بررسی فنی و مقایسه اقتصادی روش‌های جداسازی آب آشامیدنی از آب غیرآشامیدنی در شهرستان یزد (مطالعه‌ی نمونه‌ای: منطقه‌ی صفائیه یزد)

فرزانه فتوحی فیروزآباد[۱*]، محمدرضا اختصاصی[۲]، محمد سفید[۳]، علی مروتی شریف آبادی[۴]

چکیده

با توجه به کاهش کمی و کیفی منابع آب در استان یزد، چاره‌ای جز تغییر دیدگاه به سمت مدیریت مصرف وجود ندارد. جداسازی آب آشامیدنی از آب غیرآشامیدنی یکی از مؤلفه‌های مدیریت کمی و کیفی مصرف را تشکیل می‌دهد. روش‌های تفکیک آب آشامیدنی و غیرآشامیدنی با استفاده از نرم افزار تحلیل شبکه EPANET در منطقه‌ی صفائیه یزد بررسی فنی و اقتصادی شد. روش‌ها شامل شبکه‌ی دوگانه توزیع آب و جایگاه‌های دولتی برداشت آب شرب هستند. نتایج تحلیل اقتصادی روش‌ها با استفاده از شاخص ارزش فعلی خالص(NPV) نشان دادند که هر دو روش دارای شاخصNPV مثبت هستند که این امر نشان-دهنده‌ی موفق بودن برنامه‌ها از نظر اقتصادی هست. در رابطه با مقایسه‌ی قیمت فروش آب شرب، روش شبکه‌ی دوگانه با قیمت تمام شده‌ی هر مترمکعب ۴۷۰۰ تومان نسبت به روش جایگاه‌های دولتی برداشت آب با قیمت ۴۹۰۰ تومان، دارایNPV بالاتر و ارزان‌تر هست. میزان هزینه‌های براوردی در منطقه‌ی نمونه نشان داد که روش اول پرهزینه‌تر از روش دوم هست، ولی فراسنج-هایی از جمله کهولت سن افراد، سهولت دسترسی مردم به آب شرب، پذیرش اجتماعی شبکه‌ی دوگانه نسبت به روش جایگاه‌های دولتی برداشت آب از مقبولیت بیشتری برخوردار است. با اجرای این برنامه می‌توان با تعرفه‌ی پلکانی قیمت آب آشامیدنی و سهمیه‌بندی آب بهداشتی، فرهنگ صرفه‌جویی مصرف آب را به مراتب عادلانه‌تر از وضعیت کنونی مدیریت کرد.

واژه های کلیدی: جایگاه‌های دولتی برداشت آب، شبکه دوگانه‌ی توزیع آب، شهر یزد، مدیریت مصرف.

[۱] استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
[۲] استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد
[۳] دانشیار دانشکده مکانیک دانشگاه یزد
[۴] دانشیار دانشکده مدیریت صنعتی دانشگاه یزد
* نویسنده مسئول: f.fotouhi@ardakan.ac.ir، farzaneh.fotouhi@gmail.com، تلفن: ۰۹۱۳۲۵۹۵۰۳۹

مقدمه

یکی از ابزارهای رویکرد فنی در مدیریت تقاضا استفاده از شبکه‌های دوگانه آبرسانی است. میزان آب لازم برای شرب و پخت و پز مقدار ناچیزی از مصرف کل مصرف-کنندگان خانگی و شهری را شامل می‌شود که نیاز به آب با کیفیت بالا و با رعایت معیارهای آب شرب است. این در حالی است که سایر مصارف غیرشرب، که بخش بیشتری از مصارف شهری را شامل می‌شوند، می‌توانند با کیفیت پایین‌تری برای مشترکین تأمین شوند. شبکه‌های دوگانه‌ی آبرسانی شامل دو شبکه‌ی مجزا از یکدیگرند که آب لازم را برای مصرف‌کنندگان از منابع مختلف، با کیفیت متفاوت و برای مصارف شرب و غیرشرب تأمین می‌کنند. از آنجا که در این شبکه‌ها آب شرب تنها برای مصارف آشامیدنی و پخت و پز استفاده می‌شود، لذا بهره‌برداری از این شبکه‌ها می‌تواند برداشت آب شیرین را از منابع محدود و با کیفیت کاهش دهد (پهلوانی و همکاران، ۲۰۱۳).

لازم به ذکر است که تاکنون، شبکه‌ی دوم یا جداسازی شبکه‌ها در تعاریف شرکت‌های مهندسی آب و فاضلاب و مشاورین مربوطه، تحت موضوع نصب شیر برداشت در مناطق مختلف با شبکه‌ی محدود، نه به صورت یک شبکه کاملاً وسیع و گسترده و به موازات شبکه فعلی، مطرح بوده است (پهلوانی و همکاران، ۲۰۱۳). به هر حال، وضعیت بحرانی کمبود آب ایجاب می‌کند تا در مناطق مختلف اقلیمی بسته به شرایط منطقه و نیاز آبی نسبت به مدیریت و گزینه‌های مختلف جداسازی شبکه‌ی آب شرب و بهداشت اقدام گردد.

در ادامه به بیان چند تجربه مرتبط با شبکه‌های دوگانه توزیع آب پرداخته می‌شود. در برخی از کشورهای اروپایی نظیر آلمان و انگلستان نمونه‌هایی از شبکه‌های دوگانه توزیع آب وجود دارند. در شهر لس آنجلس مطالعات احداث شبکه‌های دوگانه‌ی توزیع آب آشامیدنی و غیر آشامیدنی انجام گرفته و بر اساس این برنامه تا سال ۲۰۱۰ مناطق وسیعی از این شهر زیر پوشش این نوع شبکه‌ها قرار گرفته‌اند (لیموبد و همکاران، ۲۰۰۹). در کشورهای خاورمیانه نظیر اردن، سوریه و مصر نیز استفاده از پساب تصفیه شده در شبکه‌ی آب غیرآشامیدنی مطرح شده است. در کشور کویت نیز دو شبکه‌ی توزیع آب، یک شبکه برای آب شیرین و مصارف شرب و شبکه دیگر برای مصارف غیر شرب از آب دریا وجود دارد.

در ایران نیز استفاده از آب تصفیه نشده یا آب با کیفیت پایین برای مصارف غیرآشامیدنی در برخی از شهرها از جمله شهرستان قم و شهرستان خور و بیابانک مرسوم بوده و امروز نیز به کار گرفته می‌شود، از قبیل شبکه‌ی آبیاری فضای سبز در آبادان، دزفول و خرمشهر که مصارف شستشو و آبیاری فضای سبز از طریق انشعابی در حیاط منازل و فضای سبز عمومی شهر تأمین شده است. در ایام گذشته، که هنوز شبکه توزیع آب در شهرها احداث نگردیده بود، در منازل دو مخزن آب وجود داشت. یکی مختص آب آشامیدنی که معمولاً سربسته بود و در ساختمان آن دقت زیادی به عمل می‌آمد و برداشت از آن به وسیله شیر صورت می‌گرفت و دیگری حوض یا استخری که از آن‌ها برای مصارف شستشو، آبیاری و یا آب تنی استفاده می‌شد و آب آن نسبت به آب موجود در مخزن و یا آب انبار از کیفیت پایین‌تری برخوردار بود. در گذشته در زاهدان آب مناسب برای شرب توسط شبکه‌ای مستقل و با نصب شیر برداشت عمومی در نقاط مختلف شهر تأمین شده بود و شبکه توزیع اصلی شهر عموماً مصارف غیرشرب را در مناطق کوهستانی و تجاری توزیع می‌کرد. از جمله شهرهایی که سابقه‌ی اجرای شبکه‌های دوگانه توزیع آب در آنها وجود داشته است می‌توان به کاشان، اهواز، مشهد، ساوه، طبس و بجستان اشاره کرد (گزارش طرح شرکت مهندسین مشاور تمدن کاریزی، ۲۰۱۷).

بر اساس اطلاعات موجود در سطح استان یزد، شهرهای اردکان، بهاباد، عقدا و روستاهای خرانق، ندوشن، صدرآباد، نیوک، علویه هرکدام از طرح‌های ویژه تفکیک آب بهره‌مند هستند که به تناسب شرایط، کمیت و کیفیت منابع آب در دسترس هر کدام، روش‌های ویژه‌ای را در اختیار گرفته‌اند (فتوحی و اختصاصی، ۲۰۱۶). این نکته را باید خاطر نشان کرد که اولاً، هیچ یک از روستاها و شهرها از دو شبکه‌ی کامل (یکی شرب و دیگری بهداشت)، که کلیه‌ی مشترکین را تحت پوشش قرار داده است و آب شرب را در ورودی مشترک به وی تحویل نمایند برخوردار نیستند. به عبارت دیگر، در کشور، شبکه دو گانه‌ی آب به صورت کامل مشاهده نمی‌شود. ثانیاً، تجربیات موجود کشور عمدتاً بر تفکیک آب از طریق برقراری سامانه‌ی عمومی برداشت آب شرب شامل شبکه‌ی ویژه‌ی آب شرب به همراه جایگاه عمومی

برداشت آب استوار است. این روش معمولاً در مناطقی اجرا گردیده است که از نظر تأمین آب مطلوب شرب در مضیقه بوده‌اند (گزارش طرح شرکت مهندسین مشاور تمدن کاریزی، ۲۰۱۷).

گلابچی (۲۰۱۰) با بررسی سامانه‌های مختلف آبرسانی و توزیع آب شهری، با توجه به معیارهایی از جمله در دسترس بودن آب شرب، عدم تصفیه یا تهیه‌ی آب جهت مصارفی غیر از شرب، عدم نیاز به طراحی، عدم نیاز به تعداد بالای نیروی انسانی متخصص و بهره‌بردار و غیره، اولویت اجرائی روشهای آبرسانی را بدین ترتیب مشخص کرده است، اولویت اول: آبرسانی به وسیله‌ی شبکه و بسته-بندی، اولویت دوم: آبرسانی از طریق شبکه‌ی توزیع دوگانه، اولویت سوم: آبرسانی از طریق شبکه‌ی توزیع واحد، اولویت چهارم: آبرسانی سیار. سربندی فراهانی (۲۰۱۰) به بررسی مشکلاتی که شهر قم در تأمین آب شرب شهری با آن مواجه بود پرداخته، سپس به بیان سیر طراحی و اجرای شبکه‌ی دوم توزیع آب شهری در این شهر می‌پردازد. با بررسی‌های صورت گرفته، تنها گزینه‌ی قابل اجرا جداسازی آب شرب از سایر مصارف شهری بود، اما به دلیل هزینه‌ی بالای احداث شبکه‌ی توزیع دوم و رساندن آب شرب در داخل منازل مردم، تصمیم به احداث ایستگاه‌های توزیع آب شرب در سطح شهر (شیر برداشت) گرفته شد. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی گزارشی تحت عنوان شبکه‌های دوگانه توزیع آب (۲۰۱۳) منتشر نموده است. در این گزارش عنوان شده که طرح تفکیک شبکه‌های شرب و غیر شرب در بلند مدت از جنبه اقتصادی توجیه‌پذیر است. در این طرح نسبت سود به هزینه بزرگتر از یک بوده و توجیه اقتصادی این نوع شبکه-ها را در بر دارد. در این گزارش اشاره شده است که برای انجام این طرح، یک تحلیل مالی و اقتصادی دقیق برای مقایسه تبعات اقتصادی آن با گزینه‌های دیگر نیاز خواهد بود. مسائل اجتماعی ناشی از بهره‌برداری از دو نوع آب با کیفیت و قیمت مختلف بررسی شده و نتایج آن برای استفاده در طرح‌های مشابه تحلیل شود. گزارش کمیته‌ی تحقیقات آب آفریقای جنوبی به وسیله لیموبد و همکاران (۲۰۰۹) منتشر شد که امکان استفاده از سامانه‌های دوگانه‌ی توزیع آب را در آفریقای جنوبی ارزیابی کردند. خشکی منطقه عامل مهمی در اجرای چنین سامانه‌هایی است. بازچرخانی آب، مصرف آب شرب را کاهش می‌دهد. بررسی‌های بین المللی نشان می‌دهند که استفاده از آب بازیافتی برای مصارف غیر شرب (فلاش تانک و آبیاری باغ) ۳۰-۶۰ ٪ آب شرب را ذخیره می‌کند. پایداری و طول عمر سامانه‌های دوگانه توزیع آب در بیشتر مناطق دنیا، ثابت کرده است که این سامانه‌ها انتخاب بسیار مناسبی برای تأمین آب هستند. مینالی و همکاران (۲۰۱۱) با توجه به استفاده بیش از ۲۰ درصد از کل آب مصرفی را برای ماشین لباس شویی، و همچنین خشکسالی‌های اخیر در برخی از شهرهای استرالیا، امکان استفاده از آب بازیافتی در ماشین لباس شویی را با استفاده از تحلیل SWOT ارزیابی کردند. گزارش ویژگی‌ها و عملکرد سامانه‌های دوگانه‌ی توزیع آب در آمریکا به وسیله گریک و همکاران (۲۰۱۳) ارائه شده است. سامانه‌های دوگانه‌ی توزیع آب یک دانش و فن مناسب برای بهبود کیفیت آب و کاهش هزینه‌های زیرساخت توزیع آب آشامیدنی است. دو عامل سالم و با کیفیت بودن آب، و همچنین سلامت عموم عامل‌های اساسی در مدیریت شبکه‌های دوگانه‌ی توزیع آب هستند. احداث سامانه‌های دوگانه‌ی توزیع آب فقط برای بهبود کیفیت آب و کاهش هزینه‌های زیرساخت توزیع آب آشامیدنی نیست، بلکه برای استفاده از آب بازیافتی و به طور کلی، برای مدیریت کل منابع آب، و همچنین مدیریت فاضلاب نیز ساخته می‌شوند. پهلوانی و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی مبانی هیدرولیکی و کیفی شبکه‌های دوگانه‌ی آبرسانی شهر اسکو (با مساحت ۱۱۷۰/۹ کیلومترمربع و جمعیت ۳۲۹۵ نفر در سال ۱۳۹۱) ۴ گزینه را انتخاب کردند: A- شبکه‌ی دوگانه کامل (شبکه‌ی شرب فقط برای آشامیدن و پخت و پز) و (شبکه‌ی غیرشرب فقط برای مصارف غیرشرب شهری و خانگی)، B- شبکه‌ی دوگانه کامل (شبکه‌ی شرب برای آشامیدن، پخت و پز، استحمام، شستشوی ظرف‌ها و لباس‌ها و دستشویی بجز فلاش تانک دستشویی) و (شبکه‌ی غیرشرب برای سایر مصارف غیرشرب خانگی و غیرخانگی باقیمانده)، C- شبکه‌ی دوگانه محدود شامل شبکه‌ی آب شرب برای تمامی مصارف شرب و غیرشرب خانگی و شبکه‌ی غیرشرب برای مصارف غیرشرب غیرخانگی، D- شبکه‌ی دوگانه محدود شامل شبکه‌ی شرب برای مصارف شرب و غیرشرب خانگی و شبکه غیرشرب با کیفیت مناسب برای آبیاری فضای سبز شهری و صنایع. به منظور انتخاب گزینه‌ی مناسب در

شبکه‌های دوگانه‌ی آبرسانی از معیارهای اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی، فنی و مهندسی و سازمانی و مدیریتی استفاده کرده و در نهایت مشخص نمودند که احداث یک شبکه‌ی آب غیرشرب برای مصارف آبیاری فضای سبز شهری و صنایع به لحاظ‌های اقتصادی و اجتماعی مناسب بوده و می‌تواند کمبود آب را در اسکو برطرف سازد. شرکت مهندسین مشاور تمدن کاریزی (۲۰۱۷) در گزارش طرح پژوهشی بررسی اجرای مناسب-ترین روش تفکیک آب شرب از سایر مصارف در شهرهای منتخب استان یزد، با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) چنین نتیجه گرفتند که با توجه به تمامی معیارهای ارزیابی شده (پایداری، زیست محیطی، امکان-پذیری، اثرات اجتماعی، بهداشتی و اقتصادی)، جایگاه عمومی برداشت آب به عنوان بهینه‌ترین گزینه، و نخستین اولویت تفکیک آب شرب شناسایی گشته و آب بسته‌بندی در اولویت و جایگاه دوم قرار می‌گیرد، همچنین، شبکه‌ی دوگانه توزیع آب را در رتبه سوم، و تصفیه‌ی خانگی را در رتبه‌ی چهارم این ارزیابی قرار دارند. لم و همکاران (۲۰۱۷) چهار روش مدیریت آب را برای هنگ کنگ ارزیابی اقتصادی کردند. سناریوها عبارت بودند از سامانه توزیع آب شرب (تمام مصارف خانگی با استفاده از آب شرب)(S1)، سامانه توزیع آب شرب و غیرشرب (استفاده از آب دریا صرفاً برای فلاش تانک)(S2)، سامانه توزیع آب شرب و غیرشرب (استفاده از پساب تصفیه شده فاضلاب حاصل از فلاش تانک و ظرفشویی آشپزخانه برای مصارف فلاش تانک و آتش نشانی)(S3)، روش چهارم (S4) دقیقاً مانند روش سوم است، با این تفاوت که نحوه‌ی تصفیه‌ی فاضلاب در روش چهارم به صورت غیرهوازی، و در روش سوم به صورت هوازی هست. نتایج تحلیل اقتصادی نشان دادند که هزینه‌های سرمایه‌گذاری S4>S3>S2>S1 و هزینه‌های جاری S4<S2<S3<S1 هست. هنگام لحاظ کردن هر دو نوع هزینه، میزان کل هزینه‌های روش S2 وS4 از همه کمتر بوده، و روش S1 پرهزینه‌تر است. به طور کلی، طی دوره‌ی بهره‌برداری ۲۵ سال، روش S4 را مناسب‌ترین روش دانسته‌اند، در این روش، بیشترین صرفه جویی در مصرف آب شرب خواهد شد، و در ضمن، نسبت به روش سوم از نظر نوع تصفیه برتری‌های زیادی دارد.

هدف اصلی از تحقیق حاضر براورد و مقایسه‌ی فنی-اقتصادی روش‌های جداسازی آب آشامیدنی از آب غیرآشامیدنی (شبکه‌ی دوگانه توزیع آب و جایگاه‌های دولتی فروش آب) در منطقه‌ی صفائیه شهرستان یزد هست.

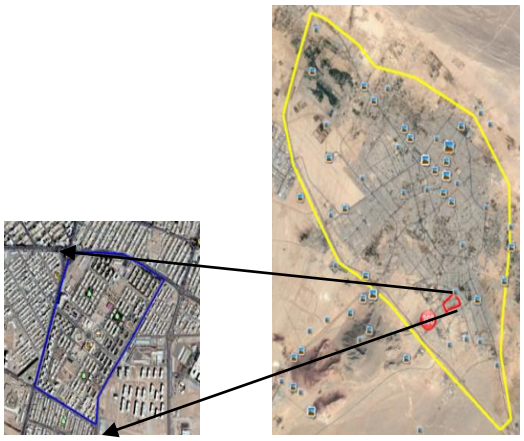
مواد و روش‌ها

هزینه‌های اجرائی هر یک از روش‌های تفکیک آب شرب و توزیع آن بررسی خواهد شد. پر واضح است که معیار اقتصادی یا به عبارتی، هزینه‌ی اجرای هر یک از روش‌های تفکیک و توزیع آب شرب، از اهمیت بالایی برخوردار بوده و موجب خواهد شد تا تصمیم گیرندگان با دیدی وسیعتر نسبت به انتخاب روش مناسب برای اجرائی نمودن طرح اقدام نمایند. لازمه این کار، طراحی و محاسبات فنی برای اجزاء طرح در هر یک از روش‌ها برای شهر یزد هست. از جایی که مطالعه نمونه‌ای این پژوهش برای شهر یزد انجام خواهد شد، منطقه‌ای در بافت جدید به مساحت تقریبی ۶۵ هکتار به عنوان نمونه انتخاب شده و طراحی اجزاء طرح برای آن منطقه برای هر دو روش تفکیک و توزیع آب شرب صورت خواهد گرفت. سپس براورد اقتصادی هر یک از سامانه‌های طراحی شده محاسبه گشته، و نتایج آن با یکدیگر مقایسه می‌شود تا مناسب‌ترین روش از نظر اقتصادی انتخاب گردد.

محدوده‌ی مطالعات

محدوده‌ی طرح شامل شهر یزد (شهرهای یزد، شاهدیه، حمیدیا و روستاهای عیش‌آباد و خیرآباد) هست.

ویژگی‌های منطقه‌ی انتخابی در محدوده‌ی مطالعاتی محله‌ی جواد الائمه صفائیه انتخاب شده است. این منطقه در حد فاصل بلوار قندی، بلوار شهیدان اشرف، خیابان بوستان و بلوار صیاد شیرازی واقع هست. وسعت این منطقه حدود ۶۵ هکتار بوده و ۱۱۶۲۴ نفر در افق طرح (سال ۱۴۱۵) در این منطقه ساکن خواهند بود. تراکم ناخالص این منطقه ۱۸۰ نفر در هکتار در سال ۱۴۱۵ بوده و در حال حاضر تعداد ۵۰۵ فقره انشعاب آب در آن‌جا واگذار شده است. شکل (۱) موقعیت محدوده‌ی انتخابی بافت جدید (صفائیه) را در شهر یزد نشان می‌دهد.



شکل۱- موقعیت محدوده‌ی انتخابی بافت جدید (صفائیه) در شهر یزد

روش تحقیق

بررسی فنی و اقتصادی روش‌های تفکیک آب شرب از آب بهداشتی با استفاده از نرم افزار EPANENT

براورد هزینه‌های اقتصادی روش‌های تفکیک آب شرب و بهداشت (۱- شبکه دوگانه‌ی توزیع آب، ۲- جایگاه‌های دولتی فروش آب) طبق مراحل زیر انجام گرفت:

۱- یک منطقه در بافت جدید (صفائیه) به وسعت ۶۵ هکتار انتخاب شد.

۲- برای منطقه مزبور مدل هیدرولیکی به دو روش پیشنهادی ساخته شد.

۳- جمعیت مناطق با توجه به تراکم پیش بینی شده در سال ۱۴۱۵ محاسبه و مدل هیدرولیکی با توجه به سرانه‌ی در نظر گرفته شده برای هر روش بارگذاری شد.

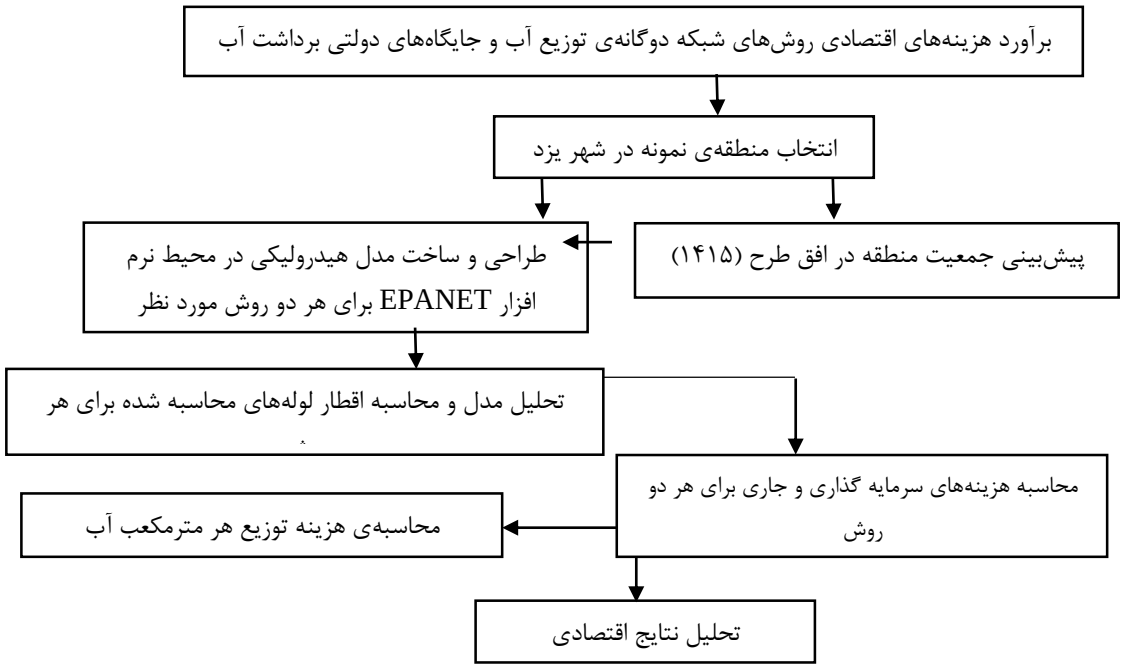
۴- پس از تحلیل مدل و محاسبه‌ی قطرهای لوله-های محاسبه شده برای هر روش، محاسبات اقتصادی انجام گرفت.

۵- برای کل شهر یزد، حجم مخزن ذخیره و خط انتقال آب برای هر دو روش موجود، محاسبه، و هزینه با توجه به جمعیت منطقه‌ی مطالعاتی محاسبه شد.

۶- در مرحله‌ی ششم، با توجه به اجزاء طرح برای هر دو روش موجود، براورد طرح محاسبه شد.

۷- در مرحله آخر محاسبه‌های سرمایه‌گذاری اولیه صورت گرفته، هزینه‌های جاری محاسبه شده، و از آنجا، هزینه‌ی توزیع آب در هر روش به ازاء یک مترمکعب توزیع آب صورت گرفته است.

نمودار گردشی تحقیق حاضر در شکل (۲) نشان داده شده است. در ضمن، مدل‌های هیدرولیکی در نرم افزار EPANET ساخته شده و قابل کاربرد در نرم افزار WaterGems است.



شکل ۲- نمودار گردشی تحقیق

نتایج و بحث

تعیین میزان سرانه‌ی مصرف آب شرب برای حالت-های مختلف جداسازی آب آشامیدنی از آب غیرآشامیدنی (لیتر نفر در روز، متوسط سالانه):

میزان سرانه‌ی آب شرب کاملاً وابسته به نحوه‌ی توزیع آن است که بسته به نحوه‌ی توزیع، می‌تواند مقادیر کاملاً متفاوتی داشته باشد. قیمت آب با میزان مصرف رابطه‌ای معکوس دارد. می‌توان پیش‌بینی کرد که با افزایش قیمت آب با کیفیت، میزان مصرف (با توجه به وجود شبکه‌ی توزیع آب با کیفیت پایین‌تر) به طرز قابل توجهی کاهش یابد. در حالت اول، که واگذاری انشعاب دوم به هر مشترک است، پیش‌بینی می‌شود مشترکین آب لازم برای شرب و مصارف پخت و پز را از شبکه‌ی دوم تأمین کنند، همچنین به علت سهولت و دسترسی راحت تر به آب با کیفیت، می‌توان پیش‌بینی نمود که مصارف شستشوی ظروف نیز از طریق این شبکه تأمین گردد. در مجموع، پیش‌بینی می‌شود که میزان مصرف آب در این روش نسبت به روش دوم بیشتر باشد. در حالت دوم، یعنی ایجاد جایگاه دولتی برداشت و عرضه‌ی آب در سطح شهر، به علت پائین-تر بودن هزینه‌ها در مقایسه با حالت اول، پیش‌بینی می-شود که بیشتر مشترکین آب لازم را برای شرب و مصارف پخت و پز از این واحدها تأمین کنند. برای روش اول (واگذاری انشعاب دوم به هر مشترک) میزان متوسط مصارف بر اساس نشریه‌ی ۳-۱۱۷ و مطالعات انجام شده در ایران و سایر کشورها در حد ۲۰ لیتر در شبانه روز (مصارف شرب به علاوه‌ی مصارف پخت و پز و بخشی از مصارف شستشوی ظرف‌ها) پیشنهاد می‌گردد. برای روش دوم (ایجاد جایگاه‌های دولتی برداشت آب)، پیشنهاد می-شود که میزان متوسط مصرف سرانه ۵ لیتر در شبانه روز (مصارف شرب و نیمی از مصارف پخت و پز) ملاک عمل قرار گیرد.

دوره‌ی طرح برابر با ۲۰ سال در نظر گرفته شده است یعنی سال ۱۴۱۵ انتهای دوره‌ی طرح است. حجم آب لازم در انتهای دوره‌ی طرح، بر اساس سرانه‌ی شرب و جمعیت در دوره های ۵ ساله تا انتهای دوره قابل محاسبه به شرح جدول (۱) است.

جدول ۱- حجم آب لازم در دوره طرح برای هر دو روش

سال	۱۳۹۵	۱۴۰۰	۱۴۰۵	۱۴۱۰	۱۴۱۵
جمعیت (نفر)	۶۰۷,۱۰۰	۶۸۴,۴۰۰	۷۵۴,۹۰۰	۸۳۲,۴۰۰	۹۱۸,۲۰۰
سرانه‌ی شرب برای هر نفر برای روش شبکه‌ی دوگانه (لیتر بر شبانه روز)	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
حجم آب لازم برای روش اول (مترمکعب)	۱۲,۱۴۲	۱۳,۶۸۸	۱۵,۰۹۸	۱۶,۶۴۸	۱۸,۳۶۴
سرانه‌ی شرب برای هر نفر برای روش جایگاه‌های برداشت دولتی (لیتر بر شبانه روز)	۵	۵	۵	۵	۵
حجم آب لازم برای روش دوم (مترمکعب)	۳۰۳۵/۵	۳۴۲۲	۳۷۷۴/۵	۴۱۶۲	۴۵۹۱

برآورد هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه (هزینه‌ی اجرائی و تهیه‌ی تجهیزات لازم برای طرح):

الف- شبکه‌ی توزیع: برای هر یک از گزینه‌های توزیع آب شرب در منطقه‌ی نمونه در شهر یزد طراحی و محاسبه هیدرولیکی صورت می‌گیرد. برای تحلیل هیدرولیک و شبیه‌سازی کردن رفتار آب در سامانه آبرسانی از نرم افزار EPANET استفاده شده است. در این نرم افزار، محاسبات بر اساس اصول حاکم بر جریان سیالات (قوانین پیوستگی و انرژی) صورت می‌گیرد. نتایج حاصل از تحلیل هیدرولیکی، و هزینه خرید و اجرا برای هر یک از روش‌ها به شرح جداول شماره (۲) و (۳) هستند.

جدول ۲- هزینه‌ی خرید و لوله‌کشی و خریدن تجهیزات برای روش شبکه‌ی توزیع جداگانه‌ی آب (میلیون ریال)

اندازه (میلی‌متر)	طول (متر)	بهای واحد طول لوله (ریال)	هزینه خرید لوله (میلیون ریال)	هزینه‌ی خرید لوله و تجهیزات (میلیون ریال)	بهای واحد لوله گذاری با لوله‌ی پلی اتیلن (ریال)	هزینه اجرای لوله و تجهیزات (میلیون ریال)	جمع هزینه خرید و اجرا (میلیون ریال)
۳۲	۶۴۹۴	۱۴۷۸۱/۴۹	۹۵/۹۹	۱۱۵/۱۸	۱۰۵۰۰۰	۱۲۰۹/۹۷	۱۳۲۵/۱۶
۴۰	۷۲۴	۲۲۴۷۶/۸۹	۱۶/۲۷	۱۹/۵۲	۱۰۸۰۰۰	۱۳۸/۷۵	۱۵۸/۲۷
۵۰	۴۳۸	۳۴۵۱۴/۸۵	۱۵/۱۱	۱۸/۱۴	۱۱۱۰۰۰	۸۶/۲۷	۱۰۴/۴۱
۶۳	۱۹۶۲	۵۱۰۰۴/۳۷	۱۰۰/۰۷	۱۲۰/۰۸	۱۱۴۰۰۰	۳۹۶/۸۹	۵۱۶/۹۸
۷۵	۷۰۰	۷۲۱۵۵/۸۲	۵۰/۵۰	۶۰/۶۱	۱۱۶۵۰۰	۱۴۴/۷۱	۲۰۵/۳۲
۹۰	۴۳۹	۱۰۳۲۸۱/۸۶	۴۵/۳۴	۵۴/۴۰	۱۱۹۵۰۰	۹۳/۰۹	۱۴۷/۵
۱۱۰	۱۸	۱۵۳۵۰۷/۹۷	۲/۷۶	۳/۳۱	۱۲۸۰۰۰	۴/۰۸	۷/۴۰
جمع				۳۹۱/۲۷	-	۲۰۷۳/۷۹	۲۴۶۵/۰۶

جدول۳- هزینه‌ی خرید و لوله‌کشی و خریدن تجهیزات برای روش جایگاه دولتی برداشت آب (ریال)

اندازه (میلی‌متر)	طول (متر)	بهای واحد طول لوله (ریال)	هزینه خرید لوله (میلیون ریال)	هزینه‌ی خرید لوله و تجهیزات (میلیون ریال)	بهای واحد لوله گذاری با لوله‌ی پلی اتیلن (ریال)	هزینه اجرای لوله و تجهیزات (میلیون ریال)	جمع هزینه خرید و اجرا (میلیون ریال)
۳۲	۲۳۶۸	۱۴۷۸۱/۴۹	۳۵/۰۰	۴۲/۰۰	۱۰۵۰۰۰	۴۴۱/۲۱	۴۸۳/۲۱
۵۰	۳۲۷۵	۳۴۵۱۴/۸۵	۱۱۳/۰۴	۱۳۵/۶۴	۱۱۱۰۰۰	۶۴۵/۰۷	۷۸۰/۷۲
۶۳	۶۳۵	۵۱۰۰۴/۳۷	۳۲/۳۹	۳۸/۸۶	۱۱۴۰۰۰	۱۲۸/۴۵	۱۶۷/۳۲
۷۵	۱۸	۷۲۱۵۵/۸۲	۱/۳۰	۱/۵۵	۱۱۶۵۰۰	۳/۷۲	۵/۲۸
جمع				۲۱۸/۰۷		۱۲۱۸/۴۶	۱۴۳۶/۵۳

ب- مخازن ذخیره: این مخازن به گونه‌ای در نظر گرفته شده‌اند که آب مطلوب جهت شرب را در خود ذخیره کرده و پاسخگوی نیاز شرب شهروندان باشند. این مخازن در مجاورت مخازن شحنه پیش بینی شده و از آب انتقالی، که کیفیت مطلوبی دارد، تغذیه می‌شود. این مخازن قادر خواهند بود که در سال افق طرح (۱۴۱۵)، نیاز آب شرب در شهر یزد را به مدت ۳ روز تأمین نمایند. در جدول (۴) هزینه‌ی احداث مخزن برای منطقه‌ی مطالعاتی درج شده است. هزینه‌ی اجرای مخزن با احتساب محوطه‌سازی و شیرخانه ورودی و خروجی محاسبه شده است.

جدول ۴- هزینه‌ی احداث مخزن برای منطقه‌ی مطالعاتی (میلیون ریال)

روش توزیع آب	حجم مخزن (مترمکعب)	بهای واحد اجرای مخزن (ریال)	بهای کل احداث مخزن (میلیون ریال)	هزینه‌ی احداث مخزن برای هر نفر (ریال)	هزینه‌ی احداث مخزن (میلیون ریال)
شبکه‌ی دوم	۱۰۰,۰۰۰	۳۰۰۰,۰۰۰	۳۰۰,۰۰۰	۳۲۶۷۲۶/۲	۳۷۹۷/۸۶
جایگاه دولتی توزیع آب	۲۵۰۰۰	۳۰۰۰,۰۰۰	۷۵,۰۰۰	۸۱۶۸۱/۵۵	۹۴۹/۴۶

ج- خطوط آبرسان: این خطوط جریان آب خروجی را از مخزن آب شرب به ابتدای شبکه توزیع خواهند رساند. در جدول (۵) نتایج محاسبه‌های هیدرولیکی خطوط مربوطه و هزینه‌ی خرید و اجرای این خطوط برای منطقه-ی مطالعاتی ارائه شده است.

جدول ۵- هزینه‌ی خرید و اجرای خطوط آبرسان منطقه‌ی بافت جدید- صفائیه (میلیون ریال).

روش	اندازه (میلیمتر)	هزینه‌ی خرید به جمعیت کل (ریال)	هزینه‌ی خرید خط لوله (میلیون ریال)	هزینه‌ی اجرا به جمعیت کل (ریال)	هزینه‌ی اجرای خط لوله (میلیون ریال)	جمع هزینه‌ی خرید و اجرا (میلیون ریال)
شبکه‌ی دوم	۵۰۰	۴۰۴۹۳/۹	۴۷۰/۷	۷۹۱۳/۹	۹۱/۹	۵۶۲/۶۹
جایگاه دولتی توزیع آب	۳۰۰	۱۶۰۸۶/۶	۱۸۶/۹۹	۴۹۵۷/۱	۵۶/۱۳	۲۴۳/۱۲

براورد هزینه‌های هر روش توزیع آب شرب در منطقه‌ی مطالعاتی شامل خرید لوله، خرید شیر آلات و اتصالات، خرید دستگاه هوشمند برداشت آب، تجهیزات لازم برای انشعاب آب شرب، و عملیات کارگذاری لوله‌ها، اجرای حوضچه‌ها، و نصب شیرآلات و اتصالات، احداث مخزن و تاسیسات جنبی، و احداث جایگاه برداشت آب بوده اند. در جدول (۶) هزینه‌های سرمایه‌گذاری در منطقه‌ی مطالعاتی ارائه شده است.

جدول ۶- هزینه سرمایه‌گذاری در منطقه‌ی صفائیه برای روش‌های پیشنهاد شده به میلیون ریال

نام روش	لوله گذاری		مخزن ذخیره		خطوط آبرسان		انشعاب و آب شمار		جایگاه برداشت آب		جمع کل هزینه		جمع کل هزینه‌ی خرید و اجرا
	خرید	اجرا	خرید	اجرا	خرید	اجرا	خرید	اجرا	خرید	اجرا	خرید	اجرا	
شبکه‌ی دوم	۳۹۲	۲۰۷۴	۷۵/۹۶	۳۷۹۸	۴۷/۷۰	۹۲	۱۳۴۶۴	۰	۰	۰	۱۴۴۰/۶۶۲	۵۹۶۴	۲۰۳۶۶/۷
جایگاه دولتی توزیع آب	۲۱۸	۱۲۱۹	۱۹	۹۵۰	۱۸۷	۵۶/۲	۰	۰	۱۶۲	۱۰۰	۵۸۶	۲۳۲۵/۲	۲۹۱۱/۲

هزینه‌های سرمایه‌گذاری (هزینه‌ی خرید و اجرای لوله)، و روش‌های تفکیک آب‌های شرب و بهداشتی در بافت جدید برای روش‌های توزیع دوگانه‌ی آب و جایگاه-های دولتی توزیع آن به ترتیب برابر با ۲۰۳۶۶/۷ و ۲۹۱۱/۲ میلیون ریال است.

هزینه‌های بهره‌برداری

هزینه‌های بهره‌برداری شامل هزینه‌ی تعمیرات تجهیزات و تأسیسات طرح‌های آبرسانی، هزینه‌ی حقوق کارمندان لازم جهت نگهداری و بهره‌برداری از طرح، و هزینه‌ی مواد مصرفی در طرح هستند. در جدول (۷) هزینه‌های سالانه دوره‌ی بهره‌برداری، و جمع کل هزینه-های مذکور برای هر یک از روش‌های توزیع آب در منطقه-ی مطالعاتی ارائه شده‌اند. با توجه به هزینه‌های سالانه دوره‌ی بهره‌برداری و استهلاک سرمایه، هزینه انتقال هر مترمکعب آب شرب محاسبه شده است.

جهت محاسبه هزینه‌ی استهلاک سرمایه، عمر مفید طرح ۲۰ سال و تأمین اعتبارات مالی با نرخ ۱۵ درصد در نظر گرفته می‌شود، بدین ترتیب استهلاک سرمایه در سال به طریق ذیل محاسبه می‌گردد:

a : استهلاک سرمایه در سال

n : عمر مفید طرح

A: سرمایه‌گذاری اولیه‌ی طرح

i : نرخ سود بانکی

$$a = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \times A \qquad (۱)$$

جدول ۷- هزینه‌ی جاری در بافت جدید (صفائیه) برای روش‌های مختلف به میلیون ریال

نام روش	هزینه‌ی سالانه تعمیرات در دوره‌ی بهره‌برداری		هزینه‌ی مواد مصرفی	نیروی انسانی	هزینه‌های جاری سالانه	استهلاک سرمایه در سال	هزینه‌ی جاری یکنواخت سازی شده	جمع کل	هزینه‌ی توزیع هر متر مکعب آب به ریال
	تأسیسات	تجهیزات							
شبکه‌ی دوم	۱۹۹/۶۲	۶۸۵/۶۳	۱۲۸/۷۶	۲۹۴/۷۱	۱۳۰۸/۷۲	۳۲۵۳/۸۱	۴۱۸۱/۶۹	۷۴۳۵/۵۰	۸۷۶۳۰
جایگاه دولتی توزیع آب	۷۹/۴۸	۲۶/۲۰	۳۲/۳۹	۳۲۶/۶۲	۴۶۴/۶۹	۴۶۵/۱۰	۱۸۸۴/۷۵	۱۹۴۹/۸۵	۹۱۹۱۰

همان‌طور که در جدول فوق مشخص شده است، میزان هزینه‌ی جاری سالانه در بافت جدید برای روش‌های توزیع دوگانه‌ی آب و جایگاه‌های دولتی توزیع آب به ترتیب ۱۳۰۸/۷۲ و ۴۶۴/۶۹ میلیون ریال هست. هزینه‌ی توزیع هر مترمکعب آب در بافت جدید برای توزیع دوگانه‌ی آب و جایگاه‌های دولتی توزیع آب به ترتیب ۸۷,۶۳۰ و ۹۱,۹۱۰ ریال هست. همان طور که نتایج حاصل از براورد اقتصادی دو روش جداسازی آب آشامیدنی از آب غیرآشامیدنی نشان می‌دهد، میزان هزینه‌های براوردی نشان داد که روش اول پرهزینه‌تر از روش دوم هست. در NPV[1]) تفاوت بین ارزش فعلی جریان‌های نقدی ورودی و ارزش فعلی جریان نقدی خروجی است. NPV برای تأمین اعتبار سرمایه مورد استفاده قرار می‌گیرد تا احتمال سرمایه‌گذاری محاسبه شده، یا طرح را تحلیل کند. برای محاسبه‌ی ارزش فعلی درآمد ۲۰ ساله‌ی حاصل از فروش آب از رابطه زیر استفاده گردید:

$$P= F_1 \times \frac{1-\frac{(1+g)^n}{(1+i)^n}}{i-g} \qquad (۲)$$

ضمن، در طرح‌های مشابه تجربه شده است که هزینه‌ی سالانه تعمیرات در دوره‌ی بهره‌برداری از تأسیسات برابر با ۳ درصد هزینه‌ی اجرا، و ایجاد تأسیسات و هزینه‌ی سالانه تعمیرها در دوره‌ی بهره‌برداری از تجهیزات برای روش اول برابر با ۵ درصد، و برای روش دوم ۱۰ درصد هزینه‌ی اجرا و ایجاد تجهیزات بوده است. با فرض شعاع دسترسی ۵۰۰ متر، تعداد جایگاه برداشت لازم برای منطقه‌ی نمونه به دست آمده است. تعداد جایگاه‌های دولتی یک عدد دستگاه در یک نقطه در نظر گرفته شده است.

ارزش خالص فعلی (

نرخ سود بانکی = i=15%

نرخ رشد = g=10%

عمر مفید = ۲۰ سال=n

درآمد حاصل از فروش آب در سال اول=F1

ارزش فعلی درآمد ۲۰ ساله حاصل از فروش آب با نرخ =P رشد ۱۰ ٪

جدول (۸) نتایج حاصل از تحلیل اقتصادی روش‌های تفکیک آب شرب را از آب غیرشرب با استفاده از شاخص ارزش فعلی خالص (NPV) نشان می‌دهد.

جدول ۸- نتایج حاصل از تحلیل اقتصادی روش‌های تفکیک آب آشامیدنی از آب غیرآشامیدنی با استفاده از NPV

روش	ارزش فعلی طرح (P) (میلیون ریال)	قیمت واحد فروش آب (تومان)	درآمد یک سال حاصل از فروش آب (میلیون ریال)	ارزش فعلی درآمد ۲۰ ساله حاصل از فروش آب (میلیون ریال)	شاخص ارزش فعلی خالص (NPV) (میلیون ریال)
شبکه‌ی دوم	٤٦٥٤١/٠٣	٤٧٠٠	٣٩٨٨/١٩	٤٧٠٦٠/٦٩	٥١٩/٦٧
جایگاه برداشت دولتی	١٢٢٠٤/٧٠	٤٩٠٠	١٠٣٩/٤٨	١٢٢٦٥/٨٢	٦١/١٢

[1] net peresent value

همان طور که در جدول (۸) مشخص شده است، هر دو روش دارای شاخص NPV مثبت هستند که این امر نشان دهنده‌ی موفق بودن طرح‌ها از نظر اقتصادی است.

در رابطه با مقایسه‌ی قیمت فروش آب شرب، روش شبکه دوم، یعنی لوله کشی تا در منزل با قیمت تمام شده هر متر مکعب ۴۷۰۰ تومان نسبت به روش جایگاه‌های دولتی برداشت آب با قیمت ۴۹۰۰ تومان، دارای NPV بالاتر و با صرفه‌تر است ولی پارامترهائی از جمله کهولت سن افراد، سهولت دسترسی مردم به آب شرب، پذیرش و مقبولیت اجتماعی شبکه لوله‌کشی تا در منزل آن را نسبت به روش جایگاه‌های دولتی برداشت آب از مقبولیت بیشتری برخوردار نموده است (فتوحی و همکاران، ۲۰۱۸). پائین بودن میزان رضایت‌مندی مردم از جایگاه‌های دولتی آب آشامیدنی و مشکلات آن در شهرهایی همچون بجستان و قم نیز اجرای روش دوخطه کردن و تحویل آب آشامیدنی را تا در منازل به عنوان بهترین روش تائید می‌کند. با اجرای این طرح می‌توان با تعرفه‌ی پلکانی قیمت آب آشامیدنی و سهمیه‌بندی آب بهداشتی، فرهنگ مدیریت و صرفه‌جویی مصرف آب را به مراتب عادلانه‌تر و آسان‌تر از وضعیت کنونی اداره کرد.

نتایج حاصل از بررسی پهلوانی و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که استفاده از گزینه‌ی A، اگرچه موجب صرفه-جویی بیش از ۹۰٪ خواهد شد، اما با توجه به ملاحظات اقتصادی و اجتماعی برای شهرستان اُسکو گزینه‌ی مناسبی نخواهد بود، زیرا در آن کلیه‌ی مصارف غیرشرب خانگی و شهری با آب با کیفیت پایین تأمین خواهد شد. در این گزینه نیاز است تا تمامی مشترکین دارای دو انشعاب آب شرب و غیرشرب باشند، که موجب افزایش هزینه‌ی لوله‌گذاری و اجرا می‌شود، ضمن آنکه لازم است تا رضایت و مقبولیت استفاده از آب غیرشرب برای کلیه‌ی مصارف در مشترکین تأمین شود، که با توجه به نبود

پیشینه‌ی استفاده از آب غیرشرب، جیره‌بندی و کمبود آب در شهرستان اسکو مشکل به نظر می‌آید. بنابراین، اجرای گزینه‌ی A برای شهرستان اسکو مناسب نیست. نتایج براورد اقتصادی سایر گزینه‌ها نشان دادند که هزینه‌ی احداث شبکه‌ی دوگانه‌ی آبرسانی گزینه‌ی B (۴۶۹/۷ میلیارد ریال) بیشتر از گزینه‌ی C (۹/۹۹ میلیارد ریال)، و هزینه‌ی احداث شبکه دوگانه‌ی آبرسانی گزینه‌ی C (۹/۹۹ میلیارد ریال) بیشتر از گزینه‌ی D (۹/۶۵ میلیارد ریال) است. نهایتاً با توجه به نتایج ارزیابی اقتصادی و اجتماعی گزینه‌ی D به منظور اجرای شبکه‌ی دوگانه آبرسانی در شهرستان اسکو گزینه مناسبی است.

نتایج برآورد اقتصادی طرح پژوهشی بررسی اجرای مناسب‌ترین روش تفکیک آب شرب از سایر مصارف در شهرهای منتخب استان یزد (۲۰۱۸) نشان می‌دهند که در صورت اجرائی شدن روش جایگاه برداشت دولتی در شهرستان اردکان، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و اجرائی بالغ بر ۸۳ میلیارد ریال، و هزینه‌ی جاری سالانه ۱/۶ میلیارد ریال (۱/۹ درصد سرمایه‌گذاری اولیه) است. با توجه به ارزش فعلی هزینه‌های ذکر شده، قیمت تمام شده آب برای طرح مزبور در حد ۱۵۸,۵۰۰ ریال است، در حالی که برای روش شبکه‌ی توزیع دوگانه تا در منزل هزینه‌های سرمایه‌گذاری و اجرایی بالغ بر ۸۰۵ میلیارد ریال، دارای هزینه‌ی جاری سالانه ۱۸ میلیارد ریال (۲/۲ درصد سرمایه‌گذاری اولیه) هست. با توجه به ارزش فعلی هزینه‌های ذکر شده، قیمت تمام شده آب برای طرح مزبور در حد ۲۶۵,۰۰۰ ریال است. در ضمن، جمعیت اردکان در سال افق طرح (۱۴۱۰) ۱۰۷۸۰۰ نفر پیش‌بینی شده است، مساحت اردکان ۲۵۵۰ هکتار است.

نتیجه‌گیری

برای بررسی فنی و اقتصادی روش‌های تعریف شده، منطقه‌ی صفائیه به عنوان نمونه شهرستان یزد انتخاب شد. میزان جمعیت، تراکم جمعیت و اطلاعات مربوط به میزان متوسط سرانه‌ی مصرف آب شرب محاسبه گردید. برای روش اول (واگذاری انشعاب دوم به هر مشترک) میزان متوسط مصارف بر اساس نشریه‌ی ۳-۱۱۷، و مطالعات انجام شده در ایران و سایر کشورها در حد ۲۰ لیتر در شبانه روز به ازاء هر نفر (مصارف شرب به علاوه مصارف پخت و پز و بخشی از مصارف شستشوی ظروف) پیشنهاد می‌گردد. برای روش دوم (ایجاد جایگاه‌های دولتی برداشت آب) پیشنهاد می‌شود که میزان متوسط مصرف سرانه ۵ لیتر در شبانه روز به ازاء هر نفر (مصارف شرب و نیمی از مصارف پخت و پز) ملاک عمل قرار گیرد. نتایج بررسی‌های اقتصادی طرح نشان دادند که هزینه‌های سرمایه‌گذاری (خرید و اجرای لوله) روش‌های تفکیک آب شرب و بهداشتی برای روش‌های توزیع دوگانه‌ی آب و جایگاه‌های دولتی برداشت آب به ترتیب ۲۰۳۶۶/۷ و ۲۹۱۱/۲ میلیون ریال است.

میزان هزینه‌ی جاری سالانه در بافت جدید برای روش‌های توزیع دوگانه‌ی آب و جایگاه‌های دولتی توزیع آب به ترتیب ۱۳۰۸/۷۲ و ۴۶۴/۶۹ میلیون ریال هست. هزینه‌ی توزیع هر مترمکعب آب در بافت جدید برای توزیع دوگانه‌ی آب و جایگاه‌های دولتی برداشت آب به ترتیب ۸۷,۶۳۰ و ۹۱,۹۱۰ ریال است. همان طور که نتایج حاصل از براورد اقتصادی نشان می‌دهند، روش اول پرهزینه‌تر از روش دوم است، ولی فراسنج‌هایی از جمله: کهولت سن افراد، سهولت دسترسی مردم به آب شرب، پذیرش و مقبولیت اجتماعی شبکه لوله‌کشی تا در منزل نسبت به روش جایگاه‌های دولتی برداشت آب را از مقبولیت بیشتری برخوردار نموده است. پائین بودن میزان رضایت‌مندی مردم از جایگاه‌های دولتی آب آشامیدنی و مشکلات آن در شهرهایی همچون بجستان و قم نیز اجرای روش دوخطه کردن و تحویل آب آشامیدنی تا در منازل را به عنوان بهترین روش تائید می-کند. با اجرای این طرح می‌توان با تعرفه‌ی پلکانی قیمت آب آشامیدنی و سهمیه‌بندی آب بهداشتی فرهنگ مدیریت و صرفه‌جویی مصرف آب را به مراتب عادلانه‌تر و آسان‌تر از وضعیت کنونی مدیریت کرد. نتایج حاصل از تحلیل اقتصادی روش‌های تفکیک آب آشامیدنی از آب غیرآشامیدنی با استفاده از شاخص ارزش فعلی خالص (NPV) نشان دادند که همه‌ی روش‌ها دارای شاخص NPV مثبت هستند که این برداشت نشان‌دهنده موفق بودن طرح‌ها از نظر اقتصادی است. در رابطه با مقایسه‌ی قیمت فروش آب شرب، روش شبکه‌ی دوم، یعنی لوله کشی تا در منزل با قیمت هر مترمکعب ۴۷۰۰ تومان نسبت به روش جایگاه‌های دولتی توزیع آب با قیمت ۴۹۰۰ تومان، دارای NPV بالاتر و با صرفه‌تر است.

منابع:

1) Abdolmanafi, N. and Mazaheri, M. 2013. Report of dual water distribution networks. Center of Research of Islamic Council Parliament (In Persian).

2) Fotouhi firoozabad, F. and Ekhtesasi, M. 2016. Necessity and methods of separation of drinking water from other uses in Yazd. First National Conference on Drinking Water Supply and Demand, Health, Challenges and Solutions, Isfahan University. Esfahan. Iran (In Persian).

3) Fotouhi firoozabad, F., Ekhtesasi, M., Sefid, M. and Morovati Sharifabadi, A. 2018. Strategic management of dual water system (drinking and non- drinking) with SWOT analysis (case study: Yazd city). Ph.D thesis (Watershed Management Sciences and Engineering)., Yazd university, Yazd, Iran, 222pp (In Persian).

4) Golabchi, M. 2010. Investigation the various systems of water supply and water distribution. Proceedings of. 3th National Conference on Water and Wastewater. Tehran. Iran (In Persian).

5) Grigg, N., Rogers, P. and Edmiston, S. 2013. Dual Water Systems: Characterization and Performance for Distribution of Reclaimed Water. Water Research Foundation, 282 p.

6) Lam, Ch., Ling, L., Chen, P., Lee, P. and Hsu, SH. 2017. Eco-efficiency analysis of non-potable water systems in domestic buildings. Applied energy. 202: 293-307.

7) Llemobade, A.A., Adewumi, J.R. and Zyl, J.E. 2009. Assessment of the feasibility of using a dual water reticulation system in South Africa, Report to the Water Reaearch Commission, 159 p.

8) Mainali, B., Hao Ngo, H., Guo, W., Nga Pham, T. and Johnston, A. 2011. Feasibility assessment of recycled water use for washing machines in Australia through SWOT analysis. Resources Conservation and Recycling 56: 87–91.

9) Oskunezhad, M. 2016. Engineering Economy (economic evaluation of industrial projects). Amir Kabir University Publications, Iran (In Persian).

10) Pahlavani, M., Jalili ghazizadeh, M. and Fazeli. M. 2013. Investigating the hydraulic and qualitative principles of dual water supply networks (case study: Osku city-Azarbayejan Sharghi province). Msc thesis, Water and Power Industry University (Shahid Abbaspour) (In Persian).

11) Report of Plan of Company Tamadon Karizi. 2017. Performance evaluation of dual water distribution methods in selected cities of Yazd province. Yazd. Iran (In Persian).

12) Sarbandi farahani, M. 2010. Construction of a separate network of drinking water from sanitary water in Qom.

Proceeding of 4th International Conference on Project Management. Tehran. Iran (In Persian).