2017, Vol.3, No.2, Pages 9 to 18
Journal of Water and Sustainable Development

سال سوم، شماره ۲، اسفند ۱۳۹۵، صفحات ۹ تا ۱۸
نشریه آب و توسعه پایدار

The Effect of Water Price under Different Scenarios of Water Allocation on the Economical Productivity of Cropping Pattern in Baghmalek Plain

R. Lalehzari

Postdoctoral Researcher, School of Civil Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

Email: reza.lalehzari@ut.ac.ir
Received: 12-7-2015
Accepted: 5-8-2016

Abstract

The price of water in agriculture plays an important role in the water allocation management. Therefore, the optimum strategies of cropping pattern could be designed when water price analysis are considered in a predetermined economic framework. In the present study, a programming model was developed using the genetic algorithm for optimal water allocation in the eastern north of Khuzestan province that is suffering from water deficit. Maximization of benefit per cost ratio was defined as the objective function by a linear equation and the feasible domain of the problem was limited to water resources, cultivated lands, irrigation systems, and economic parameter constraints. In the developed optimization scheduling, there is the set of solutions with the great potential to maximize the net income of cropping pattern in the water shortage condition. Three scenarios of water price including 0, 200, and 500 Rials/m3 have been considered to compare the allocated water, water use efficiency, and net benefit per drop indices for each crop. The results show that by imposing deficit irrigation and an increase in costs, the volume of allocated water together with the efficiency of water usage for tomatoes is increased by 7% and 0.07 Kg/m3, respectively. Furthermore, the same conditions lead to an increase in the cultivated area of wheat and maize. Analysis of evaluation indices indicated that by increasing the price of water, the model decreased the allocated water in vegetables and increased the water usage efficiency and benefit per cost ratio in beans.

Keywords: Net benefit, Optimization, Genetic algorithm, Water shortage.

تأثیر قیمت آب تحت سناریوهای مختلف تخصیص آب بر بهره‌وری اقتصادی الگوی کشت دشت باغملک

رضا لاله‌زاری

پژوهشگر دوره پسادکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران.

E-Mail: reza.lalehzari@ut.ac.ir
تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۲۱
تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۱۵

چکیده

قیمت آب در کشاورزی نقش مهمی در مدیریت تخصیص آب ایفا می‌کند. از این رو استراتژی‌های بهینه الگوی کشت هنگامی می‌تواند طراحی شود که تحلیل بهای قیمت آب در یک چهارچوب اقتصادی از پیش تعیین شده مورد توجه قرار گیرد. در مطالعه حاضر یک مدل برنامه‌ریزی تخصیص بهینه آب در شمال شرقی استان خوزستان که با کمبود آب مواجه است با استفاده از الگوریتم ژنتیک توسعه یافت. بیشینه‌سازی نسبت سود به هزینه به عنوان تابع هدف توسط یک معادله خطی تعریف شده و فضای امکان پذیر مسأله به وسیله قیود منابع آب، اراضی تحت کشت، سیستم‌های آبیاری و پارامترهای اقتصادی محدود شد. در برنامه‌ریزی بهینه توسعه یافته، دسته‌ای از پاسخ‌ها جستجو می‌شود که قابلیت افزایش درآمد خالص الگوی کشت را در شرایط کمبود آب دارند. سه سناریو از قیمت آب شامل ۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ریال در هر متر مکعب برای مقایسه شاخص‌های سود خالص به ازای واحد آب مصرفی، کارایی مصرف آب و آب اختصاص یافته به هر محصول در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد با اعمال کم‌آبیاری و افزایش قیمت آب، حجم آب تخصیص یافته و کارایی مصرف آب برای گوجه‌فرنگی به ترتیب ۷٪ و ۰/۰۷ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافته است. علاوه بر آن، این شرایط موجب افزایش سطح زیر کشت گندم و ذرت شده است. تحلیل شاخص‌های ارزیابی نشان داد با افزایش قیمت آب، حجم آب اختصاص یافته به سبزیجات کاهش یافته و در مقابل کارایی مصرف آب و نسبت سود به هزینه حبوبات افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: سود خالص، بهینه‌سازی، الگوریتم ژنتیک، کمبود آب.

DOI: 10.22067/jwsd.v3i2.48263

مقدمه

سیاست‌های کلان کشور در خصوص امنیت غذایی و تسریع رشد اقتصادی باعث بهره‌برداری و مصرف بی‌رویه منابع آب در کشاورزی بوده به‌گونه‌ای که در حال حاضر سالانه حدود ۶ میلیارد مترمکعب از منابع آب‌های زیرزمینی کشور خارج می‌شود (Lalehzari و همکاران، ۲۰۱۳؛ Lalehzari و Tabatabaei، ۲۰۱۵؛ محمدی و بوستانی،۱۳۸۸). از طرفی این بخش نقش مهمی در اقتصاد کشورها بر عهده دارد و اصلاح الگوی کشت می‌تواند از راهکارهای اصلی در جهت مصرف بهینه آب و حفظ ذخایر آب شیرین باشد (Huang و همکاران، ۲۰۱۲؛ Lalehzari و همکاران، ۲۰۱۶؛ Lalehzari، ۲۰۱۶). بنابراین الگوهای زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک باید به نحوی تغییر یابد که ذخایر آب زیرزمینی را در مقابله با پدیده کم‌آبی حفظ نماید. از طرفی اهداف اقتصادی مانند افزایش درآمد و بیشینه‌کردن سود کشاورزان، کاهش هزینه‌های متغیر مانند هزینه انتقال آب و پمپاژ باید مورد توجه باشد (Singh و Panda، ۲۰۱۲). قیمت‌گذاری آب بخش مهمی از سیاست‌گذاری منابع آب و مدیریت تقاضا محسوب می‌شود. قیمت‌گذاری اصولی به‌طور معناداری وضعیت عملیات مدیریت آب را بهبود می‌بخشد و به‌طور جزئی یا کلی هزینه‌های خدمات آب را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از طریق تأثیر بر رفتار مصرف‌کنندگان امکان استفاده منطقی از آب را فراهم می‌کند. قیمت مناسب آب همچنین از طریق تأمینِ بخشی از سرمایه لازم برای بهبود منابع پایدار آب و خاک در کشاورزی مؤثر است (جلیل‌پیران، ۱۳۹۱). تعیین قیمتی متناسب با شرایط استحصال آب در کشاورزی موضوعی است که در مجامع و تحقیقات مختلف مورد تحلیل قرار گرفته است. قیمت‌گذاری آب از راهکارهای اصلی مدیریت کم‌آبی در نقاط مختلف جهان از جمله در کشورهای چین (Huang و همکاران، ۲۰۱۲)، آفریقای جنوبی (Moolman و همکاران، ۲۰۰۶)، گرجستان (Yingzhuo و همکاران، ۲۰۰۶) و سنگال (Briand، ۲۰۰۶) به شمار می‌رود.

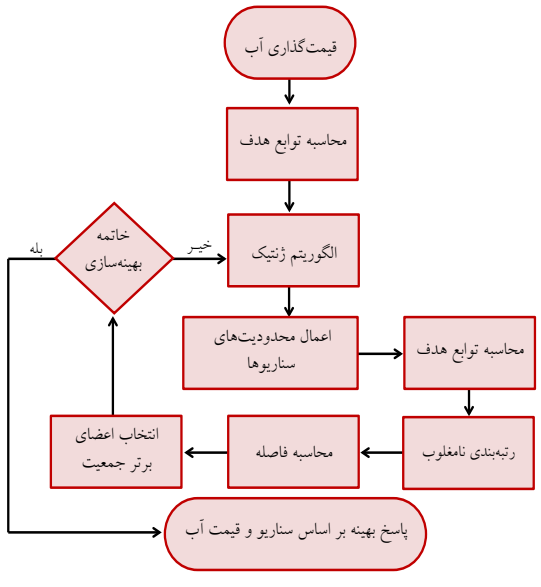
در برخی کشورهای آسیایی، هزینه کل تأمین آب برابر با ۵ درصد درآمدهای خالص مزرعه و در هند و پاکستان نیز به‌صورت آزاد به فروش می‌رسد. بلالی و همکاران (۱۳۸۷) به‌منظور تحلیل آثار قیمت‌گذاری آب دامنه صفر تا ۱۵۰۰ ریال را برای هر مترمکعب آب زیرزمینی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی پویا در نظر گرفتند. نتایج آنها نشان داد قیمت فرضی ۱۰۰ ریال برای آب آبیاری ۹ درصد کاهش استخراج آب زیرزمینی و ۴ درصد کاهش منافع اقتصادی حاصل از فعالیت‌های کشاورزی را در بر دارد. اعمال نرخ ۱۵۰۰ ریال اگر چه بیش از ۲۷ درصد بهره‌برداری از آبخوان را کاهش می‌دهد اما این مسئله به بهای از دست رفتن بخش زیادی از منافع اقتصادی خواهد بود. قبادی‌نیا و همکاران (۱۳۹۳) دریافت آب‌بهای ۱۵۰۰ ریال از بهره‌برداران شبکه آبیاری تحت پوشش سد گلپایگان را برای رسیدن به ارزش اقتصادی آب و الگوی کشت بهینه در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ پیشنهاد کردند.

در مطالعه قاسمیان و همکاران (۱۳۹۲) سه سناریو برای قیمت حامل‌های انرژی برای استحصال آب بررسی شد. بدین منظور قبل از اجرای سیاست حذف یارانه قیمت گازوئیل ۱۶۵ ریال و برق ۲۰ ریال، حین اجرای هدفمندی گازوئیل با قیمت‌های ۱۵۰۰ و ۳۵۰۰ ریالی و برق ۱۴۰ ریال محاسبه شد. قیمت حامل‌های انرژی بعد از اجرای کامل هدفمندی یارانه‌ها باید معادل قیمت تمام‌شده آن‌ها باشد و طبق قانون هدفمندی، گازوئیل معادل ۹۰ درصد قیمت فوب خلیج فارس (۷۹۰۰ ریال) و قیمت برق کشاورزی ۵۵۰ ریال اعلام شد. بنابراین برای بهره‌برداری از هر مترمکعب آب زیرزمینی به‌طور متوسط ۰/۱۵ لیتر گازوئیل و یا ۶۰ کیلووات برق برآورد گردید. نتایج پژوهش در استان گلستان نشان داد هزینه و آب‌بهای پمپاژ آب زیرزمینی ۴ درصد کل هزینه تولید گندم بوده و در صورت حذف یارانه گازوئیل به ۴۲ درصد افزایش می‌یابد که هزینه سوخت ۹۰ درصد آب‌بها را تشکیل می‌دهد. در شرایط پمپاژ توسط انرژی برق هزینه آب‌بها قبل از هدفمندی ۱۲ درصد هزینه تولید و پس از آن ۸۴ درصد هزینه تولید را شامل می‌شود. از این رو، با توجه به سهم بالای حامل‌های انرژی در هزینه آب‌بها، روش پلکانی و تدریجی راهکار مناسب برای افزایش قیمت آب به شمار می‌آید. نتایج مطالعه آقاپور صباغی (۱۳۸۹) در شهرستان شوشتر نشان داد علی‌رغم تأثیرگذاری برخی از نهاده‌های تولید در انتخاب نوع کشت، قیمت آب در انتخاب نوع محصول از سوی زارعین بی‌تأثیر است. در اغلب موارد قیمت فروش محصولات بدون توجه به حجم آب موردنیاز برای تولید، معیاری برای کاشت محسوب می‌گردد به‌گونه‌ای که تمایل به کشت سیب زمینی را افزایش می‌دهد. از طرفی به دلیل کمتر بودن سود حاصل از کشت جو می‌توان در صورت افزایش سطح زیر کشت، این محصول را با سایر محصولات جایگزین نمود. بنابراین افزایش قیمت آب به تنهایی نمی‌تواند اثر کاهشی بر تقاضای آب داشته باشد و ارائه راهکارهای مکمل نظیر ترویج روش‌های نوین آبیاری، استفاده از مدیریت مشارکتی و تحویل آب بر اساس نیاز واقعی هر الگوی کشت ضروری است.

تدوین یک مدل برنامه‌ریزی برای شبیه‌سازی توابع عملکرد محصولات و شاخص‌های ارزیابی اقتصادی الگوی کشت و بهینه‌سازی مدل شبیه‌سازی بر اساس محدودیت‌های آبی موجود هدف اساسی تحقیق حاضر می‌باشد. مقدار آب اختصاص یافته به هر محصول، پارامترهای اقلیمی، گیاهی، قیمت فروش، هزینه تولید، سطح زیرکشت و ضرایب بهینه‌سازی به‌عنوان اطلاعات ورودی به مدل معرفی و برنامه بهینه توزیع آب با استفاده از الگوریتم ژنتیک استخراج و تحلیل گردید. در این راستا سناریوهای مختلف آب‌بها و سطوح مختلفی از کم‌آبی تعریف و بهترین الگوی توزیع آب مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

اولین گام مدل‌سازی، توسعه برنامه شبیه‌سازی توابع هدف (کمینه‌سازی مقدار آب مصرفی و بیشینه‌سازی نسبت درآمد به هزینه) و محدودیت‌ها (منابع آب سطحی، حجم مجاز برداشت از آب زیرزمینی، سطح زیر کشت، حفظ حداقل درآمد و حداکثر سرمایه موجود، جلوگیری از بروز تنش در گیاهان در مراحل حساس رشد) می‌باشد. نحوه اجرای فرایندهای مختلف مدل به صورت شماتیک در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- مکانیزم اجرای مدل بهینه‌سازی در سطوح مختلف آب در دسترس

محاسبه توابع هدف مستلزم استفاده از الگوریتمی است که با شناسایی دوره‌های واقع در هر یک از مراحل رشد گیاه، مجموع آن‌ها را به‌عنوان نیاز آبی واقعی محصول در نظر گیرد. الگوریتم طراحی‌شده در شکل (۲) با پذیرش تبخیر و تعرق گیاه مرجع، میزان بارندگی و دو فایل ورودی شامل پارامترهای گیاهی، اقتصادی و سایر داده‌های مورد نیاز توابع هدف را محاسبه و در فرایند الگوریتم بهینه‌سازی قرار می‌دهد.

داده‌های ورودی به مدل (شکل ۲) شامل آب تخصیص‌یافته به عنوان متغیر تصمیم (x) و مقدار ثابت تبخیر و تعرق پتانسیل (ETo) است. علاوه بر آن، S دوره رشد گیاه، Y عملکرد محصول، Np تعداد گیاهان و CC، E، CW به ترتیب هزینه ثابت تولید، راندمان آبیاری و قیمت آب می‌باشند. S_{Sp}، S_{Su} و S_{Tr} نیز معرف کسری از مزرعه بوده که به ترتیب تحت آبیاری سیستم‌های سطحی، بارانی و قطره‌ای هستند.

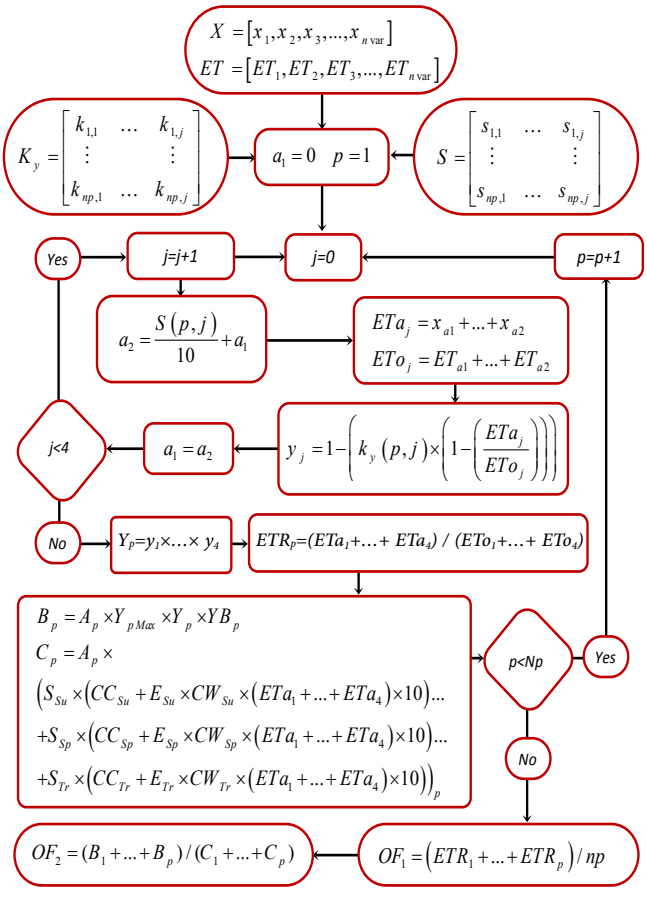
جهت هر داده شناسایی در محاسبات سه اندیس در نظر گرفته شد، بنابراین:

$$X = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_{nvar}] \quad \forall \quad x_n = (WA_{ipj})_n$$

$$ET = [ET_1, ET_2, ET_3, \dots, ET_{nvsr}] \quad \forall \quad ET_n = (ET_{ipj})_n$$

که در آن: Sp, ... , ۱,۲,۳ = i شماره دوره ۱۰ روزه، Np, ... , ۱,۲,۳ = p شماره گیاه، ۱,۲,۳,۴ = j شماره هر مرحله از رشد و $nvar$, ... , ۱,۲,۳ = n شماره متغیر تصمیم، np تعداد گیاهان، Sp تعداد دوره ها در سال مطالعه، $nvar$ تعداد متغیرهای تصمیم‌گیری، WA آب تخصیص یافته می‌باشند. بر این اساس برای انجام عملیات جبری داده‌ها از اندیس متناسب با آن استفاده می‌گردد. فراخوانی داده‌ها با هر کدام از اندیس‌ها، اطلاعات موردنیاز را به‌صورت ماتریس متناظر با همان شاخص نمایش می‌دهد.

روش بهینه‌سازی بکار رفته الگوریتم ژنتیک چندهدفه مبتنی بر رتبه‌بندی نامغلوب، NSGAII بوده که با استفاده از نرم‌افزار MATLAB برنامه نویسی و اجرا شد. خروجی مدل توسعه یافته شامل پارامترهای ارزیابی الگوی کشت از جمله مقادیر بهینه سطح زیر کشت و آب اختصاص یافته و میزان عملکرد و درآمد به ازای واحد آب مصرفی خواهد بود.



شکل ۲- الگوریتم محاسبه توابع هدف

مطالعه میدانی

پژوهش برای سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ در دشت باغملک با محصولات گندم، ذرت، هندوانه، گوجه فرنگی، پیاز، سبزیجات و حبوبات انجام شده است. هزینه تولید و قیمت فروش این محصولات برای تحلیل اقتصادی الگوی کشت در جدول (۱) نشان داده شده است. مطابق جدول گوجه فرنگی، پیاز و سبزیجات به ترتیب بیشترین هزینه تولید و در مقابل حبوبات، گندم و ذرت به ترتیب بالاترین قیمت فروش را دارا می‌باشد. مطالعه برای سه سناریوی آب شامل تأمین ۷۵ درصد (سناریوی اول)، ۹۰ درصد (سناریوی دوم) و ۹۸ درصد (سناریوی سوم) از کل نیاز آبی الگوی کشت به صورت جداگانه مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.

جدول ۱- هزینه تولید و قیمت فروش محصولات در سال آبی ۹۳-۹۲

نام محصول	عملکرد کیلوگرم در هکتار	هزینه تولید هزارریال در هکتار	هزینه تولید ریال بر کیلوگرم	قیمت فروش ریال در کیلوگرم	سود خالص ریال در هکتار	راندمان اقتصادی آب ریال بر مترمکعب
گندم آبی	۳۵۰۰	۱۳۷۰۰	۳۹۱۵	۱۰۵۰۰	۲۳۰۵۰	۷۳۵۰
ذرت دانه‌ای	۸۵۰۰	۲۵۰۵۰	۲۹۴۷	۸۷۰۰	۴۸۹۰۰	۹۲۵۰
هندوانه	۶۰۰۰۰	۳۳۶۰۰	۱۸۶۷	۴۵۰۰	۲۳۶۴۰۰	۱۵۰۰۰
گوجه فرنگی	۳۲۰۰۰	۶۸۹۰۰	۲۹۹۵	۷۵۰۰	۱۷۱۱۰۰	۱۰۵۰۰
پیاز	۳۴۰۰۰	۵۱۰۰۰	۲۴۲۸	۵۶۰۰	۱۳۹۴۰۰	۹۰۵۰
سبزیجات	۲۳۰۰۰	۴۹۲۰۰	۴۴۷۲	۶۰۰۰	۸۸۸۰۰	۱۲۵۰
حبوبات	۲۲۰۰	۴۴۶۰۰	۲۷۸۷	۲۸۰۰۰	۱۷۰۰۰	۳۸۵۰

نتایج و بحث

در این بخش ابتدا به بررسی سناریوهای محتمل برای فرض قیمت هر مترمکعب آب آبیاری پرداخته، سپس با تعیین قیمت فرضی، تأثیر آن بر درآمد خالص طرح و چیدمان گیاهان در یک الگوی کشت بهینه بررسی خواهد شد. با تکیه بر نتایج مطالعات گذشته و برای بررسی اثرات آب‌بها بر الگوی تخصیص آب مدل توسعه‌یافته، سه قیمت ۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ریال برای هر مترمکعب آب آبیاری تعریف و تحلیل شد. جدول (۲) مقایسه پارامترهای ارزیابی شامل درصد آب تخصیص یافته، عملکرد نسبی (نسبت عملکرد واقعی به عملکرد بیشینه)، کارایی مصرف آب (عملکرد تقسیم بر آب مصرفی) و نسبت درآمد به هزینه را در سناریوهای اعمال‌شده در حالت بهینه نشان می‌دهد. مطابق جدول حبوبات به‌دلیل پایین بودن کارایی مصرف آب و درآمد خالص سهم کمتری از آب موجود در شرایط عادی دارد. با افزایش قیمت آب و کاهش قابل‌انتظار نسبت درآمد به هزینه‌ی همه محصولات، حبوبات به علت قیمت فروش بالا بخش بیشتری از آب در دسترس را به خود اختصاص می‌دهد. به همین دلیل تخصیص آب به گندم در گزینه‌های ۲۰۰ و ۵۰۰ ریال کاهش یافته است. نسبت درآمد به هزینه در محصولات مختلف با شیب متفاوتی کاهش می‌یابد؛ به‌جز حبوبات و گوجه فرنگی که در سناریوی دوم به‌دلیل افزایش سهم آب شرایط بهتری دارند.

جدول (۳) سطح زیر کشت، حجم آب موردنیاز و درآمد ناخالص به‌دست‌آمده از هر سناریوی آبی با هر گزینه تغییر قیمت را نشان می‌دهد. با افزایش آب‌بها برای مقرون به‌صرفه بودن الگوی کشت در اغلب محصولات سطح زیر کشت افزایش داشته است؛ اما بالارفتن مساحت اختصاص‌یافته به هر محصول با تغییر قابل‌توجه در میزان آب همراه نبوده و این موضوع موجب دستیابی به سطح مشخصی از درآمد شده است. به نظر می‌رسد دریافت آب‌بهای ۲۰۰ ریال در مترمکعب از بهره‌برداران توازن بهینه‌تری را در تخصیص آب و زمین و سطح درآمد داشته است. هندوانه، گوجه فرنگی و حبوبات در این وضعیت بهبود نسبی یافته و با کاهش تولید مواجه نبوده‌اند.

از طرفی سناریوی دوم مصرف آب با این توجیه که توانایی تخصیص را در شرایط نزدیک به بحران آب دارد قابل پیشنهاد است. در سناریوی یادشده تفاوت بین محصولات در جذب منابع آبی واضح‌تر بوده و عملکرد نسبی آن‌ها با کاهش چشمگیر و یا خشکی مواجه نمی‌شود. در ادامه هر یک از محصولات با سناریوهای مختلف به طور جداگانه بررسی می‌شوند.

جدول ۲- مقایسه پارامترهای ارزیابی تخصیص در شرایط تغییر نرخ آب‌بها

پارامتر	محصولات	سناریوی اول			سناریوی دوم			سناریوی سوم		
قیمت هر مترمکعب آب (ریال)		۰	۲۰۰	۵۰۰	۰	۲۰۰	۵۰۰	۰	۲۰۰	۵۰۰
درصد بهینه تخصیص آب	گندم آبی	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۴	۹۴	۹۲	۸۶	۸۶	۸۴
	ذرت دانه‌ای	۱۰۰	۹۸	۹۸	۸۶	۸۷	۸۷	۷۰	۷۳	۷۴
	هندوانه	۹۷	۱۰۰	۹۸	۹۰	۸۹	۸۷	۶۹	۷۱	۷۵
	گوجه فرنگی	۸۷	۱۰۰	۱۰۰	۵۶	۶۵	۶۷	۵۰	۵۵	۵۷
	پیاز	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۸	۹۷	۹۲	۸۶	۸۴	۸۲
	سبزیجات	۹۰	۹۰	۷۳	۶۰	۶۹	۶۲	۳۸	۵۰	۵۳
	حبوبات	۷۶	۹۵	۹۸	۶۱	۷۰	۷۱	۵۹	۶۳	۶۵
عملکرد نسبی	گندم آبی	۹۹	۱۰۰	۹۷	۹۰	۸۵	۹۰	۷۸	۷۵	۷۲
	ذرت دانه‌ای	۱۰۰	۹۸	۹۸	۹۰	۸۴	۸۴	۶۸	۷۱	۷۸
	هندوانه	۹۶	۹۹	۹۶	۸۲	۷۵	۷۵	۵۷	۵۴	۶۱
	گوجه فرنگی	۸۳	۱۰۰	۹۹	۳۵	۴۳	۴۵	۳۲	۳۳	۳۴
	پیاز	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۶	۹۲	۹۰	۸۴	۸۲	۷۹
	سبزیجات	۸۶	۸۲	۶۵	۵۹	۶۰	۵۵	۴۱	۴۴	۴۷
	حبوبات	۶۸	۹۲	۹۶	۴۳	۵۱	۵۱	۴۳	۴۷	۵۲
کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	گندم آبی	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۴۸
	ذرت دانه‌ای	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۹	۱/۲	۱/۲۸	۱/۲۶	۱/۱۶	۱/۳
	هندوانه	۶/۱۹	۶/۱۹	۶/۱۳	۵/۶۵	۵/۲۳	۵/۳۷	۵/۱۷	۴/۷۸	۵/۱
	گوجه فرنگی	۳/۲۳	۳/۳۸	۳/۳۶	۲/۱۲	۲/۲۴	۲/۳۱	۱/۹۲	۱/۹۷	۲
	پیاز	۴/۲۶	۴/۲۶	۴/۲۶	۴/۲۴	۴/۰۴	۴/۱۶	۴/۱۵	¼	۴/۱۱
	سبزیجات	۳/۵۸	۳/۴۲	۳/۳۲	۳/۶۷	۳/۲۸	۳/۳۶	۴/۰۵	۳/۳۱	۳/۳۶
	حبوبات	۰/۴۷	۰/۵۱	۰/۵	۰/۳۶	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۶
نسبت درآمد به هزینه	گندم آبی	۲/۶۴	۲/۲۵	۱/۷۹	۲/۳۹	۱/۹۶	۱/۶۹	۲/۰۸	۱/۷۴	۱/۳۹
	ذرت دانه‌ای	۲/۹۵	۲/۶۲	۲/۳۲	۲/۶۴	۲/۲۶	۲/۱۳	۲/۱	۱/۸۷	۱/۹۱
	هندوانه	۴/۸۹	۴/۷	۴/۱۶	۴/۱۷	۳/۵۹	۳/۳	۲/۹۲	۲/۶۳	۲/۷۳
	گوجه فرنگی	۲/۸۹	۳/۳	۳	۱/۲۲	۱/۴۶	۱/۴۵	۱/۱۲	۰/۹۶	۱/۱۱
	پیاز	۳/۷۲	۳/۵۱	۳/۲۳	۳/۳۱	۳/۲۵	۲/۹۳	۳/۱۲	۲/۷۹	۲/۶۹
	سبزیجات	۳/۰۱	۲/۷۴	۲/۱	۲/۰۶	۲/۰۴	۱/۸۱	۱/۴۴	۱/۵	۱/۵۵
	حبوبات	۱/۷۷	۲/۴۴	۲/۲	۱/۱۲	۱/۴۵	۱/۲۶	۱/۱۴	۱/۲۳	۰/۹۸

• **گندم:** نسبت‌های مختلف تأمین آب سطوح متفاوتی از بهره‌وری اقتصادی را در بر دارد که در خصوص گندم کمترین آب مصرفی با رعایت تمام شرایط بهینه‌سازی ۵۵ درصد تخمین زده شده است (جدول ۴). در شرایط کم‌آبی حدود ۵۰ درصد کل آب تخصیص‌یافته از بارندگی تأمین می‌شود، بنابراین مرحله دوم رشد محصول شامل بیش از نصف کل آب دریافت شده می‌گردد. مطابق جدول (۴) مرحله سوم رشد نیاز به مصرف آب زیرزمینی بوده و تعیین‌کننده تعداد و حجم آبیاری گندم برای حصول مقادیر مشخصی از عملکرد یا درآمد خالص است. از طرفی کمترین بهره‌وری اقتصادی به ازای آب مصرفی متوجه گندم بوده و تغییر آب مصرفی شاخص‌های بهره‌وری را دستخوش بهبود نمی‌کند. گرایش زارعین به کشت دیم و عدم استفاده از حداکثر پتانسیل برای تولید گندم نیز ناشی از همین عامل به نظر می‌رسد.

جدول ۳- بهترین گزینه‌های تخصیص آب و زمین در شرایط تغییر قیمت آب آبیاری

پارامتر	سناریوها	قیمت آب (ریال)	گندم آبی	ذرت	هندوانه	گوجه فرنگی	پیاز	سبزیجات	حبوبات
سطح زیرکشت	سناریوی اول	۰	۲۱۳۴	۱۲۴۸	۲۳۰	۲۹	۵۹۲	۲۹	۱۶
		۲۰۰	۲۲۰۸	۱۱۸۹	۲۰۰	۳۴	۷۱۴	۳۰	۲۰
		۵۰۰	۲۴۰۸	۱۴۹۰	۲۱۷	۲۹	۵۹۵	۳۰	۱۸
	سناریوی دوم	۰	۲۳۷۶	۱۲۲۴	۲۱۲	۲۹	۶۰۲	۲۷	۱۵
		۲۰۰	۲۴۵۸	۱۲۷۰	۲۳۴	۳۵	۶۷۷	۳۰	۱۷
		۵۰۰	۲۳۱۶	۱۴۲۲	۲۳۹	۲۸	۶۳۱	۳۲	۲۰
	سناریوی سوم	۰	۲۴۴۶	۱۲۰۱	۲۲۵	۲۹	۶۷۶	۲۹	۳۰
		۲۰۰	۲۲۴۷	۱۱۲۱	۲۱۵	۳۱	۷۶۴	۳۲	۱۷
		۵۰۰	۲۴۷۶	۱۳۹۴	۲۲۶	۲۶	۶۵۸	۳۰	۱۹
حجم آب مصرفی	سناریوی اول	۰	۶۲۰۳	۶۸۱۳	۵۹۰۳	۸۲۳۸	۷۹۷۰	۵۵۲۳	۶۶۱۷
		۲۰۰	۶۲۳۲	۶۶۹۴	۶۰۸۱	۹۴۵۴	۷۹۸۷	۵۵۱۷	۸۵۳۳
		۵۰۰	۶۱۵۹	۶۸۲۱	۵۹۷۱	۹۴۰۹	۷۹۸۷	۴۴۷۷	۸۲۳۴
	سناریوی دوم	۰	۵۸۴۷	۵۸۹۶	۵۵۰۷	۵۲۸۴	۷۱۲۸	۳۶۷۵	۵۲۷۹
		۲۰۰	۵۷۰۹	۵۹۳۶	۵۴۵۵	۶۱۹۱	۷۷۷۶	۴۲۲۱	۶۱۱۸
		۵۰۰	۵۸۵۶	۵۹۰۶	۵۳۲۶	۶۳۰۳	۷۳۴۲	۳۷۹۴	۶۱۷۰
	سناریوی سوم	۰	۵۳۷۶	۴۷۹۰	۴۲۱۱	۵۲۰۰	۶۸۳۷	۲۳۳۴	۵۰۹۰
		۲۰۰	۵۳۵۱	۵۰۱۱	۴۳۳۱	۴۷۲۵	۶۵۱۰	۳۰۴۶	۵۴۹۱
		۵۰۰	۵۲۱۹	۵۰۸۰	۴۵۴۵	۵۳۸۹	۶۷۴۷	۳۲۱۹	۴۷۷۹
درآمد ناخالص	سناریوی اول	۰	۳/۶۴	۷/۳۹	۱۶/۴۵	۱۹/۹۲	۱۹/۰۰	۱۴/۸۲	۸/۶۲
		۲۰	۳/۶۶	۷/۲۵	۱۶/۹۳	۲۳/۹۹	۱۹	۱۴/۱۵	۱۲/۱۱
		۵۰	۳/۵۸	۷/۳۹	۱۶/۴۸	۲۳/۷۲	۱۹	۱۱/۱۴	۱۱/۶
	سناریوی دوم	۰	۳/۳	۶/۶۲	۱۴/۰۱	۸/۴	۱۶/۹	۱۰/۱۲	۵/۳۷
		۲۰۰	۳/۱۴	۶/۱۹	۱۲/۸۴	۱۰/۴	۱۷/۶	۱۰/۴	۷
		۵۰۰	۳/۳	۶/۶	۱۲/۸	۱۰/۹	۱۷/۱۲	۹/۵۷	۶/۳۸
	سناریوی سوم	۰	۲/۸۷	۵/۲۷	۹/۸	۷/۶۹	۱۵/۹	۷/۱	۵/۴۱
		۲۰۰	۲/۷۷	۵/۰۷	۹/۳۱	۶/۸۱	۱۴/۹۶	۷/۵۵	۵/۹۱
		۵۰۰	۲/۶۵	۵/۷۴	۱۰/۴	۸/۲۷	۱۵/۵	۸/۱۱	۴/۸

جدول ۴- مقایسه پارامترهای تخصیص بهینه آب به محصول گندم

درصد آب تأمین شده	درصد عملکرد نسبی	نسبت درآمد به هزینه	درآمد ناخالص	درآمد خالص	حجم آب دریافتی	پمپاژ آب زیرزمینی	توزیع آب در مراحل رشد (درصد)			
			میلیون تومان		مترمکعب		۱	۲	۳	۴
۶۰	۴۳	۱/۱۴	۱/۵۷	۰/۲	۵۷۸۱	۲۹۶۵	۵	۴۵	۲۸	۲۲
۷۰	۵۳	۱/۴۱	۱/۹۴	۰/۶	۶۷۲۹	۳۹۱۳	۴	۴۰	۳۵	۲۱
۸۰	۶۷	۱/۷۷	۲/۴۴	۱/۱	۷۶۷۱	۴۸۵۵	۴	۳۵	۳۷	۲۳
۹۰	۸۳	۲/۲۳	۳/۰۷	۱/۷	۸۵۶۵	۵۷۴۹	۵	۳۶	۳۴	۲۴
۱۰۰	۱۰۰	۲/۶۷	۳/۶۷	۲/۳	۹۵۳۵	۶۷۱۹	۵	۴۱	۳۲	۲۲

• **ذرت:** جدول (۵) تغییر عوامل تولید را همزمان با افزایش مقدار آب دریافتی برای ذرت دانه‌ای نشان می‌دهد. لازم به توضیح است حجم آب تخصیص‌یافته با لحاظ نمودن تلفات ناشی از انتقال و توزیع آب تعریف شده برای هر گیاه در نظر گرفته شده است. بارندگی سهم ناچیزی از آب موردنیاز ذرت را در شهرستان باغملک به خود اختصاص می‌دهد، به‌گونه‌ای که تقریباً گندم ۵۰۰۰ مترمکعب (جدول ۵) و ذرت ۲۰۰۰ مترمکعب استفاده مؤثر از بارندگی دارند. با افزایش منابع آبی سهم مرحله دوم رشد ذرت کاهش و در مقابل مرحله سوم آب بیشتری را دریافت می‌دارد، و علت این امر قید جلوگیری از تنش گیاه در مراحل حساس رشد و بازه زمانی وقوع بارندگی می‌باشد. نتایج جداول ارائه شده برتری نسبت درآمد به هزینه و درآمد خالص ذرت دانه‌ای نسبت به گندم را نشان می‌دهد.

جدول ۵- مقایسه پارامترهای تخصیص بهینه آب به محصول ذرت

درصد آب تأمین شده	درصد عملکرد نسبی	نسبت درآمد به هزینه	درآمد ناخالص	درآمد خالص	آب دریافتی	پمپاژ آب زیرزمینی	توزیع آب در مراحل رشد (درصد)			
			میلیون تومان		مترمکعب		۱	۲	۳	۴
۶۰	۶۸	۲/۰۲	۵/۰۵	۲/۵	۵۶۶۳	۴۶۸۶	۴	۳۰	۵۷	۹
۷۰	۷۸	۲/۳۱	۵/۸	۳/۳	۶۷۶۹	۵۷۹۲	۴	۲۵	۵۸	۱۴
۸۰	۸۴	۲/۴۹	۶/۲۳	۳/۷	۷۵۵۳	۶۵۷۷	۳	۲۲	۶۰	۱۴
۹۰	۹۳	۲/۷۴	۶/۸۶	۴/۴	۸۵۳۹	۷۵۶۲	۳	۲۰	۵۴	۲۳
۱۰۰	۱۰۰	۲/۹۵	۷/۳۹	۴/۹	۹۶۲۱	۸۶۴۵	۳	۱۸	۴۸	۳۱

• **هندوانه:** بیشترین بهره‌وری عملکرد در الگوی مطالعه شده به محصول هندوانه اختصاص داشته و افزایش تخصیص آب موجب بالارفتن هر دو شاخص بهره‌وری معرفی شده می‌گردد (جدول ۶). مطابق نتایج بهینه‌سازی توزیع آب، ۲۵۰۰ مترمکعب در هکتار از نیاز هندوانه در سال مطالعه از بارندگی تخصیص‌یافته و تکمیل نیاز آبیاری با استخراج آب زیرزمینی نیاز مبرم این محصول پرمصرف به شمار می‌رود. شیب افزایش محصول و درآمد با افزایش نسبت تأمین آب افزایش یافته لذا هیچ سطحی از کم‌آبیاری برای هندوانه مورد تأیید نبوده و مدیریت آبیاری بیشتر در مرحله سوم رشد توصیه می‌شود.

جدول ۶- مقایسه پارامترهای تخصیص بهینه آب به محصول هندوانه

درصد آب تأمین شده	درصد عملکرد نسبی	نسبت درآمد به هزینه	درآمد ناخالص	درآمد خالص	آب دریافتی	پمپاژ آب زیرزمینی	توزیع آب در مراحل رشد (درصد)			
			میلیون تومان		مترمکعب		۱	۲	۳	۴
۶۰	۴۳	۲/۰۴	۶/۸۴	۳/۵	۵۱۰۵	۳۸۰۴	۷	۳۰	۴۷	۱۷
۷۰	۵۴	۲/۵۱	۸/۴۵	۵/۱	۶۰۳۵	۴۷۳۴	۶	۲۷	۴۴	۲۳
۸۰	۶۵	۳/۰۵	۱۰/۲۵	۶/۹	۶۸۹۴	۵۵۹۳	۵	۲۶	۴۱	۲۸
۹۰	۸۰	۳/۷۴	۱۲/۵۶	۹/۲	۷۷۵۵	۶۴۵۴	۴	۲۵	۴۱	۳۰
۱۰۰	۱۰۰	۴/۶۹	۱۵/۷۵	۱۲/۴	۸۷۰۰	۷۳۹۸	۴	۲۴	۴۵	۲۷

• **گوجه فرنگی:** گوجه فرنگی گیاهی پرمصرف (جدول ۷) با هزینه تولید بالا می‌باشد که با فراهم نمودن درصد بالاتری از آب موردنیاز آن بهره‌وری عملکرد نسبت به واحد آب مصرفی و در نتیجه سودآوری آن روند صعودی دارد (شکل ۳). در یک کشت بهینه به دلیل هزینه اولیه بالا بهتر است به‌جای افزایش سطح زیر کشت بخش بیشتری از نیاز آبی گوجه فرنگی تأمین گردد. از سوی دیگر حجم بالای برداشت آب زیرزمینی با پرداخت آب‌بها ارزش اقتصادی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

جدول ۷- مقایسه پارامترهای تخصیص بهینه آب به گوجه فرنگی

درصد آب تأمین شده	درصد عملکرد نسبی	نسبت درآمد به هزینه	درآمد ناخالص	درآمد خالص	آب دریافتی	پمپاژ آب زیرزمینی	توزیع آب در مراحل رشد (درصد)			
			میلیون تومان		مترمکعب		۱	۲	۳	۴
۶۰	۳۸	۱/۰۶	۷/۲۹	۰/۴	۷۶۴۸	۶۴۵۰	۸	۳۱	۴۴	۱۷
۷۰	۴۵	۱/۲۸	۸/۸۴	۲	۸۹۴۱	۷۷۴۳	۷	۲۷	۴۱	۲۵
۸۰	۶۰	۱/۶۷	۱۱/۴۹	۴/۶	۱۰۳۲۴	۹۱۲۶	۶	۲۵	۴۰	۲۹
۹۰	۷۵	۲/۱	۱۴/۴۹	۷/۶	۱۱۵۹۸	۱۰۴۰۰	۷	۲۳	۳۹	۳۱
۱۰۰	۱۰۰	۲/۸۳	۱۹/۵	۱۲/۶	۱۳۰۰۰	۱۱۸۰۱	۷	۲۲	۴۱	۳۰

• **پیاز:** سهم بارندگی همانند سایر گیاهان پاییزه برای پیاز نیز ناچیز بوده و عمده آب از طریق پمپاژ باید تأمین گردد (جدول ۸). هر چند افزایش آب موجب بهبود عملکرد و درآمد خالص محصول پیاز می‌گردد اما بهره‌وری اقتصادی کشت پس از تأمین حدود ۷۰ درصد نیاز آبی رو به کاهش می‌رود. در شرایط کم‌آبی می‌توان بر خلاف گوجه فرنگی سطح زیر کشت را افزایش و درصدی از کم‌آبیاری را اعمال نمود. در شهرستان باغملک نیز سطح زیر کشت ۶۰۰ هکتاری پیاز در مقابل ۳۰ هکتاری گوجه‌فرنگی شاید به دلیل دستیابی به این تجربه باشد.

جدول ۸- مقایسه پارامترهای تخصیص بهینه آب به محصول پیاز

درصد آب تأمین شده	درصد عملکرد نسبی	نسبت درآمد به هزینه	درآمد ناخالص	درآمد خالص	آب دریافتی	پمپاژ آب زیرزمینی	توزیع آب در مراحل رشد (درصد)			
			میلیون تومان		مترمکعب		۱	۲	۳	۴
۶۰	۶۶	۲/۰۲	۱۰/۳۱	۵/۲	۶۶۴۷	۵۶۸۳	۹	۳۰	۵۷	۵
۷۰	۷۸	۲/۴	۱۲/۲۳	۷/۱	۷۸۰۶	۶۸۴۱	۸	۲۶	۵۶	۱۱
۸۰	۸۸	۲/۶۹	۱۳/۷۴	۸/۶	۹۱۰۳	۸۱۳۹	۷	۲۳	۵۰	۲۱
۹۰	۹۲	۲/۸۴	۱۴/۵	۹/۴	۱۰۰۷۳	۹۱۰۹	۶	۲۰	۴۵	۲۹
۱۰۰	۱۰۰	۳/۰۷	۱۵/۶۸	۱۰/۶	۱۱۰۷۲	۱۰۱۰۸	۶	۱۹	۴۲	۳۴

• **سبزیجات:** بهترین مقدار تأمین نیاز آبی سبزیجات که بهره‌وری و عملکرد قابل قبولی را ارائه کند ۷۰ درصد تخمین زده می‌شود (جدول ۹ و شکل ۳). بیشترین توزیع حجم آب در مرحله سوم رشد انجام شده و از ۴۰ تا ۷۰ درصد نیاز آبی افزایش و پس از آن رو به کاهش می‌رود (تغییرات توزیع آب در مرحله دوم برعکس حالت ذکر شده است). مطابق جدول شیب افزایش درآمد خالص نیز از همین روال تبعیت کرده و پس از ۷۰ درصد صعود ملایم‌تری دارد. در طول دوره رشد سبزیجات، ۱۲۰۰ مترمکعب از آب بارندگی در هر هکتار به مصرف سبزیجات و مابقی طبق هر سناریوی مدیریتی برداشت از آبخوان می‌تواند انتخاب گردد.

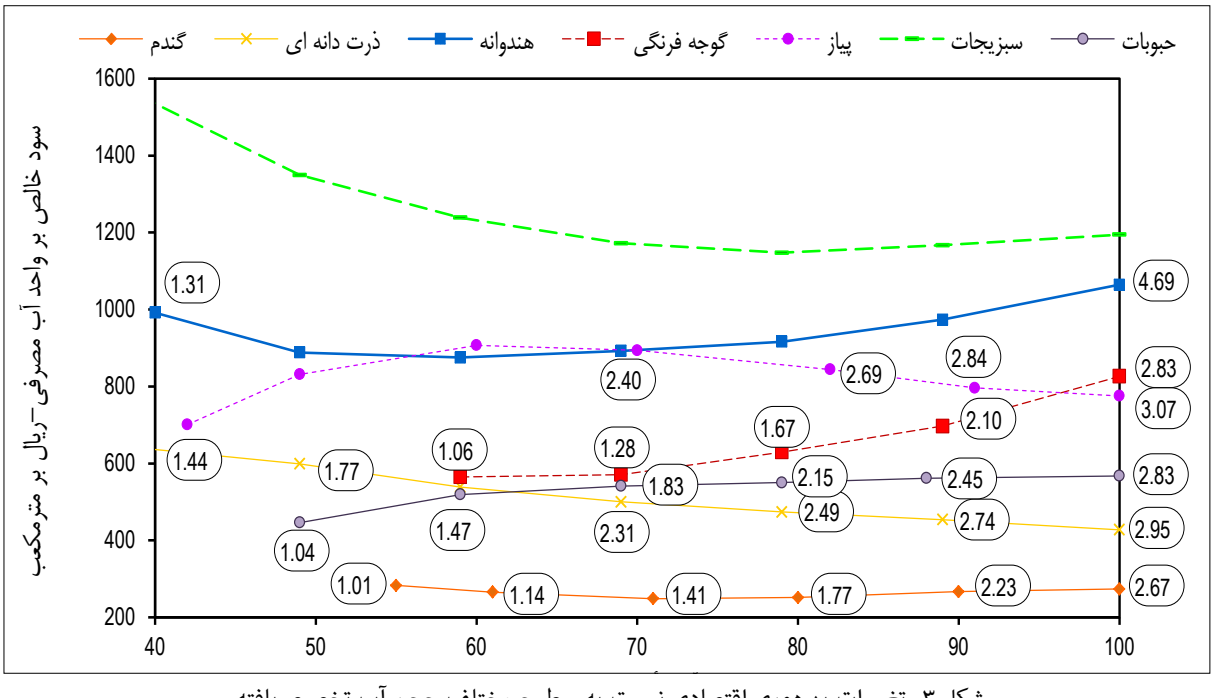
جدول ۹- مقایسه پارامترهای تخصیص بهینه آب به سبزیجات

درصد آب تأمین شده	درصد عملکرد نسبی	نسبت درآمد به هزینه	درآمد ناخالص	درآمد خالص	آب دریافتی	پمپاژ آب زیرزمینی	توزیع آب در مراحل رشد (درصد)			
			میلیون تومان		مترمکعب		۱	۲	۳	۴
۶۰	۵۸	۲/۲۱	۱۰/۸۸	۶	۴۹۹۸	۴۳۹۱	۵	۱۶	۵۳	۲۶
۷۰	۶۶	۲/۵	۱۲/۲۹	۷/۴	۵۸۵۲	۵۲۴۵	۴	۱۵	۵۸	۲۳
۸۰	۷۴	۲/۸۳	۱۳/۹۵	۹	۶۶۸۶	۶۰۷۹	۶	۱۸	۵۶	۲۰
۹۰	۸۷	۳/۳۲	۱۶/۳۴	۱۱/۴	۷۵۴۶	۶۹۳۹	۱۱	۲۱	۵۰	۱۸
۱۰۰	۱۰۰	۳/۸۱	۱۸/۷۵	۱۳/۸	۸۴۵۶	۷۸۴۹	۱۲	۲۷	۴۵	۱۶

• **حبوبات:** عموماً در شهرستان باغملک محصولاتی نظیر سبزیجات و حبوبات با هدف سودآوری کشت نمی‌شوند و کل سطح زیر کشت آن‌ها به ترتیب ۳۰ و ۲۰ هکتار برای مصرف محلی می‌باشد. ازاین‌رو حجم بالایی از برداشت فعلی آب در دشت را شامل نشده و می‌تواند در الگوهای بهینه‌سازی منطقه‌ای مورد مطالعه بیشتر قرار گیرد. جدول (۱۰) پارامترهای بهینه تولید حبوبات را در گزینه‌های مختلف مصرف آب نشان می‌دهد. با نتایج به‌دست‌آمده بهره‌وری حبوبات تا سطح ۷۰ درصد تأمین آب افزایش داشته (شکل ۳) و پس از آن به تعادل می‌رسد. لذا در شرایط کم‌آبی با توجه به پرمصرف بودن محصول می‌توان سطح زیر کشت را افزایش و آب مصرفی را کاهش داد.

جدول ۱۰- مقایسه پارامترهای تخصیص بهینه آب به حبوبات

درصد آب تأمین شده	درصد عملکرد نسبی	نسبت درآمد به هزینه	درآمد ناخالص	درآمد خالص	آب دریافتی	پمپاژ آب زیرزمینی	توزیع آب در مراحل رشد (درصد)			
			میلیون تومان		مترمکعب		۱	۲	۳	۴
۶۰	۵۲	۱/۴۷	۶/۵۳	۲/۱	۶۸۱۴	۶۲۹۳	۶	۳۳	۵۷	۴
۷۰	۶۵	۱/۸۳	۸/۱۴	۳/۷	۸۰۴۶	۷۵۲۴	۸	۲۹	۵۳	۱۰
۸۰	۷۶	۲/۱۵	۹/۵۶	۵/۱	۹۲۱۰	۸۶۸۹	۸	۲۵	۵۰	۱۷
۹۰	۸۷	۲/۴۵	۱۰/۹۲	۶/۵	۱۰۲۴۱	۹۷۱۹	۸	۲۳	۴۹	۲۰
۱۰۰	۱۰۰	۲/۸۳	۱۲/۶	۸/۱	۱۱۶۱۸	۱۱۰۹۶	۷	۲۰	۴۹	۲۴



شکل ۳- تغییرات بهره‌وری اقتصادی نسبت به سطوح مختلف حجم آب تخصیص‌یافته

نتیجه‌گیری

سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری و تأثیر آن بر سیستم تصمیم‌گیری تخصیص آب و اصلاح الگوی کشت در این مطالعه در سناریوهای مختلف مدلسازی و تحلیل شده است. بدین منظور از الگوریتم ژنتیک و گزینه‌های آب بهای ۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ریال بر مترمکعب در شرایط محدودیت منابع آب ۷۵، ۹۰ و ۹۸ درصد استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان داد حبوبات سازگاری بهتری با افزایش آب‌بها دارد؛ زیرا عملکرد پایین و قیمت بالاتری برای فروش نسبت به سایر محصولات

دارد. در سناریوهای ۲۰۰ و ۵۰۰ ریال در مترمکعب به دلیل اقتصادی نبودن کشت اغلب محصولات درصد بیشتری از نیاز آبی این محصول تأمین شده اما در برداشت آزاد از منابع آب سهم کمتری به حبوبات اختصاص می‌یابد. همچنین کارایی مصرف آب با بالا رفتن آب‌بها برای یک سود از پیش تعیین‌شده افزایش داشته است. تخصیص آب در اراضی پایین‌دست سدها از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و مدیریت آن باید تابع یک سیستم بهینه‌یابی قدرتمند باشد. لذا بکارگیری مدل توسعه‌یافته در مناطق با تنوع روش آبیاری، قیمت آب، محصول و زمین پیشنهاد می‌گردد. از سوی دیگر با توجه به اینکه کشت اغلب محصولات با اهداف معیشتی صورت می‌گیرد مدیریت مصرف آب و قیمت‌گذاری متناسب با نوع محصول و سطح زیرکشت می‌تواند ضمن برآورده کردن نیاز بهره‌برداران از هدر رفت منابع آب جلوگیری نماید.

منابع

جلیل‌پیران، ح. ۱۳۹۱. نقش قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی بر تعادل منابع آب. مجله اقتصادی - ماهنامه بررسی مسائل و سیاست‌های اقتصادی، ۲: ۱۱۹-۱۲۸.

قاسمیان، س.د.، دریجانی، ع. و حسینی، س.ص. ۱۳۹۲. بررسی اثر حذف یارانه حامل‌های انرژی بر سهم هزینه آب‌بها و قیمت تمام‌شده محصول گندم استان گلستان. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۲۷(۴): ۴۶۵-۴۷۳.

آقاپور صباغی، م. ۱۳۸۹. تأثیر قیمت آب بر الگوی کشت زارعین (مطالعه موردی: شهرستان شوشتر). مجله پژوهش‌های ترویج و آموزش کشاورزی، ۳(۲): ۷۹-۹۴.

قبادی‌نیا، ه.، محقق‌نیا، م.ج. و قبادی‌نیا، م. ۱۳۹۳. تعیین ارزش اقتصادی آب در نهاده‌های کشاورزی و پیشنهاد الگوی کشت بهینه، مطالعه موردی: دشت گلپایگان، شمال غرب استان اصفهان. فصلنامه بین‌المللی منابع آب و توسعه، ۲(۱): ۱۵۵-۱۶۷.

بلالی، ح.، خلیلیان، ص.، احمدیان، م. و ترابی، ص. ۱۳۸۷. آثار تعدیل یارانه انرژی در بخش کشاورزی بر تعادل و بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی. مجله پژوهش کشاورزی، ۸(۳): ۹۵-۱۰۶.

محمدی، ح. و بوستانی، ف. ۱۳۸۸. کاربرد برنامه‌ریزی چندهدفه در تعیین الگوی بهینه کشت در شهرستان مرودشت با تأکید بر محدودیت آب. مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱(۳): ۲۵-۴۵.

Briand A. 2006. Marginal cost versus average cost pricing with climatic shocks in Senegal. A dynamic computable general equilibrium model applied to water. Social Science Research Network Electronic Paper Collection, 144-171.

Huang J., Ridoutt B.G., Chang X., Zheng H. and Chen F. 2012. Cropping pattern modifications change water resource demands in the Beijing metropolitan area. Journal of Integrative Agriculture, 11(11):1914-1923.

Lalehzari R. 2016. Closure to "Multi-objective management of water allocation to sustainable irrigation planning and optimal cropping pattern". Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE. DOI: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001144.

Lalehzari R., and Tabatabaei S.H. 2015. Simulating the impact of subsurface dam construction on the change of nitrate distribution. Environmental Earth Science, 74: 3241-3249.

Lalehzari R., Boroomand Nasab S., Moazed H. and Haghighi A. 2016. Multi-objective management of water allocation to sustainable irrigation planning and optimal cropping pattern. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 142(1): 05015008.

Lalehzari R., Tabatabaei S.H. and Kholghi M. 2013. Simulation of nitrate transport and wastewater seepage in groundwater flow system. International Journal of Environmental Science and Technology, 10: 1367-1376.

Moolman C., Lignaut J. and Eyden R. 2006. Modeling the marginal revenue of water in selected agriculture commodities. Agricultural Economics, 45(1): 132-149.

Singh A. and Panda S.N. 2012. Development and application of an optimization model for the maximization of net agricultural return. Agricultural Water Management, 115: 267-275.

Yingzhuo Y., Mullen D. and Hoogenboom G. 2006. Effect of water price on the multi crop production decision: Appling fixed all locatable input model in Georgia. Agricultural Economics, 42(2): 207-218.