تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال هشتم، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۱
Volume 8, No. 1, Spring & Summer 2012 (IR-WRR)
۲۰-۲۹

توسعه مدل بهینه‌سازی تخصیص و توزیع آب جهت باغات سنتی قزوین

محمدمهدی جوادیان زاده[۱]*

چکیده

باغات سنتی قزوین با قدمتی طولانی نقشی با اهمیت در گذشته شهر قزوین داشته‌اند. ولیکن امروزه به علت دو مشکل عمده کمبود آب و توسعه شهر به سمت این باغات وضعیت چندان مناسبی ندارند. در این مقاله با استفاده از روش تحقیق در عملیات تلاش گردیده تا یک برنامه منسجم مدیریتی با دو سیاست محوری حیات بخشی باغات در افق کوتاه مدت و شکوفایی باغات در افق بلند مدت ارائه گردد. با استفاده از مدل بهینه سازی تهیه شده که بر مبنای برنامه‌ریزی خطی عمل می‌کند برنامه عمل سیاست‌گذاران در جهت نیل به توسعه پایدار در مجموعه باغات مشخص می‌شود. نتایج به دست آمده از این مدل نشان می‌دهد که در چارچوب سیاست‌های ذکر شده، توزیع آب و هزینه‌های مربوطه در کلیه مناطق باغات مورد مطالعه به صورتی عادلانه خواهد بود. همچنین راندمان آبیاری در مجموعه باغات از ۳۳ درصد وضع موجود به ۳۸ درصد در افق کوتاه مدت و ۵۹ درصد در افق بلند مدت ارتقاء یافته است.

کلمات کلیدی: راندمان آبیاری، مدل بهینه سازی، تحقیق در عملیات، برنامه‌ریزی خطی.

تاریخ دریافت مقاله: ۱ مهر ۱۳۸۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۶ خرداد ۱۳۹۱

۱- دانشجوی دکترای منابع آب دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی – تهران – ایران
*- نویسنده مسئول

An Optimization Model for Water Allocation and Distribution in Qazvin's Traditional Gardens

M. M. Javadianzadeh[1*]

Abstract

Qazvin's traditional gardens have had important roles in the history of Qazvin. But today because of two major problems, water shortage and city expansion, these gardens are in an improper situation. In this paper using the Operational Research method, it is tried to develop a management inclusive plan with two fundamental policies: gardens vitalize in a short-term horizon and gardens flourish in a long- term horizon. The action plans are determined for the policy makers in order to achieve sustainable development in the garden complex. According to the results of this study, in the framework of policies mentioned, water distribution and related expenses over the gardens would be fair. Also the irrigation efficiency in the garden complex would be improved from 33% in current situation to 38% in short-term horizon and 59% in long-term horizon.

Keywords: Irrigation efficiency, Optimization model, Operational research, Linear programming.

Received: September 23, 2009
Accepted: June 5, 2012

1- Ph.D. candidate, Khajeh-Nasir University of Technology (KNT), Tehran, IRAN, Email: M.Javadian@gmail.com
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

باغات سنتی قزوین که عمر آنها را به ۱۴۰۰ سال هم می‌رسد، از نمونه‌های بهره‌گیری بهینه از طبیعت می‌باشند. به‌وجود آمدن باغات قزوین نشان می‌دهد که انسان در گذشته روش زندگی مسالمت آمیز با طبیعت را بیش از این زمان می‌دانسته و توسعه را هر چند با روندی کند، ولیکن به معنای واقعی پایدار دنبال می‌نموده است. باغات سنتی قزوین در طول تاریخ نقشی چند منظوره را ایفا نموده‌اند. این باغات علاوه بر به عمل آوردن میوه های سازگار با آب و هوای منطقه، همچون شش‌های شهر قزوین نیز عمل کرده‌اند و باعث تصفیه و طراوت هوای شهر قزوین شده‌اند. در ضمن از گذشته تاکنون این باغات نقش مهار کننده سیلاب‌های بالا دست را برای مزارع پایین دست داشته‌اند. با مهار شدن سیلاب‌های فصلی در حوزه باغات، تغذیه آبخوان منطقه نیز انجام گردیده است. باغات سنتی قزوین عمدتاً فاقد هر نوع حصار می‌باشند و سطح باغ‌ها از کرت‌های مختلفی با ابعاد متفاوت تشکیل شده است (اخویزادگان، ۱۳۸۱). کرت‌ها به گونه‌ای ایجاد شده‌اند که با در نظر گرفتن شیب زمین امکان آبیاری کرت‌ها به‌دنبال هم، از کرت‌های بلندتر به کرت‌های پست‌تر وجود داشته باشد. بررسی ها نشان می‌دهد که این باغات در حال حاضر به واسطه کمبود آب و توسعه تدریجی شهر به سوی آنها وضعیت چندان مناسبی ندارند. در حوزه مورد مطالعه منابع آبی متعددی یافت می‌شوند که هرکدام محدودیت‌های خویش را دارند. این منابع عبارتند از:

۱- رودخانه‌های پنج گانه منطقه که هر کدام وظیفه آبیاری بخشی از باغات را بر عهده دارند. این رودخانه‌ها عبارتند از باراجین، بازار، وشته، زویار و دلیچای. در حال حاضر به علت دست اندازی‌های بالادست وضعیت مناسبی نداشته و بخشی از حقابه باغات قطع گردیده است.

۲- خوشبختانه موقعیت کانال طالقان که به عنوان تنها منبع غنی و پایدار منطقه محسوب می‌گردد نسبت به باغات به گونه‌ای است که می‌تواند کلیه باغات را مشروب نماید، ولیکن متاسفانه تاکنون از محل کانال هیچ گونه تخصیص رسمی برای باغات سنتی قزوین در نظر گرفته نشده است.

۳- در حال حاضر بخشی از باغات از ۱۵ چاه عمیق مشروب می‌گردند که عمدتا خصوصی می باشند. در رابطه با حفر چاه‌های جدید، هر چند دشت قزوین جزء مناطق بحرانی می‌باشد، ولیکن استفاده از این گزینه نیز در این مطالعات کاملا منتفی نگردیده است.

۴- پساب تصفیه شده شهر قزوین را نیز می توان جزء منابع پایدار منطقه محسوب نمود. ولیکن متاسفانه محل تصفیه خانه در جایی قرار گرفته که به راحتی نمی توان از پساب تصفیه شده برای آبیاری باغات استفاده نمود. چنانچه با اتخاذ تمهیداتی مناسب محل تحویل پساب در جای مناسب تری نسبت به محل باغات باشد، می‌توان با یک تصفیه مجدد از آن جهت آبیاری بخشی از باغات استفاده نمود (حسینیان ، ۱۳۸۱).

روش معمول آبیاری در باغستان انحراف آب با بندخاکی و برحسب ضرورت با کمک علف و شاخ و برگ بوته‌های انگور و درختان می‌باشد. ورود آب به باغ‌ها به دو شکل انجام می‌شود. در بعضی از باغ‌ها که مجاور نهرها می‌باشند به طور مستقیم آبیاری می‌شوند. این باغ‌ها در زمان آب دوم و یا خرید آب در خشکسالی‌ها مشکلات کمتری دارند. برای آبیاری باغاتی که با نهرها فاصله دارند، گاهی مشاهده می‌شود که آب باید از ۳ یا ۴ باغ بگذرد تا آن باغ مشروب گردد (اخویزادگان، ۱۳۸۱). روش‌های آبیاری غلام گردشی، طشتکی و قطره‌ای نیز به صورت محدود در بعضی از مناطق باغات به کار گرفته شده‌اند. روش آبیاری غلام گردشی یک روش سنتی آبیاری جویچه‌ای در ایران می‌باشد. در این روش جویچه‌ها به صورت مارپیچی اجرا می‌گردند (کفایتی و همکاران، ۱۳۸۶). روش آبیاری مورد نظر می‌تواند توزیع مناسبی از آب در سطح مزرعه داشته باشد در ضمن شکل مارپیچی جویچه‌ها باعث کاهش سرعت پیشروی آب در جویچه شده در نتیجه آب فرصت بیشتری برای نفوذ در خاک پیدا می‌کند (شعبانی و سپاسخواه، ۱۳۸۵). در مطالعات انجام شده تلاش گردیده تا با شناخت دقیق باغات سنتی مورد بحث، منابع آبی منطقه و روش‌های آبیاری ممکن مدلی تهیه گردد که ضمن حداقل‌سازی هزینه‌های تامین آب در سطح باغات، منابع آبی موجود به گونه‌ای بکار گرفته شوند تا نیاز آبی کل مجموعه ۲۲۳۷ هکتاری مورد مطالعه تامین گردد.

۲- ساختار مدل

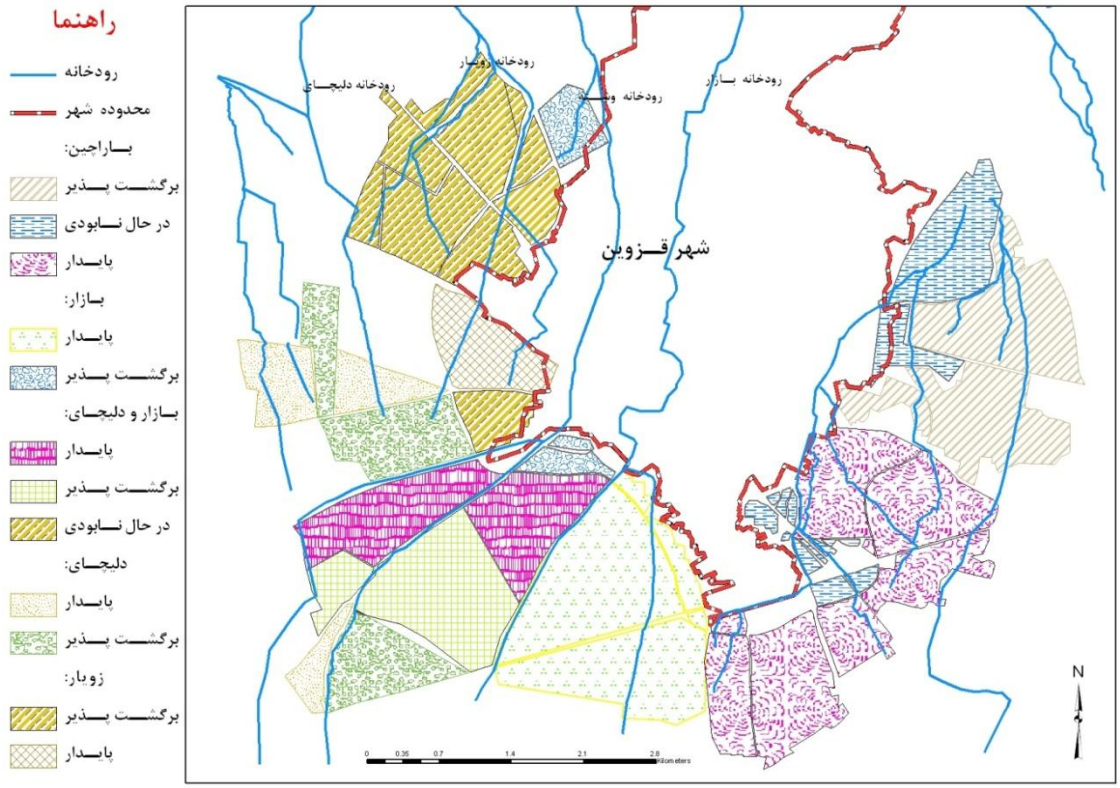
باتوجه به پیچیدگی‌های موجود در منطقه و تعدد منابع آب و روش‌های آبیاری و همچنین لزوم اصلاح تدریجی روش آبیاری باغات (به دلیل سازگاری درختان کهنسال با روش آبیاری موجود) ارائه دو برنامه در افق‌های کوتاه و بلند مدت ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین در این مطالعات تلاش گردید تا با ایجاد مدل شبیه‌سازی – بهینه‌سازی، ساماندهی آبیاری باغات با کمترین هزینه و بیشترین بهره‌وری از منابع آب محدود منطقه محقق گردد. این مدل با استفاده از تکنیک تحقیق در عملیات[1] (OR) و به روش برنامه ریزی خطی شکل گرفت. برنامه‌ریزی ریاضی به عنوان شاخه‌ای از ریاضیات کاربردی و روشی منظم در حل مسائل تصمیم با پیشرفتی که جورج دانزیگ در الگوریتم سیمپلکس برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی

به وجود آورد شروع شد (محسنی و خانجانخانی، ۱۳۸۵ و برهانی، ۱۳۷۸) و امروزه در بخش‌های مختلف کاربردهای متعددی یافته است. در تهیه مدل برنامه‌ریزی خطی تعریف چارچوب و فرمول‌بندی مدل در قالب تابع هدف و محدودیت‌ها بسیار حائز اهمیت می‌باشد. برای تهیه این مدل از نرم‌افزار Lingo 8 جهت تعریف مدل و حل آن استفاده شده است و نرم‌افزار Excel نیز برای تعریف ماتریس‌های مورد نیاز و ورود آنها به مدل بکار گرفته شده است. آنچه مسلم است در جهت تعیین سیاست‌های مورد نیاز که تابع هدف و محدودیت‌های دیکته شده برنامه‌ریزان می‌باشد، باید مدل شبیه‌سازی را با مدل بهینه سازی همراه نمود (Yazicigil,1995). واضح است که مدل‌های شبیه سازی جهت پیش بینی تنش‌هایی که روی سیستم وارد می شود بکار گرفته می شوند (Gorelik,1983). بنابراین برای تهیه یک برنامه بهینه بهره برداری باید یک مدل شبیه‌سازی تهیه نمود تا از رفتار سیستم مورد مطالعه به خوبی آگاه شد. این مدل گاه به صورت مجزا و گاه همراه با مدل بهینه سازی به صورت مرکب عمل می‌نماید (Heidari,1982) . در مدل تهیه شده تلاش گردیده در چارچوب یک مدل مرکب شبیه سازی- بهینه‌سازی عمل شود. مدل مورد نظر در دو افق کوتاه و بلندمدت و با دو سیاست محوری حیات بخشی به باغات سنتی (در افق کوتاه مدت) و شکوفا نمودن باغات (در افق بلند مدت) شکل گرفته است. پس از بررسی‌های متعدد مشخص گردید که باغات را می‌توان جهت برنامه‌ریزی آبیاری به دو صفت مشخصه اصلی تقسیم نمود. این دو صفت مشخصه عبارتند از قرار گرفتن باغات در حوزه آبخور ۵ رودخانه منطقه و وضعیت حیاتی باغ که از روی عکس‌های ماهواره‌ای و همچنین مطالعات قبلی تشخیص داده شده است. وضعیت حیاتی باغات را می توان به سه دسته ؛ در حال نابودی یعنی باغاتی که تقریباً به حالت بایر درآمده‌اند، برگشت‌پذیر به معنی باغاتی که بخشی از آنها از بین رفته‌اند و پایدار یعنی باغاتی که سرسبزی خویش را حفظ نموده‌اند و رسیدگی‌های لازم برای این باغات انجام می‌شود، تقسیم نمود. با توجه به تقسیم بندی‌های ذکر شده محدوده باغات را می توان به ۱۵ بخش تقسیم نمود که به شرح جدول و شکل ۱ می‌باشند.

راندمان روش غرقابی (وضع موجود آبیاری باغات سنتی) بنا بر مطالعات انجام شده توسط دانشگاه قزوین و سازمان جهاد کشاورزی استان ۳۰ درصد برآورد شده است (قاسمی، ۱۳۸۵). با بررسی‌های انجام شده در منطقه به طور متوسط راندمان آبیاری در این مجموعه برابر ۳۳ درصد در نظر گرفته شده است. همچنین با توجه به برآوردهایی که در این مطالعه جهت برآورد نیاز آبی متوسط گیاهان غالب مجموعه باغات سنتی انجام شد میزان نیاز آبی خالص برای هر هکتار از باغات ۶۵۰۰ متر مکعب در سال برآورد شده است (موسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۷۱). با توجه به این مقادیر و در نظر گرفتن کل مساحت باغات که در حدود ۲۲۳۷ هکتار می‌باشد کل نیاز آبی خالص گیاهان منطقه در حدود ۱۴/۵ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد در حالیکه با در نظر گرفتن راندمان متوسط آبیاری ۳۳ درصدی میزان آب مورد نیاز برای آبیاری کل مجموعه به طوری که همه ۲۲۳۷ هکتار باغات در وضعیت پایدار قرار گیرند برابر با ۴۴/۱ میلیون مترمکعب در سال خواهد بود. این در حالیست که آبدهی رودخانه‌های منطقه به طور متوسط ۳۶ میلیون مترمکعب می‌باشد که با در نظر گرفتن آبدهی چاه‌های منطقه و تخصیص غیر مستمری که گاها از کانال طالقان به بعضی از مناطق باغات داده می‌شود در شرایط خوشبینانه و با توزیع غیر یکنواخت حداکثر به ۴۰ میلیون متر مکعب خواهد رسید. به همین جهت با توجه به جدول ۱ در حال حاضر در حدود ۳۵۰ هکتار از باغات در حال نابودی و ۶۳۰ هکتار نیز در مرز نابودی قرار دارد.

جدول ۱- مشخصات مناطق ۱۵ گانه باغات در منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخور	وضعیت حیاتی	مساحت (هکتار)	کد منطقه	حوزه آبخور	وضعیت حیاتی	مساحت (هکتار)	کد منطقه
باراجین	در حال نابودی	۱۲۴	۱۱	دلیچای	برگشت پذیر	۱۳۲	۳۲
باراجین	برگشت پذیر	۲۴۸	۱۲	دلیچای	پایدار	۱۵۶	۳۳
باراجین	پایدار	۴۲۰	۱۳	زویار	در حال نابودی	۷۸	۵۱
بازار	در حال نابودی	۳۳	۲۱	زویار	برگشت پذیر	۱۵۵	۵۲
بازار	برگشت پذیر	۹	۲۲	زویار	پایدار	۱۵۳	۵۳
بازار	پایدار	۳۲۱	۲۳	بازار و وشته	برگشت پذیر	۶۸	۷۲
بازار و دلیچای	برگشت پذیر	۱۷	۶۲	زویار و دلیچای	در حال نابودی	۱۱۱	۸۱
بازار و دلیچای	پایدار	۲۱۲	۶۳				



شکل ۱- تقسیم بندی باغات از نظر وضعیت حیاتی و رودخانه مشروب کننده

باید توجه کرد که یکی از مشکلات اصلی در باغات قزوین فصلی بودن و غیرقابل کنترل بودن منابع عمده آبی این مجموعه می‌باشد. به همین جهت در ادامه با ارائه یک مدل برنامه‌ریزی خطی تلاش گردیده برای حل این مشکل تمهیداتی اندیشیده شود. اجزاء مدل تهیه شده بدین شرح می‌باشد:

۲-۱- تابع هدف

تابع هدف این مدل حداقل کردن کلیه هزینه‌های مربوط به آبیاری در باغات می‌باشد.

$$Minimize: \sum_{r=1}^{R}\sum_{s=1}^{S}\sum_{i=1}^{I}(Cso_s \times Vso_{r,s,i}) + \sum_{r=1}^{R}\sum_{s=1}^{S}\sum_{i=1}^{I}(Cir_i \times Vso_{r,s,i}) \quad (۱)$$

در این رابطه Cso هزینه تامین آب از منبع آبی تا مزرعه و Cir هزینه توزیع آب در مزرعه به ازاء هر متر مکعب می‌باشد. $Vso_{r,s,i}$ حجم آب تامین شده بر حسب میلیون متر مکعب در سال در منطقه باغی r ، با منبع آبی s و به روش آبیاری i می‌باشد. با توجه به این امر که هزینه‌های آبیاری باغات به دو بخش اصلی هزینه تامین آب و هزینه آبیاری در باغ تقسیم می‌شود انتخاب هر منبع آبی و هر روش آبیاری هزینه‌های متفاوتی را بر باغدار تحمیل می‌نماید.

براساس مطالعات انجام شده در منطقه و بررسی‌های محلی هزینه متوسط تامین آب از رودخانه‌های محلی و کانال طالقان به دست آمد که با تعدیل نمودن آن مبلغ ۵۷ ریال برای هر متر مکعب آب در سال ۱۳۸۶ برآورد گردید. همچنین با برآوردهای انجام شده هزینه تامین آب از چاه‌های موجود به ازاء هر متر مکعب ۱۲۰ ریال و از چاه‌های جدید هر متر مکعب ۱۷۰ ریال به دست آمد. در مورد استفاده از پساب ناشی از تصفیه فاضلاب شهر قزوین با لحاظ نمودن هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری و حق‌النظاره شرکت آب منطقه‌ای هر متر مکعب ۵۰ ریال برآورد گردید. بر اساس هزینه‌های متفاوتی که باغداران برای روش آبیاری موجود که از طریق آن باغات خویش را مشروب می‌نمایند، اعلام نموده‌اند و بررسی‌های به عمل آمده هزینه توزیع آب در سطح مزرعه برای آبیاری غرقابی ۳۵ ریال ، قطره‌ای ۲۲۰ ریال ، غلام گردشی ۹۴ ریال و سطحی مدرن ۱۰۰ ریال به ازاء هر متر مکعب به قیمت سال ۱۳۸۶ در نظر گرفته شد. لازم به توضیح است که برای محاسبه قیمت پساب و روش آبیاری قطره‌ای با توجه به بالا بودن هزینه‌ها و سیاست‌های تشویقی دولت، فرض گردیده که دولت در تامین بخشی از هزینه‌ها مشارکت نماید.

۲-۲- محدودیت‌ها

مدل شامل محدودیت‌های متعددی می‌باشد که با توجه به دو افق کوتاه‌مدت و بلندمدت که برای مدل تعریف شده است تعدادی از آنها تغییر می‌نمایند.

در رابطه اول برای هر روش آبیاری (۱≤s≤۵ در برنامه کوتاه مدت و ۱≤s≤۶ برای برنامه بلند مدت) و طی ۱۲ ماه سال ۱≤s≤۱۲ چنین بیان شده است :

$$\sum_{r=1}^{R}\sum_{i=1}^{I}(Vso_{r,s,i}\times DWD_{t,i}) \le DQS_{t,s}\times Q\max_{i} \quad (۲)$$

در این رابطه Qmax حداکثر آبدهی سالیانه هر یک از منابع آبی منطقه می‌باشد. براساس مطالعات انجام شده میزان آبدهی سالیانه رودخانه‌های باراجین ، بازار،وشته ، زویار ، دلیچای و کانال طالقان و چاه‌های موجود و چاه‌های جدید به ترتیب ۸ ، ۸ ،۲ ، ۵ ،۸ ، ۸، ۶/۲۲ و ۵ میلیون مترمکعب در سال برآورد گردیده است. DWD و DQS به ترتیب توزیع زمانی آبیاری باغات و توزیع زمانی امکان آبگیری از منابع مختلف آبی می‌باشد. در حقیقت حاصل ضرب Vso در DWD میزان آب تامین شده برای هر منطقه باغی به ازاء هر منبع و به هر روش آبیاری در هر ماه می‌باشد. در این تابع امکان تامین نیاز آبی باغات بر اساس روش آبیاری منتخب و میزان آبگیری ماهیانه از منابع مختلف آبی منطقه محدود گردیده است.

در محدودیت دوم برای هر روش آبیاری (۱≤s≤۵ در برنامه کوتاه مدت و ۱≤s≤۶ برای برنامه بلندمدت) و طی ۱۲ ماه سال ۱≤s≤۱۲ داریم :

$$\sum_{r=1}^{R}\sum_{i=1}^{I}(Vso_{r,s,i}\times DWD_{t,i}) \le Q\max Month \quad (۳)$$

در این رابطه به مدل دیکته می‌گردد که در زمان استفاده از هر منبع آبی باید توجه به توزیع زمانی میزان آبدهی آن منبع آبی شود و در چارچوب این محدودیت، مدل تلاش می‌نماید که در هیچ حالتی تامین آب از حداکثر ظرفیت منبع در هر ماه (QmaxMonth) بیشتر نشود.

در رابطه سوم بیان گردیده که مجموع کل آبی که از یک منبع خاص برای مناطق مختلف و به روش‌های متفاوت آبیاری تامین می‌گردد نباید بیشتر از کل ظرفیت سالیانه تامین آب از آن منبع باشد.

$$\sum_{r=1}^{R}\sum_{i=1}^{I}Vso_{r,s,i} \le Q\max_{s} \quad (۴)$$

در رابطه چهارم برای هر منطقه از باغات داریم :

$$\sum_{s=1}^{S}\sum_{i=1}^{I}\sum_{t=1}^{T}(Vso_{r,s,i}\times DWD_{t,i}\times Eff_{i}\times IDX_{r,s}\times IDXSoIr_{s,i}\times IDXIr_{r,i}) \ge A_{r}\times DW \quad (۵)$$

در این رابطه برای مدل تعریف شده است که تامین آب از هر منبع تامین و به هر روش آبیاری در هر ماه با لحاظ کردن راندمان روش آبیاری (Eff) مورد نظر، امکان دسترسی به منبع آبی منتخب (IDX)، امکان استفاده از منابع آبی مختلف با توجه به نوع روش آبیاری منتخب (IDXSoIr) وامکان استفاده از روش آبیاری منتخب در هر منطقه باغی (IDXIr) باید بزرگتر یا برابر نیاز آبی هر منطقه باغی باشد. DW متوسط نیاز آبی خالص هر هکتار از باغات برحسب متر مکعب در سال می‌باشد. با توجه به برآوردهایی که در بخش نیاز آبی گیاهان غالب در مجموعه باغات انجام شده در این مدل نیاز آبی خالص هر هکتار از باغات سنتی به طور متوسط ۶۵۰۰ متر مکعب در سال در نظر گرفته شده است (موسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۷۱). A_r مساحت هریک از نواحی مناطق ۱۵ گانه باغات می‌باشد. حاصل ضرب این دو پارامتر نیاز آبی خالص کل منطقه باغی مورد نظر را می‌دهد. با توجه به بررسی‌های به عمل آمده از مراجع مختلف و همچنین وضعیت منطقه برای روش‌های آبیاری غرقابی، قطره‌ای، غلام گردشی و سطحی مدرن به ترتیب راندمان تقریبی (Irr) ۳۳ ، ۹۰، ۵۵ و ۶۵ درصد برای هریک در نظر گرفته شده است (Garg, 1999) (قاسمی، ۱۳۸۵ و علیزاده، ۱۳۷۲). در رابطه پنجم در هر منطقه مشخص و برای هر روش آبیاری اگر منبع تامین کننده آب، چاه باشد باید میزان کل تامین آب محدود به میزان آبدهی هر چاه در آن منطقه باشد.

$$\sum_{i}^{I}Vso_{r,s,i} \le CapWell_{r} \quad (۶)$$

$CapWell_r$ حداکثر ظرفیت برداشت از هر چاه در هر منطقه را نشان می‌دهد. در برنامه بلندمدت علاوه بر رابطه‌های ذکر شده چهار معادله محدودیت جدید نیز تعریف شده‌اند. در حقیقت این محدودیت‌ها باعث می‌گردند که برنامه بلندمدت در ادامه برنامه کوتاه‌مدت پیشنهاد شود و برنامه‌ها به صورت جزیره‌ای طرح‌ریزی نگردند.

$$\sum_{i}^{I}Vso_{r,s,i} \le ST_{1} \quad (۷)$$

$$\sum_{i}^{I}Vso_{r,s,i} \le ST_{5}\times(ST_{2}+ST_{6}) \quad (۸)$$

$$\sum_{i}^{I}Vso_{r,s,i} \ge ST_{3} \quad (۹)$$

$$\sum_{i}^{I}Vso_{r,s,i} \ge ST_{4} \quad (۱۰)$$

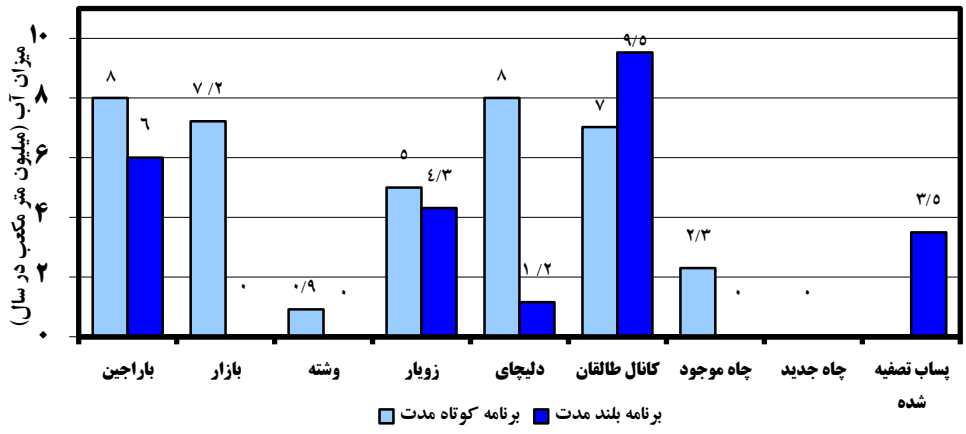
در این محدودیت‌ها این چنین تعریف گردیده که در برنامه بلندمدت حداکثر حجم آبیاری به روش غرقابی باید کمتر از مقدار پیش‌بینی شده در برنامه کوتاه مدت باشد. ST_1 و ST_2 و ST_3 به ترتیب کل حجم آبیاری غرقابی از رودخانه باراجین ، سایر رودها و کانال طالقان می‌باشد. ST_4 و ST_6 میزان آبیاری از طریق روش آبیاری غلام گردشی و قطره ای است و ST_5 درصد کاهش آبیاری غرقابی در برنامه بلندمدت نسبت به برنامه کوتاه مدت است که در این مطالعه ۵۰ درصد در نظر گرفته شده است (معادلات ۷ و۸). در رابطه (۹) تعریف شده است که در برنامه بلندمدت ظرفیت آبیاری قطره ای نباید از میزان پیش‌بینی شده در برنامه کوتاه مدت کمتر باشد. رابطه (۱۰) گویای این سیاست است که میزان استفاده از آب کانال طالقان از میزان پیش بینی شده در برنامه کوتاه مدت کمتر نباشد.

۳- نتایج و بحث

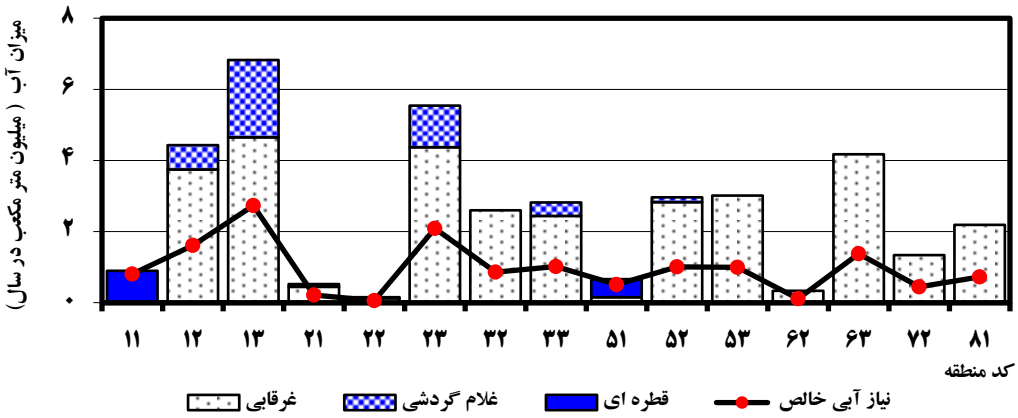
همان طور که قبلا اشاره شد، مدل تهیه شده در این مطالعه تلاش می‌نماید تا با ارائه دو برنامه بهره برداری در منطقه باغات سنتی در دو افق کوتاه و بلند مدت با کمترین هزینه نسبت به تامین نیاز آبی کلیه مناطق تحت مطالعه به صورت عادلانه اقدام نماید. نتایج به دست آمده از مدل مورد استفاده بدین شرح می‌باشند.

در برنامه کوتاه مدت سیاست محوری حیات بخشی باغات تعریف شد که فوریت و اضطرار از الزامات این برنامه محسوب می‌گردد. شکل ۲ نشان می‌دهدکه مدل تلاش نموده تا از ساده ترین روش نسبت به تامین عادلانه نیاز آبی مناطق ۱۵ گانه باغات اقدام نماید. در برنامه کوتاه مدت مدل تلاش نموده تا با تحت کنترل درآوردن منابع آبی در دسترس (افزایش تخصیص از کانال طالقان و چاه‌های منطقه) وضعیت موجود را از حالت بحرانی خارج نماید هر چند که در ادامه می‌بینیم مدل در ارتقا راندمان آبیاری در این بازه چندان طرفی نبسته است، ولیکن تلاش نموده تا با استفاده بهینه از کانال طالقان که یک منبع مطمئن و در دسترس می‌باشد تا حد ممکن تامین را با نیاز آبی منطقه همزمان نماید. همچنین در شکل ۲ برای برنامه بلند مدت، منابع عمده تامین کننده، کانال طالقان و سد باراجین می‌باشند. چرا که با توجه به سیاست محوری این برنامه که شکوفا نمودن باغات تعریف شده است مدل تلاش نموده تا حتی المقدور تامین آب مناطق ۱۵ گانه باغات را از طریق منابع آبی پایدار منطقه و روش‌های آبیاری با راندمان بالا پیشنهاد دهد. از آنجا که روش مرسوم آبیاری در باغات، روش آبیاری غرقابی می‌باشد و منبع اصلی تامین آب در برنامه کوتاه مدت رودخانه‌های فصلی می‌باشند، همان طور که در شکل ۳ مشاهده می‌گردد روش آبیاری غرقابی در اکثر قریب به اتفاق مناطق باغات پیشنهاد شده است. ولیکن چون مناطق ۱۱ و ۵۱، مناطق کاملا تخریب شده می‌باشند و نیاز به کاشت درخت از ابتدا هست بنابراین مدل ترجیح داده به علت راندمان بالای روش آبیاری قطره‌ای، هر گونه توسعه در مجموعه باغات را از ابتدا به این روش پیشنهاد دهد بنابراین در مقطع کوتاه مدت تنها برای این دو منطقه روش آبیاری قطره‌ای پیشنهاد شده است.

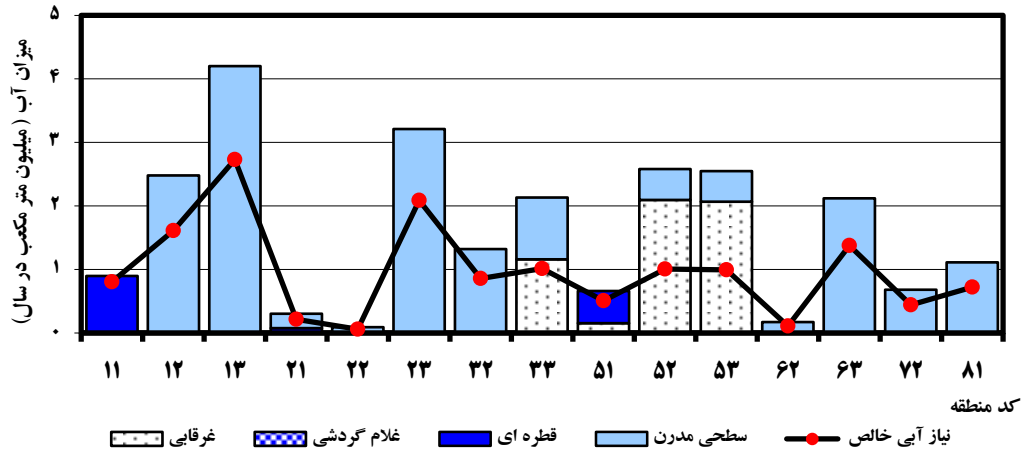
در شکل ۴ مشاهده می‌گردد که در برنامه بلندمدت عمده روش آبیاری مناطق ۱۵ گانه، روش آبیاری سطحی مدرن می‌باشد. برای آبیاری قطره‌ای علیرغم راندمان مطلوب آن (در حدود ۹۰ درصد) به واسطه قیمت تمام شده بالای آن توسعه‌ای دیده نشده است (قاسم‌زاده، ۱۳۷۷).



شکل ۲- میزان تامین آب از منابع آبی مختلف منطقه در دو افق کوتاه و بلند مدت



شکل ۳ - تامین آب مناطق ۱۵ گانه باغات با روش‌های مختلف آبیاری در افق کوتاه مدت



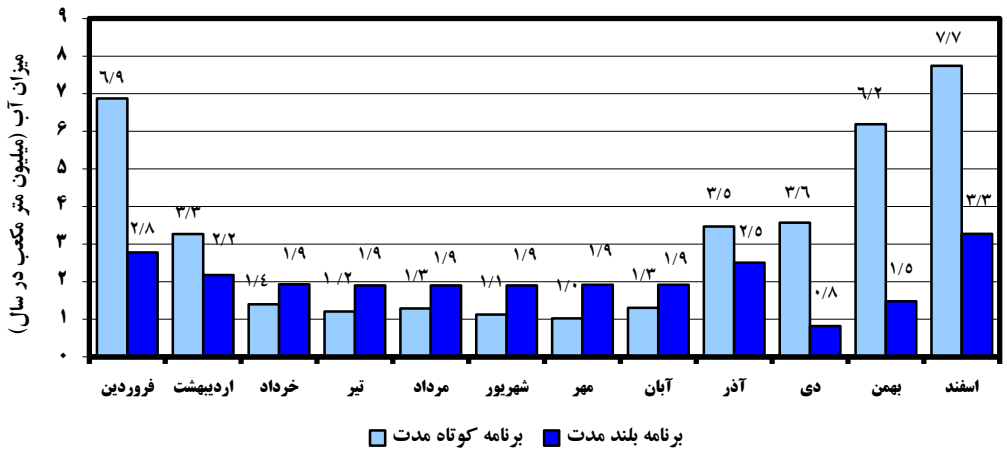
شکل ۴ - تامین آب مناطق ۱۵ گانه باغات با روش‌های مختلف آبیاری در افق بلندمدت

قابل ذکر است که مدل در هیچ حالتی استفاده از چاه‌های جدید را توصیه نمی‌نماید. در برنامه بلند مدت نیز برای استفاده از چاه‌های موجود پیشنهادی ارائه نشده است. در شکل ۵ توزیع تامین آب طی ماه‌های سال نمایش داده شده است. همان طور که مشاهده می‌گردد در برنامه کوتاه مدت چون روش عمده آبیاری روش غرقابی بوده و منبع عمده تامین آب، رودخانه‌های فصلی در نظر گرفته شده‌اند تامین آب قبل از اینکه تابع نیاز آبی باغات باشد تابع میزان آبدهی منابع آب فصلی است. در حالیکه در برنامه بلند مدت از آنجا که عمده منابع آب، منابع تحت کنترل می‌باشند یکنواختی بیشتری در توزیع آب باغات طی ماه‌های سال مشاهده می‌گردد.

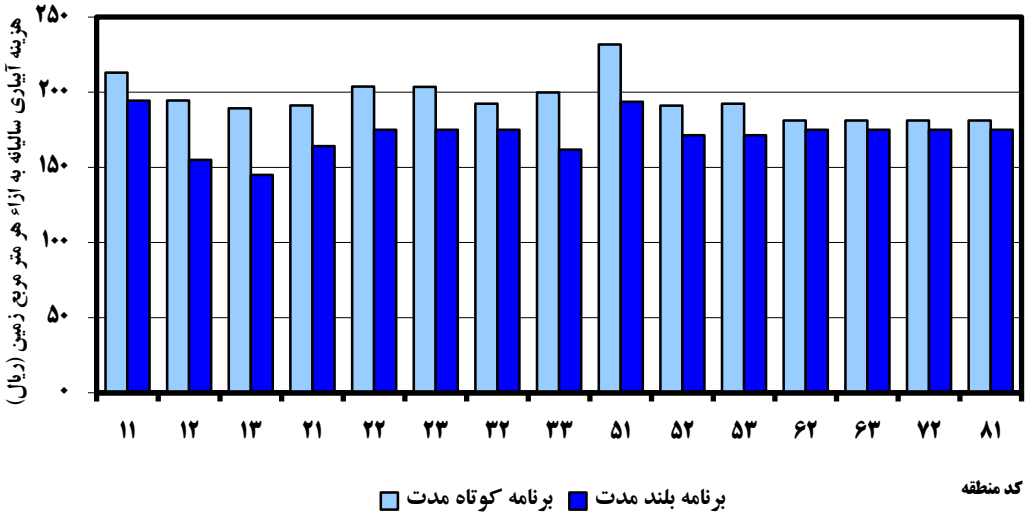
شکل ۶ نشان می‌دهد که هزینه‌های آبیاری با یک توزیع یکنواخت و عادلانه در حدود ۲۰۰ ریال به ازاء آبیاری هر متر مربع زمین بدست آمده‌اند. هزینه به دست آمده شامل هزینه‌های خرید آب، سرمایه‌گذاری و استهلاک و بهره برداری می‌باشد.

در شکل ۸ پیشنهاد میزان استفاده از هر روش آبیاری برای دو برنامه کوتاه‌مدت و بلندمدت مشاهده می‌گردد. مدل برای ارتقاء راندمان آبیاری تلاش نموده تا از حجم آبیاری به روش غرقابی که روش با راندمان پایین می‌باشد کاسته و به حجم آبیاری با سایر روش‌های با راندمان بالاتر افزوده است.

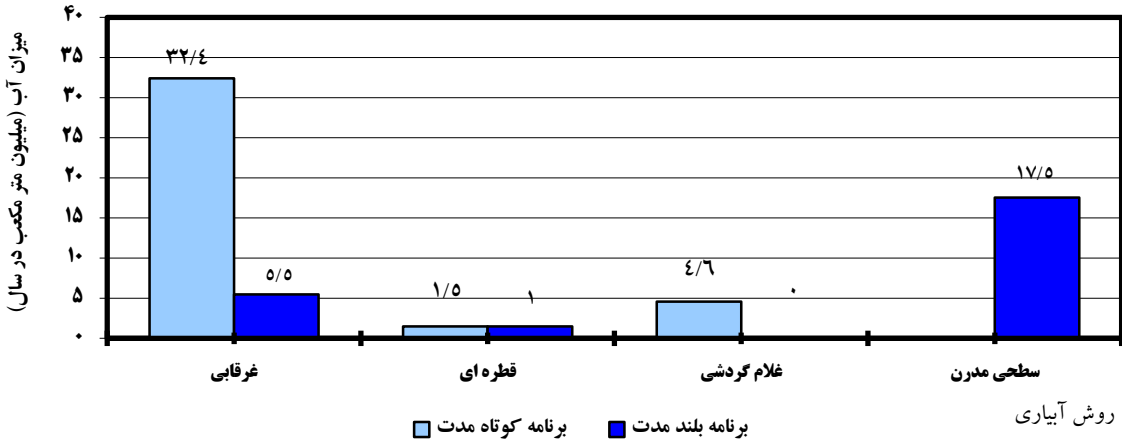
در شکل ۸ نتیجه عملکرد مدل را به صورت میزان راندمان آبیاری در مناطق ۱۵ گانه باغات نشان داده شده است. در برنامه کوتاه مدت به علت غالب بودن روش آبیاری غرقابی، راندمان آبیاری عمدتا بین ۳۳ تا ۴۰ درصد متغیر است در حالیکه در برنامه درازمدت راندمان آبیاری بین ۶۵ تا ۷۰ درصد ارتقاء یافته است که این نشان دهنده



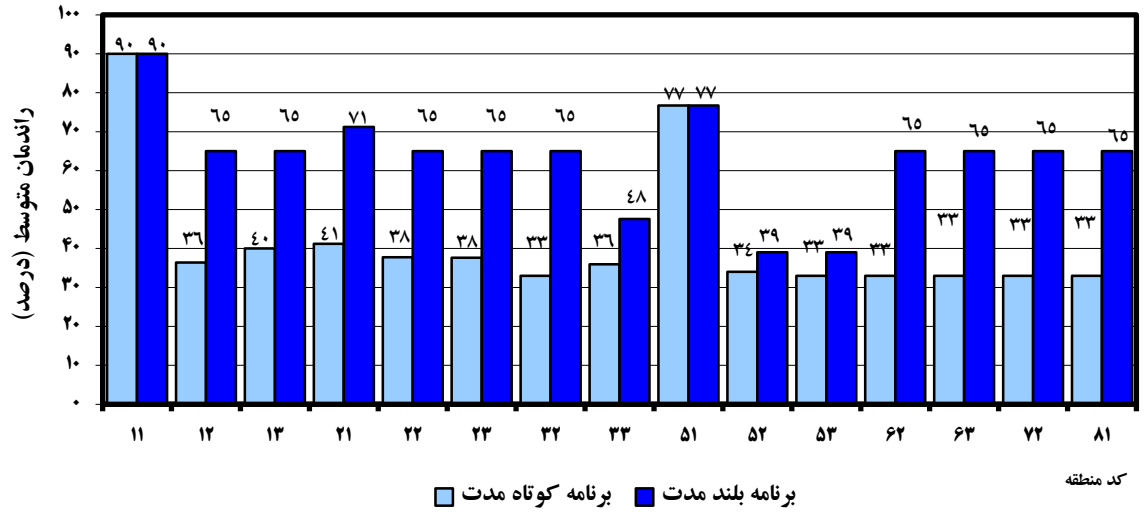
شکل ۵ - میزان تامین آب طی ماه‌های سال در دو برنامه کوتاه و بلند مدت



شکل ۶ - هزینه آبیاری سالیانه هر متر مربع زمین در مناطق ۱۵ گانه باغات در دو برنامه کوتاه و بلند مدت



شکل ۷ - میزان استفاده از هر روش آبیاری طی دو برنامه کوتاه مدت و بلند مدت



شکل ۸ - راندمان متوسط آبیاری در مناطق ۱۵ گانه باغات در دو برنامه کوتاه و بلند مدت

جهت‌گیری صحیح مدل در ارائه برنامه احیا و شکوفایی باغات سنتی قزوین می‌باشد. در مجموع، مدل جهت اجرای برنامه کوتاه مدت به ۳۸/۵ میلیون متر مکعب و در برنامه بلند مدت به ۲۴/۵ میلیون متر مکعب آب در سال نیاز دارد. با در نظر گرفتن نیاز آبی خالص باغات مورد مطالعه که در حدود ۱۴/۵ میلیون متر مکعب محاسبه شده است، راندمان آبیاری در وضع موجود حدود ۳۳ درصد، پس از اجرای برنامه کوتاه مدت ۳۸ درصد و در برنامه بلند مدت به ۵۹ درصد ارتقاء پیدا کرده است که راندمانی مطلوب می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان پیشنهادات مربوط به بخش آبیاری باغات در منطقه مورد مطالعه را بدین شرح ارائه کرد:

در برنامه درازمدت، مدل مورد استفاده برای حیات بخشی باغات، منابع آب قابل کنترل و با اعتماد پذیری بالاتر مثل استفاده از پساب تصفیه شده و تخصیص از کانال طالقان و همچنین روش آبیاری با راندمان بالاتر همچون آبیاری سطحی مدرن را پیشنهاد داده است (شکل‌های ۲، ۴ و ۷). بنابراین در جهت ساماندهی آبیاری باغات، دولت باید در چند بخش از جمله بخش‌های انتقال پساب به محل باغات، مشارکت در پوشش و ساماندهی کانال‌های اصلی و بخشی از کانال‌های نیمه اصلی منطقه و توسعه سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در منطقه تسهیلاتی فراهم کرده و سرمایه‌گذاری نماید. همچنین با توجه به این امر که نقش باغات سنتی به عنوان اولین سیستم تغذیه‌کننده آبخوان پایین دست انکارناپذیر می‌باشد و نظر به خاک مناسب منطقه شمالی باغات، می توان حداقل ۸ میلیون متر مکعب آب تخصیص داده شده از محل کانال طالقان برای تغذیه مصنوعی را به عنوان تغذیه مصنوعی در محل باغات سنتی تخصیص داد. چرا که برابر پیشنهاد مدل، اصلی‌ترین منبع تامین کننده باغات در برنامه دراز مدت، کانال طالقان خواهد بود. همان طور که گفته شد مدل تلاش نموده تا در دراز مدت از منابع با کنترل پذیری بیشتر استفاده نماید. در نتیجه همان طور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد طی برنامه درازمدت استفاده از رودخانه‌های ۵ گانه فصلی منطقه به حداقل رسیده و به جای آن تخصیص از منابعی همچون کانال طالقان و پساب تصفیه شده در دستور کار قرار گرفته است. بنابراین در جهت استفاده حداکثری از منابع آب منطقه و رودخانه‌های فصلی اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی در بالادست و پایین دست رودهای سیلابی موجود بسیار ضروری می باشد. رودخانه‌های منطقه در برنامه کوتاه مدت همچنان تامین کننده اصلی بوده و در برنامه دراز مدت نقش کلیدی در تامین نیاز آبی منطقه دارند. در نتیجه اجرای طرح‌های ترمیمی در بالادست رودخانه‌ها بسیار ضروری به نظر می‌رسد. برداشت شن و ماسه باید بصورت کامل متوقف شود و پس از مطالعات لازم و تهیه یک دستورالعمل مشخص و کاملاً محافظه کارانه جهت برداشت محدود شن و ماسه مجوز صادر گردد. همچنین اجرای سد باراجین که در حال حاضر فاز یک مطالعات آن به تصویب رسیده است باید در دستور کار قرا گیرد چرا که احداث این سد نقش بسیار موثری در حیات بخشی و توسعه پایدار باغات خواهد داشت.

پی نوشت‌ها

1- Operational Research

۵- مراجع

اخویزادگان، ع. (۱۳۸۱)، "گزارش طرح مطالعات احیا و ساماندهی باغات سنتی قزوین". شهرداری قزوین.

برهانی، ع. (۱۳۷۸). ترجمه کتاب "روش‌های تحلیل سیستم". مک‌میلان، کلاد. دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. چاپ اول .

حسینیان، س. م. (۱۳۸۱). "مصارف مجدد فاضلابهای تصفیه شده" . انتشارات علوم روز. چاپ اول.

شعبانی، م. ک. و سپاسخواه، ع. (۱۳۸۵)، "تعیین معادله نفوذ در جویچه معمولی و غلام گردشی در خاک سری دانشکده (باجگاه – استان فارس)"، اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی.

علیزاده، ا. (۱۳۷۲). "اصول طراحی سیستم‌های آبیاری" ، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع) ، چاپ اول.

قاسم‌زاده مجاوری، ف. (۱۳۷۷). ترجمه کتاب "ارزیابی سیستم‌های آبیاری مزارع"، مریام ، جان ال. و کلر ، چک. انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ دوم.

قاسمی، ع. (۱۳۸۵). "مدیریت محلی آبیاری دشت قزوین و پیامدهای آن". دومین کنفرانس مدیریت منابع آب. دانشگاه صنعتی اصفهان.

کفایتی، م. م. و مصطفی‌زاده فرد، ب. (۱۳۸۶). "ارائه یک روش ساده برای تعیین معادلات نفوذ آبیاری جویچه‌ای براساس هیدروگراف‌های جریان ورودی و جریان خروجی". مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد چهارم، شماره پنجم ، آذر و دی ۱۳۸۶.

محسنی، م. و خانجانی، م. ج. (۱۳۸۵)، " گزینه‌های مدیریتی استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری"، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ، دانشگاه صنعتی اصفهان.

موسسه تحقیقات خاک و آب (۱۳۷۱)، "برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور" ، نشر آموزش کشاورزی کرج.

Garg Kumar, Santosh (1999). "*Irrigation Engineering and Hydraulic Structures*" .Khanna Publishers. pp 29-32.

Gorelik, Steven M (1983), "A review of Distributed Parameter Groundwater Management Modeling Methods", U.S Geological Survey, *Water Resources Research*. No2.

Heidari Manoutcher (1982), "Application of Linear System's Theory and Linear Programming to Groundwater Management in Kansas ".Water Resources Billiton, American Water Resources Association, Vol. 18. No6.

Yazicigil, H. Misirli, F (1995). "Groundwater Management Modeling with some Applications ", I.*J of Water Resources Engineering*. Vol. 13, No 2.