بررسی کارایی مصرف آب در تولید محصولات کشاورزی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی استان خوزستان (مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی کرخه شمالی)

محمد پیرمرادی[1]، علی عصاره[2*] و مهدی اسدی لور[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲- استادیار گروه مهندسی علوم آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.ali_assareh_2003@yahoo.com

۳- استادیار گروه مهندسی علوم آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

چکیده

افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی یکی از راهکارهای مؤثر پایداری منابع آب می‌باشد. در تحقیق حاضر مدیریت آبیاری و بهره‌وری آب در شبکه آبیاری و زهکشی کرخه شمالی با بررسی الگوی کشت و نیز کاربرد شاخص‌های بهره‌وری اراضی، CPD، BPD و NBPD مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد میانگین کشت گندم در دوره ۵ ساله مورد مطالعه(۹۲-۱۳۸۸) نسبت به سطح کشت پیشنهادی طراح ۱۳۲ درصد افزایش داشته است، این در حالی است که میانگین کشت جو، کاهش ٤٧٠ درصدی نسبت به الگوی کشت طراح را نشان داد. همچنین کشت گیاهان علوفه‌ای نظیر یونجه و شبدر مورد استقبال زارعین منطقه قرار نگرفته است. میانگین ۵ ساله کشت اجرایی در سطح شبکه، ٥٩٢٤ هکتار و میانگین آب مصرفی در هر سال کشت اجرا شده، ٥٥/٤ میلیون متر مکعب بود؛ در صورتی که آب مورد نیاز الگوی کشت طراح به صورت میانگین ٨٦ میلیون مترمکعب در هر سال برای ٦٥٠٠ هکتار بود. میانگین پنج ساله شاخص CPD برای گندم به عنوان محصولی که بیش‌ترین سطح زیر کشت را دارا بود، ۸۱۸ گرم بر مترمکعب و برای هندوانه‌ی کشت بهاره، به عنوان محصولی که در بین محصولات الگوی کشت بیشترین مقدار آب مصرفی را داشته است، ۲۳۰۱ گرم بر مترمکعب بود. میانگین پنج ساله شاخص BPD و NBPD برای گندم به‌ترتیب ۵۸۷۰ و ۳۰۱۸ ریال بر مترمکعب به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: ***الگوی کشت، بهره‌وری آب، کرخه شمالی، CPD، BPD، NBPD.***

مقدمه

کشور ایران در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان قرار دارد. متوسط بارندگی کشور ۲۵۲ میلی‌متر بوده که برابر یک سوم متوسط جهانی است. از کل ۱۶۴ میلیون هکتار اراضی کشور در حال حاضر ۱۸/۸ میلیون هکتار در چرخه تولید محصولات کشاورزی قرار دارد(۳). از این مقدار حدود ۸/۱ میلیون هکتار به صورت دیم و حدود ۶/۳ میلیون هکتار به صورت آبی یا به صورت آیش، آبی و دیم مورد بهره‌برداری قرار دارند (۷). بخش کشاورزی به عنوان پر مصرف‌ترین بخش در حدود ۷۴ درصد از منابع آب شیرین جهان را مصرف می‌کند (۱۰). به عبارتی امنیت منابع آب با خطر بالایی مواجه شده است. دلیل اساسی این امر افزایش بی‌رویه جمعیت جهان، کاهش منابع آب به علت استفاده بیش از حد از این منابع، دخالت بشر در چرخه‌های طبیعی و بهره‌گیری از آلاینده‌های شیمیایی می‌باشد. در آینده‌ای نزدیک، رقابتی سخت برای استفاده از آب جهت مصرف در بخش‌های کشاورزی، شرب، صنعت و محیط زیست درخواهدگرفت و بدیهی است این مشکل در مناطق خشک و نیمه خشک حادتر خواهد بود. بر اساس منابع موجود، ۷ درصد جمعیت جهان در مناطقی زندگی می‌کنند که در آن آب کمیاب است، ولی تا سال ۲۰۵۰ انتظار می‌رود این رقم به بیش از ۶۷ درصد افزایش یابد(۱۱). یکی از مشکلاتی که هم اکنون کشاورزی

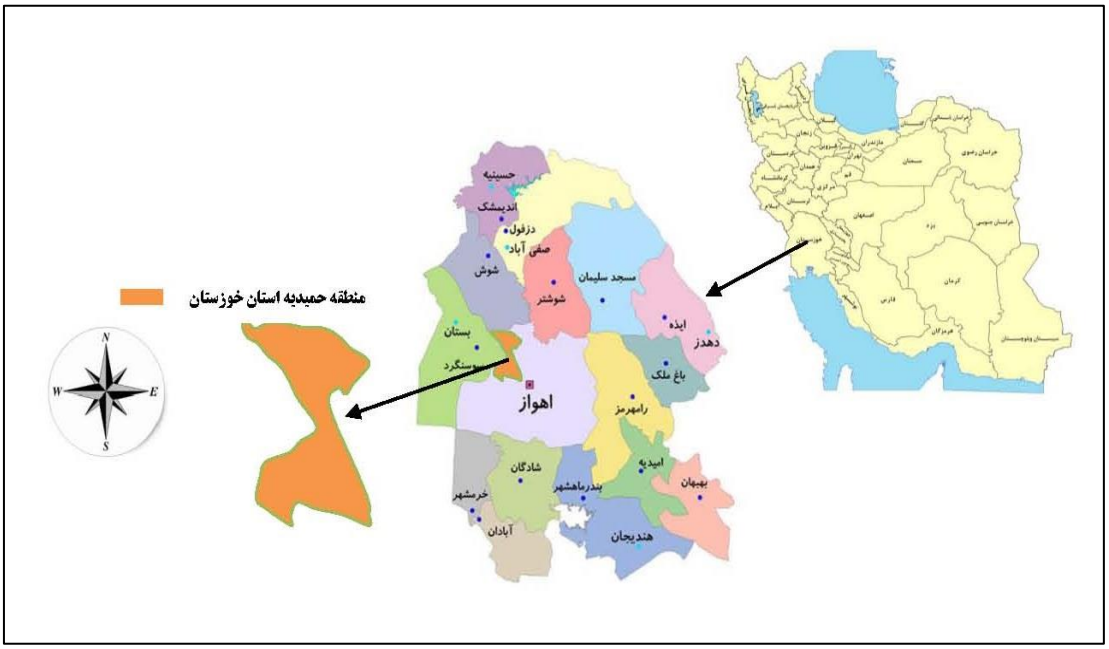
ایران با آن روبرو است، پایین بودن کارآیی و بهره‌وری مصرف آب در سیستم‌های تولیدی است. در یک بررسی، مقادیر کارایی مصرف آب برای ۱۰ محصول زراعی با استفاده از نتایج ۶۷ طرح تحقیقاتی انجام شده، طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۶ در ایستگاه‌های تحقیقاتی کشور تعیین گردید. بر اساس نتایج این بررسی، متوسط کارایی مصرف آب گندم، جو، برنج، ذرت، چغندرقند، پنبه (بذر)، سیب زمینی، یونجه، کنجد و گوجه فرنگی به‌ترتیب ۱/۶۲، ۲/۳۷، ۱۷/۴۲، ۱، ۰/۵۳، ۰/۶۱، ۲/۷۴، ۰/۸۹، ۰/۱۱، ۶/۷۷ کیلوگرم بر متر مربع بود (۱۶). حیدری متوسط کارایی مصرف آب برای مناطق کرمان، گلستان و خوزستان را به‌ترتیب ۰/۴۵، ۱/۴۳ و۱/۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمود. وی گزارش کرد؛ کارایی مصرف آب غلات در مقایسه با محصولات دیگر بسیار پایین می‌باشد و با توجه به منابع آبی محدود، باید بازنگری‌های لازم به عمل آید(۱۴). آبسلان و همکاران در تحقیقی با اندازه‌گیری عملکرد و دبی ورودی و خروجی ۱۴ مزرعه گندم در منطقه دشت آزادگان در جنوب حوضه آبریز کرخه، به تعیین کارایی مصرف آب این مزارع پرداختند و نشان دادند که کارایی مصرف آب در این منطقه از ۰/۱ تا ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر است (با احتساب مقدار باران مؤثر به عنوان بخشی از آب مصرفی)، ولی مقدار آن برای حدود ۶۰ درصد مزارع کشاورزان مورد مطالعه، دارای دامنه تغییراتی از ۰/۳ تا ۰/۶کیلوگرم بر مترمکعب بود و متوسط کارایی مصرف آب نیز درحدود ۰/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد(۱۲).

در شبکه‌های آبیاری و زهکشی بزرگ، ارزیابی بهره‌وری آب در تولید محصول کشاورزی، جهت تشخیص نقاط قوت و ضعف مدیریتی و استفاده بهینه از منابع آب و خاک امری ضروری است. جهت انجام ارزیابی دقیق نیاز به داده‌هایی شامل سطح زیرکشت، الگو و تراکم کشت، تبخیر-تعرق واقعی، تولید محصول، آب برداشت شده از منابع سطحی و آب خارج شده از پروفیل خاک می‌باشد. با پایش تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای مورد اشاره در شبکه‌های بزرگ آبیاری و زهکشی می‌توان اقدام به محاسبه شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی شبکه‌های آبیاری و زهکشی نمود و به نتایج قابل قبولی در اتخاذ تصمیمات مناسب جهت توسعه آبیاری و حفاظت از منابع آب رسید (۶). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد بهره‌وری، شاخص بسیار مهمی است که باید در مراحل برنامه ریزی، شبیه سازی، اجرا، طراحی و اجرای شبکه‌های آبیاری اندازه‌گیری شود(۱۳، ۱۷ و ۱۵). این شاخص، علاوه بر این که ویژگی‌های مراحل مختلف طراحی و اجرا را پوشش می‌دهد، جنبه-های فیزیکی و اقتصادی را نیز در بر می‌گیرد که این ویژگی، بهره‌وری را به یک شاخص کاربردی در مراحل مختلف تحلیلی تبدیل کرده است (۴). این تحقیق با هدف ارزیابی شاخص‌های بهره‌وری آب در شبکه آبیاری و زهکشی مدرن حمیدیه، سمت چپ کرخه نور و نحوه استفاده از اراضی این شبکه در طی سال‌های ۱۳۸۸-۹۲ صورت پذیرفت. همچنین الگوی کشت پیشنهادی طراح با الگوی کشت اجرا شده در شبکه، طی سال‌های مختلف آماری مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شامل اراضی محدوده پروژه آبیاری و زهکشی حمیدیه است که جزء اراضی آب‌خور حوزه کرخه سفلی در استان خوزستان می‌باشد. اراضی منطقه حمیدیه در سمت چپ رودخانه کرخه نور، به فاصله ۲۵ کیلومتری غرب شهرستان اهواز حد فاصل عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۳ دقیقه و ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۲۶ درجه و ۴۸ دقیقه و ۳۲ درجه و۴۸ دقیقه شرقی قراردارند. اراضی مذکور از شمال به شهر حمیدیه، از جنوب به روستاهای شبیلیه و دهلیز، از شمال شرقی به جاده جدید حمیدیه-اهواز و تپه‌های ماسه‌ای و از سمت غرب به آبراهه کرخه نور محدود شده است. شکل شماره (۱) موقعیت طرح را

مشخص می‌نمایند. منطقه مورد مطالعه دارای تابستان-های گرم و طولانی با رطوبت کم و زمستان‌های ملایم و کوتاه است. میانگین حداکثر و میانگین حداقل دما، میانگین نسبی رطوبت، جمع ساعات آفتابی، سرعت و جهت وزش باد در منطقه مورد مطالعه در طول دوره مورد نظر (۹۲ – ۱۳۸۸) از ایستگاه هواشناسی فرودگاه اهواز دریافت شد. الکوی کشت طراح از دفتر فنی شرکت مهندسین مشاور دز آب اخذ شد. الگوی کشت پیشنهادی طراح در جدول (۱) آورده شده است.



شکل ۱- موقعیت شبکه حمیدیه

جدول ۱- الگوی کشت پیشنهادی طرح در شبکه حمیدیه

محصول	درصد سطح زیر کشت
گندم	۳۰
جو	۱۰
یونجه	۱۰
شبدر	۵
گوجه وخیار	۵
سبزیجات زمستانه	۵
هندوانه و خربزه	۵
باقلا	۵
لوبیا پاییزه	۷
ذرت پاییزه	۱۳
هندوانه و خربزه پاییزه	۵
جمع کل	۱۰۰

به منظور ارزیابی شبکه حمیدیه از شاخص‌های بهره‌وری اراضی(نسبت مساحت کشت شده به کل اراضی)، CPD[1]، BPD[2] و NBPD[3] استفاده شد.

CPD یا محصول در قطره یکی از شاخص‌های بررسی میزان بهره‌وری آب می‌باشد. در این روش میزان تولیدات کشاورزی را نسبت به حجم آب مصرف شده در نظر می‌گیرند، بنابراین هرچه این نسبت بیش‌تر باشد، نشان دهنده مصرف صحیح‌تر آب می‌باشد (۲).

$$CPD = \frac{\text{محصول تولیدی(کیلوگرم)}}{\text{آب مصرفی(مکعب متر)}} \qquad (۱)$$

در رابطه فوق صورت کسر می‌تواند مقدار محصول خشک، تر و یا جزئی از محصول باشد که به مصرف می‌رسد مانند دانه، ریشه و غیره و مخرج کسر میزان آب مصرف شده است. مقدار آب مصرف شده می‌تواند آب تحویلی به شبکه، آب تحویلی به مزرعه، آب تحویلی به گیاه و یا حتی تبخیر و تعرق باشد. با توجه به داده‌های موجود در این تحقیق، در مخرج کسر تبخیر و تعرق لحاظ خواهد شد.

BPD یکی از شاخص‌های بررسی میزان بهره‌وری آب می‌باشد که در این روش میزان سود ناخالص فروش محصولات زراعی را نسبت به حجم آب مصرف شده در نظر می‌گیرند. (۲).

$$BPD = \frac{\text{سود ناخالص(ریال)}}{\text{آب مصرفی(مترمکعب)}} \qquad (۲)$$

در رابطه (۲) صورت کسر، مبلغ فروش محصولات بدون در نظر گرفتن هزینه‌ها می‌باشد و مخرج کسر آب مصرف شده جهت تولید محصول است.

NBPD نیز یکی از شاخص‌های بررسی میزان بهره‌وری آب می‌باشد که در این روش میزان سود خالص فروش محصولات زراعی را نسبت به حجم آب مصرف شده در نظر گرفته می‌شود (۵) .

$$NBPD = \frac{\text{سود خالص(ریال)}}{\text{آب مصرفی(مترمکعب)}} \qquad (۳)$$

در رابطه (۳) صورت کسر مبلغ باقیمانده از فروش محصولات پس از کسر کلیه هزینه‌های کاشت تا برداشت محصولات زراعی می‌باشد و مخرج کسر، آب مصرف شده جهت تولید محصول است. در این پژوهش شاخص‌های CPD، BPD و NBPD برای هر یک از محصولات پیشنهادی طراح و محصولاتی که طی سال‌های ۹۲-۱۳۸۸ توسط زارعین در شبکه کشت شده است محاسبه شد. جهت محاسبه شاخص‌های بهره‌وری، اطلاعات سطح زیر کشت، نوع کشت اجرا شده و میزان آب مصرف شده (تحویلی به کشاورزان) از شرکت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری کرخه و شاوور اخذ گردید. جهت محاسبه نیاز آبی گیاهان از نرم‌افزار کراپ وات[4] استفاده شد. اطلاعات مورد نیاز هواشناسی از ایستگاه هواشناسی حمیدیه اخذ گردید.

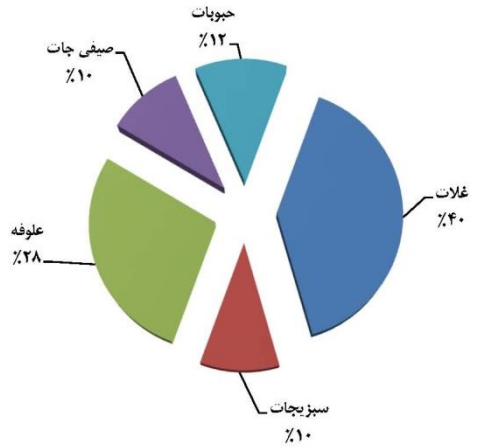
نتایج و بحث

ارزیابی الگوی کشت

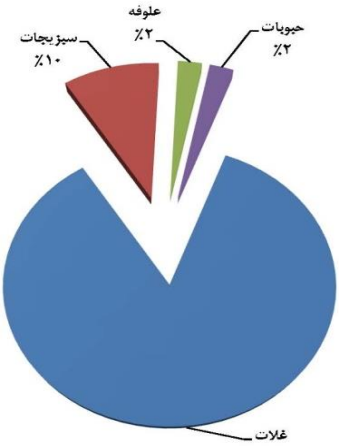
نتایج تحقیق نشان داد برخی محصولات کشت شده در شبکه همانند الگوی کشت پیشنهادی طراح به صورت سالیانه و مداوم در منطقه کشت شده است، اما این تشابه در اکثر مواقع تنها از نظر نوع محصول می‌باشد و سطح زیر کشت اجرا شده دچار تغییرات زیادی شده است. همچنین تعدادی از محصولات زراعی پیشنهادی در الگوی کشت طراح در منطقه، کشت نشده است. شکل‌های شماره (۲) و (۳) سهم دسته‌های محصولات مختلف در الگوی کشت طراح و میانگین کشت اجرا شده در طی ۵ سال آماری را نشان می‌دهد. در الگوی کشت طراح غلات با ۴۰ درصد از مساحت کل شبکه به صورت سالیانه، بیشترین سهم در شبکه را

[1] Crop per drop
[2] Benfit per drop
[3] Net Benfit per drop
[4] cropwat

دارا می‌باشد، پس از آن علوفه با ۲۸ درصد و در رتبه‌های بعدی حبوبات، سبزیجات و صیفی‌جات با سهم تقریبا مساوی از شبکه دیده می‌شوند. این در حالی است که در سال‌های آماری مورد مطالعه، بطور میانگین غلات، حبوبات، علوفه و سبزیجات به ترتیب ۸۵/۵۲، ۲/۴، ۲/۴ و ۹/۶ درصد توسط زارعین کشت شده‌اند.



شکل ۲- سهم دسته های مختلف محصولات زراعی در الگوی کشت طراح



شکل ۳- سهم دسته های مختلف محصولات زراعی در میانگین کشت اجرا شده در ۵ سال آماری

سال ۸۸ با ۸۷/۶ درصد بیشترین رکورد کشت غلات در سال‌های آماری بود. در این سال با ۲۹ هکتار کشت علوفه، کمترین کشت این خانواده در طی سال های مورد مطالعه انجام شد. حبوبات در سال ۸۹ با ۲۹ هکتار سطح زیر کشت به میزان ۰/۴ درصد از اراضی، کمترین مساحت را در طی این سال‌ها داشت. همچنین نتایج نشان می‌دهد میانگین کشت گندم درطی ۵ سال آماری نسبت به سطح کشت پیشنهادی طراح ۱۳۲ درصد افزایش داشته است، این در حالی است که میانگین کشت جو، کاهش ۴۷۰ درصدی نسبت به الگوی کشت طراح دارد. نتایج نشان داد کشت گیاهان علوفه‌ای نظیر یونجه و شبدر مورد استقبال زارعین منطقه قرار نگرفته است. کشت ذرت در پنج سال مورد مطالعه از فراز و نشیب زیادی برخوردار بود، به‌طوری که در سه سال زراعی (۹۲،۹۱، ۱۳۸۸) ذرت کشت نشده است و در سال ۱۳۸۹، ۳۹۴ هکتارکشت شده است که تقریبا نیمی از مساحتی است که در الگوی کشت طراح برای کشت سالیانه ذرت در نظر گرفته شده بود. مقایسه سطح زیر کشت سبزی در پنج سال مورد مطالعه با سطح پیشنهادی طراح نشان داد در بین محصولات زراعی کشت شده، کم‌ترین اختلاف با الگوی کشت پیشنهادی طراح را سبزیجات زمستانه دارد.

ارزیابی بهره‌وری اراضی

شاخص بهره‌وری اراضی در فصل زراعی بهار معمولا از مقدار کمی در شبکه برخوردار می‌باشد(جدول۲). در این بین، سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۱ با شاخص بهره‌وری ۰/۰۳ کمترین و سال ۱۳۸۹ با شاخص بهره‌وری ۰/۲ بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری زمین‌های زراعی بهاره در سال‌های مورد مطالعه را دارا می‌باشند. در بین محصولات زراعی که در فصل بهار در شبکه کشت شده است به جز محصولاتی که در الگوی کشت طراح در نظر گرفته شده بود، شلتوک و کنجد نیز دیده می‌شود. در این بین شلتوک در سالهای ۱۳۸۹ با ۵۹۸ هکتار، ۱۳۹۰ با ۵۶۰ هکتار و ۱۳۹۲ با ۵۳۸ هکتار تقریبا نیمی از مساحت زمین‌های کشت

شده در شبکه را به خود اختصاص داده است و بیشترین کشت در بین محصولات در فصل بهار می‌باشد. این در حالی است که شلتوک محصولی است که در الگوی کشت طراح در نظر گرفته نشده است. برخلاف فصل بهار که درصد کمی از مساحت زمین‌های موجود در شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ کشت پاییزه محصولات زراعی از رونق خوبی در منطقه برخوردار است جدول(۲). به جز سال ۱۳۹۲ که شاخص بهره‌وری اراضی در فصل زراعی پاییز، ۰/۵۳ می‌باشد، در دیگر سال‌ها مقدار این شاخص در فصل پاییز بیش از ۰/۸ است. سال ۱۳۹۰ با ۵۸۴۱ هکتار (شاخص ۰/۹) کشت محصولات پاییزه، بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری اراضی را بخود اختصاص داد. در بین محصولات زراعی که در فصل پاییز در شبکه کشت می‌شوند به جز کلم که در الگوی کشت طراح در نظر گرفته نشده است باقی محصولات همانند الگوی کشت طراح بود. البته با تفاوت چشمگیر در مقدار مساحت.

جدول ۲- شاخص بهره وری اراضی شبکه

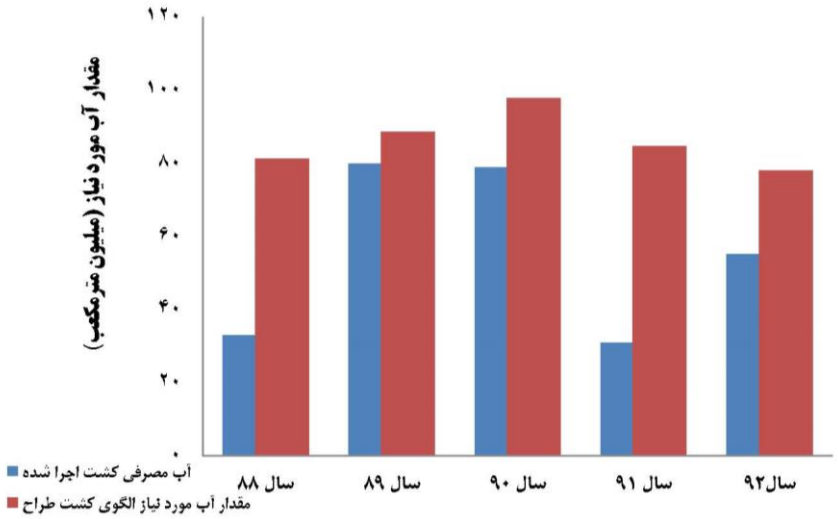
فصل زراعی	سطح زیر کشت اراضی(هکتار)	مساحت اراضی شبکه (هکتار)	شاخص بهره وری اراضی
بهار ۸۸	۱۹۵	۶۵۰۰	۰/۰۳
بهار ۸۹	۱۳۰۰	۶۵۰۰	۰/۲۰
بهار ۹۰	۹۷۵	۶۵۰۰	۰/۱۵
بهار ۹۱	۱۹۵	۶۵۰۰	۰/۰۳
بهار ۹۲	۹۱۰	۶۵۰۰	۰/۱۴
پاییز ۸۸	۵۶۵۵	۶۵۰۰	۰/۸۷
پاییز ۸۹	۵۵۲۵	۶۵۰۰	۰/۸۵
پاییز ۹۰	۵۸۴۱	۶۵۰۰	۰/۹۰
پاییز ۹۱	۵۵۹۰	۶۵۰۰	۰/۸۶
پاییز ۹۲	۳۴۴۵	۶۵۰۰	۰/۵۳

مقایسه مقدار آب مورد نیاز الگوی کشت طراح و کشت اجرا شده

مقدار آب مورد نیاز الگوی کشت طراح و کشت اجراشده طی سال‌های مورد مطالعه توسط نرم‌افزار کراپ وات محاسبه شد. چون این نرم‌افزار نیاز آبی را به صورت تبخیر و تعرق گیاه محاسبه می‌کند، با در نظر گرفتن راندمان کاربرد شبکه ۶۰ درصد اقدام به محاسبه آب مورد نیاز شبکه شد. نمودار مقدار آب مورد نیاز شبکه برای کشت سالیانه و الگوی کشت طراح از تغییرات زیادی در طی سال‌های مورد مطالعه برخوردار بود. مقدار آب مورد نیاز الگوی کشت طراح در تمامی سال‌ها از مقدار آب مصرفی کشت اجرا شده بیش‌تر می‌باشد(شکل۴). این موضوع به دلیل اختلاف در نوع محصولات و همچنین مقدار مساحت استفاده شده از زمین‌های زراعی شبکه در سال‌های مورد نظر می‌باشد. در سال ۱۳۸۸ مقدار آب مورد نیاز الگوی کشت طراح ۸۱/۲ میلیون مترمکعب و مقدار آب مصرفی محصولات کشت شده در شبکه، ۳۲/۸ میلیون مترمکعب بود که ۶۰ درصد نسبت به الگوی کشت طراح کاهش داشته است. با توجه به اینکه در سال ۱۳۸۸ در مجموع ۵۷۰۳

هکتار از مساحت ۶۵۰۰ هکتاری شبکه کشت شده است، اختلاف بسیار زیادی که در مقدار آب مورد نیاز دو الگوی کشت مشاهده می‌شود به دلیل اختلاف در نوع محصولات می‌باشد. عدم کشت محصولاتی نظیر هندوانه (در دو کشت بهاره و پاییزه) و ذرت که در الگوی کشت طراح در نظر گرفته شده است و مقدار آب زیادی که این محصولات نیاز دارند از جمله عواملی است که در اختلاف بسیار زیاد بین آب مورد نیاز الگوی کشت طراح و کشت اجراشده تاثیر گذاشته است.

در سال ۱۳۸۹ کم‌ترین اختلاف بین مقدار آب مصرفی کشت اجراشده در شبکه (۷۹/۹ میلیون مترمکعب) و مقدار آب موردنیاز الگوی کشت طراح (۸۸/۶ میلیون مترمکعب) در پنج سال مورد مطالعه مشاهده می‌شود، سطح زیر کشت زیاد محصولات در این سال که در دو فصل بهار و پاییز در مجموع ۶۸۸۹ هکتار بوده است و همچنین کشت شلتوک که مقدار آب بسیار زیادی نیاز دارد، از جمله عوامل موثر در این زمینه می‌باشد.



شکل٤- مقایسه آب مورد نیاز الگوی کشت طراح و کشت اجرا شده

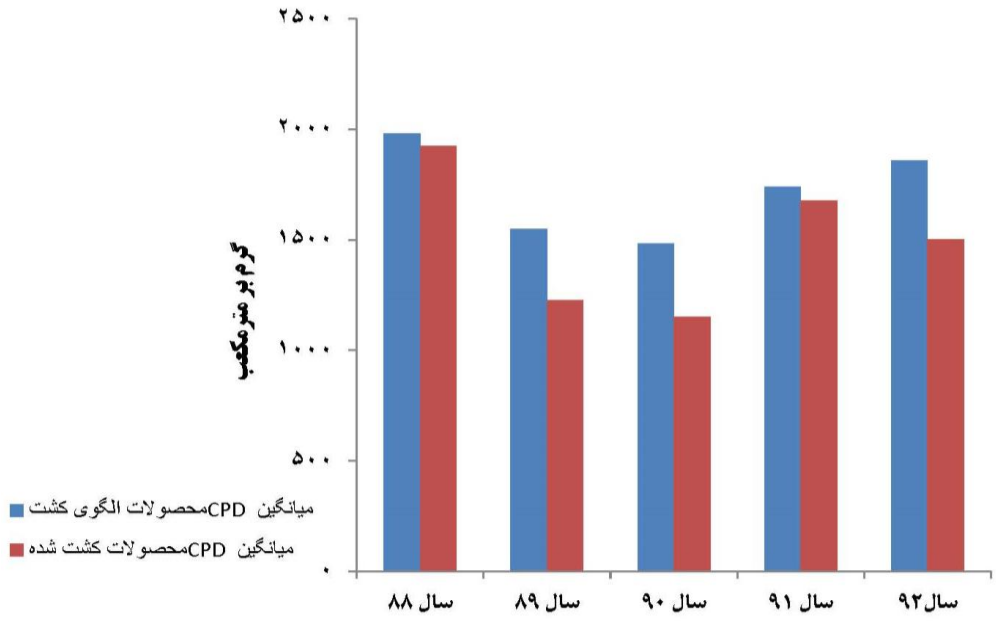
در سال ۱۳۹۰ با وجود کشت ۵۶۰ هکتار شلتوک که بیش‌ترین میزان آب مصرفی در بین محصولات را دارا می‌باشد و در الگوی کشت طراح دیده نشده است، همچنین با وجود مساحت ۶۸۳۳ هکتار کشت اجرا شده (۱۰۵ درصد از مساحت کل شبکه) در دو کشت بهاره و پاییزه، مقدار آب مورد نیاز الگوی کشت طراح همانند سال‌های گذشته از آب مصرفی الگوی کشت اجرا شده بیش‌تر می‌باشد. در سال ۱۳۹۱ بیش‌ترین اختلاف بین مقدار آب مورد نیاز الگوی کشت طراح (۸۴/۶ میلیون متر مکعب) و آب مصرفی محصولات کشت شده در شبکه (۳۰/۸ میلیون متر مکعب) دیده می‌شود. کشت محصولاتی که آب کمی نیاز دارند و عدم کشت محصولاتی نظیر هندوانه و ذرت که آب زیادی نیاز دارند بر روی این موضوع اثرگذار بوده است. در سال ۱۳۹۲ همانند دیگر سال‌های مورد مطالعه مقدار آب مورد نیاز الگوی کشت طراح با ۷۷/۹ میلیون متر مکعب ازآب مصرفی کشت اجرا شده در شبکه با ۵۵ میلیون متر مکعب بیش‌تر می باشد.

برای بررسی بهتر موضوع اختلاف بین مقدار آب مصرفی کشت اجرایی و آب مورد نیاز الگوی کشت طراح می‌توان از میانگین‌گیری مقادیر موجود استفاده کرد. میانگین ۵ سال کشت اجرایی در شبکه ۵۹۲۴ هکتار و میانگین آب مصرفی در هر سال کشت اجرا شده ۵۵/۴ میلیون متر مکعب می‌باشد، این در حالی

است که آب مورد نیاز الگوی کشت طراح به صورت میانگین ۸۶ میلیون متر مکعب در هر سال برای ۶۵۰۰ هکتار است. با یک تناسب ساده این نتیجه حاصل می شود که اگر مساحت کشت محصولات اجرایی در شبکه از ۵۹۲۴ هکتار به ۶۵۰۰ هکتار تبدیل شود، آب مصرفی کشت اجرا شده در شبکه ۶۰ میلیون متر مکعب خواهد بود که در این شرایط نیز مقدار آب مورد نیاز محصولات الگوی کشت طراح ۴۳ درصد بیش‌تر از آب مصرفی محصولات کشت اجرا شده در شبکه می‌باشد.

ارزیابی شاخص CPD

در میان محصولات الگوی کشت طراح، میانگین پنج ساله شاخص CPD به‌ترتیب برای سبزیجات با ۶۲۸۹ گرم بر مترمکعب، هندوانه پاییزه ۳۶۰۲ گرم بر مترمکعب و علوفه با ۲۶۶۱ گرم بر متر مکعب بیشترین و لوبیا پاییزه با ۷۴ گرم بر متر مکعب کم‌ترین مقدار می‌باشد. میانگین پنج ساله شاخص CPD گندم به عنوان محصولی که بیش‌ترین سطح زیر کشت را دارا می باشد، ۸۱۸ گرم بر مترمکعب و برای هندوانه کشت بهاره به عنوان محصولی که در بین محصولات الگوی کشت بیشترین مقدار آب مصرفی را داشته است، ۲۳۰۱ گرم بر مترمکعب بود. میانگین شاخص CPD برای محصولات مختلف کشت شده در سال‌های مورد مطالعه آماری و مقایسه آن با الگوی کشت طراح در شکل شماره (۵) نشان داده شده است.



شکل ۵- مقایسه میانگین CPD محصولات الگوی کشت طراح و کشت اجرا

تولید محصول به جز آبیاری، به عوامل دیگری از جمله اقلیم، نوع خاک، مصرف نهاده‌های کشاورزی و غیره بستگی دارد. عملکرد محصولات کشاورزی به طور مستقیم، تحت تأثیر نهاده‌های مختلف کشاورزی بوده و به خودی خود، نشانه روشنی از ارزش عملکرد آبیاری به‌دست نمی‌دهد. در هر حال در شرایطی که آب، نهاده محدودکننده کشاورزی است، شاخص CPD می‌تواند بیان‌کننده کارآیی مصرف آب باشد. اما نمی توان گفت هرچه تولید محصول به ازای آب مصرفی بالاتر برود، لزوماً اثربخش خواهد بود، زیرا ارزش مقدار محصول گیاهان مختلف، هم به لحاظ ارزش ریالی و هم به لحاظ جایگاهی که در ایجاد امنیت

غذایی دارا هستند، متفاوت می‌باشد. همچنین از این شاخص، نمی‌توان برای مقایسه بهره‌وری آب گیاهان مختلف استفاده کرد، زیرا گیاهان مختلف نیازهای آبی متفاوتی دارند. این شاخص یک شاخص قدیمی است و محاسبه آن آسان است، بنابراین قابلیت اندازه‌گیری و پایش دارد (۹). اکبری و همکاران در مطالعه خود به لزوم توجه به بهره‌وری آب کشاورزی در مناطق دچار خشکسالی پرداخته و الگوی کشت مناسب را با توجه به محدودیت‌های آبی در آن منطقه مورد بررسی قرار دادند، آن‌ها عنوان کردند که در شرایط خشکسالی و کمبود منابع آبی بایستی محصولاتی کشت شوند که از لحاظ مصرف آب در سطح پائین و از لحاظ اقتصادی توان بالایی داشته باشند. آن‌ها بر لزوم جایگزینی محصولات کم مصرف از لحاظ منابع آبی و پر بازده از لحاظ اقتصادی تاکید نموده اند(۳). بوستانی و محمدی در مطالعه‌ای به بررسی بهره‌وری آب و تابع تقاضای آب در تولید چغندر در منطقه اقلید پرداختند. آن‌ها عنوان نمودند که افزایش بهره‌وری، آنجا که به مثابه افزایش آب در دسترس تلقی می‌شود؛ می‌تواند اثر محسوسی بر سطح تولید داشته باشد(۵). در تحقیقی با هدف تعیین کارایی مصرف آب مزارع گندم تحت مدیریت کشاورزان منطقه دشت آزادگان در جنوب حوضه آبریز کرخه نتیجه‌گیری گردید، کارایی مصرف آب در این منطقه از ۰/۱ تا ۱/۲ کیلوگرم بر متر مکعب متغیر بوده (با احتساب مقدار باران مؤثر به عنوان بخشی از آب مصرفی) ولی مقدار آن برای حدود ۶۰ درصد مزارع کشاورزان مورد مطالعه دارای تغییرات از ۰/۳ تا ۰/۶ کیلوگرم بر متر مکعب و متوسط کارایی مصرف آب حدود ۰/۴۵ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد (۱).

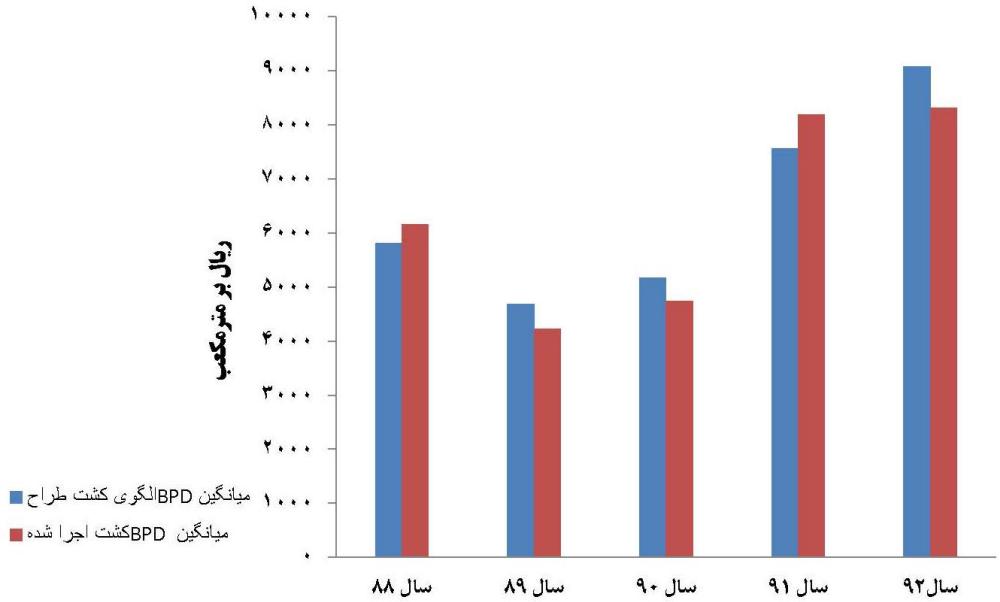
ارزیابی شاخص BPD

شاخصBPD میزان سود ناخالص را به ازای واحد حجم آب مصرف شده می سنجد. بر این پایه سیاست مصرف آب باید به گونه‌ای باشد که میزان سود ناخالص به دست آمده در واحد آب مصرف شده بیش‌تر باشد (۵).

با توجه به نتایج، شاخصBPD در سال ۱۳۸۸ از میان ده نوع محصول کشت شده در شبکه به ترتیب برای سبزیجات با۲۰۴۶۴ ریال بر مترمکعب، باقلا ۸۰۳۲ ریال بر متر مکعب و علوفه با ۷۷۲۷ ریال بر مترمکعب بیش‌ترین و برای خیار با ۶۲۶ ریال بر متر مکعب کم‌ترین مقدار بود. در سال ۱۳۸۹ از میان محصولات کشت شده در شبکه شاخص BPD به‌ترتیب برای سبزیجات با ۱۲۶۷۲ ریال بر مترمکعب، کلم ۷۰۸۶ ریال بر متر مکعب و علوفه با ۶۸۷۱ ریال بر متر مکعب بیش‌ترین، و شلتوک با ۶۷۳ ریال بر مترمکعب کم‌ترین مقدار می‌باشد. شاخص BPD در سال ۱۳۹۰ در بین محصولات کشت شده در شبکه به ترتیب برای سبزیجات با ۱۵۷۷۹ ریال بر مترمکعب، کلم ۸۱۴۸ ریال بر متر مکعب و علوفه با ۶۸۷۱ گرم بر متر مکعب بیشترین و برای شلتوک با ۶۸۲ ریال بر متر مکعب کم‌ترین مقدار بود. در این سال شاخص BPD گندم به عنوان محصولی که بیش‌ترین سطح زیر کشت را دارا می‌باشد، ۴۲۲۲ ریال بر متر مکعب و برای شلتوک به عنوان محصولی که در این سال بیش‌ترین مقدار آب مصرفی را داشته است، ۶۸۲ ریال بر مترمکعب بوده است. شاخص BPD در سال ۱۳۹۱ در بین محصولات کشت شده در شبکه به ترتیب برای سبزیجات با ۲۳۱۰۸ ریال بر مترمکعب، کلم ۱۲۱۲۰ ریال بر متر مکعب و باقلا با ۱۱۲۰۶ ریال بر متر مکعب بیش‌ترین و برای خیار با ۹۰۸ ریال بر مترمکعب کم‌ترین مقدار می‌باشد. شاخص BPD در سال ۱۳۹۲ در بین محصولات کشت شده در شبکه به ترتیب برای سبزیجات با ۲۶۸۳۴ ریال بر مترمکعب، کلم ۱۳۸۸۶ ریال بر مترمکعب و باقلا با ۱۳۲۸۲ ریال بر مترمکعب بیش‌ترین و برای شلتوک با ۹۵۱ ریال بر مترمکعب کم‌ترین مقدار می‌باشد. در این سال شاخص BPD گندم ۹۲۴۹ ریال بر متر مکعب و برای شلتوک ۹۵۱ ریال بر مترمکعب بوده است. میانگین پنج ساله شاخص BPD گندم به عنوان محصولی که بیش‌ترین سطح زیر کشت را دارا می‌باشد، ۵۸۷۰ ریال بر متر

مکعب بود. زارع مهرجردی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند شاخص BPD برای محصول سیب‌زمینی ۲۳۶۴ ریال، کلزا ۷۹۱ ریال، چغندر ۷۵۷ ریال، گندم ۱۱۴ ریال، جو ۸۹ ریال بود، اما به دلیل آنکه در این شاخص هزینه تولید محصولات گنجانده نمی‌شود، دارای اعتبار خوبی برای سنجش اقتصادی نمی‌باشد.

شکل (۶) شاخص BPD در دو الگوی کشت طراح و اجرا شده برای سال‌های مختلف آماری را نشان می دهد. بیشترین میزان شاخص BPD در سال ۱۳۹۲ به میزان ۹۰۷۳ ریال بر مترمکعب برای الگوی کشت طراح و ۸۳۱۲ ریال بر متر مکعب برای کشت اجرا شده به‌دست آمد. کمترین میزان شاخص BPD نیز در سال ۱۳۸۹ به میزان ۴۶۸۰ ریال بر مترمکعب برای الگوی کشت طراح و ۴۲۲۱ ریال بر متر مکعب برای کشت اجرا شده حاصل شد.



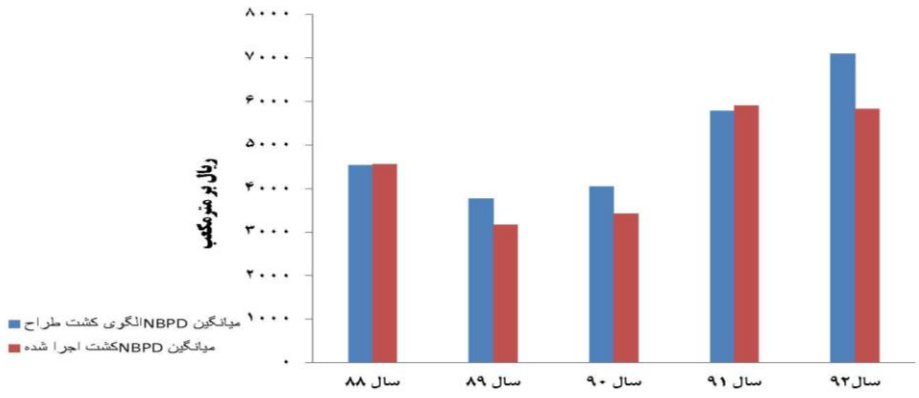
شکل ٦- مقایسه میانگین شاخص BPD در الگوی کشت طراح با کشت اجرا شده

ارزیابی شاخص NBPD

ارزیابی شاخص NBPD در سال ۱۳۸۸ نشان داد از میان ده نوع محصول کشت شده در شبکه به‌ترتیب برای سبزیجات با ۱۷۱۹۰ ریال بر مترمکعب، علوفه ۶۶۹۷ ریال بر مترمکعب و کلم با ۵۰۳۹ ریال بر متر-مکعب بیشترین و خیار با ۱۳۲ ریال بر متر مکعب کمترین مقدار می‌باشد. در سال ۱۳۸۸ شاخص NBPD گندم به عنوان محصولی که بیشترین سطح زیر کشت را دارا می‌باشد، ۳۰۱۸ ریال بر مترمکعب و برای خیار به عنوان محصولی که در این سال بیشترین مقدار آب مصرفی را داشته است، ۱۳۲ ریال بر مترمکعب بود. شاخص NBPD در سال ۱۳۸۹ از میان محصولات کشت شده در شبکه به ترتیب برای سبزیجات با ۱۰۴۱۹ ریال بر مترمکعب، علوفه۵۸۸۹ ریال بر متر-مکعب و کلم با ۵۰۳۱ ریال بر مترمکعب بیشترین و برای شلتوک با ۱۰۵ ریال بر مترمکعب کمترین مقدار می‌باشد. در این سال شاخص NBPD گندم ۲۶۸۲ ریال بر متر مکعب و برای شلتوک به عنوان محصولی که در سال ۱۳۸۹ بیشترین مقدار آب مصرفی را داشته است ۱۰۵ گرم بر مترمکعب بوده است. شاخص NBPD در سال ۱۳۹۰ در بین محصولات کشت شده در شبکه به ترتیب برای سبزیجات با ۱۲۷۲۸ ریال بر مترمکعب، علوفه ۵۸۵۶ ریال بر متر مکعب و کلم با ۵۸۴۰ گرم بر متر مکعب بیشترین و برای شلتوک با ۷۵

ریال بر متر مکعب کمترین مقدار می‌باشد. در این سال شاخص NBPD گندم ۲۸۲۵ ریال بر مترمکعب و برای شلتوک ۷۵ ریال بر مترمکعب بود. شاخص NBPD در سال ۱۳۹۱ در بین محصولات کشت شده در شبکه به‌ترتیب برای سبزیجات با ۱۸۴۸۶ ریال بر مترمکعب، کلم ۸۶۵۷ ریال بر متر مکعب و علوفه با ۷۲۵۶ ریال بر متر مکعب بیشترین و برای خیار با ۱۶۰ ریال بر متر مکعب کمترین مقدار می‌باشد. در این سال شاخص NBPD گندم به عنوان محصولی که بیش‌ترین سطح زیر کشت را دارا می باشد، ۴۸۲۵ ریال بر مترمکعب و برای خیار به عنوان محصولی که در این سال بیشترین مقدار آب مصرفی را داشته است، ۱۶۰ ریال بر مترمکعب بوده است. شاخص NBPD در سال ۱۳۹۲ در بین محصولات کشت شده در شبکه به‌ترتیب برای سبزیجات با ۲۱۱۹۹ ریال بر مترمکعب، کلم و علوفه با ۹۷۲۹ ریال بر متر مکعب بیشترین و برای شلتوک با ۲۱ ریال بر متر مکعب کمترین مقدار می‌باشد. در این سال شاخص NBPD گندم ۶۵۴۳ ریال بر متر مکعب و برای شلتوک ۲۱ ریال بر مترمکعب بود. ارزیابی شاخص NBPD (سود خالص به ازای مصرف یک متر مکعب آب) نشان داد سبزیجات با ۱۷۱۹۰ ریال بر متر مکعب بیشترین و خیار با ۱۳۲ ریال بر مترمکعب کمترین مقدار را دارد. میانگین پنج ساله شاخص NBPD گندم به عنوان محصولی که بیش‌ترین سطح زیر کشت را دارا می باشد ۳۰۱۸ ریال بر مترمکعب بود.

شکل (۷) شاخص NBPD در دو الگوی کشت طراح و اجرا شده برای سال‌های مختلف آماری را نشان می‌دهد. بیشترین میزان شاخص NBPD در سال ۱۳۹۲ به میزان ۷۰۹۶ ریال بر مترمکعب برای الگوی کشت طراح و در سال ۱۳۹۱ به میزان ۵۹۰۰ ریال بر متر مکعب برای کشت اجرا شده به‌دست آمد. کمترین میزان شاخص NBPD نیز در سال ۱۳۸۹ به میزان ۳۷۶۷ ریال بر مترمکعب برای الگوی کشت طراح و ۳۱۶۹ ریال بر متر مکعب برای کشت اجرا شده حاصل شد.



شکل ۷- مقایسه میانگین شاخص NBPD در الگوی کشت طراح با کشت اجرا شده

نتیجه گیری

نگرش بهره‌وری آب کشاورزی در مناطق خشک مواجه با بحران آب دو دیدگاه فیزیکی و مالی را شامل می شود. بدین معنی که با کسب بالاترین سود خالص (از دیدگاه مالی) کم‌ترین میزان مصرف آب (از دیدگاه فیزیکی) نصیب بهره‌برداران نماید. از این رو چنانچه الگو و ترکیب زراعی مطابق با شرایط فوق در مناطق خشک سامان یابد، ضمن افزایش رشد اقتصادی در بخش کشاورزی، استفاده بهینه از منابع آب بدون آثار تخریبی و بحران زا نیز منتج خواهد شد. بر اساس نتایج این تحقیق بهترین شاخص برای سنجش بهره‌وری آب استفاده از شاخص NBPD است که نه تنها میزان سود

خالص را به ازای واحد حجم آب مصرف شده تعیین می‌نماید، بلکه این شاخص اهمیت زیادی در برنامه-ریزی الگو و ترکیب کشت در مناطق خشک مواجه با محدودیت شدید آب دارد. چرا که از این طریق می‌توان منابع کمیاب آب را به کشت‌هایی اختصاص داد که با کم‌ترین واحد مصرف آب بالاترین سود را نصیب بهره برداران نماید. لذا با توجه به این که در طرح‌های آبی معمولاً اهداف مختلفی مدنظر مدیران و بهره‌برداران می‌باشد، بررسی و تحلیل چند شاخص در هر طرح می-تواند تحلیل جامع‌تری را ارائه نماید. آموزش کاربرد هر یک از شاخص‌های بهره‌وری به کارشناسان و مدیران و متولیان مدیریت آب و کشاورزی می‌تواند برای فرهنگسازی عرصه بهبود بهره‌وری توصیه شود. همچنین تدوین استانداردی برای پایش بهره‌وری آب می‌تواند در یکسان‌سازی بانک اطلاعات، تحلیل شرایط و ارائه راهکارهای بهبود وضعیت و در نهایت برنامه-ریزی و سیاست‌گزاری صحیح در حوزه مدیریت آب کشاورزی کمک زیادی بنماید.

منابع

۱- آبسالان، ش.، کریمی، م.، حیدری، ن.، دهقان، ا.، عباسی، ف. و رحیمیان، م. ح.، ۱۳۸۹. تعیین و ارزیابی کارایی مصرف آب در اراضی شور پایین‌دست حوضه آبریز کرخه. گزارش پژوهشی شماره ۸۹/۱۲۶۷. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

۲- اشراقی، ف.، قاسمیان، س.، ۱۳۹۱. بررسی بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در استان گلستان، مجله پژوهش آب در کشاورزی، ب، جلد ۲۶، شماره ۳، ص ۳۲۲-۳۱۷.

۳- اکبری، س، م، ر.، موسوی، س، ن.، رضایی، ع.، ۱۳۸۸. بحران آب و لزوم توجه به بهره‌وری آب در مناطق دچار خشکسالی، مطالعه موردی: دشت سیدان-فاروق، دومین همایش ملی بحران آب، اصفهان.

۴- امیدی، ف.، بابازاده، ح.، رضایی، ع.، سرایی تبریزی، م، ۱۳۹۲. ارزیابی بهره وری آب با رویکرد استفاده از روش های FAHP، ANP،AHP و FANP. اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۵- بوستانی، ف.، محمدی، ح.، ۱۳۸۶. بررسی بهره‌وری و تابع تقاضای آب در تولید چغندر منطقه اقلید، چغندر. جلد ۲۳.

۶- عصاری، م.، میرلطیفی، س. م.، اکبری، م.، ناصری، ع. ع.، ۱۳۹۴. ارزیابی بهره‌وری آب در شبکه آبیاری و زهکشی کشت و صنعت نیشکر میرزا کوچک خان با استفاده از سنجش از دور، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱، جلد ۹، فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۴، ص ۱۰۸-۹۶.

۷- علی آبادی، ح.، علیزاده، ا.، عرفانی، ع.، ۱۳۹۴. بهره‌وری مصرف آب و انرژی در سامانه های مختلف آبیاری (مطالعه موردی ذرت بذری در کشت و صنعت جوین) در استان خراسان رضوی، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۴، جلد ۹، مهر و آبان ۱۳۹۴، ص ۵۸۲-۵۷۱.

۸- زارع مهرجردی، م.، اکبری، م. ر.. فرج زاده، ذ.، ۱۳۸۸. مدیریت آب کشاورزی با توجه به شاخص بهره‌وری (مطالعه موردی: دشت مشهد- چناران)، همایش مدیریت بحران آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.

۹- نظری، ب.، لیاقت، ع.، ۱۳۹۵. مبانی و شاخص‌های بهره‌وری آب در کشاورزی، گزارش کمیسیون آب، محیط زیست و اقتصاد سبز. انتشار دبیرخانه کمیسیون های تخصصی اتاق ایران.

۱۰- هوشمند، ع. ر.، یوسفی، ب. الماسی، ف.، ۱۳۸۹. آب مجازی و افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی، سومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۱۱- یعقوبی، ف.، جامی الاحمدی، م.، بخشی، م. ر.، سیاری زهان، م. ح.، ۱۳۹۴. مقایسه شاخص‌های کارایی فنی اقتصادی مصرف آب در تولید گندم و زعفران در شهرستان قائنات، نشریه زراعت و فناوری زعفران، جلد ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص ۲۳۶-۲۲۵.

12- Absalan, Sh., Karimi, M., Heydari, N., Dhghan, A., Abbasi, F., and Rahimiyan, M. H. 2010. The final report of the project to identify and assess of water use efficiency in saline soils downstream of the Karkheh Basin. Khuzestan Agricultural Engineering Research Institute, Research Report. No. 89.1267. (In Persian).

13- De Fraiture, Ch., Molden, D., Wichelns, D. 2010. Investing in water for food, ecosystems, and livelihoods: An overview of the comprehensive assessment of water management in agriculture. Agricultural Water Management. 97 (4): 495 – 501.

14- Heydari, N. 2011. Determination and evaluation of water use efficiency of some major crops under farmers management in Iran. Journal of Water and Irrigation Management 2 (1): 43-57.

15- Karimi, P., Sarvar Qureshi, A., Bahramloo, R., Molden, D. 2012. Reducing carbon emissions through improved irrigation and groundwater management: A case study from Iran. Agricultural WaterManagement. 108: 52 – 60.

16- Montazar, A. and Kosari, H. 2007. Water productivity analysis of some irrigated crops in Iran. Proceeding of the international conference of water saving in Mediterranean agriculture and future needs. Valenzano (Italy). Series B. 56(1): 109-120.

17- Zwart, S. J., Bastiaanssen, W. G. M., De Fraiture, CH., Molden, D. 2010. A global benchmark map of water productivity for rainfed and irrigated wheat. Agricultural Water Management. 97 (10): 1617 –1627.