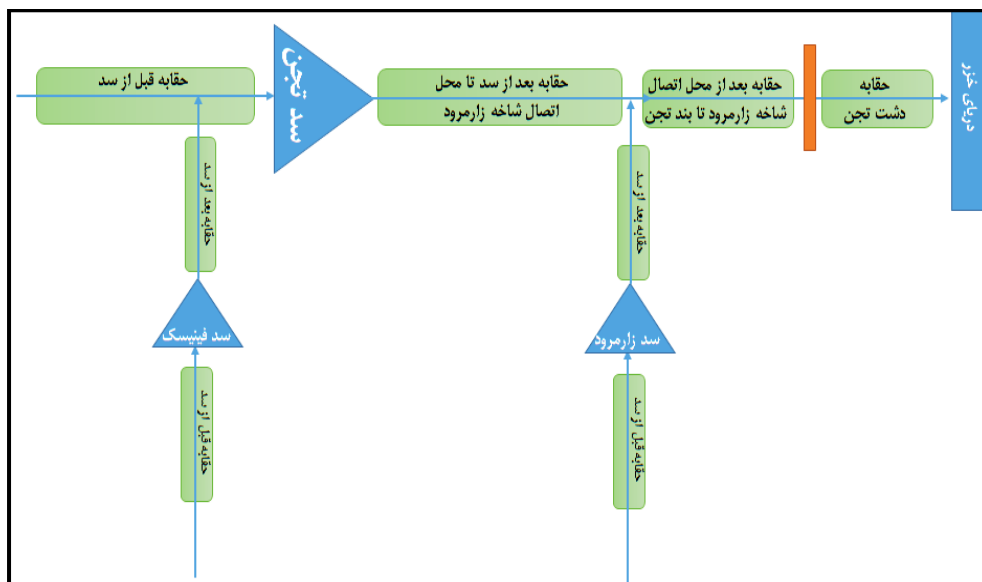
³ Rates

میزان تبخیر در محل سد که با روش پنمن برآورد می‌شود، مقادیر رهاسازی برای نیاز شرب، صنعت، کشاورزی و زیست محیطی، مقادیر تنظیمی برای تامین نیاز شرب، صنعت، کشاورزی و زیست محیطی و غیره می‌باشد.

۲- سیستم سد شهید رجایی که مشتمل بر اجزایی نظیر مقادیر آبدهی قبل از سد، مقادیر ذخیره و تبخیر از محل سد شهید رجایی، جدول سطح- حجم- ارتفاع مخزن سد شهید رجایی، مجموع مقادیر تنظیمی برای تامین نیاز شرب، کشاورزی، صنعت و زیست محیطی، مقادیر رهاسازی از سد، مقادیر تامین نیاز زیست محیطی، مقادیر آبدهی خروجی و غیره می‌باشد.

۳- سیستم سد زارم‌رود که مشتمل بر مقادیر آبدهی سرشاخه زارم‌رود، مقادیر حقابه کشاورزی قبل از سد، مقادیر تبخیر و ذخیره و سرریز از سد، مقادیر رهاسازی برای نیاز شرب، صنعت، کشاورزی و زیست محیطی و غیره می‌باشد.

۴- سیستم بند انحرافی تجن تا پایاب رودخانه که مشتمل بر مقادیر آبدهی تجن قبل از بند، مقادیر تامین نیاز شرب، صنعت، کشاورزی و زیست محیطی، مقادیر ذخیره آبندانها، مقادیر تامین نیازها از آب‌بندانها و آب زیرزمینی و غیره می‌باشد.



شکل ۲- شماتیک بازه‌های مصارف حوزه آبریز رودخانه تجن

بعد از تقسیم کل حوضه به چهار بخش مذکور، الگوی کشت در هر بخش مشخص شده و با تعیین نیاز آبی محصولات، فرایند تخصیص نیازها از منابع موجود در هر بخش شکل می‌گیرد که مبنایی برای اعمال سناریوی مرجع و سایر سناریوهای موجود می‌باشد. برای شبیه‌سازی و اجرای مدل، یک دوره آماری ۳۰ ساله (۹۴-۱۳۶۴) انتخاب شد.

ساختار مدل

تدوین مدل مفهومی به وسیله درک کیفی و کمی از عوامل موثر بر تخصیص منابع آب که مشتمل بر بهره‌برداری از مخزن سد شهید رجایی، بالادست و پایین‌دست این مخزن، سد زارم‌رود، بند انحرافی تا پایاب رودخانه تجن، تخصیص آب‌بندان و آب زیرزمینی است که در شرایط موجود و در شرایط اعمال سناریوهای محتمل اعمال شد. بر این اساس، مراحل زیر در اجرای مدل VENSIM انجام شد:

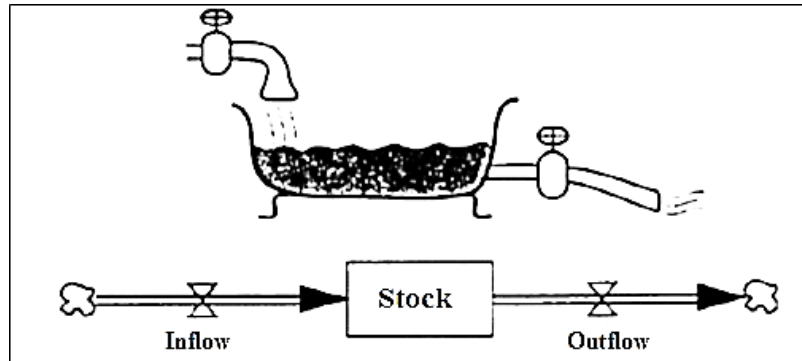
- بررسی قوانین و روابط کمی حاکم بر تخصیص منابع آب
- ساخت مدل شبیه‌سازی که در برگیرنده تمام موارد فوق باشد
- واسنجی مدل با استفاده از داده‌های مرجع تشخیص داده شده برای مدل
- نتیجه‌گیری.

برای اعتبارسنجی، از داده‌های وضع موجود شبکه تجن استفاده شد. نمودارهای ذخیره و جریان ترسیمی در مدل با یک سری از زوج معادلات دیفرانسیل مرتبه اول (غیرخطی) که با روش Runge- Kutta یا Euler حل می‌شود، ساخته می‌شود. همچنین در مدل، پیشروی از کلیات به جزییات است به طوری که به تدریج توابع و اجزای متصل شده بیشتر می‌شود.

نمایش ریاضی حالت و جریان

نشانه‌های به کار رفته برای ترسیم نمودارهای حالت - جریان اولین بار توسط فارستر (Forrester, 1961) ابداع شده است که حالت استعاره‌ای از منبع آب و جریان در آن نشان دهنده جریان آب ورودی (inflow) و خروجی (outflow) است که به طور نمونه در شکل ۳ و مطابق با روابط ۱ و ۲ آورده شده است.

$$Stock(t) = \int_{t_0}^t [Inflow(s) - outflow(s)] ds + stock(t_0) \quad (1)$$



شکل ۳- تصاویری از شیوه پاسخ گویی اعضای تشکل های آب بران و تکمیل پرسشنامه

میزان تغییرات حالت در واحد زمان $(d(stock)/dt)$ برابر است با نرخ خالص افزایش حالت و یا نرخ ورودی و خروجی:

$$\frac{d(stock)}{dt} = Inflow(t) - Outflow(t) \quad (2)$$

در این مدل معادلات ریاضی و اعداد مربوط به هر کدام از پارامترها وارد شده، سپس تجزیه و تحلیل های مورد نظر روی مدل صورت پذیرفته و نتایج حاصل به دست می آید. با نوشتن اولین معادله، آزمون شروع می شود. البته بخشی از آزمون، مقایسه رفتار شبیه سازی با رفتار واقعی است که در برگیرنده تکرار و انعکاس است.

جریان سرریز با توجه به بیشینه ارتفاع آبگیری مخزن، جریان های ورودی و خروجی و حجم ذخیره مخزن تعیین می شود. مجموع تلفات مخزن و جریان رهاسازی شده از مجموع جریان ورودی و حجم ذخیره کسر می شود. حجم باقیمانده با حجم معادل بیشینه ارتفاع آبگیری مقایسه شده و مازاد آن به عنوان سرریز از مخزن خارج می شود. کد نوشته شده برای سرریز در مدل به صورت زیر است:

$$Tajan\ Res\ (MCM) = Tj\ Inflow - Tj\ Outflow - Tj\ Spill - Tj\ Evaporation \quad (3)$$

همچنین شبیه سازی آبندان نیز به صورت زیر به مدل وارد شد:

$$AB-Bandan = AB-Bandan\ Inflow - AB-Bandan\ Evaporation - AB-Bandan\ Outflow - AB-Bandan\ Spil \quad (4)$$

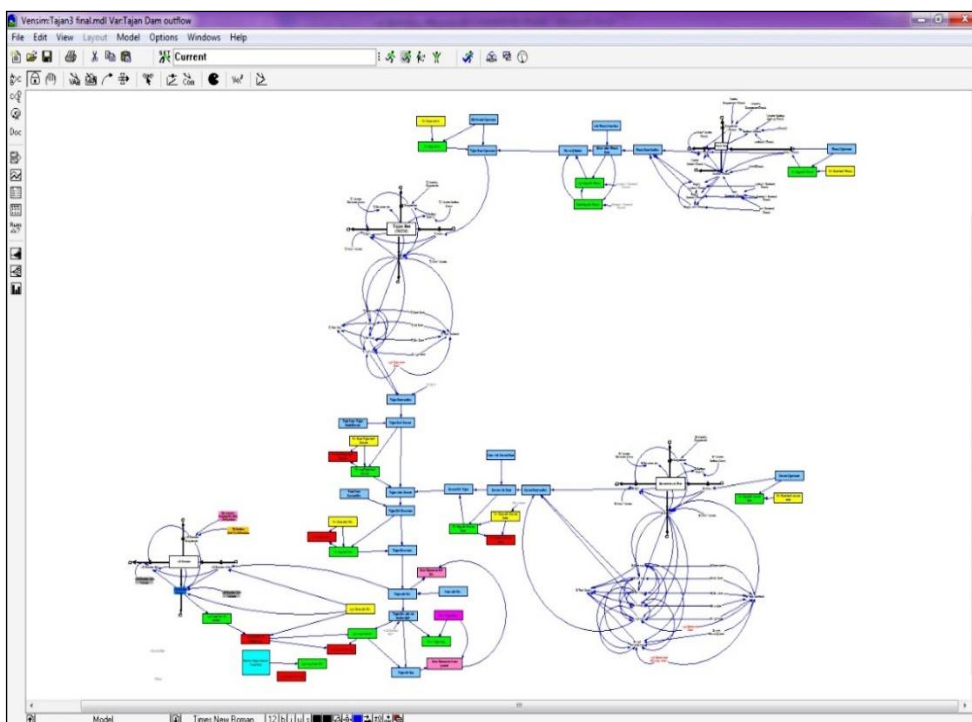
و شبیه‌سازی سد فیسنگ نیز به صورت زیر نوشته شد:

$$\text{Finesk Dam} = \text{Inflow Finesk} - \text{Outflow Finesk} - \text{Spill Finesk} - \text{Evaporation Finesk} \quad (5)$$

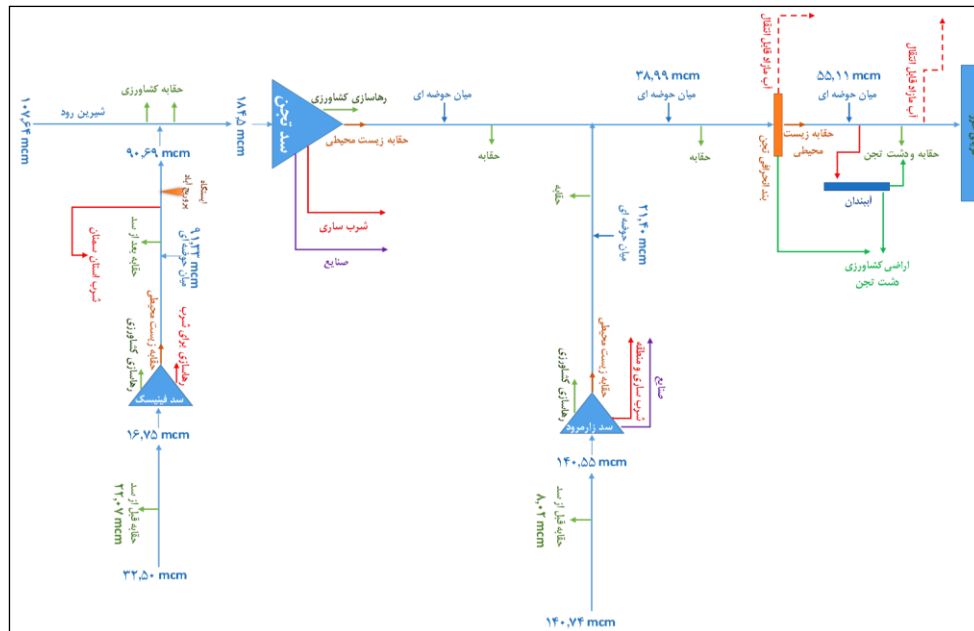
رهاسازی از مخزن سد به منظور تامین نیازهای شرب، صنعت و کشاورزی برحسب اولویت است. مقادیر فرار از تکیه گاه و نفوذ از کف مخزن به دلیل نبود اطلاعات، وارد مدل نشده و تنها تلفات تبخیر در نظر گرفته شده که دارای اطلاعات کافی بوده است.

نتایج و بحث

شکل (۴) پیکربندی مدل شبیه‌سازی این حوضه را با استفاده از نرم‌افزار Vensim و شکل ۵ شماتیک سیستم منابع و مصارف آب آن را نشان می‌دهد.



شکل ۴- پیکربندی منابع و مصارف حوضه آبریز رودخانه تجن در محیط نرم‌افزار Vensim



شکل ۵- شماتیک منابع و مصارف آب حوضه آبریز رودخانه تجن

در جدول ۲، نتایج مربوط به شبیه‌سازی منابع و مصارف بالادست سد شهید رجایی با محوریت سد فیفسک ارائه شد. همانگونه که مشاهده می‌شود در مورد وضعیت تأمین اهداف سد فیفسک، این سد با کمک منابع آب پایین‌دست و هم‌پوشانی با منابع آب رهاسازی شده از آن، قادر به تأمین میانگین درازمدت ۸/۶۸ میلیون مترمکعب در سال از نیاز شرب شهرهای استان سمنان، ۷/۰۷ میلیون مترمکعب در سال از حقابه زیست‌محیطی و ۱۰/۳۳ میلیون مترمکعب در سال از حقابه کشاورزی پایین‌دست خواهد بود. همچنین، مجموع مقادیر میانگین درازمدت آب برگشتی ناشی از مصارف کشاورزی بالغ بر ۵/۵ میلیون مترمکعب در سال بوده که همگی به منابع آب سطحی برگشت داده شده‌اند.

مدل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی (DSS) منابع و مصارف آبی ...

جدول ۲- نتایج شبیه‌سازی سیستم بالادست سد شهید رجایی

Row	Water use node	Discharge (million m ³)	Requirement (million m ³)	Supply (million m ³)	Volumetric supply (%)	Timing supply (%)
۱	مجموع آبدهی ورودی به سد فینسک	۱۶/۷۵	-	-	-	-
۲	نیاز شرب شهرهای استان سمنان	-	۸/۶۸	۸/۶۸	۱۰۰	۹۹
۳	نیاز زیست‌محیطی رودخانه پایین دست	-	۸/۰۶	۷/۰۷	۸۸	۸۳
۴	نیاز کشاورزی اراضی پایین دست فینسک تا ایستگاه پروریج آباد	-	۱۰/۳۳	۱۰/۳۳	۱۰۰	۹۹
۵	ایستگاه پروریج آباد	۹۰/۶۹	-	-	-	-
۶	آبدهی سرشاخه شیرین رود	۱۰۷/۶۴	-	-	-	-
۷	تأمین نیاز اراضی کشاورزی پایین دست تا سد شهید رجایی	-	۱۷/۳۸	۱۷/۲۹	۹۹	۹۹
۸	مجموع مقادیر آبدهی ورودی به سد شهید رجایی	۱۸۴/۵۰	-	-	-	-

جدول ۳ نتایج شبیه‌سازی مربوط به منابع و مصارف سد شهید رجایی ارایه شده است. سد شهید رجایی قادر به تأمین مجموع میانگین طولانی مدت ۴۱/۳۶ میلیون متر مکعب در سال از نیاز شرب و صنایع منطقه بوده و از محل هم‌پوشانی سرریز سد با رهاسازی از سد برای تأمین نیاز زیست‌محیطی پایین دست (به میزان میانگین درازمدت ۵۰/۷۶ میلیون متر مکعب در سال)، امکان تأمین مقدار میانگین درازمدت ۱۰۳/۷ میلیون متر مکعب در سال از نیاز کشاورزی اراضی پایین دست (شامل اراضی حاشیه رودخانه و اراضی دشت تجن) وجود خواهد داشت. مقادیر میانگین درازمدت آبدهی رودخانه تجن بعد از سد (شامل سرریز و رهاسازی حقابه زیست‌محیطی و نیاز کشاورزی) بالغ بر ۱۵۱/۰۹ میلیون متر مکعب در سال بوده که با دریافت آبدهی شاخه‌های میان‌حوضه‌ای (برابر ۱۷۹/۷۹ میلیون متر مکعب در سال) و تأمین حقابه کشاورزی اراضی حاشیه رودخانه تجن (برابر ۲۶/۵۱ میلیون متر مکعب در سال)، میانگین درازمدت آبدهی رودخانه تجن قبل از اتصال رودخانه زارم رود، بالغ بر ۳۳۰ میلیون متر مکعب در سال خواهد شد. همچنین، نیاز اراضی حقابه بر رودخانه تجن تا قبل از اتصال رودخانه زارم رود، با حداقل کمبود قابل تأمین خواهد بود. مقادیر میانگین درازمدت ۷/۲ میلیون متر مکعب در سال آب برگشتی ناشی از مصارف شرب و بهداشت، ۳ میلیون متر مکعب در سال آب برگشتی ناشی از مصارف صنعت و بالغ بر

۵/۳ میلیون مترمکعب در سال آب برگشتی ناشی از مصارف کشاورزی تا قبل از اتصال شاخه زارم رود به تجن بوده که همگی به منابع آب سطحی برگشت داده شده‌اند.

جدول ۳- نتایج شبیه‌سازی سیستم سد شهید رجایی

Row	Water use node	Discharge (million m ³)	Requirement (million m ³)	Supply (million m ³)	Volumetric supply (%)	Timing supply (%)
۱	مجموع مقادیر آبدی ورودی به سد شهیدرجایی	۱۸۴/۵۰	-	-	-	-
۲	نیاز شرب و بهداشت شهرساری	-	۳۰	۲۹/۹۵	۱۰۰	۹۹
۳	نیاز زیست‌محیطی پایین‌دست	-	۵۱/۵۴	۵۰/۷۶	۹۸	۹۷
۴	نیاز صنایع منطقه	-	۱۲	۱۱/۴۱	۹۶	۹۵
۵	نیاز کشاورزی اراضی پایین‌دست	-	۱۲۲	۱۰۳/۷	۸۵	۸۸
۶	مقادیر آبدی بعد از سد شهیدرجایی	۱۵۱/۰۹	-	-	-	-
۷	مقادیر آبدی میان‌حوضه‌ای تا زارم‌رود	۱۷۹/۷۹	-	-	-	-
۸	نیاز کشاورزی از سد شهیدرجایی تا زارم‌رود	-	۲۶/۵۱	۲۶/۵۱	-	-
۹	مقادیر آبدی تجن قبل از اتصال زارم‌رود	۳۳۰/۸۹	-	-	-	-

براساس نتایج جدول ۴، سد زارم‌رود قادر به تامین مجموع میانگین درازمدت ۵۱/۴۴ میلیون مترمکعب در سال از نیاز شرب و صنایع منطقه بوده و از محل هم‌پوشانی سرریز سد با رهاسازی از سد برای تامین نیاز زیست‌محیطی پایین‌دست (به میزان میانگین طولانی‌مدت ۲۶/۵ میلیون مترمکعب در سال)، امکان تامین مجموع مقدار میانگین طولانی‌مدت ۵۴/۸۵ میلیون مترمکعب در سال از نیاز کشاورزی اراضی پایین‌دست (شامل اراضی حاشیه رودخانه زارم‌رود، تجن و اراضی دشت تجن) وجود خواهد داشت. مقادیر میانگین طولانی‌مدت آبدی رودخانه زارم‌رود قبل از اتصال به رودخانه تجن (شامل سرریز و رهاسازی حقابه زیست‌محیطی و نیاز کشاورزی و آبدی حوضه میانی) بالغ بر ۱۱۶/۸۳ میلیون مترمکعب در سال خواهد شد. همانگونه که مشخص است، نیاز اراضی حقابه‌بر رودخانه زارم رود تا قبل از اتصال به رودخانه تجن، با حداقل کمبود قابل تامین خواهد بود. مقادیر میانگین درازمدت ۱۱/۲ میلیون مترمکعب در سال آب برگشتی ناشی از مصارف شرب و بهداشت، ۱/۵

مدل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی (DSS) منابع و مصارف آبی ...

میلیون مترمکعب در سال آب برگشتی ناشی از مصارف صنعت و بالغ بر ۱ میلیون مترمکعب در سال آب برگشتی ناشی از مصارف کشاورزی تا محل اتصال شاخه زارم رود به تجن بوده که همگی به منابع آب سطحی برگشت داده شده‌اند.

جدول ۴- نتایج شبیه‌سازی سیستم سد شهید رجایی

Row	Water use node	Discharge (million m ³)	Requirement (million m ³)	Supply (million m ³)	Volumetric supply (%)	Timing supply (%)
۱	مجموع مقادیر آبدهی ورودی به سد زارم‌رود	۱۴۰/۵۵	-	-	-	-
۲	نیاز شرب و بهداشت منطقه	-	۴۶/۶۷	۴۶/۰۴	۹۸	۹۵
۳	نیاز زیست‌محیطی پایین‌دست	-	۲۸/۳	۲۶/۵	۹۳	۹۱
۴	نیاز صنایع منطقه	-	۶	۵/۴	۹۰	۹۰
۵	نیاز کشاورزی اراضی پایین‌دست	-	۵۷/۷	۴۹/۸۱	۸۶	۹۰
۶	نیاز کشاورزی از سد زارم‌رود تا تجن	-	۵/۰۴	۵/۰۴	۱۰۰	۸۹
۷	مقادیر آبدهی زارم‌رود قبل از اتصال تجن	۱۱۶/۸۳	-	-	-	-

در جدول ۵، نتایج شبیه‌سازی مربوط به بند انحرافی تجن تا پایاب تجن ارائه شده است. براساس نتایج، میانگین طولانی‌مدت آبدهی رودخانه تجن بعد از رودخانه زارم‌رود بالغ بر ۴۴۷ میلیون مترمکعب در سال بوده و با دریافت آبدهی شاخه‌های میانی و تامین ۵۳/۹۷ میلیون مترمکعب در سال حقابه کشاورزی اراضی آبخور رودخانه تجن، در محل بند انحرافی بالغ بر ۴۲۲ میلیون مترمکعب خواهد شد.

مقادیر میانگین طولانی‌مدت آبدهی میان‌حوضه‌ای و نیاز کشاورزی اراضی بعد از بند انحرافی (شامل اراضی آبخور و دشت تجن) به‌ترتیب برابر ۵۵ و ۴۶۲ میلیون مترمکعب می‌باشد. مجموع مقادیر میانگین طولانی‌مدت آبدهی بعد از بند انحرافی تا دریا بالغ بر ۴۷۷ میلیون مترمکعب و مقدار نیاز زیست‌محیطی پایاب رودخانه تجن برابر با ۹۸/۱۳ میلیون مترمکعب در سال تخمین زده شده است. بنابراین مقادیر میانگین طولانی‌مدت آبدهی (به‌هنگام و نابه‌هنگام) بعد از بند انحرافی که برای تامین نیاز کشاورزی منطقه قابل برنامه‌ریزی است، تقریباً برابر ۳۸۰ میلیون مترمکعب در سال خواهد بود. در فصول غیرکشت، مقادیر میانگین درازمدت ۱۳۱ میلیون مترمکعب در سال از این آبدهی به

آب‌بندان‌های منطقه منتقل شده و با توجه به شرایط این آب‌بندان‌ها، مقدار میانگین درازمدت ۸۵/۴۳ میلیون مترمکعب در سال از نیاز کشاورزی منطقه را تأمین خواهند نمود. در ادامه براساس توزیع زمانی نیاز کشاورزی و مقادیر آبدهی به‌هنگام رودخانه بعد از بند انحرافی، مقدار میانگین درازمدت ۲۰۹/۴۸ میلیون مترمکعب در سال از نیاز کشاورزی اراضی آبخور رودخانه تجن و همچنین نیاز کشاورزی دشت تجن از منابع آب رودخانه تجن (حد فاصل بند انحرافی تا قبل از اتصال به دریا) قابل تأمین خواهد بود. باتوجه به شرایط آبخوان منطقه، حداکثر مقادیر میانگین درازمدت ۱۵۰ میلیون مترمکعب در سال از نیاز کشاورزی منطقه نیز از منابع آب زیرزمینی تأمین شده و در این شرایط، مقادیر میانگین درازمدت کمبود نیاز کشاورزی برابر ۱۷/۰۹ میلیون مترمکعب در سال تخمین زده می‌شود.

جدول ۵- نتایج شبیه‌سازی سیستم بند انحرافی تجن تا پایاب رودخانه تجن

Row	Water use node	Discharge (million m ³)	Requirement (million m ³)	Supply (million m ³)	Volumetric supply (%)	Timing supply (%)
۱	مقادیر آبدهی تجن قبل از اتصال زارم‌رود	۳۳۰/۸۹	-	-	-	-
۲	مقادیر آبدهی زارم‌رود قبل از اتصال تجن	۱۱۶/۸۳	-	-	-	-
۳	مقادیر آبدهی تجن بعد از اتصال زارم‌رود	۴۴۷/۷۲	-	-	-	-
۴	نیاز کشاورزی از محل اتصال زارم‌رود تا بند انحرافی تجن	-	۵۳/۹۷	۵۳/۹۷	-	-
۵	مقادیر آبدهی تجن در محل بند انحرافی	۴۲۲/۲۸	-	-	-	-
۶	مقادیر آبدهی حوضه میانی بعد از بند انحرافی تا دریا	۵۵	-	-	-	-
۷	نیاز زیست‌محیطی پایاب رودخانه تجن	-	۹۸/۱۳	۹۷/۷۹	۹۹	۹۹
۸	مقادیر آبدهی قابل انتقال به آب‌بندان‌ها	۱۳۱/۳۹	-	-	-	-
۹	نیاز اراضی کشاورزی بعد از بند انحرافی (اراضی حاشیه رودخانه و دشت تجن)	-	۴۶۲	-	-	-
۱۰	مقادیر تأمین نیاز اراضی کشاورزی از محل منابع آب آب‌بندان‌ها	-	-	۸۵/۴۳	-	-
۱۱	مقادیر تأمین نیاز اراضی کشاورزی از محل منابع آب بند انحرافی و آبدهی میان‌حوضه‌ای	-	-	۲۰۹/۴۸	-	-
۱۲	مقادیر تأمین نیاز اراضی کشاورزی از محل منابع آب زیرزمینی منطقه مقادیر کمبود نیاز کشاورزی بعد از	-	-	۱۵۰	-	-
۱۳	بند انحرافی (اراضی حاشیه رودخانه و دشت تجن)	-	۱۷/۰۹	-	-	-

نتیجه‌گیری

برای یکپارچه‌سازی و تخصیص منابع آب حوضه آبریز تجن، از سیستم تصمیم‌یار پویا استفاده شد. سیستم منابع و مصارف آب سد شهید رجایی برای تأمین نیاز شرب و بهداشت شهر ساری، حقایق کشاورزی اراضی پایین‌دست، حقایق زیست‌محیطی رودخانه پایین‌دست، نیاز صنایع منطقه و نیاز اراضی کشاورزی دشت تجن برنامه‌ریزی شده و ضمن تأمین میانگین طولانی‌مدت ۴۱/۳۶ میلیون مترمکعب در سال نیاز شرب و صنعت، مقدار میانگین طولانی‌مدت ۱۰۳/۷ میلیون مترمکعب در سال از نیاز کشاورزی اراضی پایین‌دست (شامل اراضی حاشیه رودخانه و اراضی دشت تجن) را تأمین خواهد کرد. براساس نتایج، تا محل بند انحرافی تجن، حقایق اراضی آبخور رودخانه تجن قابل تأمین خواهد بود. همچنین سیستم منابع و مصارف آب سد زارم‌رود برای تأمین نیاز شرب و بهداشت شهر ساری و روستاهای منطقه، حقایق کشاورزی اراضی پایین‌دست، حقایق زیست‌محیطی رودخانه پایین‌دست، نیاز صنایع منطقه و نیاز اراضی کشاورزی دشت تجن برنامه‌ریزی شده و ضمن تأمین میانگین طولانی‌مدت ۵۱/۴۴ میلیون مترمکعب در سال نیاز شرب و صنعت، مقدار میانگین طولانی‌مدت ۵۴/۸۵ میلیون مترمکعب در سال از نیاز کشاورزی اراضی پایین‌دست (شامل اراضی حاشیه رودخانه زارم‌رود، تجن و اراضی دشت تجن) را تأمین خواهد کرد. تا محل اتصال شاخه زارم‌رود به رودخانه تجن، حقایق اراضی آبخور رودخانه زارم‌رود نیز بدون هیچ کمبودی قابل تأمین خواهد بود. این نتیجه‌گیری بر اساس اطلاعات دوره آماری ۳۰ ساله ۱۳۶۴-۹۴ تنظیم شده است در ۱۵ سال اخیر میزان نزولات جوی و کمبود منابع آب در این منطقه بسیار تشدید شده است لذا می‌بایست برای دوره اخیر نیز مدل دوباره اجرا گردد تا نتایج ملموس‌تری به‌دست آید.

تشکر و قدردانی

پژوهشگران این طرح از معاونت تحقیقات و نیروی انسانی شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران و به‌ویژه شرکت آب منطقه‌ای مازندران برای حمایت‌های مالی و راهبردی، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

- Bagheri Harooni MH, Morid S (2013) Comparison of WEAP and MIKE BASIN models in water resources allocation (Case Study: Tlavar river). J. of Water and Soil Conservation 20(1): 151-167. (In Persian)
- Ebrahimi A, Ehrampoush M, Hashemi H, Dehvari M (2016) Predicting Municipal Solid Waste Generation through Time Series Method (ARMA Technique) and System Dynamics Modeling (Vensim Software). Iranian Journal of Health and Environment 9 (1): 57-68. (In Persian)
- Farajzadeh M, Fallah M (2008) Assessing the Effects of Land use and Land Cover Change on the Flood Regime of Tajan Basin Using Remote Sensing Technique. 64: 89-104. (In Persian)
- Fartokzadeh HR, Ghojavand S, Rajabi Nahoji M (2014) Dynamic Modeling of the Water Supply System in Tehran Region Aimed at a More Effective Management. Journal of Water and Wastewater 2: 23-36. (In Persian)
- Forrester JW (1961). Industrial Dynamics. MIT Press Cambridge, MA.
- Ho CC (2005). The application of system dynamics modeling to study impact of water resources planning and management in Taiwan. Proc., 23rd International Conference of the system dynamics Society, July 17-21, Boston.
- Kotir JH, Smith C, Brown G, Marshall N, Johnstone R (2016). A system dynamics simulation model for sustainable water resources management and agricultural development in the Volta River Basin, Ghana. Science of the Total Environment 573: 444–457.
- Kjelds J, Jacobson T, Hughes, Krejcek J (2004). Decision support tools for integrated water resources management. DHI Water & Environment, AgernAlle 5, 2970 Horsholm, Denmark. International Congress on River Basin Management.
- Letcher RA, Croke BFW, Jakeman AJ (2007). Integrated assessment modelling for water allocation and management: a generalized conceptual framework. Environmental Modelling & software 22: 733- 742.
- Nozari H, Mohseni V (2015) Applying System Dynamics Approach for Simulation and Optimization of the Cropping Pattern in Esfahan Right Side Abshar Irrigation and Drainage Network. Iranian Journal of Soil and Water Research 46(3): 465-474. (In Persian)

Ventana Systems Inc (1998). Vensim PLE Software Version 3.0. Ventana Systems, Inc.: 60 Jacob Gates Road, Harvard, Mass.

Yates D, Sieber J, Purkey D, Huber Lee A (2005). WEAP21- a demand, priority and preference driven water planning model. Water international 30: 501-512.

Abstract

Crisis and challenges in the operation and maintenance management of irrigation and drainage network have made optimal use of available water resources and accurate planning at the top of the country's main programs. Decision support system (DSS) provides an opportunity to assess how to achieve sustainable water management goals by immediate access to water allocation scenarios and simulate related issues. In this research, the allocation of resources and water consumption in irrigation and drainage network of Tajan, based on the existing conditions and conjunctive use of water resources, was developed under the reference scenario for thirty years (1994-1364), using the VENSIM model. Then, the water resources budget were determined, taking into account drinking, industry, environmental and agricultural demands. The results showed that the system of resources and consumption of Shahid Rajaee Dam, over providing a long-term average of 42 million m³ per year in drinking and industrial needs (98 % of total needs), the average long-term value of 122 million m³ per year in agricultural needs (85% of total requirements) will also supplied for downstream users. Also, up to Tajan's diversion point, the water rights of the downstream lands of the Tajan River will be provided without any shortage.

Keywords: Agriculture demand, Decision support system, Shahid Rajaee dam, Vensim model, Zarem rud dam