نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال یازدهم. شماره چهل و دوم. زمستان۱۳۹۹

ارزیابی بهره‌وری آب فیزیکی و اقتصادی محصولات زراعی در دشت مغان و تحلیل رابطه بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب

محمد نوید فرحزا[۱]، بیژن نظری*[۲]، محمدرضا اکبری[۳]، مهکامه سادات نائینی[۴]، عبدالمجید لیاقت[۵]

تاریخ ارسال:۱۳۹۷/۱۰/۰۲
تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۸/۲۳

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

در این پژوهش به ارزیابی وضعیت بهره‌وری آب محصولات زراعی در دشت مغان با استفاده از شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی پرداخته شد. همچنین رابطه بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی برپایه داده‌های میدانی نیز تحلیل شده است. بهره‌وری فیزیکی آب محصولات گندم، کلزا، سویا، برنج، ذرت علوفه‌ای، ذرت دانه‌ای، خربزه، یونجه، گوجه فرنگی، جو، شلیل، هندوانه، خیار و چغندرقند به‌ترتیب ۱/۲۷، ۰/۵، ۰/۶۷، ۰/۰۶۹، ۴/۵، ۰/۴۵، ۳/۲، ۰/۲۵، ۳/۴۶، ۱/۱۹، ۰/۵۵، ۳/۱، ۰/۴۲ و ۵/۵ کیلوگرم بر مترمکعب و هم‌چنین بهره‌وری اقتصادی آب به‌ترتیب ۱۰۹۸، ۵۷۲، ۷۰۲، ۳۱۳، ۵۴۲، ۲۲۸۶، ۳۲۲، ۹۷، ۸۳۲، ۶۸۵، ۵۴۷، ۲۷۹، ۲۶۷ و ۱۱۱۱ تومان بر مترمکعب محاسبه شده است. نتایج ماتریس اثر متقابل و نمودار چگالی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب نشان داد که جو، برنج، یونجه، شلیل، خیار و کلزا از لحاظ هر دو نوع شاخص بهره‌وری در سطح نسبتا ضعیف یا ضعیف قرار دارند و ذرت علوفه‌ای، خربزه و هنداونه از لحاظ بهره‌وری فیزیکی در وضعیت خوب یا نسبتا خوب قرار می‌گیرند در حالی که از لحاظ بهره‌وری اقتصادی در وضعیت نسبتا ضعیف قرار دارند و تنها دو محصول چغندرقند و گوجه فرنگی در سطح خوب یا نسبتا خوب از لحاظ هر دو شاخص قرار می‌گیرند. نتایج پژوهش وضعیت نسبتا ضعیف بهره‌وری آب در سطح دشت را نشان داد. بسته به این که شاخص بهره‌وری فیزیکی یا بهره‌وری اقتصادی آب در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری مدنظر قرار گیرد، رویکردها و الگوهای پیشنهادی کاملاً متفاوت خواهد بود و باید در هر منطقه هر دو شاخص مورد ارزیابی گرفته و تفاوت‌های شاخص‌ها در برنامه‌ریزی‌ها لحاظ گردد.

واژه‌های کلیدی: آب مصرفی، عملکرد محصول، ماتریس بهره‌وری، مدل‌های ریاضی، نمودار چگالی بهره‌وری.

[۱] دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران. navidfarahza@gmail.com
[۲] استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران. *b.nazari@eng.ikiu.ac.ir (نویسنده مسئول)
[۳] دانشجوی دکتری ترویج و آموزش کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. mrakbari@ut.ac.ir
[۴] دانشجوی دکتری مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قروین، ایران. nmahkameh@yahoo.com
[۵] استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. aliaghat@ut.ac.ir

مقدمه

در بین منابع و نهاده‌های تولیدی، آب همواره جایگاه ویژه و مهمی داشته است. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ میلادی، حدود ۴ میلیارد نفر در کشورهایی با تنش بالای آب زندگی خواهند کرد. برای بخش‌های بزرگ جهان بحران آب در حال حاضر وجود دارد و تغییرات آب و هوایی باعث تشدید بحران آب می‌شود. در حال حاضر استفاده پایدار از منابع آب امری بسیار مهم و ضروری می‌باشد (نظری و همکاران، ۲۰۱۸). اهمیت نهاده آب در کشور ایران به دلایل محدودیت منابع آب از یک طرف و کم بودن راندمان آبیاری و هدررفت بخش عمده‌ای از منابع آب از طرف دیگر، دوچندان می‌باشد (اشرافی و قاسمیان ۱۳۹۱).

تامین امنیت غذایی و بخشی از اقتصاد ایران وابسته به کشاورزی بوده و پایداری این بخش تا حدی زیادی وابسته به آب می‌باشد. با توجه به افزایش جمعیت در کشور و به دنبال آن افزایش مصرف آب در بخش‌های کشاوزی، صنعت، شرب و توجه بیشتر به محیط زیست ضرورت استفاده‌ی بهینه از آب را ایجاب می‌کند. با افزایش بهره‌وری آب در تمامی بخش‌های مصرف کننده به خصوص بخش کشاورزی می‌توان باعث استفاده‌ی بهینه از آب شد. و در کنار حفظ امنیت غذایی با اختصاص آب صرفه‌جویی شده در این بخش، می‌توان نیاز سایر بخش‌های مصرف کننده، نظیر شرب و صنعت را به راحتی برآورده ساخت (۹۰ درصد آب مصرفی در کشاورزی مصرف می‌شود و این به دلیل اقلیم خشک و نیمه خشک کشور ایران است که در بسیاری مناطق تولید بدون آبیاری را غیرممکن و غیراقتصادی ساخته است). در کنار این همه باید توجه ویژه به میزان درآمد کشاورزان به ازای آب مصرفی محصولات داشت. بدون توجه به این موضوع رسیدن به اهداف بزرگتر (حفظ امنیت غذایی، تامین آب مورد نیاز سایر بخش‌های مصرف کننده) کاری بسیار پیچیده می‌شود. به همین دلیل در اکثر پژوهشات انجام شده در زمینه‌ی بهره‌وری، از یک یا هر دو اصطلاح، بهره‌وری اقتصادی و بهره‌وری فیزیکی آب محصولات کشاورزی صحبت به عمل آمده است.

در زمینه‌ی بهره‌وری فیزیکی آب محصولات کشاورزی تحقیقات متعددی در دنیا صورت گرفته است از جمله‌ی این تحقیقات، پژوهش سینگ و همکاران (۲۰۰۶) می‌باشد که نشان داد بهره‌وری فیزیکی محصولات گندم، برنج و پنبه در هند به ترتیب ۱/۰۴، ۰/۸۴ و ۰/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. لیو و همکاران (۲۰۰۸) بهره‌وری فیزیکی آب در محصول ذرت را برای ۱۲۴ کشور مختلف محاسبه و گزارش کرده‌اند. طبق نتایج این تحقیق، به ترتیب کشورهای آمریکا و چین با بیش از ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب آب و کشورهای آفریقایی با کمتر از ۱ کیلوگرم بر متر مکعب آب بیشترین و کمترین بهره‌وری فیزیکی آب را داشته‌اند. زوارت و باستیانسن (۲۰۰۴) بهره‌وری فیزیکی آب محصولات گندم، برنج، پنبه و ذرت کشورهای مختلف را محاسبه و گزارش کرده‌اند. بر اساس نتایج این تحقیق، بهره‌وری فیزیکی آب به طور متوسط برای محصولات ذکر شده به ترتیب برابر با ۱/۰۹، ۱/۰۹، ۰/۶۵ و ۰/۲۳ کیلوگرم بر متر مکعب بوده است. در بررسی که در استان‌های اصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان (دزفول) و آذربایجان‌غربی انجام شده، دامنه بهره‌وری فیزیکی آب محصولات گندم، یونجه، چغندرقند (ریشه)، پنبه، سویا، جو، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، لوبیا، کاهو، کنجد و ذرت دانه‌ای به‌ترتیب ۰/۳۴-۰/۸۴، ۰/۷-۱/۴۴، ۱/۳۳-۴/۸۳، ۱/۲۷-۱/۹۱، ۰/۷۵-۲/۰۹، ۱، ۱/۷۲، ۳/۳۳، ۰/۹۱، ۴/۷۷، ۰/۲ و ۰/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری شده است (سلطانی و همکاران ۱۳۸۸). بر اساس منابع، متوسط شاخص بهره‌وری فیزیکی آب محصولات کشاورزی در کشور ۰/۸ الی ۱ کیلوگرم محصول کشاورزی تولیدی بر متر مکعب آب مصرفی می‌باشد (حیدری و همکاران ۱۳۸۵).

در زمینه‌ی بهره‌وری اقتصادی آب محصولات کشاورزی نیز تحقیقات متعددی در دنیا صورت گرفته است از جمله‌ی این تحقیقات، پژوهش مؤسسه تحقیقاتی دیده‌بان آب (۲۰۰۴) می‌باشد که نشان داد بهره‌وری اقتصادی آب برخی محصولات زراعی مانند گندم، برنج و پنبه در هند به ترتیب ۵/۸، ۶/۴ و ۲۱/۵ روپیه به‌ازای هر کیلوگرم، بهره‌وری اقتصادی بوده است. بر اساس گزارش

بانک جهانی (۲۰۰۶) میانگین بهره‌وری آب در بخش کشاورزی ایران، ۰/۲ دلار به‌ازای هر متر مکعب است که نسبت به میانگین جهانی آن اختلاف معنی‌داری دارد (بهره‌وری آب کشور فرانسه در بخش کشاورزی ۸/۸ دلار به ازای هر متر مکعب آب است). تحقیقات نشان می‌دهد که ارزش افزوده هر متر مکعب آب (به نوعی بهره‌وری اقتصادی) برای محصولات گندم، ذرت، پنبه و پرتقال در شهرستان داراب استان فارس به ترتیب ۵۴۸/۴، ۶۵۲/۲، ۳۹۱/۸ و ۹۸۴/۶ ریال بر متر مکعب آب بوده است (سلیمانی و حسنلی ۱۳۸۷). نتایج مطالعات سلطانی و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد که هر ۱۰۰۰ لیتر آب مصرفی برای محصولات گوجه فرنگی، گندم، جو، ذرت و چغندرقند به ترتیب ۲۳۴۵، ۷۴۰، ۳۹۶، ۳۴۸ و ۸۳ ریال ارزش خالص ایجاد می‌کند. زمانی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات مختلف زراعی در دشت بهار پرداخته است. نتایج تحقیق نشان داد که بهره‌وری آب در شیوه‌های نوین آبیاری به‌طور معنی‌داری بیشتر از روش آبیاری سنتی بوده است. اشراقی و قاسمیان (۱۳۹۱) به بررسی بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در استان گلستان پرداخته است. که در این تحقیق بیشترین میزان بهره‌وری اقتصادی آب برای محصول پنبه آبی در گنبد کاووس به میزان ۱۳۴۹۶ تومان، کلزای آبی در آق‌قلا به میزان ۵۶۲ تومان، سویای تابستانه آبی در مینودشت به میزان ۳۹۴ تومان، برنج دانه بلند مرغوب در مینودشت به میزان ۲۱۰۸ تومان، برنج پر محصول در علی آباد به میزان ۹۸۸ تومان و برنج دانه متوسط مرغوب در کلاله به میزان ۹۶۰ تومان در هر متر مکعب آب بوده است.

براساس مطالعات انجام شده بکارگیری مدل شبیه‌سازی گیاهی[1]، مدل هایدروس[2]، سنجش از دور[3]، تانسیومتر و ... می‌توانند موجب بهبود مدیریت کشاورزی و بهره‌وری آب شود (فاستر و همکاران ۲۰۱۷، فوگات و همکاران ۲۰۱۷، باستیانسن و استودوتو ۲۰۱۶، بت و همکاران ۲۰۱۶).

تقابل و مقایسه بهره‌وری اقتصادی (تومان بر مترمکعب) و بهره‌وری فیزیکی (کیلوگرم بر مترمکعب) به‌دلیل تفاوت در واحدهای اندازه‌گیری به راحتی امکان‌پذیر نیست. در این پژوهش به ارزیابی بهره‌وری آب محصولات زراعی در دشت مغان با استفاده از شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی پرداخته شده است. همچنین رابطه بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی برپایه داده‌های میدانی نیز تحلیل شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، دشت مغان در شمال غربی کشور ایران قرار دارد که زیر مجموعه‌ای از حوضه آبریز ارس است. دشت مغان از پنج شهر بیله سوار، پارس‌آباد، جعفرآباد، گرمی و اصلاندوز تشکیل شده‌است که اصلی‌ترین بخش آن پارس آباد می‌باشد. طبق منابع یک سوم این دشت در ایران قرار دارد و مابقی در جمهوری آذربایجان است.

روابط بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در محصولات کشاورزی به تربیب به شرح فرمول (۱) و (۲) می‌باشد.

$$PWP = \frac{Y}{CW} \qquad (۱)$$

$$EWP = \frac{BY}{CW} \qquad (۲)$$

که در آن ها:

PWP: بهره‌وری فیزیکی (کیلوگرم بر مترمکعب)

EWP: بهره‌وری اقتصادی (تومان بر مترمکعب)

Y: عملکرد محصول (کیلوگرم)

BY: میزان سود محصول (تومان)

CW: آب مصرفی محصول (مترمکعب)

میزان عملکرد، سود و مقدار آب مصرفی محصولات از پیمایش بین ۲۴۸ کشاورز در دشت مغان به‌دست آمده است (روش نمونه‌گیری در این تحقیق به صورت دردسترس بودن کشاوزان بوده است). پس از جمع‌آوری داده‌ها در مرحله پیمایش، مقدار آب مصرفی هر محصول به ازای هر هکتار، با اندازه‌گیری دبی آب و ضرب آن در

[1] AquaCrop
[2] Hydrus-2D Model
[3] Remote Sensing

تعداد ساعات آبیاری محاسبه شده است. میزان سود برای هر هکتار از کم کردن هزینه‌ها از درآمد کشاورزان محاسبه گردید.

پس از محاسبه‌ی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب محصولات کشاورزی برای تعیین وضعیت بهره‌وری (فیزیکی و اقتصادی) آب نیاز به رفع اختلاف مقیاس می‌باشد. از این رو، برای رفع اختلاف مقیاس از شیوه متداول استاندار سازی Z-Score استفاده شده است که رابطه آن به شرح فرمول (۳) می باشد.

$$Z = \frac{X - \mu}{\frac{\sigma x}{\sqrt{n}}} \qquad (۳)$$

که در آن:

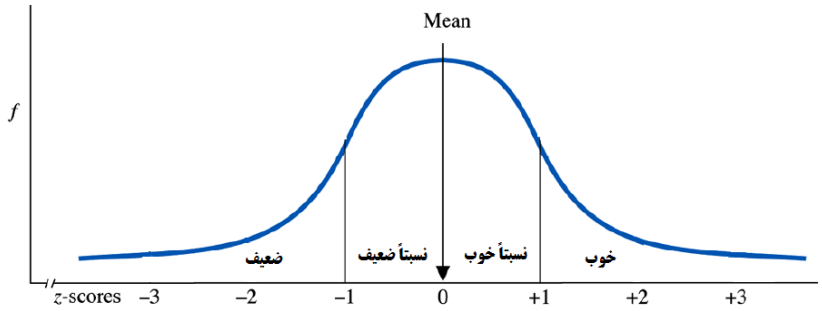
Z: نمره استاندارد

X: مقداری که باید استاندارد شود

μ: میانگین

$\frac{\sigma x}{\sqrt{n}}$: انحراف معیار جامعه

طیف نمره استاندار Z، معمولاً بین ۴- و ۴+ در نوسان است و عدد صفر به‌عنوان میانگین و عدد یک به‌عنوان انحراف‌معیار می‌باشد. پس از تبدیل کردن اعداد بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی به اعداد استاندار شده محصولات از نگاه بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی در یک طیف استاندارد قرار می‌گیرند. و از لحاظ وضعیت بهره‌وری در چهار گروه تقسیم می‌شوند. محصولاتی که امتیاز کمتر از صفر داشته باشند، از لحاظ بهره‌وری ضعیف و یا نسبتاً ضیف هستند و محصولاتی که امتیازی بیش از صفر داشته باشند، دارای بهره‌وری خوب و یا نسبتاً خوب می‌باشند (شکل (۱)).



شکل (۱): طبقه‌بندی بهره‌وری آب در منحنی نرمال استاندارد شده

برای تحلیل رابطه بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی از مدل‌های متعدد ریاضی (خطی، لگاریتمی، معکوس، درجه دو، درجه سه، توانی، کمپند، مدل S، منحنی رشد و مدل نمایی) استفاده شده است و برای تعیین مناسب‌ترین مدل از آماره F و ضریب تعیین R2 استفاده می‌شود. برای مناسب بودن یک مدل در تبیین رابطه بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی در گام اول معنی‌دار بودن آماره F و سپس برای انتخاب بهترین مدل، ضریب تعیین در نظر گرفته می‌شود و مدلی که دارای بیشترین مقدار ضریب تعیین است به‌عنوان مناسب‌ترین مدل انتخاب می‌شود.

نتایج و بحث

در جدول (۱) کمترین و بیشترین مقدار، دامنه تغییرات و میانگین عملکرد محصولات مختلف تعیین گردیده است. بیشترین و کمترین دامنه تغییرات مربوط به محصول گوجه فرنگی و برنج هر یک به مقدار ۶۰ و ۲,۷۵ تن بر هکتار می‌باشد. بیشترین و کمترین (میانگین) عملکرد به ترتیب مربوط به محصول چغندرقند و برنج هر یک به مقدار ۶۰ و ۲,۴ تن بر هکتار می‌باشد.

جدول (۱): عملکرد بعضی از محصولات کشاورزی در نمونه مورد مطالعه (Ton/ha)

نوع محصول	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	دامنه تغییرات	میانگین	انحراف معیار
گندم	۲/۷	۷	۴/۳۰	۴/۸	۰/۸
کلزا	۲/۲۰	۵/۵۰	۳/۳۰	۳/۵	۱/۲
سویا	۱	۵	۴	۲/۶	۱/۳
برنج	۱/۲۵	۴	۲/۷۵	۲/۴	۱/۱
ذرت علوفه‌ای	۵	۶۰	۵۵	۲۹/۵	۱۰/۱
ای ذرت دانه	۲	۹	۷	۴/۸	۲/۰۷
خربزه	۱۵	۴۰	۲۵	۲۵	۱۳
یونجه	۱/۵۰	۵/۵۰	۴	۳/۴	۱/۴
گوجه‌فرنگی	۲۰	۸۰	۶۰	۴۴/۹	۱۷/۹
جو	۳	۶	۳	۴/۵	۱/۲
شلیل	۸	۵۰	۴۲	۲۶/۶	۱۵/۱
هندوانه	۲۲	۵۰	۲۸	۲۹/۵	۱۰/۲
خیار	۴	۱۰	۶	۵/۵	۱/۳

قیمت‌گذاری محصولات کشاورزی در ایران دارای نوسانات زیادی است و برای نشان دادن قیمت محصولات کشاورزی از میانگین قیمتی که کشاورزان برای محصولات خود مطرح کرده‌اند، استفاده شده است (جدول ۲). اگرچه دقت اندازه‌گیری درآمد، هزینه و سود از سطح بالایی برخوردار نیست، اما با استفاده از آن می‌توان سوددهی محصولات مختلف کشاورزی را مورد مقایسه قرار داد. بیشترین و کمترین درآمد به ترتیب مربوط به محصولات برنج، هندوانه و ذرت علوفه‌ای هر یک به مقدار ۶,۵ و ۰,۱۵ میلیون تومان می‌باشد. بیشترین و کمترین هزینه به ترتیب مربوط به محصول بادام و چغندرقند هر یک به مقدار ۲,۱ و ۰,۰۵ میلیون تومان می‌باشد و بیشترین و کمترین سوددهی به ترتیب مربوط به محصولات برنج و هنداوانه هر یک به مقدار ۴,۵ و ۰,۰۹ میلیون تومان می‌باشد.

جدول (۲): مشخصات اقتصادی محصولات کشاورزی؛ درآمد، هزینه و سود $(miliontoman/ha)$

نوع محصول	درآمد	هزینه	سود
گندم	۱/۱۵۰	۰/۲۸۵	۰/۸۶۵
ذرت دانه‌ای	۵	۱/۴	۳/۶
ذرت علوفه‌ای	۰/۱۵	۰/۰۳۵	۰/۱۱۵
خربزه	۰/۳۵	۰/۲	۰/۱
کلزا	۱/۶۵	۰/۵۲	۱/۱۳
سویا	۱/۷	۰/۶۵	۱/۰۵
برنج	۶/۵	۲	۴/۵
یونجه	۰/۵	۰/۱	۰/۴
گوجه‌فرنگی	۰/۳۵	۰/۱۱	۰/۲۴
جو	۰/۹	۰/۳۲۵	۰/۵۷۵
هندوانه	۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۰۹
کدو حلوایی	۰/۳	۰/۱۸	۰/۱۲
چغندرقند	۰/۲۵	۰/۰۵	۰/۲
شلغم	۰/۵	۰/۱۵	۰/۳۵
سیر	۱/۵۰۰	۰/۲۵	۱/۲۵
پنبه	۲/۵	۰/۴	۲/۱
خیار	۱	۰/۳۷	۰/۶۳
لوبیا سبز	۱/۵	۰/۶	۰/۹
شلیل	۱/۳	۰/۳	۱
بادام	۵	۲/۱	۲/۹

در جدول (۳) عملکرد، مقدار آب مصرفی و بهره‌وری فیزیکی آب به تفکیک گیاهان مختلف ارائه شده است. بیشترین و کمترین مقدار آب مصرفی مربوط به محصولات شلیل، گندم و جو هر یک به مقدار ۴۸۶۰۰ و ۳۷۸۰ متر مکعب بر هکتار می‌باشد. بیشترین و کمترین بهره‌وری فیزیکی بدست آمده به ترتیب مربوط به محصول چغندرقند و برنج هر یک به مقدار ۵,۵ و ۰,۶۹ کیلوگرم بر متر مکعب آب می‌باشد (برای عملکرد محصولات کشاورزی از میانگین استفاده شده است).

جدول (۳): بهره‌وری فیزیکی آب در سطح مزرعه به تفکیک گیاهان مختلف (Kg/m^3)

نوع محصول	عملکرد ($Ton\ ha^{-1}$)	مقدار آب مصرفی ($m^3\ ha^{-1}$)	بهره‌وری فیزیکی آب
گندم	۴/۸	۳۷۸۰	۱/۲۷
کلزا	۳/۵	۶۹۱۲	۰/۵
سویا	۲/۶	۳۸۸۸	۰/۶۷
برنج	۲/۴	۳۴۵۶۰	۰/۰۶۹
ذرت علوفه‌ای	۲۹/۵	۶۴۸۰	۴/۵
ای ذرت دانه	۴/۸	۷۵۶۰	۰/۴۵
خربزه	۲۵	۷۷۷۶	۳/۲
یونجه	۳/۴	۱۴۰۴۰	۰/۲۵
گوجه‌فرنگی	۴۴/۹	۱۲۹۶۰	۳/۴۶
جو	۴/۵	۳۷۸۰	۱/۱۹
شلیل	۲۶/۶	۴۸۶۰۰	۰/۵۵
هندوانه	۲۹/۵	۹۵۰۴	۳/۱
خیار	۵/۵	۱۲۹۶۰	۰/۴۲
چغندرقند	۶۰	۱۰۸۰۰	۵/۵

در جدول (۴) سود، مقدار آب مصرفی و بهره‌وری اقتصادی محصولات مختلف ارائه شده است. بیشترین و کمترین بهره‌وری اقتصادی به ترتیب مربوط به ذرت دانه‌ای و هندوانه هر یک به مقدار ۲۲۸۶ و ۲۷۹ تومان بر مترمکعب آب بوده است (سود اندازه‌گیری شده از کم کردن هزینه‌ها از درآمد محصولات کشاورزی به‌دست آمده است).

جدول (۴): بهره‌وری اقتصادی آب در سطح مزرعه به تفکیک گیاهان ($Toman/m^3$)

نوع محصول	سود ($million\ tomans\ ha^{-1}$)	مقدار آب مصرفی ($m^3\ ha^{-1}$)	بهره‌وری اقتصادی آب ($Toman\ m^{-3}$)
گندم	۴/۱۵۲	۳۷۸۰	۱۰۹۸
کلزا	۳/۹۵۵	۶۹۱۲	۵۷۲
سویا	۲/۷۳	۳۸۸۸	۷۰۲
برنج	۱۰/۸	۳۴۵۶۰	۳۱۳
ذرت علوفه‌ای	۳/۳۹۲	۶۴۸۰	۵۴۲
ای ذرت دانه	۱۷/۲۸	۷۵۶۰	۲۲۸۶
خربزه	۲/۵	۷۷۷۶	۳۲۲
یونجه	۱/۳۶	۱۴۰۴۰	۹۷
گوجه‌فرنگی	۱۰/۷۷۶	۱۲۹۶۰	۸۳۲
جو	۲/۵۸۷	۳۷۸۰	۶۸۵
شلیل	۲۶/۶	۴۸۶۰۰	۵۴۷
هندوانه	۲/۶۵۵	۹۵۰۴	۲۷۹
خیار	۳/۴۶۵	۱۲۹۶۰	۲۶۷
چغندرقند	۱۲	۱۰۸۰۰	۱۱۱۱

در جدول (۵) نمره استاندارد بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در محصولات مختلف ارائه شده است. بیشترین و کمترین نمره استاندارد بهره‌وری اقتصادی به ترتیب مربوط به ذرت دانه‌ای و یونجه هر یک به مقدار ۲,۹۰ و ۱,۰۷۲- می باشد. بیشترین و کمترین نمره

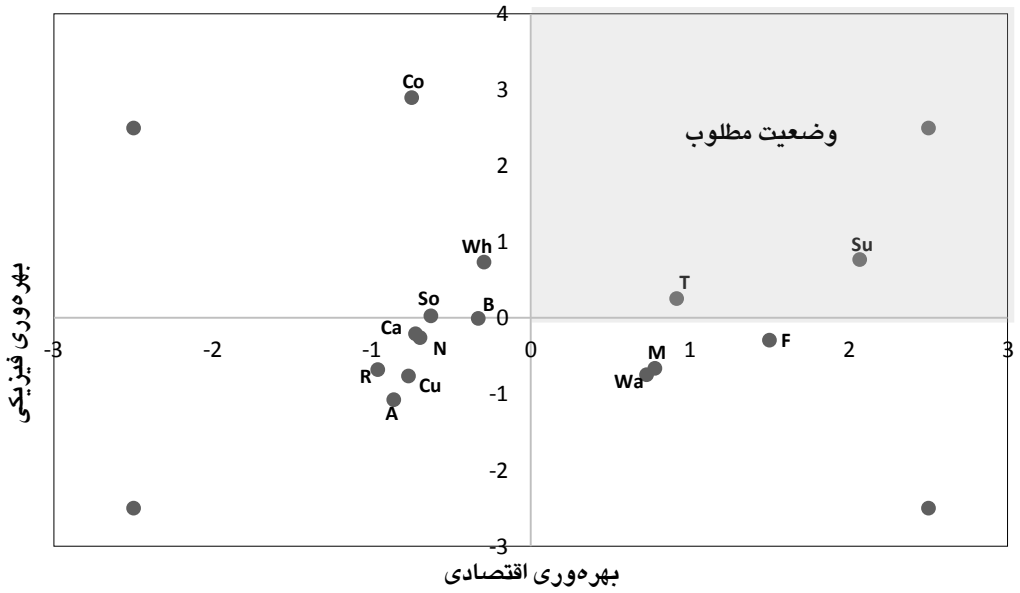
استاندارد بهره‌وری فیزیکی به ترتیب مربوط به چغندرقند و برنج هر یک به مقدار ۲,۰۶۷ و ۰,۹۶۳- می‌باشد .

جدول (۵): نمره استاندارد برای بهره‌وری اقتصادی و بهروری فیزیکی محصولات مختلف کشاورزی

نوع محصول	نمره استاندارد بهره‌وری اقتصادی*	نمره استاندارد بهره‌وری فیزیکی*
گندم	۰/۷۴	- ۰/۲۹۳
کلزا	- ۰/۲۱	- ۰/۷۲۳
سویا	۰/۰۲۵	- ۰/۶۲۸
برنج	- ۰/۶۸	- ۰/۹۶۳
ذرت علوفه‌ای	- ۰/۲۹	۱/۵
ذرت دانه‌ای	۲/۹۰	- ۰/۷۵
خربزه	- ۰/۶۶	۰/۷۸
یونجه	- ۱/۰۷۲	- ۰/۸۶
گوجه‌فرنگی	۰/۲۵۹	۰/۹۲
جو	-۰/۰۰۵۷	- ۰/۳۳
شلیل	- ۰/۲۵۶	- ۰/۶۹۵
هندوانه	- ۰/۷۴۲	۰/۷۲۸
خیار	- ۰/۷۶۴	- ۰/۷۶۷
چغندرقند	۰/۷۶۷	۲/۰۶۷

*۱- > Z: بهره‌وری ضعیف، ۱- < Z < ۰: بهره‌وری نسبتاً ضعیف، ۰ < Z < ۱: بهره‌وری نسبتاً خوب، Z > ۱: بهره‌وری خوب

در شکل (۲) برای نشان دادن وضعیت بهره‌وری هر یک از محصولات از نگاه فیزیکی و اقتصادی از یک شبکه دو بعدی استفاده شده است که در مجموع چهار وضعیت ایجاد می‌گردد. بعضی از محصولات دارای بهره‌وری اقتصادی خوب، نسبتا خوب و بهره‌وری فیزیکی نسبتاً ضعیف هستند، این محصولات شامل ذرت دانه‌ای، گندم و سویا می‌باشند. بعضی از محصولات نیز دارای بهره‌وری فیزیکی خوب، نسبتا خوب هستند، اما از لحاظ بهره‌وری اقتصادی نسبتاً ضعیف هستند، این محصولات شامل ذرت علوفه‌ای، خربزه و هندوانه می‌باشند. برخی دیگر از محصولات شامل محصولاتی است که از لحاظ بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی نسبتاً ضعیف هستند، این محصولات شامل جو، برنج، یونجه، شلیل، خیار و کلزا می‌باشند. بعضی از محصولات دارای وضعیت خوب و یا نسبتاً خوب در هر دو سطح بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی به طور هم‌زمان هستند، این محصولات شامل چغندرقند و گوجه فرنگی می‌باشند.



گندم: Wheat (Wh)، جو: Barley (B)، برنج:Rice (R) ، کلزا: Canola (Ca)، خربزه: Melons (M)، هندوانه: Watermelons (Wa)، یونجه: Alfalfa (A)، شلیل: Nectarines (N)، خیار: Cucumber (Cu)، چغندر قند: Suger beet (Su)، سویا: Soybean (So)، ذرت دانه‌ای: Corn (Co)، ذرت علوفه‌ای: Forage Corn (F)، گوجه:Tomato (T)

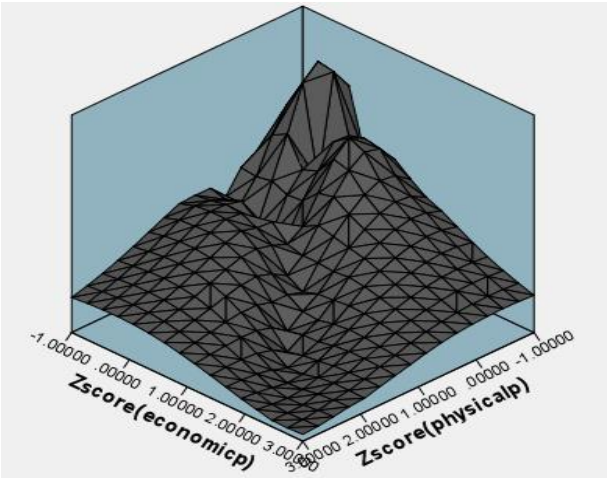
شکل (۲): طبقه‌بندی محصولات کشاورزی برپایه بهره‌وری اقتصادی و بهره‌وری فیزیکی

برای نشان دادن وضعیت بهره‌وری هر یک از محصولات از نگاه فیزیکی و اقتصادی از یک ماتریس دوبعدی نیز استفاده شده است که یک بعد آن بهره‌وری فیزیکی و بعد دیگر آن بهره‌وری اقتصادی می‌باشد و هر بعد آن شامل چهار وضعیت خوب، نسبتا خوب، نسبتا ضعیف و ضعیف است. محصولاتی که از نگاه بهروری فیزیکی در وضعیت خوب قرار دارند و از لحاظ بهره‌وری اقتصادی در وضعیت نسبتا خوب و نسبتا ضعیف قرار می‌گیرند به ترتیب شامل محصولات چغندرقند و ذرت علوفه‌ای می‌باشند و محصولاتی که از لحاظ وضعیت بهره‌وری اقتصادی داری وضعیت خوب و از لحاظ بهره‌وری فیزیکی در وضعیت نسبتا ضعیف قرار دارد شامل ذرت دانه‌ای می‌باشد (جدول (۶)).

جدول (۶): ماتریس بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی محصولات مختلف کشاورزی

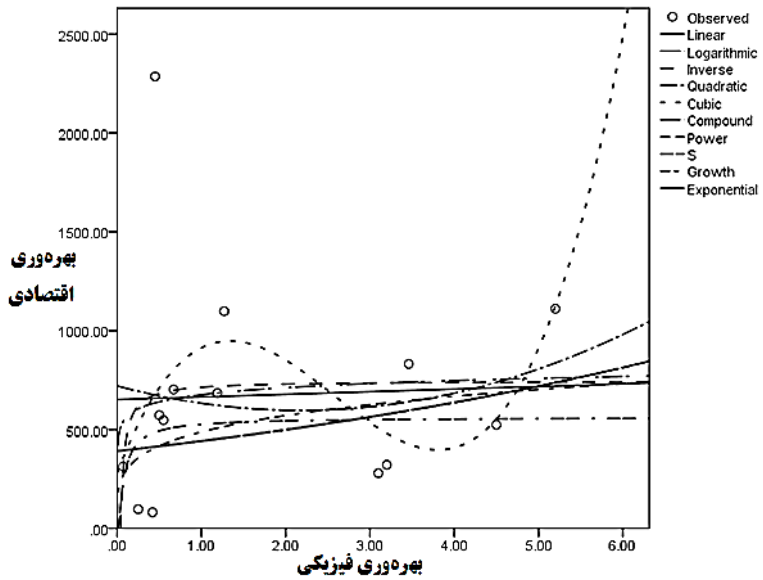
بهره‌وری اقتصادی	بهره‌وری فیزیکی: خوب	نسبتاً خوب	نسبتاً ضعیف	ضعیف
خوب	-	-	ذرت دانه‌ای	-
نسبتاً خوب	چغندر	گوجه	گندم، سویا	-
نسبتاً ضعیف	ذرت علوفه‌ای	خربزه، هندوانه	شلیل، کلزا، خیار، برنج، جو	-
ضعیف	-	-	یونجه	-

در شکل (۳) برای ارزیابی وضعیت بهره‌وری آب از نمودار چگالی بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی محصولات استفاده شده است. بیشتر محصولات کشاورزی از لحاظ بهره‌وری اقتصادی یا بهره‌وری فیزیکی و یا هر دو نوع بهره‌وری، در سطح مناسبی قرار ندارند و نشان دهنده‌ی وضعیت نسبتا ضعیف بهره‌وری آب، از لحاظ فیزیکی و اقتصادی در سطح دشت می‌باشند (چگالی نمودار بیشتر در وضعیت نسبتا ضعیف بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی قرار گرفته است).



شکل (۳): چگالی محصولات کشاورزی برپایه بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی

برای تحلیل رابطه بهروری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی از مدل‌های گوناگون ریاضی مانند خطی، لگاریتمی، معکوس، درجه دو، درجه ۳، توانی، کمپند، مدل S، منحنی رشد و مدل نمایی استفاده شده است. شکل (۴) نحوه‌ی برازش مدل‌های ریاضی به داده‌های بهره‌وری را نشان می‌دهد. در ادامه در جدول (۷) آماره F، ضریب تعیین، سطح معنی‌داری هر یک از مدل‌های ریاضی مشخص شده است.



شکل (۴): مدل‌های مختلف ریاضی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی

جدول (۷): ضریب تعیین و آماره F برای مدل‌های مختلف ریاضی

مدل ریاضی	ضریب تعیین	Fآماره	سطح معنی‌داری
(Logarithmic)لگاریتمی	۰/۰۱۳	۰/۱۶۱	۰/۶۹۵
(Inverse) معکوس	۰/۰۴۳	۰/۵۳۴	۰/۴۷۹
(Quadratic) درجه ۲	۰/۰۱۱	۰/۰۶۱	۰/۹۴۱
(Cubic) درجه ۳	۰/۱۵۴	۰/۶۰۸	۰/۶۲۵
(Power) توانی	۰/۰۹۸	۱/۳۰۹	۰/۲۷۵
(Compound) کمپند	۰/۰۵۵	۰/۶۹۴	۰/۴۲۱
(S)مدل	۰/۰۷۰	۰/۹۰۱	۰/۳۶۱
(Growth) منحنی رشد	۰/۰۵۵	۰/۶۹۴	۰/۴۲۱
(Exponential) مدل نمایی	۰/۰۵۵	۰/۶۹۴	۰/۴۲۱

مقدار شاخص F نشان داد که هیچ‌کدام از مدل‌های استفاده شده، قابلیت تبیین رابطه بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی محصولات مختلف کشاورزی را ندارند. و نشان‌دهنده عدم ارتباط دو نوع بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی آب است. دلایل گوناگونی برای این یافته وجود دارد که می‌توان در سه فرض مهم به آن‌ها اشاره کرد.

فرض اول می‌توان به ضعف مدل‌های ریاضی اشاره کرد، به عبارتی ساده‌تر، روابط بین بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی بسیار پیچیده‌تر از روابط حاضر می‌باشد. بنابراین مدل‌های مورد استفاده در جدول (۷) قدرت تبیین رابطه بین دو بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی را ندارند.

فرض دوم باید اشاره کرد که به‌طور کلی احتمال می‌رود در شرایط واقعی هیچ رابطه معنی‌داری بین دو نوع بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی وجود نداشته باشد. به هر حال، بهره‌وری فیزیکی بیشتر تحت تأثیر مقوله‌های فنی-دانشی کشاورزی در سطح مزرعه قرار می‌گیرد، ولی بهره‌وری اقتصادی تحت تأثیر مقوله‌های پیچیده اقتصادی، سیاسی و اجتماعی قرار می‌گیرد. در شرایط کنونی می‌توان بیان داشت که خاستگاه هر دو نوع بهره‌وری با یکدیگر تفاوت دارد و این تفاوت موجب عدم ارتباط منطقی بین دو نوع بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی می‌گردد.

فرض سوم می‌توان بیان داشت که احتمال می‌رود که داده‌های این تحقیق از اعتبار واعتماد قابل قبولی برخوردار نباشند که برای بررسی اعتبار نتایج تحقیق حاضر، انجام تحقیقاتی بیشتر در این زمینه پیشنهاد می‌گردد.

نتیجه‌گیری

برپایه نتایج به دست آمده ترتیب بهره‌وری فیزیکی محصولات از بیشترین به کمترین مقدار شامل چغندرقند، ذرت علوفه‌ای، گوجه فرنگی، خربزه، هندوانه، گندم، جو، سویا، شلیل، کلزا، ذرت دانه‌ای، خیار، یونجه و برنج هر یک به مقدار ۵/۵، ۴/۵، ۳/۴۶، ۳/۲، ۳/۱، ۱/۲۷، ۱/۱۹، ۰/۶۷، ۰/۵۵، ۰/۵، ۰/۴۵، ۰/۴۲، ۰/۲۵، ۰/۰۶۹ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد و ترتیب بهره‌وری اقتصادی محصولات از بیشترین به کمترین مقدار شامل ذرت دانه‌ای، چغندرقند، گندم، گوجه، سویا، جو، کلزا، شلیل، ذرت علوفه‌ای، خربزه، برنج، هندوانه، خیار و یونجه هر یک به مقدار ۲۲۸۶، ۱۱۱۱، ۱۰۹۸، ۸۳۲، ۷۰۲، ۶۸۵، ۵۷۲، ۵۴۷، ۵۴۲، ۳۲۲، ۳۱۳، ۲۷۹، ۲۶۷، ۹۷ تومان بر متر مکعب است.

در این پژوهش هیچ کدام از محصولات کشاورزی دارای وضعیت خوب از لحاظ بهره‌وری اقتصادی و بهره‌وری فیزیکی به طور هم‌زمان نبوده‌اند. محصولاتی که دارای بهره‌وری اقتصادی خوب و یا نسبتاً خوب و بهره‌وری فیزیکی خوب و یا نسبتاً خوب هستند شامل چغندرقند و گوجه فرنگی می‌شوند.

نتایج نشان داد وضعیت بهره‌وری آب در دشت مغان در وضعیت نسبتا ضعیف قرار دارد. برای تغییر این وضعیت و رساندن آن به وضعیت خوب احتیاج به برنامه‌ریزی، مدیریت و برداشت صحیح از منابع تولید با

مشارکت کشاورزان دارد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد بسته به این که شاخص بهره‌وری فیزیکی یا بهره‌وری اقتصادی آب در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری مدنظر قرار گیرد، رویکردها و الگوهای بهینه پیشنهادی کاملاً متفاوت خواهد بود و لذا باید در هر منطقه هر دو شاخص مورد ارزیابی گرفته و تفاوت‌های شاخص‌ها در برنامه‌ریزی‌ها لحاظ گردد.

پژوهش نشان داد که هیچ‌کدام از مدل‌های استفاده شده، قابلیت تبیین رابطه بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی محصولات مختلف کشاورزی را ندارند. و نشان‌دهنده عدم ارتباط دو نوع بهره‌وری آب است. که می‌تواند بنا به دلایل گوناگون از جمله ضعف مدل‌های ریاضی استفاده شده، احتمال عدم وجود رابطه معنی دار بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی و یا عدم اعتبار داده‌ها باشد. بنابراین برای فهم کامل در این زمینه انجام تحقیقات بیشتر پیشنهاد می‌گردد.

منابع

اشراقی، ف. قاسمیان، س. (۱۳۹۱). بررسی بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در استان گلستان. پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۲۶، شماره ۳.

حیدری، ن. اسلامی، ا. قدمی فیروزآبادی، ع. کانونی، ا. اسدی، م. خواجه عبداللهی، م. (۱۳۸۵). کارآیی مصرف آب محصولات زراعی مناطق مختلف کشور (مناطق کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان). مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز. دانشکده مهندسی علوم آب.

زمانی، ا. مرتضوی، س. بلالی، ح. (۱۳۹۳). بررسی بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات مختلف زراعی در دشت بهار. نشریه پژوهش آب در کشاورز، جلد ۲۸، شماره۱.

سلطانی، غ. اکبری، م. محمدی، ح. (۱۳۸۸). بررسی بهره‌وری آب در مناطق خشک (مطالعه موردی در مرودشت). ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی. مشهد، ایران.

سلیمانی، ح. حسنلی، ا. (۱۳۸۷). محاسبه قیمت، ارزش افزوده و ارزش افزوده بهره‌وری محصولات اصلی در داراب.

Bastiaanssen, W. G. & Steduto, P. (2016). The water productivity score (WPS) at global and regional level: Methodology and first results from remote sensing measurements of wheat, rice and maize. Science of the Total Environment.

Bhatt, R. Arora, S. & Chew, C. C. (2016). Improving irrigation water productivity using Tensiometers. Soil and Water Conservation, 15(2), 120-124.

Foster, T. Brozović, N. Butler, A. P. Neale, C. M. U. Raes, D. Steduto, P. & Hsiao, T. C. (2017). AquaCrop-OS: An open source version of FAO's Crop water productivity model. Agricultural Water Management, 181, 18-22.

Liu, J. Zehnder, A. J. B. and Yang, H. (2008). Drops for crops: modelling crop water productivity on a global scale. Global NEST, 10(3), p 295-300.

Nazari, B. Liaghat, A. Akbari, M.R. and Keshavarz, M. (2018). Irrigation water management in Iran: Implications for water use efficiency improvement. Agricultural water management, 208, pp.7-18.

Phogat, V. Skewes, M. A. McCarthy, M. G. Cox, J. W. Šimůnek, J., & Petrie, P. R. (2017). Evaluation of crop coefficients, water productivity, and water balance components for wine grapes irrigated at different deficit levels by a sub-surface drip. Agricultural Water Management, 180, 22-34.

Singh, R. Van Dam, J. C. and Feddes, R. A. (2006). Water productivity analysis of irrigated crops in Sirsa District. Indian Agricultural Water Management, 82, p. 253-278.

Water Watch. (2004). Economic Water Productivity of Irrigated Crops in Sirsa District, India. Research project No. 17. Available online at: (http://www.waterwatch.nl/fileadmin/bestanden/Project/Asia/0017_IN_2003_Watpro_Si rsaDistrict.pdf).

World Bank. (2006). World Development Indicators. Available at: www.worldbank.org/.

Zwart, S. J. and Bastiaanssen, W. G. M. (2004). Review of measured Crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. Agricultural Water Management, 69 (2), p. 1.

Assessing the Physical and Economic Water Productivity of Annual Crops in Moghan Plain and Analyzing the Relationship between Physical and Economic Water Productivity

Mohammad Navid Farahza[1], Bijan Nazari[2] *, Mohammad Reza Akbari[3], Mahkameh Sadat Naeini[4], Abdolmajid Liaghat[5]

In this research, water productivity of annual crops in Moghan plain using physical and economic productivity indices were evaluated and the relationship between physical and economic productivity based on field data has were analyzed. The physical productivity of wheat, canola, soybean, rice, corn, forage, corn, melon, alfalfa, tomato, barley, nectarine, watermelon, cucumber and sugar beet were 1/27, 0/5, 0/67, 0/069, 4/5, 0/45, 3/2, 0/25, 3/46, 1/19, 0/55, 3/1, 0/42 and 5/5 (kg / m^3), respectively. Also, Economic water productivity of these crops were 1098, 572, 702, 313, 542, 2286, 322, 97, 832, 685, 547, 279, 267 and 1111, respectively. (Tomans/m^3). The results of the interaction matrix and the density of the physical and economic water productivity showed that barley, rice, alfalfa, nylon, cucumber and canola are relatively weak or weak based on physical and economical water productivity indices. Forage, melon and honey physical productivity was in good condition, while in terms of economic productivity, the situation is relatively weak. Among the studied crops, only Sugar beet and tomato water productivity were at a good or good situation for both indices. In general, the results of the research showed relatively poor water productivity at the plain. Also, the findings showed that there is no logical and mathematical relationship between the two indices of physical and economical productivity water. Depending on the water productivity index, the proposed management

[1]MSc Candidate of Irrigation and Drainage Engineering, Imam Khomeini International University. Qazvin, Iran. navidfarahza@gmail.com
[2]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Imam Khomeini International University. Qazvin, Iran.
*b.nazari@eng.ikiu.ac.ir
[3] PhD Candidate of Agricultural Extension and Education, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. mrakbari@ut.ac.ir
[4] PhD Candidate of Irrigation and Drainage Engineering, Imam Khomeini International University. Qazvin, Iran. nmahkameh@yahoo.com
[5] Prof., Dept. of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. aliaghat@ut.ac.ir

approaches will be completely different. Hence, both indices should be evaluated in each region and differences of indices should be noticed in water planning
.

Keywords: Water Consumption, Crop Yield, Productivity Matrix, Mathematical Models, Productivity Density Graph.