



Solution to the Water Crisis in the Zayandehrud River Basin; Joint Supply and Demand Management

H.R. Safavi^{1*} and M. Rastghalam²

Abstract

In the last decade, the instability of flow in Zayandehrud River and increasing drawdown of groundwater in Zayandehrud aquifers have caused serious concerns for the public, decision makers and water managers at provincial and national levels. Therefore, investigating the causes of the crisis, the ways to create a stable flow in the Zayandehrud River, and to prevent the loss of groundwater resources are the issues that have been raised to all levels of decision-making at provincial and national extents. In this paper, the changes in water resources and the demands in the basin scale are investigated in order to provide non-structural and structural solutions for the sustainable management of the river basin and especially the sustainable flow in the Zayandehrud River. The study also presented prioritizations for putting demand management on agricultural, industrial and drinking water demands. Overall, the interbasin water transfer to the Zayandehrud basin in current state is considered as the *necessary* condition and the demand management is presented as the *sufficient* condition.

Keywords: Sustainable development, Zayandehrud, Demand management, Integrated management, Supply management.

Received: October 8, 2016
Accepted: December 17, 2016

راهکار برون رفت از بحران آب در حوضه آبریز زاینده‌رود: مدیریت توأمان تامین و مصرف آب

حمیدرضا صفوی^{۱*} و مهدی راست قلم^۲

چکیده

ایجاد ناپایداری در جریان آب رودخانه زاینده‌رود و افت شدید در منابع آب زیرزمینی به ویژه در طی دهه اخیر باعث ایجاد دغدغه‌های جدی برای مردم، تصمیم‌سازان و مدیران آب در سطح استانی و ملی شده است. لذا بررسی علل و عوامل ایجاد این بحران از یک‌طرف و چگونگی ایجاد جریان پایدار در رودخانه زاینده‌رود و جلوگیری از افت منابع آب زیرزمینی موضوعاتی است که در کلیه سطوح تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی ملی و منطقه‌ای و حتی بین عموم آحاد مردم مطرح می‌باشد. در این مقاله ضمن بررسی تغییرات منابع و مصارف آب در مقیاس این حوضه آبریز، به عنوان واحد مدیریت یکپارچه منابع آب، به ارائه راهکارهای مدیریتی و سازه‌ای در جهت مدیریت پایدار حوضه زاینده‌رود و به ویژه ایجاد جریان پایدار رودخانه زاینده‌رود پرداخته شده است. این راهکارها از دیدگاه دیگری مشتمل بر مدیریت تامین و نیز مصرف آب می‌باشد که بخشی از آنها در حیطه عملکرد محلی و حوضه ای و بخشهای دیگر ملی است. بدین منظور اولویت‌بندی مدیریت مصرف آب در بخش‌های مختلف شرب، کشاورزی و صنعت ارائه شده است. در مجموع براساس مطالب ارائه شده در این مقاله می‌توان به ایجاد پایداری در منابع آب حوضه و نیز وجود جریان پایدار در رودخانه زاینده‌رود از زردکوه تا تالاب گاوخونی، منوط به جلوگیری از بارگذاری‌های جدید و همزمان اعمال مدیریت توأمان تامین و مصرف آب امیدوار بود. لذا انتقال آب به این حوضه در وضعیت موجود شرط لازم و مدیریت مصرف شرط کافی در این زمینه خواهد بود.

کلمات کلیدی: توسعه پایدار، زاینده‌رود، مدیریت مصرف، مدیریت یکپارچه، مدیریت تامین.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۷/۱۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۹/۲۷

1- Associate Professor, Department of Civil Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. E-mail: hasafavi@cc.iut.ac.ir

2- Former M.Sc. Student, Department of Civil Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

*- Corresponding Author

۱- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد عمران - مدیریت منابع آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

*- نویسنده مسئول

سؤالی که مطرح می‌شود این است که آیا زاینده‌رود زنده خواهد ماند و یا به مرور به یک رودخانه فصلی و در نهایت به یک خشکه‌رود تبدیل خواهد شد؟ در این مقاله سعی شده که ضمن بررسی علل ایجاد وضعیت کنونی منابع آب حوضه آبریز زاینده‌رود به چگونگی ایجاد پایداری به آن پرداخته و جزییات روشهای ایجاد این پایداری اعم از مدیریتی و سازه‌ای ارائه تا رودخانه زاینده‌رود بتواند از سراب تا تالاب بین‌المللی گاوخونی همچنان زنده بماند.

۲- منابع و مصارف آب در حوضه آبریز زاینده رود

حوضه آبریز زاینده‌رود با مساحت ۲۶۹۷۲ کیلومتر مربع، از شمال به حوضه آبریز دریاچه‌ی نمک، از غرب و جنوب غرب حوضه آبریز کارون و دز، از شرق به حوضه آبریز دق سرخ و کویر سیاه کوه و از جنوب به حوضه آبریز شهرضا محدود می‌گردد. از این مساحت ۹۳ درصد آن در استان اصفهان و ۷ درصد آن در استان چهارمحال و بختیاری واقع شده است.

شکل ۱۱ موقعیت و شمای کلی این حوضه را نشان می‌دهد. تغییرات آب و هوا در این حوضه قابل توجه است، به گونه‌ای که با میانگین بارندگی ۲۷۸ میلیمتر، در منطقه‌ی چلگرد میزان بارش متوسط دراز مدت سالانه حدود ۱۴۰۰ میلیمتر است، در حالیکه در شرق حوضه یعنی تالاب گاوخونی بارش متوسط سالانه از ۸۰ میلیمتر تجاوز نمی‌کند (Yekom Consulting Engineers, 2013). این حوضه با توجه به مطلوبیت‌ها و مزایای نسبی فراوان در زیربخش‌های مختلف، مورد توجه ساکنان کویر مرکزی ایران است، به گونه‌ای که به عنوان یکی از متراکم‌ترین حوضه‌های جمعیتی کشور و اولین حوضه صنعتی کشور شناخته می‌شود. از این‌رو بارگذاری‌های بیش از حد بر آن پایداری آنرا به خطر انداخته است (Safavi et al, 2015). در این حوضه آبریز، با توجه به افزایش جمعیت و توجه به توسعه کشاورزی و صنعتی در منطقه، استفاده از منابع آب سطحی و زیرزمینی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. به طوری که تأمین منابع آبی جدید همچون انتقال آب بین حوضه‌ای به عنوان گزینه‌ی پیش رو در مدیریت این حوضه‌ی پیچیده، همواره مورد نظر تصمیم‌گیران بوده است.

مصارف آب در حوضه آبریز زاینده‌رود در سه بخش عمده کشاورزی، شهری و صنعتی انجام می‌گیرد، که پس از مصرف، مقداری از آنها به صورت زهکشی از اراضی کشاورزی مجاور رودخانه و یا پسابهای شهری و صنعتی مجدداً به منابع آب زیرزمینی یا رودخانه زاینده‌رود وارد می‌گردد.

رشد شتابان توسعه و نیازهای روزافزون بشر به منابع طبیعی از جمله منابع آب باعث ایجاد عدم تعادل بین عرضه و تقاضا شده و در نهایت ناپایداری‌هایی را در اغلب مناطق دنیا به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک نظیر کشور ما ایجاد نموده است. این ناپایداری‌ها به ویژه در شرایط نوسانات اقلیمی نظیر کاهش بارندگی و افزایش دما به شدت نمایان‌تر شده و باعث ایجاد نابسامانی در زندگی و حتی ایجاد تنش‌های اجتماعی شده است. شاید تا چند دهه گذشته مهمترین دغدغه مدیران منابع آب تأمین و عرضه آب از مناطق مختلف دوردست یا اعماق بیشتر بود، ولی امروزه مدیریت مصرف نیز در اولویت برنامه‌ریزی و مدیریت جامع منابع آب قرار دارد (Ardakanian, 2005). به دلیل اینکه تأمین آب بیشتر خود باعث ایجاد توسعه بیشتر و توسعه بیشتر باعث نیاز آبی بیشتر می‌گردد. در این دور باطل می‌توان گفت که: کافی کافی نیست! از این رو در بحث مدیریت یکپارچه منابع آب تکیه اصلی بر مدیریت توأمان تأمین و تقاضای آب است تا بتوان به توسعه متوازن و پایدار دست یافت. امروزه دیگر آب به عنوان یک موهبت مطرح نبوده بلکه به عنوان یک کالای اقتصادی کمیاب و در برخی مناطق نایاب در چرخه منابع طبیعی وارد شده و نیاز است یک بازبینی اساسی در مدیریت آن صورت گیرد. لذا سازگاری با کم آبی و نیز مدیریت یکپارچه و یا جامع منابع آب امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد تا بتوان توسعه متوازن و پایدار را طی نمود. جهت رسیدن به مدیریتی یکپارچه در زمینه منابع آب، سیستم نیازمند برنامه‌ریزی استراتژیک است تا فرآیند مدیریتی در راستای هماهنگی قابلیت‌های سیستم با فرصت‌های موجود شکل گیرد (Hamdy and Trisorio-Liuzzi, 2004). حوضه آبریز رودخانه‌ها به عنوان واحد برنامه ریزی و مدیریت یکپارچه منابع آب می‌تواند مهمترین گام در این برنامه‌ریزی استراتژیک باشد. حوضه آبریز رودخانه زاینده‌رود هم در طی دو دهه گذشته علاوه بر بارگذاری بیش از حد توان خود و همچنین وقوع خشکسالی‌های ممتد، دچار مشکلات متعددی برای تأمین مصارف مختلف به ویژه بخش کشاورزی و نیاز زیست محیطی شده که در نهایت تشنجات اجتماعی را به همراه داشته است. در این میان به جز خسارات مستقیم وارده به مصرف کنندگان آب در بخش‌های مختلف اعم از شرب، صنعت و به ویژه کشاورزی، اثرات روحی و روانی نامطلوبی در سیمای شهری شامل از بین رفتن فضای سبز و منظر رودخانه، محیط زیست رودخانه و تالاب گاوخونی شده است. لذا پایدار نمودن جریان آب رودخانه زاینده‌رود از جمله دغدغه‌های مدیران و تصمیم‌سازان محلی و ملی می‌باشد (Safavi and Shishehforoush, 2012). اساساً



شکل ۱- شمالی کلی از حوضه‌ی آبریز زاینده‌رود

به صورت زهکش به رودخانه صورت نمی‌گیرد. براین اساس حتی در شرایط نرمال آبی به لحاظ بارندگی نیز نایبستی انتظار جریان پایدار در زاینده‌رود و تالاب گاوخونی را داشت. لذا اقداماتی را در سطوح محلی و ملی جهت ایجاد این پایداری بایستی انجام داد که در ادامه به آن پرداخته شده است.

۳- راهکارهای ایجاد پایداری در منابع آب حوضه و جریان پایدار در زاینده‌رود

راهکارهای ایجاد جریان پایدار در رودخانه زاینده‌رود و نیز حفظ جریان زیست محیطی در تالاب بین‌المللی گاوخونی به دودسته اقدامات مدیریتی تأمین و مصرف آب دسته‌بندی می‌گردند. اقدامات به نحو دیگری می‌تواند به دودسته اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای تقسیم‌بندی نمود. در ادامه این راهکارها به همراه میزان تأثیر آنها به تفصیل بیان شده است.

۳-۱- مدیریت تأمین، انتقال و عرضه آب

در تأمین آب برای حوضه‌هایی که دچار تنش آبی به دلیل افزایش جمعیت و به دنبال آن کاهش منابع آبی می‌گردند، گزینه انتقال آب از جمله اساسی‌ترین راهکارهای مدیریت تأمین است. این موضوع به ویژه در حوضه‌هایی که در مجاورت حوضه‌های آبریز پرآب قرار دارند

همچنین حبابه زیست محیطی تالاب گاوخونی به عنوان مصرف انتهایی حوضه می‌باشد. در طی ۲۰ سال گذشته بطور میانگین مجموع ناخالص برداشت از منابع آب برای مصارف مختلف در این حوضه در شرایط نرمال حدود ۴۳۲۰ میلیون مترمکعب می‌باشد، که با کسر آبهای برگشتی به ویژه به منابع آب زیرزمینی مقدار خالص برداشت از منابع آب در مجموع در طی ۲۰ سال گذشته حدود ۲۵۰۰ میلیون مترمکعب بوده که حدود ۱۵۰۰ میلیون مترمکعب آن از منابع آب سطحی اعم از آورد طبیعی یا انتقال بین حوضه ای تأمین و حدود ۱۰۰۰ میلیون مترمکعب آن از منابع آب زیرزمینی تأمین شده است (Zayandab Consulting Engineers, 2009). این در حالی است که برداشت خالص از منابع آب جهت مصارف مختلف با کسر آبهای برگشتی در طی این دوره بیست ساله حدود ۲۸۰۰ میلیون مترمکعب بوده است. لذا بطور میانگین این حوضه در طی دودسته گذشته ۶۰۰۰ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی خود را از دست داده است و حجم ذخایر آبخوانهای آن به شدت کاهش یافته بطوریکه در طی ۵ سال گذشته این کاهش ذخایر منابع آب زیرزمینی بطور میانگین در هر سال به حدود ۸۰۰ میلیون مترمکعب رسیده است (Safavi and Golmohammadi, 2014). این در حالی است که در طی سالهای اخیر به دلیل خروج آب پمپاژ شده از بالادست رودخانه به خارج از حوضه آبریز رودخانه، هیچگونه برگشت آبی نیز

از دیرباز مطرح و به اجرا در آمده است. در ادامه ضرورت انتقال آب از حوضه‌های دز و کارون به حوضه زاینده رود بررسی شده است.

۳-۲- انتقال آب به حوضه آبریز زاینده‌رود

حوضه زاینده‌رود به عنوان یکی از حوضه‌هایی که بیشترین طرح‌های انتقال آب در آن به اجرا درآمده و هنوز هم دارای بحران شدید کمبود آب است، از حدود ۴۴۰ سال پیش (عصر صفویه) مورد توجه بوده است. همجواری با کویرهای مرکزی ایران از یکطرف و مجاورت با سلسله جبال زردکوه و منابع آب بالقوه در غرب زاگرس که سرشاخه‌های دز و کارون را تشکیل می‌دهند، باعث شده که از دهه ۱۳۳۰ تاکنون طرح‌های انتقال آب توسط تونل در این حوضه اجرایی گردد. توزیع جغرافیایی نامتناسب آب و عدم تطبیق توسعه‌های جمعیتی و صنعتی در این حوضه با حوضه‌های مجاور دلیل عمده این انتقالات بوده است. افزایش نیاز توسعه‌های انسانی به آب در طول زمان و عدم توزیع متعادل و متناسب منابع آب در مناطق مختلف از یکسو و منطبق نبودن مراکز جمعیتی و مصارف بر منابع تجدیدپذیر آب موجب می‌شود طرح‌های انتقال بین حوضه‌ای آب به عنوان یک راهکار در دستور قرار گیرد. آنچه مسلم است تفاوت در توزیع جغرافیایی مصارف و منابع آب به تنهایی دلیل کافی برای انتقال حوضه به حوضه آب نیست. پیش از هر اقدامی لازم است در حوضه مقصد و حوضه مبدأ از موارد زیر اطمینان حاصل شود:

الف - در حوضه مقصد :

- واقعی بودن بحران کمبود آب،
 - استفاده بهینه از منابع آب موجود،
 - عدم وجود منابع آب بهره‌برداری نشده
- ب - در حوضه مبدأ

- وجود منابع بهره‌برداری نشده آب یا منابع مازاد بر مصارف،
- ارزیابی اثرات طرح‌های انتقال بین حوضه‌ای آب بر توسعه‌های آبی و شرایط زیست محیطی

۳-۳- کمبود منابع آب در حوضه زاینده‌رود:

بیان منفی منابع آب زیرزمینی

طی ۲۰ سال اخیر افت منابع آب زیرزمینی در حوضه زاینده‌رود شتاب بیشتری گرفته است. به طوریکه حجم بیان منفی منابع آب زیرزمینی در طی این دوره به ۶۰۰۰ میلیون مترمکعب و میانگین افت سالانه منابع آب زیرزمینی به ۳۰۰ مترمکعب در سال رسیده است. نتیجه چنین روندی، افت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و

در معرض نابودی کامل قرار گرفتن منابع آب زیرزمینی در اغلب آبخوان‌ها به ویژه در دشتهای نجف آباد، دامنه و داران، برخوار، مهیار و جرقویه است. نابودی منابع آب زیرزمینی که در برخی از دشتهای پدیده نشست عمومی و سراسری زمین را موجب شده است، نشانه وارد آمدن آسیب‌های جدی به حوضه می‌باشد.

عدم تامین و تحویل حقابه محیط زیست

حقابه زیست‌محیطی رودخانه و تالاب گاوخونی ۱۷۶ میلیون مترمکعب در سال است که نه تنها در خشکسالی‌های اخیر بلکه در سالهای میانگین هم تأمین نشده است (Sarhadi and Soltani, 2013).

بحران کمبود آب در بخش کشاورزی

به دلیل اولویت بخش‌های شرب و صنعت، بیشترین پیامدهای بحران کمبود آب در بخش کشاورزی و محیط زیست قابل مشاهده است. مطابق مستندات موجود سطح زیرکشت در حوضه زاینده‌رود کاهش چشمگیری یافته است و به کمتر از ۲۰۰۰۰۰ هکتار در سالهای نرمال رسیده است. این کاهش شدید سطح زیرکشت به غیر از کاهش شدید در سالهای خشکسالی بوده که به حدود ۱۰۰۰۰۰ هکتار می‌رسد (Zayandab Consulting Engineers, 2009).

پیامدهای طرح‌های انتقال حوضه ای آب بر حوضه مبدأ

همانگونه که ذکر شد صرف وجود منابع آب بیشتر در یک حوضه و کمبود آب در حوضه مجاور دلیلی برای انتقال آب بین حوضه‌ای نیست و لازم است پیامدهای انتقال آب بر حوضه مبدأ نیز مورد توجه قرار گیرد و چشم‌انداز آتی حوضه مبدأ پس از انتقال آب از نظر توسعه پایدار اقتصادی- اجتماعی- فرهنگی و تعادل زیست محیطی مورد توجه قرار گیرد. در ادامه از این نقطه نظر وضعیت حوضه دز و کارون مورد بررسی قرار می‌گیرد.

منابع آب موجود در حوضه دز و کارون

از حوضه دز و کارون طرح‌های انتقال بین حوضه‌ای متعددی به بهره‌برداری رسیده یا در دست اجرا و مطالعه است. مجموع حجم آب قابل انتقال از طریق این طرح‌ها در جدول ۱ ارائه شده است (Safavi, 2012).

جدول ۱- طرحهای انتقال بین حوضه‌ای تا سال ۱۴۰۵ و حجم آب خروجی از حوضه دز و کارون (میلیون متر مکعب)

نام طرح	کوه‌رنگ I	کوه‌رنگ II	کوه‌رنگ III	چشمه لنگان	سولگان	دز - قمرود	ماربر - آباده	بهشت آباد	کمال صالح	جمع
حجم انتقالی	۳۰۰	۲۵۰	۲۵۰	۱۶۴	۲۰۰	۱۹۴	۱۰۰	۵۷۸	۳۵	۲۰۷۱

مدیریت منابع آب حوضه آبریز زاینده‌رود در نظر گرفته شده است. در واقع این مصوبه سه محور اصلی مدیریت تأمین آب، مصرف آب و نیز حقوق آب را مورد توجه قرار داده است که در ادامه به بحث مدیریت مصرف آب در این حوضه پرداخته شده است.

۳-۴- مدیریت مصرف آب

کاهش متوسط آب مصرفی، ضمن حفظ پایداری و کارایی منابع در دسترس، ویژگی اصلی مدیریت مصرف آب است (Brooks, 2006). در حقیقت، مدیریت مصرف آب به دنبال راه‌حل‌های پایدار، منطبق با عوامل زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی در محدوده‌ی گزینه‌های موجود جهت تضمین تأمین نیازهاست (White et al., 2007). کاهش آب مورد تقاضا سبب رفع نیاز به منابع اضافی آب و تصفیه فاضلاب می‌گردد که هزینه‌های مالی، اجتماعی و زیست‌محیطی به همراه دارند. مدیریت تقاضا بر مکانیزم و دانشی متمرکز است که مصرف‌کننده را پیوسته به سمت کاهش مصرف هدایت می‌کند. این امر با کاهش استفاده از وسایل آبرو یا افزایش بازده استفاده از آب میسر است (Willis et al., 2011). مدیریت تقاضا، ضمن کاهش مصارف، سبب افزایش منافع اقتصادی و کاهش آسیب به محیط‌زیست نیز می‌شود. اما عدم شفافیت کافی اجزای مدیریت مصرف و چگونگی معرفی مؤثر به بخش‌ها، مناطق و فرهنگ‌های مختلف، باعث می‌شود نتواند آن چنان که شایسته است، نقش پررنگی در برنامه‌ها و سیاست‌های مربوط به آب داشته باشد.

با توجه به تعریف نوبنی که بروکس برای مدیریت تقاضا ارائه نمود، پنج هدف از پیاده‌سازی اقدامات فنی، اقتصادی، مدیریتی یا اجتماعی مربوط به مدیریت تقاضا، مورد انتظار است (Brooks, 2006):

کاهش کمیت یا کیفیت آب مورد نیاز برای انجام یک کار مشخص تغییر فرایند انجام یک کار مشخص به نحوی که آب با مقدار یا کیفیت کمتری نیاز باشد کاهش افت در مقدار یا کیفیت آب از منبع تا مصرف‌کننده و نهایتاً دفع آب مصرفی جایجایی زمان اوج مصرف توانمندسازی سیستم تأمین و توزیع آب برای تأمین در مواقع کمبود آب به ویژه در شرایط خشکسالی از آنجا که تعادل بین عرضه و

مطابق جدول ۱ در صورت بهره‌برداری از کل طرحهای انتقال بین حوضه‌ای در دستور کار، در شرایط میانگین، سالانه ۲/۰۷ میلیارد مترمکعب از منابع حوضه دز و کارون به حوضه‌های دیگر منتقل می‌شود. این ارقام نشان دهنده این واقعیت هستند که اجرا و بهره‌برداری از طرحهای انتقال بین حوضه‌ای در دست اقدام خلیی در تأمین نیازهای شرب، صنعت، کشاورزی، آبرزی پروری، زیست محیطی دز و کارون پدید نمی‌آورند.

از اقدامات دیگر می‌توان به اجرایی نمودن طرح‌های سازه‌ای انتقال آب به حوضه از جمله سد و تونل سوم کوه‌رنگ که سالانه حدود ۲۵۰ میلیون مترمکعب آب را وارد حوضه زاینده‌رود می‌نماید و تخصیص‌های آن نیز در طی سالهای گذشته داده شده است و نیز سد و تونل بهشت آباد و طرح انتقال آب یلان اشاره نمود که می‌تواند در طی دهه آتی به بهره‌برداری رسیده و لذا بایستی توجه گردد تا شروع بهره‌برداری از این طرح‌ها هیچگونه تخصیصی نسبت به آب انتقال نیافته داده نشود. لازم به ذکر است که طرح بهشت آباد انتقال آب به فلات مرکزی ایران از جمله استانهای کرمان و یزد می‌باشد و حدود ۲۵۰ میلیون متر مکعب از ۵۵۰ میلیون مترمکعب آن به حوضه آبریز زاینده‌رود انتقال داده خواهد شد (Tavakoli Nabavi, 2011).

به جز اقدامات مدیریتی و سازه‌ای فوق بایستی که عمدتاً در دسته‌بندی مدیریت تأمین یا عرضه می‌گنجد، به بحث اساسی دیگری در داخل حوضه اشاره نمود و آن بحث مدیریت تقاضا یا مصرف یا به تعبیری انضباط آبی است که به دلیل نوع نگرش مصرف‌کنندگان در طی دهه‌های گذشته در انواع بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت دارای راندمان بهینه‌ای در جهت مصرف نبوده و نیاز است با انواع روشهای کاهش مصرف در جهت ایجاد پایداری منابع آب حوضه زاینده‌رود اقدام نمود. براساس معیارهای پایداری منابع آب در مقیاس حوضه‌های آبریز حتی با انتقال کامل آب توسط طرح‌های بیان شده نیز، حوضه آبریز زاینده‌رود به لحاظ معیارهای پایداری وضعیت مناسبی نداشته و حداقل سرانه آب تجدیدپذیر آن با استاندارد جهانی آن فاصله زیادی خواهد داشت. این موضوع به خوبی در مصوبه ۹ ماده‌ای شورای عالی آب در مورد

تقاضای آب در حوضه زاینده رود در طی دهه‌های اخیر برهم خورده و به ویژه شدت این عدم تعادل در سال‌های اخیر که حوضه دچار خشکسالی‌های متوالی و شدید شده است، باعث خشک شدن رودخانه‌ای گردیده است و از طرف دیگر با توجه به این که در خوش‌بینانه‌ترین حالت، در صورت انتقال آب به این حوضه از حوضه‌های مجاور، چندین سال بهره‌برداری از این طرح‌ها طول خواهد کشید، حوضه زاینده رود سال‌ها با مشکل تأمین آب روبه‌رو خواهد بود. ضمن این که در صورت انتقال آب به حوضه، به همراه منابع جدید، نیازهای جدیدی نیز متناسب با آن‌ها نیز وارد حوضه می‌شود که بایستی مدیریت شده و از بارگذاری‌های جدید جلوگیری شود. بنابر این در هر حال نیاز به مدیریت تقاضا یا مصرف آب به شدت در حوضه به عنوان مکمل طرح‌های انتقال احساس می‌شود. این اقدامات در سه دسته اصلی مدیریت مصرف آب شهری، کشاورزی و نهایتاً صنعت قابل دسته بندی است که در ادامه به نقش آنها پرداخته شده است (Rastghalam, 2012).

۳-۴-۱- مدیریت مصرف آب شهری

براساس تجارب حاصل از مدیریت مصرف در مناطق مشابه و نیز تحقیقات صورت گرفته و نیز مطابق دسته‌بندی دفتر نظارت بر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد وزارت نیرو، می‌توان چهار دسته عمده اقدامات را که برای مدیریت تقاضای آب شهری، به شرح زیر دسته بندی نمود:

۱- رویکرد فنی در بخش‌های عرضه و شبکه توزیع: شامل سخت افزار و تجهیزات بخش تولید و توزیع آب و وسایل آبر و آب‌پخش در تاسیسات مشترکین.

۲- رویکرد قانونی و آئین‌نامه‌ای: شامل سهمیه‌بندی، محدودیت و ممنوعیت، تدوین مقررات و استاندارد

۳- رویکرد اقتصادی و تعرفه‌ای

۴- رویکرد آموزشی و فرهنگی

رتبه‌بندی رویکردهای مدیریت تقاضای آب شرب

برای تعیین اهمیت و یا به عبارت بهتر، ارجحیت چهار رویکرد مدیریت تقاضای آب شرب، از فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. بدین منظور، مطابق گام‌های این فرایند، بایستی هدف، معیارهای سنجش و گزینه‌های مورد

هدف:

تعیین ارجحیت رویکردهای مدیریت تقاضای آب شرب در حوضه آبریز زاینده‌رود

معیارهای سنجش:

- ۱- میزان کاهش مصرف یا افزایش بهره‌وری مصرف با اتخاذ رویکرد مورد نظر
- ۲- هزینه اجرا، نگهداری یا پشتیبانی طرح‌های مربوط به آن رویکرد
- ۳- سهولت اجرا، نگهداری و پشتیبانی طرح‌های مربوط به هر رویکرد
- ۴- آثار زیست‌محیطی و اجتماعی طرح‌ها

گزینه‌ها:

- ۱- رویکرد فنی مهندسی
 - ۲- رویکرد فرهنگی و آموزش همگانی
 - ۳- رویکرد تعرفه‌ای و اقتصادی
 - ۴- رویکرد قانونی و تنظیم مقررات
- در گام بعدی برای انجام مقایسه‌های زوجی از روش تکمیل پرسشنامه عمل گردید و از نظرات کارشناسان مختلف در امر بهره‌برداری به عنوان خبره استفاده گردید. این کارشناسان در بخش‌های مختلف صنعت آب و فاضلاب مشغول کار بوده و در امر ارزیابی توانا تشخیص داده شده‌اند.

برای انجام گام‌های بعدی تحلیل سلسله مراتبی یعنی، تعیین وزن‌های نسبی و نهایی، کنترل ناسازگاری ماتریس‌های مقایسه‌ای و رتبه‌بندی گزینه‌ها، از نرم افزار Expert Choice 11 استفاده شد. این نرم افزار با استفاده از روش محاسبه مقادیر ویژه، وزن‌ها را محاسبه نموده و نتایج را در اختیار می‌گذارد.

خروجی نرم‌افزار، استنتاج وزن‌های نهایی به همراه نرخ ناسازگاری است که مطابق شکل ۲ حاصل شده است:

Synthesis: Summary

Synthesis with respect to:
Ranking of Urban Water Consumption Management Action
Overall Inconsistency = .03

Technical & Engineering Actions	.349	
Public Education & Awareness	.275	
Economical & Tariff Management	.229	
Legal Actions	.148	

شکل ۲- خروجی نرم‌افزار Expert Choice: استنتاج وزن‌های نهایی مجموعه اقدامات مدیریت تقاضای آب شرب

- تجهیز مزارع به سیستم‌های هوشمند تعیین رطوبت خاک و زمان مناسب آبیاری
- استفاده از پوشش مالچ (خاکپوش)
- استفاده از منابع آب نامتعارف همانند پساب تصفیه شده و آب‌های شور
- خاک ورزی حفاظتی (حفظ باقیمانده گیاهان کشت قبل)
- توسعه کشت گلخانه‌ای
- استفاده از ارقام زودرس- دیررس یا مقاوم به خشکی- شوری و با نیاز آبی کمتر
- کشت مخلوط محصولات
- مدیریت کشاورز در مزرعه مانند: انتخاب اندازه کرت، نوع کشت و کم آبیاری
- آموزش و ترویج

به منظور یافتن اهمیت این اقدامات نسبت به یکدیگر و طی فرایند تحلیل سلسله مراتبی، مطابق مراحل ذکر شده در بخش آب شرب، نیاز به معیارهایی برای مقایسه این گزینه‌ها است. براساس تجربیات نمایندگان کشاورزان محلی و نیز مصاحبه با کارشناسان خبره در سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان، چهار معیار نزدیک به معیارهای رتبه‌بندی مدیریت تقاضای آب شهری، انتخاب شد. چنان که در بخش آب شهری نیز اشاره شد، سعی بر این بود که به معیارهای اصلی و مهمتر پرداخته شود و تعدادشان برای پاسخ‌دهنده به پرسشنامه خسته‌کننده نباشد. بنابر این غیر از گزینه‌های مذکور، موارد زیر برای تشکیل ساختار سلسله مراتبی تصمیم‌گیری مهیا شد:

هدف:

رتبه‌بندی اقدامات مدیریت تقاضای آب کشاورزی (کاهش مصرف یا افزایش بهره‌وری استفاده از آب) در حوضه آبریز زاینده‌رود

براساس نتایج شکل ۲، رویکرد یا مجموعه اقدامات فنی مهندسی با وزن ۰/۳۴۹ در رتبه نخست اهمیت و مجموعه اقدامات فرهنگی و آموزش همگانی با وزن ۰/۲۴۵ در رتبه دوم قرار گرفتند. اقدامات اقتصادی و تعرفه‌ای و اقدامات قانونی به ترتیب با وزن‌های ۰/۲۲۹ و ۰/۱۴۸، ارجحیت‌های بعدی را بدست آوردند. نرخ ناسازگاری کلی هم کمتر از ۰/۱ و برابر با ۰/۰۳ حاصل شد که مورد قبول است. کمتر از ۰/۱ بودن نرخ ناسازگاری برای هر یک از ماتریس‌های مقایسه‌ای نیز کنترل شد. بنابراین با مجموعه‌ای از اقداماتی شامل: اطلاع‌رسانی و آموزش همگانی، تدوین و اجرایی نمودن مقررات، برچسب‌گذاری وسائل آبر و آب‌پخش که نهایتاً منجر به بکارگیری این وسائل می‌شوند، می‌توان انتظار داشت به میزان ۱۵ درصد از میزان مصارف کاست. در ادامه کاهش مصرف به نظر می‌رسد با اصلاح فرهنگ مصرف مشترکین، بتوان تا حدود ۵ درصد از میزان مصارف کاست. این مورد نیز نیازمند برنامه‌ریزی بلند مدت به خصوص برای نسل‌های جدید است که بهترین نقطه تمرکز این اقدام، بدون شک مدارس محسوب می‌شوند. تاثیرات این دو گام ذکر شده، با فرض این که بتوان در ۶۰ درصد مصارف شرب حوضه اعمال شوند، مورد محاسبه قرار گرفت (Rastghalam, 2012).

۳-۴-۲- مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی

براساس مصاحبه‌ها و نیز تجربیات کارشناسان خبره و نیز کشاورزان فعال در حوضه آبریز زاینده‌رود، اقدامات متعددی جهت کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی در این حوضه آبریز می‌توان انجام داد که بخش عمده قابل اعمال آن عبارتند از:

- انواع روش‌های آبیاری تحت فشار شامل: آبیاری بارانی، قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیر سطحی
- جلوگیری از تلفات و بهینه سازی انتقال آب مانند: روکش کانال‌ها و به کار بردن هیدروفوم
- تسطیح دقیق و لیزری مزارع
- ساخت و استفاده از استخر ذخیره آب

معیارها:

و ماتریس‌های مقایسه زوجی در نرم‌افزار Expert Choice 11 ادامه یافت. خروجی این نرم افزار، استخراج وزن‌های نهایی گزینه‌ها است. بر این اساس از حالت توزیعی برای استنتاج وزن‌ها استفاده شد؛ زیرا هدف، انتخاب گزینه یا اقدام ایده‌آل نبوده، بلکه رتبه‌بندی و یافتن ارجحیت اقدامات نسبت به یکدیگر اهمیت دارد. با در نظر گرفتن این موضوع، مطابق شکل ۳ وزن‌های نهایی و ارجحیت گزینه‌های مدیریت تقاضای آب بخش کشاورزی حاصل شد. در جدول ۲ نیز می‌توان وزن نهایی نرمال شده گزینه‌ها نسبت به هر یک از معیارها را مشاهده نمود.

در جدول ۲، هر چه وزن گزینه بزرگتر باشد، یعنی در معیار مورد نظر، آن گزینه نسبت به سایرین، ارجحیت بیشتری دارد. با توجه به این که وزن‌ها نرمال شده‌اند، گزینه ارجح در هر معیار، حائز وزن یک شده است. یعنی در معیار میزان کاهش مصرف یا افزایش بهره‌وری، توسعه کشت گلخانه‌ای؛ در معیار هزینه اجرا، آموزش و ترویج؛ در معیار سهولت اجرا، نگهداری و پشتیبانی، استفاده از پوشش مالچ، در معیار مقبولیت اجتماعی، آبیاری تحت فشار و نهایتاً با در نظر گرفتن تمامی این معیارها، توسعه کشت گلخانه‌ای رتبه نخست را به خود اختصاص دادند.

توجه به این موضوع لازم است که هدف یافتن بهترین گزینه نیست، بلکه مقصود یافتن ارجحیت گزینه‌ها نسبت به یکدیگر است. به بیان دیگر بایستی عنوان نمود که تمامی گزینه‌ها برای مدیریت تقاضای آب کشاورزی در حوضه مهم هستند، ولی بایستی به گزینه‌هایی که وزن بیشتری بدست آوردند اهمیت بیشتری اختصاص داد.

۱- میزان کاهش مصرف یا افزایش بهره‌وری مصرف با اتخاذ اقدام مورد نظر

۲- هزینه اجرا و انجام اقدام

۳- سهولت اجرا و نگهداری و پشتیبانی اقدام

۴- مقبولیت اجتماعی اقدام (کشاورزان، مهندسين کشاورزی، مزرعه‌داران و کلیه افرادی که با بخش کشاورزی در ارتباط هستند)

براین اساس ساختار سلسله مراتبی تصمیم‌گیری ترسیم شد. مقایسه‌های زوجی این بخش نیز از طریق پرسشنامه انجام گرفت. بدین منظور ماتریس‌های مقایسه‌ای در قالب پرسشنامه، توسط تعدادی از کارشناسان و اساتید مرکز تحقیقات کشاورزی استان اصفهان، کارشناسان خبره سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان و نیز خبرگان کشاورزان استان تکمیل گردید. سعی بر آن بود که پاسخ‌دهندگان ضمن برخورداری از دانش و تجربه کافی، از بخش‌هایی انتخاب شوند که جنبه اجرایی داشته و بر وضعیت کشاورزی در مناطق مختلف حوضه، واقف باشند. در این بررسی سعی گردید از ایجاد ارباب در اعلام نظر کارشناس خبره با تخصص ایشان جلوگیری و تا حد امکان به نتایج قابل اعتمادتری دست یافت. نکته مهم دیگر این است که برای پاسخ‌دهندگان تشریح شد که تناسب اقدام مورد قضاوت با شرایط هر منطقه، به عنوان پیش فرض لحاظ می‌شود. برای مثال می‌دانیم در مناطقی که دارای وزش بادهای شدید است و امکان آبیاری بارانی وجود ندارد، منظور از آبیاری تحت فشار، آبیاری قطره‌ای سطحی یا زیرسطحی است. سایر گام‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی، با وارد نمودن گزینه‌ها، معیارها

Synthesis with respect to:

Goal: Ranking of Agricultural Water Demand Management Actions

Overall Inconsistency = .08



شکل ۳- ساختار سلسله مراتبی تعیین اهمیت اقدامات مدیریت تقاضای آب در بخش کشاورزی

Synthesis with respect to:
 Goal: Ranking of Agricultural Water Demand Management Actions
 Overall Inconsistency = .08



شکل ۴- استنتاج وزن‌های نهایی گزینه‌ها مدیریت تقاضای آب در بخش کشاورزی

جدول ۲- وزن نرمال شده گزینه‌های مدیریت تقاضای آب در بخش کشاورزی به تفکیک معیار

مقبولیت اجتماعی	سهولت اجرا، نگهداری و پشتیبانی	هزینه اجرا	میزان کاهش مصرف یا افزایش بهره‌وری	وزن نهایی	گزینه (اقدام)
۰/۵۴	۰/۱۲	۰/۲۲	۱	۱	نوسعه کشت گلخانه‌ای
۰/۴۸	۰/۵۶	۱	۰/۳۹	۰/۸۹	آموزش و ترویج
۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۶۲	۰/۵۵	۰/۷۸	سیستم‌های هوشمند تعیین رطوبت و زمان آبیاری
۰/۴۷	۰/۶۱	۰/۷۱	۰/۳۵	۰/۷۸	مدیریت کشاورز در مزرعه
۱	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۶۶	۰/۷۴	آبیاری تحت فشار
۰/۷۶	۰/۴۰	۰/۵۲	۰/۴۰	۰/۷۲	تسطیح لیزری
۰/۵۱	۰/۸۱	۰/۷۸	۰/۱۵	۰/۷۱	ارقام مقاوم به خشکی، زود رس و با نیاز آبی کم
۰/۳۰	۱	۰/۶۱	۰/۱۳	۰/۶۹	پوشش مالچ
۰/۳۷	۰/۷۸	۰/۴۸	۰/۲۱	۰/۶۴	خاک ورزی حفاظتی
۰/۹۱	۰/۳۹	۰/۴۱	۰/۲۵	۰/۵۷	استخر ذخیره آب
۰/۸۲	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۳۳	۰/۵۵	جلوگیری از تلفات و بهینه‌سازی انتقال آب
۰/۱۵	۰/۲۴	۰/۳۱	۰/۴۲	۰/۵۵	استفاده از منابع آب نامتعارف
۰/۲۷	۰/۷۳	۰/۴۷	۰/۱۰	۰/۵۲	کشت مخلوط

پیش‌فرض این رتبه بندی آن است که محصولاتی برای این کشت انتخاب شوند که با کشت گلخانه‌ای سازگار باشد. به بیان دیگر بر کشت گلخانه‌ای محصولاتی تاکید شده است که کشت آن‌ها در گلخانه امکان‌پذیر باشد. با این وجود سطح زیر کشت محصولاتی که از طرفی مناسب کشت گلخانه‌ای هستند و از طرف دیگر، صرفه اقتصادی دارند، نسبت به اراضی کشاورزی حوضه، قابل توجه نیست.

توسعه کشت گلخانه‌ای در مجموع توانست رتبه نخست اهمیت را بدست آورد. در این مورد شاید بتوان این گونه اظهار نظر نمود که در مناطقی که جدا با کمبود آب و خشکسالی‌های شدید و متوالی مواجه هستند، چاره‌ای جز استفاده بهینه از حداقل آب موجود، نیست. کشت گلخانه‌ای علی‌رغم هزینه‌های نسبتاً زیادی که به همراه دارد، به مقدار قابل توجهی بر کاهش تبخیر-تعرق گیاهان تاثیر دارد. البته

بنابر این با به کار بردن چهار اقدام اصلی تجهیز و نوسازی اراضی سنتی، تسطیح دقیق و لیزری مزارع، آبیاری تحت فشار و خاک‌ورزی حفاظتی، می‌توان برآورد نمود بر اساس مصارف سال ۸۶-۱۳۸۵ به عنوان سال نرمال، مجموعاً حدود ۸۸ میلیون مترمکعب آب در سال در بخش کشاورزی پتانسیل صرفه‌جویی وجود دارد.

۳-۴-۳- مدیریت مصرف آب در بخش صنعت

حوضه آبریز زاینده‌رود به دلیل جهت‌گیری خاص دولت و سرمایه‌گذاری‌های کلان به خصوص در رابطه با صنایع سنگین، رشد قابل توجهی داشته است. صنایع بزرگ و آب‌بر در این حوضه همانند ذوب آهن، فولاد مبارکه، صنایع نظامی، نیروگاه‌ها و پالایشگاه اصفهان به ویژه نقش بارزی داشته‌اند. در حوضه آبریز زاینده‌رود در سال ۱۳۹۰ جمعاً ۸۱ شهرک صنعتی در مساحتی برابر ۲۷۴۴ هکتار فعال بودند.

در سال ۱۳۹۰ حجم کل آب برداشتی توسط صنایع و معادن این حوضه، ۱۸۸ میلیون مترمکعب بود که ۱۱۵ میلیون مترمکعب از منابع آب سطحی و ۷۳ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی تأمین شد. حجم آب برگشتی به منابع سطحی و زیرزمینی ۵۶ میلیون مترمکعب بود که ۳۸ میلیون مترمکعب آن به منابع سطحی باز می‌گردد. در سال ۱۴۱۰ برآورد می‌شود که حجم آب برداشتی صنایع و معادن به ۴۷۱ میلیون مترمکعب برسد. برای مدیریت مصرف آب در بخش صنعت، روش‌های مختلفی به کار می‌رود. نمونه‌هایی از این روش‌ها عبارتند از:

- تغییر فرایند، برای کم کردن نیاز آبی فرایند
- استفاده مجدد از پساب یک فرایند در فرایند دیگر
- بازگردش پساب فرایند به همان فرایندی که از آن سرچشمه گرفته است

برای کاهش آب مصرفی صنعت، هر یک از صنایع حوضه بایستی به صورت مجزا مورد مطالعه قرار گیرند. ولی با استفاده از مطالعات صنایع مشابه در مناطق دیگر جهان، می‌توان برآوردی از پتانسیل کاهش مصارف بخش صنعت بدست آورد. بدین منظور، نسبت میزان مصرف صنایع عمده حوضه در جدول ۳ نشان داده شده است (Yekom Consulting Engineers, 2013).

این صنایع حدود ۵۵ درصد کل مصارف آب صنعت در این حوضه را تشکیل می‌دهند. تقریباً بیش از ۹۳ درصد از مصارف کل واحدهای تولیدی صرف فرایند تولید می‌شود و ۷ درصد باقیمانده برای شست‌وشو و فضای سبز در نظر گرفته می‌شود. بر این اساس با

احتساب حدود ۱۰ درصد کاهش مصرف، در کارخانجات فولاد، مقدار کاهش مصرف تولید فولاد حوضه محاسبه شد. همچنین در مورد پالایشگاه تهران، مطابق مطالعات انجام شده بین ۱۷ تا ۵۹/۷ درصد پتانسیل برای کاهش در مصارف وجود دارد، که رقم ۲۰ درصد برای پالایشگاه‌ها برآورد گردید. بنابراین در مورد حدود ۵۵ درصد مصارف صنعت می‌توان پیش‌بینی نمود که با مدیریت مصرف در این صنایع در شرایط کنونی حدود ۱۱ میلیون متر مکعب یعنی در حدود ۶ درصد قابل کاهش است.

جدول ۳- حجم آب مصرفی صنایع عمده واقع در حوضه

زاینده‌رود

واحد صنعتی	حجم آب مصرفی سالانه (هزار مترمکعب)	درصد مصرف نسبت به کل مصارف صنعت
مجتمع فولاد مبارکه	۴۰۲۷۰	۲۱
ذوب آهن اصفهان	۳۱۸۰۶	۱۷
نیروگاه اسلام آباد و شهید منتظری	۱۵۹۵۴	۹
پالایشگاه اصفهان	۷۱۳۰	۴
کل صنایع پتروشیمی	۷۷۹۶	۴

۴- نتیجه‌گیری

با عنایت به شرایط ویژه حوضه آبریز زاینده‌رود و لزوم توجه به مسئله پایداری منابع آب این حوضه به ویژه رودخانه زاینده‌رود، راهکارهای اجرایی شامل اقدامات مدیریت تأمین و نیز مصرف آب ارائه و ضمن اولویت‌بندی این اقدامات، اثرات کمی آنها در حوضه مشخص گردید. براین اساس با توجه به کمبود سالانه حدود ۸۰۰ میلیون مترمکعب آب در شرایط نرمال که باعث خشکی طولانی مدت رودخانه، کاهش شدید حجم ذخیره آب سد زاینده‌رود، خشک شدن تالاب گاوخونی و افت شدید در منابع آب زیرزمینی شده است، نیاز به تأمین حداقل ۵۰۰ میلیون مترمکعب آب در سال در طرح‌های جدید انتقال آب بین حوضه‌ای و اعمال روشهای مختلف مدیریت مصرف در سه بخش شرب، کشاورزی و صنعت می‌باشد. اعمال روشهای مختلف مدیریت مصرف برای شرایط کنونی در بخش شرب موجب ۲۹ میلیون مترمکعب، در بخش کشاورزی ۸۸ میلیون مترمکعب و در بخش صنعت ۱۱ میلیون مترمکعب و در مجموع ۱۲۸ میلیون مترمکعب صرفه‌جویی در مصرف آب می‌نماید. همانگونه که به تفصیل بیان شد این میزان صرفه‌جویی در مصارف مختلف نیاز به آموزش عمومی، اصلاح

- Civil Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian)
- Safavi HR (2012) Interbasin water transfer to Zayandehrud: A necessity or selection? Interbasin Water Transfer Conference, Azad University of Shahrkord, Shahrkord, Iran. (In Persian)
- Safavi HR, Golmohammadi MH (2014) Water resources planning in Zayandehrud for integrated water resources management, International Meeting for Sustainability of Zayandehrud River from Zardkough to Ghavkhouni Wetland, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian)
- Safavi HR, Golmohammadi MH, Sandoval-Solis S (2015) Expert knowledge based modeling for integrated water resources planning and management in the Zayandehrud River Basin. *Journal of Hydrology*, 528:773-789.
- Safavi HR, Shishehforoush M (2012) Water resources management based of sustainability, 2nd Conference on Sustainability and Civil Engineering, Daneshpajouhan University, Isfahan, Iran. (In Persian)
- Sarhadi A, Soltani S (2013) Determination of water requirements of the Gavkhooni wetland, Iran: A hydrological approach. *Journal of Arid Environments*, 98: 27-40.
- Tavakoli Nabavi E (2011) Determination of criteria for sustainability of Zayandehrud basin, M.Sc. Thesis, Department of Civil Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian)
- White S, Turner A, Fane S, Giurco D (2007) Urban water supply-demand planning: a worked example. 4th IWA Specialist Conference on Efficient Use and Management of Urban Water Supply. Jeju, Korea.
- Willis RM, Stewart RA, Panuwatwanich K, Williams PR, Hollingsworth AL (2011) Quantifying the influence of environmental and water conservation attitudes on household end use water consumption. *Journal of Environmental Management* 92(8):1996-2009.
- Yekom Consulting Engineers (2013) Studies for updating Iran's integrated water plan (Gavkhouni River Basin), Final report, Water and Wastewater Section, Ministry of Energy, Tehran, Iran. (In Persian)
- Zayandab Consulting Engineers, (2009), Water demand and supply in Zayandehrud Basin. Isfahan Water Company, Isfahan, Iran. (In Persian)
- شبکه‌های آبرسانی موجود، استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف آب در بخش آب شهری و روستایی و نیز اصلاح الگوهای آبیاری، یکپارچه‌سازی اراضی، آموزش و ترویج، استفاده از کشت گلخانه‌ای، تسطیح دقیق و لیزری و نهایتاً خاک‌ورزی حفاظتی می‌باشد. در بخش صنعت نیز بازچرخانی پسابها و اصلاح الگوهای مصرف آب فرایندهای تولید باعث کاهش نیاز آبی و مدیریت بهتر مصرف آب خواهد شد. براین اساس راهکار برون رفت از بحران آب و ایجاد پایداری منابع آب در این حوضه، با اعمال مدیریت توأمان تأمین و مصرف آب میسر می‌باشد.
- ### ۵- قدردانی
- این مقاله نسخه تکمیل و داوری شده مقاله ارائه شده در ششمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران می‌باشد. این کنفرانس در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۵ در شهر سنج برگزار شد. از شرکت آب منطقه‌ای اصفهان، سازمان جهاد کشاورزی و نیز شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان به دلیل در اختیار گذاشتن اطلاعات مورد نیاز و نیز کارشناسان محترم این ارگانها به دلیل پاسخ به پرسشنامه‌ها قدردانی می‌گردد. همچنین از نمایندگان کشاورزان و نیز محققان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان در پاسخگویی به پرسشنامه‌ها و ارائه تجربیات خود تشکر و قدردانی می‌گردد.
- ### ۶- مراجع
- Ardakanian R (2005) Overview of water management in Iran, Water Conservation, Reuse, and Recycling: Proceedings of an Iranian-American Workshop, The National Academy Press, Washington DC, USA.
- Brooks DB (2006) An operational definition of water demand management. *International Journal of Water Resources Development*, 22 (4): 521-528.
- Hamdy A, Trisorio-Liuzzi G (2004) Water management strategies to combat drought in the semiarid regions, *Water Management for Drought Mitigation in the Mediterranean at the Regional Conference on Arab Water*, Cairo, Egypt.
- Iran Water and Wastewater Company (2008) Guideline for water demand in water and wastewater industries, Office of Unaccounted for Water, Iran Water and Wastewater Company. (In Persian)
- Rastghalam M (2012) Demand management in Zayandehrud Basin, MSc. Thesis, Department of