Archive of SID
DOI: 10.22059/IJBSE.2019.289835.665228 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹ (ص ۱۱۲-۹۹)

Diagnose and Prioritizing of Effective Managerial and Executive Factors on Water Productivity in Sugarcane Production and Providing Practical Solutions to Increase It

NASIM MONJEZI*
Biosystems engineering Dept., Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz
(Received: Oct, 1, 2019- Revised: Nov. 22, 2019- Accepted: Dec. 8, 2019)

ABSTRACT

The purpose of this study was to identify, prioritize and control the factors affecting water productivity in sugar cane production. In this study, to calculate water productivity, the indices such as BPD and CPD, NBPD is used. Given that the research goal was to prioritize the factors affecting the productivity of water input during the sugar cane production process, the identified factors were evaluated using Analytical Hierarchy Process Analysis (AHP). Then, CART and CHAID decision trees were used in modeling the water input efficiency and the factors influencing it. According to the results, the average CPD, BPD and NBPD indices for sugar cane were 2.37 kg m^{-3}, 1082.71 toman m^{-3}, and 528.03 toman m^{-3}, respectively. The variables of economic productivity of water, the value of sales of the product (income), the amount of sugar produced, production costs, water consumption per irrigation interval, irrigation intervals, electrical conductivity of the soil after harvest, river electrical conductivity, mean time of each irrigation interval, Plant height, plant age, number of irrigation cycles, drainage water drainage PH and width of the cultivating line before discovery are the most important and influential variables in the decision tree models of CHAR and CHAID. The accuracy of the CART model in training and testing was 96% and 92%, respectively, and the accuracy of the CHAID model in education and testing is 97% and 90%, respectively. Also, based on the prioritization of the factors affecting productivity, using the hierarchical analysis method, the quantity and quality of irrigation water, climate conditions, plant conditions, managerial and human factors, and soil conditions were ranked with a coefficient of 0.459, 0.231, 0, 0.091 and 0.069, respectively.

Key words: Water, Productivity, Analytical Hierarchy Process, Decision Tree, Sugarcane.

* Corresponding Author's Email: n.monjezi@scu.ac.ir
www.SID.ir

Archive of SID

عارضه‌یابی و اولویت‌بندی عوامل اجرایی و مدیریتی مؤثر بر بهره‌وری آب در تولید نیشکر و ارائه راهکارهای عملی برای افزایش آن

نسیم منجزی*

استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۹- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۹/۹- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۹/۱۷)

چکیده

هدف از این پژوهش، عارضه‌یابی، شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر بهره‌وری آب در تولید نیشکر در استان خوزستان می‌باشد. در این تحقیق، برای محاسبه بهره‌وری آب از شاخص‌هایی چون CPD، BPD و NBPD استفاده شده است. با توجه به این که هدف تحقیق، اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر بهره‌وری نهاده آب طی فرآیند تولید نیشکر است، عوامل شناسایی شده با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ارزیابی شدند. سپس در مدل‌سازی بهره‌وری نهاده آب و بررسی عوامل مؤثر بر آن از الگوریتم‌های تصمیم CART و CHAID استفاده شد. بر اساس نتایج تحقیق، متوسط شاخص‌های CPD، BPD و NBPD برای محصول نیشکر به ترتیب برابر ۲/۳۷ کیلوگرم بر متر مکعب، ۱۰۸۲/۷۱ تومان بر مترمکعب، ۵۲۸/۰۳ تومان بر مترمکعب به دست آمد. متغیرهای بهره‌وری اقتصادی آب، ارزش فروش محصول (درآمد)، مقدار شکر تولیدی، هزینه‌های تولید، مصرف آب در هر دور آبیاری، فواصل آبیاری، هدایت الکتریکی خاک بعد از برداشت، هدایت الکتریکی آب رودخانه، متوسط زمان هر دور آبیاری، مساحت مزرعه، رقم گیاه، سن گیاه، تعداد دورهای آبیاری، pH آب خروجی زهکش و عرض خط کشت قبل از دیسکاور مهم‌ترین و تأثیرگذارترین متغیرها در الگوریتم‌های تصمیم CART و CHAID می‌باشند. دقت مدل CART در قسمت آموزش و تست به ترتیب برابر ۹۶ و ۹۲ درصد بوده است و دقت مدل CHAID در بخش آموزش و تست به ترتیب برابر ۹۷ و ۹۰ درصد می‌باشد. همچنین بر اساس اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر بهره‌وری با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به ترتیب کمیت و کیفیت آب آبیاری، شرایط آب و هوایی، شرایط گیاه، عوامل مدیریتی و انسانی و شرایط خاک با ضریب ۰/۴۵۹، ۰/۲۳۱، ۰/۱۵۰، ۰/۰۹۱ و ۰/۰۶۹ رتبه بندی شدند.

واژه‌های کلیدی: آب، بهره‌وری، تحلیل سلسله مراتبی، درخت تصمیم، نیشکر.

مقدمه

بخش کشاورزی بزرگترین مصرف‌کننده منابع آب در کشور ایران می‌باشد (Shoja *et al.*, 2016). با توجه به کمبود شدید منابع آب و همچنین گسترش غیریکنواخت مکانی و زمانی آن در کشور، استفاده بهینه از منابع آب مستلزم صرف هزینه‌های سنگین و برنامه‌ریزی دقیق خواهد بود. یکی از شیوه‌های اصلی برای مواجهه با چالش جدی کمبود منابع آب در استان خوزستان و به تبع آن در شرکت‌های کشت و صنعت نیشکر استان، تمرکز بر روی مدیریت صحیح و پایدار منابع آب و شیوه‌های مرتبط با آن می‌باشد و این موضوعی است که تاکنون کمتر به آن پرداخته شده است. بنابراین لازم است موضوع بهره‌وری آب کشاورزی به‌عنوان یک عامل مؤثر در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌سازی‌های آتی واحدهای کشاورزی به خصوص کشت و صنعت‌های نیشکری مدنظر قرار گیرد. آبیاری از مهم‌ترین مراحل داشت نیشکر، می‌باشد. کمبود آب نه تنها باعث کاهش کمی محصول می‌شود، بلکه با تأثیر بر فرآیند فتوسنتز بر کیفیت محصول تأثیر منفی می‌گذارد. نیشکر جزء گیاهان با نیاز آبی بالا و در عین حال مقاوم به خشکی است. تعداد دفعات آبیاری در مناطق گرمسیری همانند استان خوزستان به‌طور متوسط ۲۸ تا ۳۰ مرتبه برای مزارع کشت جدید و ۲۰ تا ۲۴ مرتبه برای مزارع راتون می‌باشد. در هر مرتبه ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ مترمکعب در هکتار آب مصرف می‌شود. ضرورت بهینه‌سازی مصرف نهاده آب در مزارع نیشکر با کمک گرفتن از علم مکانیزاسیون کشاورزی و آنالیز سیستم‌های تولیدی از لحاظ بهره‌وری در تولید می‌تواند شایان توجه باشد. قطعاً به‌منظور افزایش بهره‌وری و کاهش مصرف آب در مزارع، اقدامات اجرایی و مدیریتی باید در دستور کار مدیران کشت و صنعت‌ها قرار گیرد و با یک مدیریت تلفیقی و علمی تلاش شود تا بحران کمبود آب تا حد امکان کنترل شود.

بر اساس مطالعاتی که تاکنون انجام شده، مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر شاخص بهره‌وری آب در سطح مزرعه عبارتند

* نویسنده مسئول: n.monjezi@scu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

از: مدیریت آبیاری (Heydari, 2014; Zhang, 2003)، تغییرات زمانی و مکانی بارندگی (Zhang & Oweis, 1999)، بروز و طغیان آفات و بیماری‌ها، مدیریت مصرف کود از نظر مقدار، زمان و منبع کود (Tavakkoli & Oweis, Zwart & Bastiaanssen, 2004; 2004)، مدیریت کاشت شامل آماده‌سازی زمین، نوع شخم و ادوات آن و آرایش کاشت (Tavakoli *et al.*, 2012) و مدیریت زراعی نظیر نوع رقم، تراکم، و کیفیت بذر، زمان کاشت، خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه و پتانسیل تولید (Tavakoli *et al.*, 2012). Heidari (2011) در تحقیقی با هدف تعیین بهره‌وری مصرف آب محصولات کشاورزی عمده و در شرایط مدیریت کشاورزان و همچنین شناخت عوامل و مسائل تأثیرگذار بر مقدار آن، در مناطق کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان پرداخت. براساس نتایج حاصله، متوسط مقدار شاخص بهره‌وری مصرف آب محصولات زراعی گندم (دانه)، چغندرقند (غده)، سیب‌زمینی، ذرت علوفه‌ای، پنبه (وش)، یونجه (خشک شده در هوا)، جو (دانه)، نخود آبی و نیشکر (نی) به‌ترتیب ۰/۷۳، ۴/۵۶، ۲/۱۸، ۵/۵۸، ۰/۷۱، ۱/۴۶، ۰/۵۶، ۰/۱۸ و ۲/۹۴ کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب مصرفی اندازه‌گیری گردید. با استفاده از آمار سطح زیرکشت محصولات زراعی انتخابی در مناطق مختلف و ارقام متوسط بهره‌وری مصرف آب، متوسط وزنی شاخص بهره‌وری مصرف آب کشور ۱/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب محاسبه گردید. در تحقیقی دیگر، Safi *et al.* (2016)، بهره‌وری فیزیکی آب در محصول نیشکر در کشت و صنعت امیرکبیر را در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱، ۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آوردند. همچنین Ali & Talukder (2008)، عوامل مؤثر بر بهره‌وری آب در بخش کشاورزی را بررسی کردند. بر اساس مطالعه مذکور، عوامل تأثیرگذار بر بهره‌وری آب در بخش کشاورزی به صورت نوع محصول، مصرف آب، تکنولوژی آبیاری، رقم گیاه، فاکتورهای اقتصادی و فاکتورهای خاک معرفی شده‌اند.

Leal *et al.* (2017) شاخص بهره‌وری آب برای واریته‌های تجاری مختلف نیشکر در کشور برزیل را بررسی کردند. نتایج نشان داد، مقدار بهره‌وری آب برای واریته‌های مورد نظر از ۱/۶۸ تا ۲/۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بوده است. Singh *et al.* (2018) در تحقیقی به مقایسه شاخص بهره‌وری آب برای محصولات نیشکر و چغندرقند در کشور پاکستان پرداختند. مقدار این شاخص برای نیشکر و چغندرقند به ترتیب ۸/۱۷ و ۱۳/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. Peloia *et al.* (2019)، در تحقیقی به پیش‌بینی عملکرد محصول نیشکر با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم پرداختند. نتایج نشان داد که درخت تصمیم می‌تواند در زمینه‌ی تولید محصول نیشکر به‌عنوان یک سیستم پشتیبانی از تصمیم عمل کند و تجزیه و تحلیل پایگاه داده با استفاده از الگوریتم‌های درخت تصمیم می‌تواند الگوهای قابل درک مربوط به عملکرد محصول را توصیف کند. Arumugam (2017)، پیش‌بینی عملکرد محصول برنج را با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم انجام داد. دقت مدل درخت تصمیم ۹۲ درصد به‌دست آمد که از دقت بالایی برخوردار می‌باشد. نتایج این تحقیق به شناسایی متغیرهای تأثیرگذار در دستیابی به عملکرد بالا در محصول برنج کمک می‌کند. قوانین استخراج شده توسط این تحقیق، برای تصمیم‌گیری‌های پیشگیرانه و دانش محور، قبل از عملیات برداشت مفید خواهد بود. همچنین، در زمینه‌ی کابرد الگوریتم‌های داده‌کاوی (درخت تصمیم) در پیش‌بینی عملکرد محصولات کشاورزی به‌ویژه محصول نیشکر تاکنون تحقیقات مختلفی انجام شده است (Everingham *et al.*, 2016Farhate *et al.*, 2018; Sujata Terdal, 2019; Mittrapiyanuruk & Charoen-Ung, 2018; Everingham *et al.*, 2016).

در آخر با توجه به این نکته که دستورالعمل تولید نیشکر در استان خوزستان نسب به سایر نقاط دنیا، متفاوت است و کشت نیشکر در کشور ما به صورت آبی می‌باشد در حالی که در سایر نقاط دنیا این محصول به صورت دیم تولید می‌گردد. لذا اکتفا به مطالعات خارجی در زمینه‌ی بهره‌وری جزئی نهاده آب در تولید نیشکر چندان دقیق نخواهد بود و این مقوله نیازمند تحقیق و بررسی متناسب با شرایط تولید محصول نیشکر در استان خوزستان است. در این راستا، شناسایی عواملی که بر بهره‌وری نهاده آب تاثیرگذار می‌باشند، می‌تواند رهنمون موثری در ارائه راهکارهایی جهت افزایش بهره‌وری نهاده آب و به دنبال آن افزایش بهره‌وری کل مزارع در جهت استفاده بهینه از نهاده‌ها ارائه دهد. بر این اساس، هدف از این پژوهش عارضه‌یابی، شناسایی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر بهره‌وری آب در تولید نیشکر و ارتقای آن با اعمال روش‌ها و سیاست‌های حکیمانه و کارآمد می‌باشد زیرا استمرار افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی، نسخه اجرایی حل بحران آب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

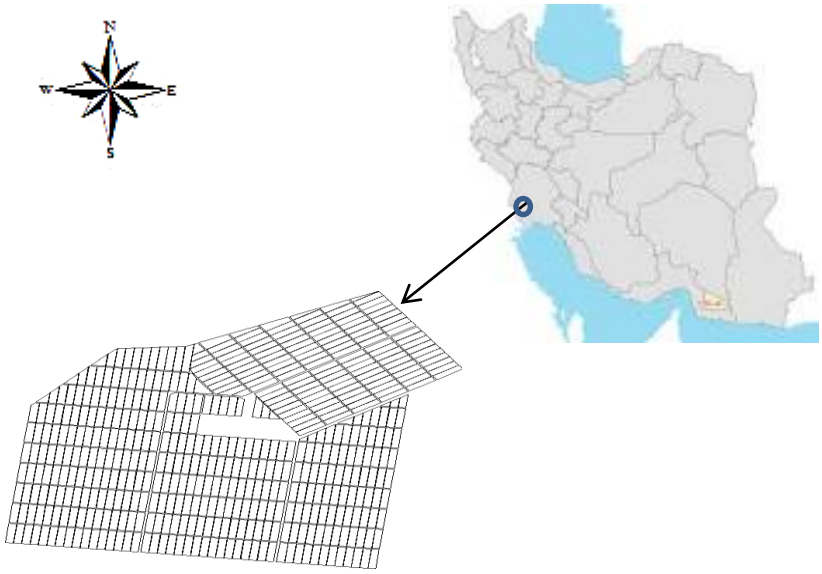
منطقه مورد مطالعه

این پژوهش با استفاده از داده‌های سال‌های زراعی ۹۱-۱۳۹۰ الی ۹۷-۱۳۹۶ در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر در استان خوزستان انجام شد. کشت و صنعت امیرکبیر در کیلومتر ۴۵ جاده اهواز-خرمشهر، در طول جغرافیایی '۱۲ ^{0}۴۸ و عرض جغرافیایی '۱۵ ^{0}۳۱ تا '۴۰ ^{0}۳۱ واقع شده است. مساحت کل کشت و صنعت

www.SID.ir

Archive of SID

۱۲۱۶۹/۷ هکتار که شامل ۱۰۹۰۰ هکتار کشت و مابقی کانال، جاده، ساختمان و کارخانه می‌باشد. این کشت و صنعت دارای ۴۸۰ مزرعه ۲۵/۵ هکتار می‌باشد (شکل ۱). مزارع شرکت دارای طول ۱۰۰۰ متر و عرض ۲۵۰ متر می‌باشند. فاصله وسط دو جویچه متوالی ۱/۸۳ متر می‌باشد. شیب عمومی جویچه‌ها ۰/۰۰۰۴ می‌باشد که با این شیب، جویچه‌ها را می‌توان کرت‌های باریک و طویل تصور نمود. مزرعه دارای شبکه زه‌کشی زیرزمینی می‌باشد. در تمامی مزارع کشت وصنعت امیرکبیراز لوله‌های هیدروفلوم جهت آبیاری مزارع استفاده می‌شود (شکل ۲).



شکل ۱- موقعیت مزارع کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر در استان خوزستان

شکل ۲- استفاده از لوله‌های هیدروفلوم جهت آبیاری مزارع

شاخص‌های بهره‌وری آب

شاخص‌های فیزیکی و اقتصادی بهره‌وری مصرف آب کشاورزی در این پژوهش، شامل عملکرد به ازای واحد حجم آب (CPD)، درآمد به ازای واحد حجم آب (BPD) و بازده خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD) می‌باشند که در ذیل تشریح می‌شوند:

الف: شاخص بهره‌وری فیزیکی آب (CPD)، در واقع نسبت مقدار محصول تولید شده نسبت به حجم آب مصرف شده است. بنابراین هرچه این نسبت بیشتر باشد، نشان‌دهنده‌ی مصرف صحیح‌تر آب می‌باشد (Aghabeigi *et al.*, 2019).

$$CPD = \frac{TP}{TWC} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

CPD: بهره‌وری بر اساس عملکرد محصول به ازای واحد آب مصرفی

1. Crop per drop
2. Benefit per drop
3. Net benefit per drop

www.SID.ir

Archive of SID

TP[1]: مقدار محصول تولید شده یا میزان عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)

TWC[2]: حجم آب مصرف شده در هکتار (مترمکعب)

ب- شاخص بهره‌وری اقتصادی آب (BPD)، این شاخص بر اساس نسبت میزان سود ناخالص به ازای واحد حجم آب می‌باشد. سیاست آب در این شاخص باید به گونه‌ای باشد که مقدار سود ناخالص بدست آمده از واحد حجم آب مصرف شده بیشتر باشد. یکی از نقاط ضعف این روش این است که مقدار هزینه صرف شده جهت تولید محصول در نظر گرفته نمی‌شود و یا به عبارت دیگر سود خالص در این شاخص در نظر گرفته نمی‌شود (Seydan *et al.*, 2015; Zamani *et al.*, 2018).

$$BPD = \frac{TR}{TWC} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

TR[3]: میزان ارزش کل فروش محصول در هکتار (ریال)

ج- شاخص سود خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD)، بهترین شاخص برای بررسی بهره‌وری آب کشاورزی، سود خالص به ازای هر واحد حجم آبیاری، سود خالص در قطره می‌باشد (Amini *et al.*, 2017). در این روش، بر خلاف روش قبل، سود خالص در نظر گرفته می‌شود، بنابراین اگر هدف از بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی از منظر اقتصادی باشد، می‌توان گفت که این روش برای سنجش بهره‌وری آب کشاورزی مناسب است. بر اساس رابطه فوق، هر محصولی که بتواند با مصرف کمتر آب سود بیشتری فراهم کند، برای کشت و کار بهتر است.

$$NBPD = \frac{NB}{TWC} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

NB[4]: میزان سود خالص در هکتار (ریال)

ارزیابی بهره‌وری مصرف آب

جهت ارزیابی بهره‌وری مصرف آب در سطح کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر نیاز به اطلاعات جامع و کاملی از کمیت و کیفیت آب آبیاری، شرایط گیاه و خاک، عوامل اقلیمی و عوامل انسانی می‌باشد. اما به دلیل در دسترس نبودن و در اختیار نبودن تمامی این اطلاعات، در حد امکان سعی گردید تا از متغیرهای مهم و تأثیرگذارتر استفاده گردد.

شناسایی منابع کاهش بهره‌وری نهاده آب طی فرآیند تولید نیشکر

برای یافتن منابع ایجاد اتلاف نهاده آب طی فرآیند تولید محصول نیشکر از طریق مصاحبه، نظرخواهی و بررسی میدانی از کارشناسان و متخصصان واحدهای تولیدی در کشت و صنعت درباره‌ی عوامل موثر بر بهره‌وری آب در طی کل فرآیند تولید اقدام شد و در نهایت نتایج جمع‌بندی گردید.

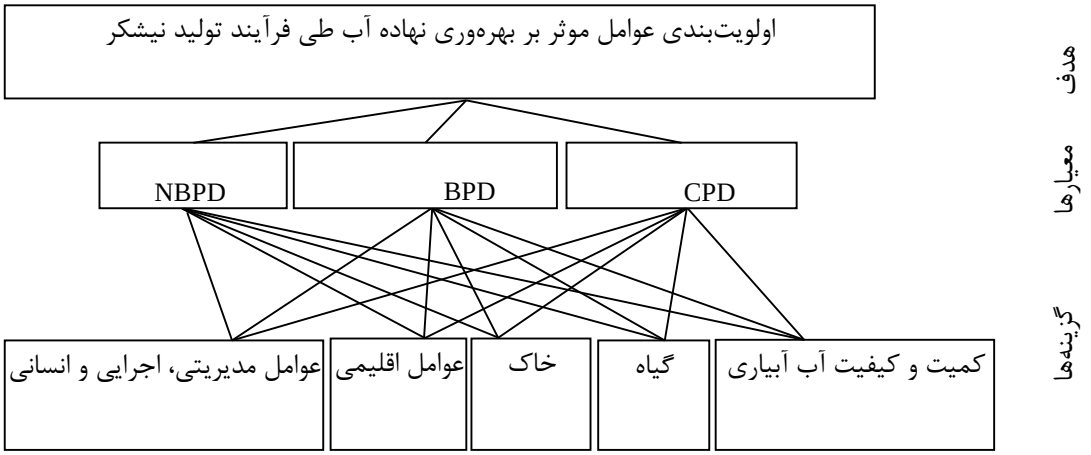
اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر بهره‌وری نهاده آب طی فرآیند تولید نیشکر

به‌منظور اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر بهره‌وری نهاده آب، پس از شناسایی و تعیین عوامل (گزینه‌ها) و گردآوری داده‌ها، به مقایسه زوجی معیارهای مختلف با یکدیگر و مقایسه زوجی گزینه‌ها بر اساس معیارها پرداخته شد. انتخاب افراد پرسش‌شونده (گروه تصمیم‌گیرنده) به‌صورت تعمدی، طبقه‌ای و سهمیه‌ای صورت گرفت. در این مطالعه تعداد ۱۷ کارشناس خبره به‌عنوان نمونه مورد پرسش قرار گرفتند. پرسش‌نامه‌ها با روش نیمه مصاحبه‌ای در اختیار گروه تصمیم‌گیرنده قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد تا نسبت به مقایسه زوجی عوامل و تعیین میزان اهمیت آن‌ها نسبت به یکدیگر اقدام نمایند. متغیرهای تحقیق شامل کمیت و کیفیت آب آبیاری، گیاه، خاک، عوامل اقلیمی و عوامل مدیریتی و اجرایی به‌عنوان متغیرهای مستقل و میزان بهره‌وری نهاده آب در فرآیند تولید محصول به‌عنوان متغیر وابسته تحقیق می‌باشد. با توجه به این که هدف تحقیق، اولویت‌بندی عوامل موثر بر بهره‌وری نهاده آب طی فرآیند تولید نیشکر است، عوامل شناسایی شده با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی[5](AHP) که یک روش تصمیم‌گیری گروهی در محیط‌های پیچیده می‌باشد، مورد ارزیابی و پردازش قرار گرفت. در این تحقیق، سطوح ساختار درخت سلسله مراتبی تصمیم مطابق شکل ۳ ترسیم شد. معیارهای اصلی در نظر گرفته شده در این تحقیق عبارتند از: CPD، BPD و NBPD. تحقیقات مشابه انجام شده در این زمینه نیز اهمیت این معیارها را تأیید می‌کنند (Karimi Rousta, 2010 & Jolaini, 2017;). همچنین عوامل مؤثر بر بهره‌وری نهاده آب طی فرآیند تولید نیشکر شامل: کمیت و کیفیت آب آبیاری (مقدار و حجم آب مصرفی، تعداد دفعات آبیاری، فواصل بین نوبت‌های آبیاری، مدت زمان آبیاری در یک نوبت، EC آب رودخانه، pH آب، تاریخ کشت یا اولین آبیاری، قطع آب یا آخرین آبیاری، حجم خروجی زهکش، میزان EC خروجی زهکش)، خاک (بافت خاک، تسطیح، تهیه زمین مناسب، شیب، EC خاک)، گیاه (واریته، سن)، عوامل اقلیمی (بارندگی، دما، رطوبت، باد، تبخیر) و عوامل مدیریتی و اجرایی (مدیریت تولید، نیروی انسانی مورد نیاز برای آبیاری) است. در این پژوهش، به‌منظور اولویت‌بندی عوامل موثر بر بهره‌وری نهاده آب طی فرآیند تولید نیشکر، عملیات ریاضی در محیط نرم‌افزاری Expert Choice دنبال شد.

1. Total product
2. Total water consumed
3. Total rate
4. Net benefit
5. Analytical Hierarchy process

www.SID.ir

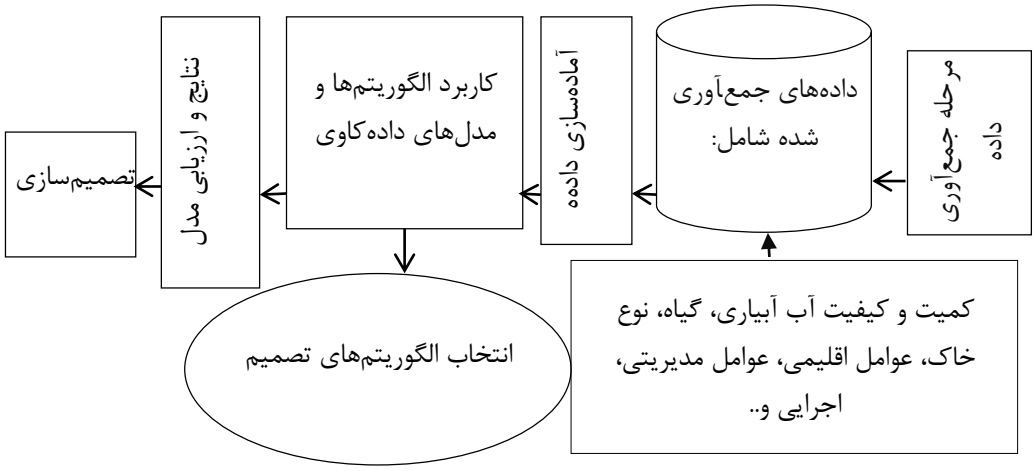
Archive of SID



شکل ۳- ساختار سلسله مراتبی (درختی) تعیین اولویت عوامل مؤثر بر بهره‌وری نهاده آب طی فرآیند تولید نیشکر

الگوریتم‌های تصمیم

الگوریتم تصمیم، یکی از روش‌های داده‌کاوی و از ابزارهای قوی و متداول برای دسته‌بندی و پیش‌بینی می‌باشد که به تولید قانون می‌پردازد. علاوه بر آن در الگوریتم تصمیم‌گیری، می‌توان از داده‌های غیرعددی نیز استفاده نمود. در این پژوهش، از الگوریتم‌های تصمیم رگرسیونی CART[1] وCHAID[2] جهت پیش‌بینی بهره‌وری نهاده آب در تولید نیشکر استفاده شد. مراحل تحقیق در شکل ۴ نمایش داده شده است. در این تحقیق از نرم افزار IBM SPSS Modeler 14.2 برای مدل‌سازی و اعتبارسنجی نتایج بهره گرفته شد.



شکل ۴- مراحل اجرای تحقیق در مدل‌سازی بهره‌وری نهاده آب و بررسی عوامل مؤثر بر آن در فرآیند تولید نیشکر

نتایج و بحث

داده‌کاوی

توصیف داده‌ها

داده‌های استفاده شده در این تحقیق شامل ۴۰ متغیر می‌باشند که از ۱۳۳۲ مزرعه نیشکر در طی سال‌های زراعی ۱۳۹۰-۱۳۹۱ الی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ به دست آمده‌اند. متغیرهای مورد استفاده به دو دسته متغیرهای پیش‌گویی کننده و متغیر هدف تقسیم شدند. متغیر سود خالص به ازای واحد حجم آب مصرفی به عنوان متغیر هدف (متغیر وابسته) و سایر متغیرها به عنوان متغیر پیش‌گویی کننده (متغیر مستقل) در نظر گرفته شدند. در هر دو مدل CART و CHAID داده‌های ورودی شامل: سال (به عنوان اثر شاخص‌های سالانه هواشناسی)، شیب عرضی، شیب طولی، مساحت مزرعه، رقم گیاه، سن گیاه (کشت اول یا راتون)، مدیریت مزرعه (مدیریت تولید)، اداره تولید، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، بافت خاک، هدایت الکتریکی خاک زمان کاشت، تعداد

1. Classification and Regression Trees
2. Chi-squared Automatic Interaction Detection

www.SID.ir

Archive of SID

دورهای آبیاری، مقدار مصرف آب در هر هکتار در هر دور آبیاری، کل حجم آب مصرفی، عملکرد نیشکر، حجم آب خروجی زهکش، هدایت الکتریکی خاک بعد از برداشت، نیروی انسانی مورد نیاز جهت آبیاری، فاصله نوبت‌های آبیاری، متوسط زمان آبیاری در هر دور آبیاری، هدایت الکتریکی آب رودخانه، هدایت الکتریکی آب زهکش، pH آب رودخانه، pH آب خروجی زهکش، مقدار شکر تولیدی، ارزش فروش محصول (درآمد ناخالص)، هزینه‌های تولید، فاصله اولین آبیاری تا قطع آب، تاریخ اولین آبیاری، تاریخ قطع آب، عرض خط کشت قبل از دیسکاور، عرض فارو قبل از دیسکاور، عرض خط کشت بعد از دیسکاور، عرض فارو بعد از دیسکاور، عمق کشت، عمق فارو قبل از دیسکاور می‌باشد. این متغیرها از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین عوامل مؤثر بر بهره‌وری آب در تولید نیشکر می‌باشند که توسط سایر محققین نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

Akbari *et al.* (2016) در تحقیقی به ارزیابی میزان مصرف آب در مزارع نیشکر پرداختند. در این تحقیق، زمان و میزان مناسب آب آبیاری به منظور کاهش مصرف آب و افزایش محصول نیشکر در شرایط مختلف کمی و کیفی آب در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر، تعیین گردید. بدین‌منظور با در نظر گرفتن کمیت و کیفیت آب آبیاری و بهره‌گیری از تلفیق اطلاعات مزرعه‌ای و مدل‌های شبیه‌سازی، برنامه آبیاری (زمان و عمق)، برای محصول نیشکر تعیین شد و عملکرد محصول، بهره‌وری مصرف آب در شرایط موجود بهره‌برداری و پیشنهادی مقایسه گردید. نتایج نشان داد که با اصلاح برنامه آبیاری، میزان آب آبیاری ۲۲ درصد کاهش یافت ولی عملکرد محصول نیشکر به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش نیافت. از طرف دیگر با اصلاح مدیریت آبیاری و کاهش ۲۰ میلی‌متر از عمق آب آبیاری، عملکرد محصول حدود ۵ درصد افزایش یافت ضمن این‌که حدود ۳۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی شد. شاخص سودمندی اقتصادی آب با افزایش میزان آب کاربردی تا عمق بهینه افزایش یافت، لیکن افزایش عمق آب آبیاری بیش از عمق بهینه تأثیر معنی‌داری بر بهره‌وری اقتصادی آب نداشت. این نتایج حاکی از آن است که با برنامه‌ریزی صحیح آبیاری و بهبود مدیریت زراعی می‌توان بهره‌وری مصرف آب را حداقل به میزان ۳۰ درصد افزایش داد.

همچنین، Abbasi & Sheini Dashtegol (2017) به منظور ارزیابی و بهبود مدیریت آبیاری در اراضی تحت کشت نیشکر در خوزستان، متغیرهای بافت خاک، چگالی ظاهری، زمان‌های پیشروی و پسروی، دبی ورودی، رطوبت خاک (قبل و بعد از آبیاری) و مدت زمان آبیاری را بررسی کردند. نتایج نشان داد که دور آبیاری در مزارع مورد مطالعه کوتاه، مدت زمان آبیاری طولانی و مصرف آب در اغلب مزارع یاد شده بیشتر از مقدار آب مورد نیاز است.

در ادامه داده‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر، در قالب یک فایل Excel با ۴۰ ستون، شامل ۳۹ متغیر مستقل (ورودی) و یک متغیر وابسته (هدف) به نرم‌افزار IBM Spss modeler 14.2 وارد شدند. اطلاعات و توصیف داده‌های ورودی در دو مدل CART و CHAID در جدول‌های ۱ تا ۶ آمده است. این جدول شامل نوع متغیر، توصیف آن، مقدارهای حداکثر و حداقل متغیر، میانگین متغیر، انحراف میانگین و تعدادهای رکورد معتبر موجود در پایگاه داده برای هر متغیر می‌باشد. بر اساس این نتایج، متوسط شاخص‌های CPD، BPD و NBPD برای تولید محصول نیشکر به‌ترتیب برابر ۲/۳۷ کیلوگرم بر مترمکعب، ۱۰۸۲/۷۱ تومان بر مترمکعب و ۵۲۸/۰۳ تومان بر مترمکعب به دست آمد. در تحقیقی دیگر، Naseri *et al.* (2011) شاخص بهره‌وری آب آبیاری را برای گیاه نیشکر در سنین مختلف رشد گیاه در مزارع کشت و صنعت فارابی محاسبه نمودند. متوسط شاخص بهره‌وری آب آبیاری ۲/۶۴ تا ۳/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. همچنین، Jafari *et al.* (2018)، بهره‌وری مصرف آب در تولید شکر و نیشکر در کشت و صنعت کارون را ارزیابی نمودند. برای انجام این تحقیق، مقادیر آب مصرفی در چهار مزرعه که در سنین کشت اول، بازرویی یا راتون اول و راتون دوم بودند، اندازه‌گیری شد. بهره‌وری مصرف آب جهت تولید نیشکر از ۲/۶۳ تا ۴/۸۱ کیلوگرم نیشکر بر مترمکعب متغییر بود. همچنین بهره‌وری مصرف آب برای تولید شکر نیز بین ۰/۳ تا ۰/۴۹ کیلوگرم شکر بر مترمکعب متغیر بود. به‌طورکلی بیشترین بهره‌وری مصرف آب مربوط به مزارع پلنت بوده و مزارع راتون بهره‌وری مصرف آب کمتری داشتند.

جدول ۱- توصیف متغیرهای ورودی

نام متغیر	تعریف متغیر
سن گیاه	کشت اول (۰)، راتون (۱)، راتون (۲)، راتون (۳)، راتون چهارم (۴)، راتون پنجم (۵)
رقم گیاه	CP ۱۰۳-۴۸، CP ۶۱۴-۵۷، CP ۱۰۶۲-۶۹، CP -۰۲، IRC ۹۹، SP ۱۱۴۳-۷۰
مدیریت تولید	تولید اول (۶۰۰۰ هکتار)، تولید دوم (۶۰۰۰ هکتار)
اداره تولید	اول (۳۰۰۰ هکتار)، دوم (۳۰۰۰ هکتار)، سوم (۳۰۰۰ هکتار)، چهارم (۳۰۰۰ هکتار)
ماه اولین آبیاری	تیر، مرداد، شهریور، مهر، آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت
ماه قطع آب	تیر، مرداد، شهریور، مهر، آبان
بافت خاک	شنی لوم، شنی رسی لوم، سیلتی لوم، سیلتی رسی، سیلتی کلی لوم، لوم، کلی لوم

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- اطلاعات توصیفی متغیر ورودی کمیت و کیفیت آب

عوامل	نام متغیر	واحد	نوع متغیر	نقش متغیر	توصیف متغیر				
					کمترین مقدار	بیشترین مقدار	میانگین	انحراف معیار	رکوردهای در دسترس
کمیت و کیفیت آب	تعداد دورهای آبیاری	-	کمی	ورودی	۱۲	۳۴	۲۱/۲۶	۳/۹۳	۱۳۳۲
	مقدار مصرف آب در هر دور آبیاری	$m^3\ ha^{-1}$	کمی	ورودی	۱۰۰۴/۷۸	۱۹۰۰	۱۳۹۴/۰۴	۱۳۲/۳۰	۱۳۳۲
	کل حجم آب مصرفی	$m^3\ ha^{-1}$	کمی	ورودی	۱۴۱۸۷/۶۰	۴۷۳۸۶	۲۹۵۶۲/۹۵	۵۶۹۹/۹۷	۱۳۳۲
	حجم آب زهکش	$m^3\ ha^{-1}$	کمی	ورودی	۳۵۰/۴۶	۳۰۲۹۴/۰۰	۱۷۹۲۷/۹۷	۵۷۲۵/۳۸	۱۳۳۲
	فاصله نوبت‌های آبیاری	-	کمی	ورودی	۶/۵۰	۱۴/۱۰	۱۰/۴۷	۰/۹۳	۱۳۳۲
	متوسط زمان آبیاری در هر دور	روز	کمی	ورودی	۴/۸۷	۱۱/۹۸	۸/۲۱	۱/۳۹	۱۳۳۲
	هدایت الکتریکی آب رودخانه	$Mmhos\ cm^{-1}$	کمی	ورودی	۲	۶/۲۰	۳/۱۹	۰/۸۵	۱۳۳۲
	هدایت الکتریکی آب زهکش	$Mmhos\ cm^{-1}$	کمی	ورودی	۵/۵۷	۱۰/۸۷	۷/۷۹	۱/۰۲	۱۳۳۲
	pH آب رودخانه	-	کمی	ورودی	۷/۶۳	۸/۹۹	۸/۲۰	۰/۴۰	۱۳۳۲
	pH آب خروجی زهکش	-	کمی	ورودی	۷/۰۳	۸/۶۴	۷/۶۷	۰/۳۰	۱۳۳۲
	فاصله اولین آبیاری تا قطع آب	روز	کمی	ورودی	۱۴۰	۴۵۱	۲۸۷/۰۲	۹۴/۲۳	۱۳۳۲
	ماه اولین آبیاری	-	کیفی	ورودی	۱	۱۲	-	-	۱۳۳۲
	ماه قطع آب	-	کیفی	ورودی	۴	۸	-	-	۱۳۳۲

جدول ۳- اطلاعات توصیفی متغیر گیاه

عوامل	نام متغیر	واحد	نوع متغیر	نقش متغیر	توصیف متغیر				
					کمترین مقدار	بیشترین مقدار	میانگین	انحراف معیار	رکوردهای در دسترس
گیاه	رقم گیاه	-	کیفی	ورودی	-	-	-	-	۱۳۳۲
	سن گیاه	سال	کمی	ورودی	۰	۵	۱/۳۰	-	۱۳۳۲

جدول ۴- اطلاعات توصیفی متغیر ورودی خاک

عوامل	نام متغیر	واحد	نوع متغیر	نقش متغیر	توصیف متغیر				
					کمترین مقدار	بیشترین مقدار	میانگین	انحراف معیار	رکوردهای در دسترس
خاک	بافت خاک	-	کیفی	ورودی	-	-	-	-	۱۳۳۲
	شیب طولی	-	کمی	ورودی	-۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۴۳	۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰۸	۱۳۳۲
	شیب عرضی	-	کمی	ورودی	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۶۳	۰/۰۰۰۳۶	-۰/۰۰۰۱	۱۳۳۲
	هدایت الکتریکی خاک زمان کشت	mmhos/cm	کمی	ورودی	۲/۱۰	۹/۵۰	۴/۴۸	۱/۵۱	۱۳۳۲
	هدایت الکتریکی خاک بعد از برداشت	mmhos/cm	کمی	ورودی	۲	۱۰/۵۰	۴/۴۵	۱/۵۳	۱۳۳۲
	عرض خط کشت قبل از دیسکاور	سانتی‌متر	کمی	ورودی	۱۶۱	۲۰۲/۱۴	۱۸۵/۰۲	۳/۲۹	۱۳۳۲
	عرض فارو قبل از دیسکاور	سانتی‌متر	کمی	ورودی	۷۴/۵۰	۱۵۰/۲۰	۹۳/۰۲	۶/۹۷	۱۳۳۲
	عرض خط کشت بعد از دیسکاور	سانتی‌متر	کمی	ورودی	۱۷۶/۳۳	۱۹۲/۲۰	۱۸۳/۹۲	۱/۷۷	۱۳۳۲
	عرض فارو بعد از دیسکاور	سانتی‌متر	کمی	ورودی	۱۰۳/۲۸	۱۳۱/۳۳	۱۱۳/۴۸	۴/۷۶	۱۳۳۲
	عمق فارو قبل از دیسکاور	سانتی‌متر	کمی	ورودی	۱۱/۵۰	۲۵/۳۰	۱۸/۱۴	۱/۷۷	۱۳۳۲
	عمق کاشت	سانتی‌متر	کمی	ورودی	۲/۸۰	۱۱	۵/۴۵	۱/۱۴	۱۳۳۲

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- اطلاعات توصیفی متغیر ورودی عوامل مدیریتی و اجرایی

عوامل	نام متغیر	واحد	نوع متغیر	نقش متغیر	توصیف متغیر				
					کمترین مقدار	بیشترین مقدار	میانگین	انحراف معیار	رکوردهای در دسترس
عوامل مدیریتی و اجرایی	مدیریت تولید	-	کیفی	ورودی	-	-	-	-	۱۳۳۲
	اداره تولید	-	کیفی	ورودی	-	-	-	-	۱۳۳۲
	نیروی انسانی مورد نیاز برای آبیاری	نفر	کمی	ورودی	۰/۵۰	۱	۰/۵۹	۰/۲۰	۱۳۳۲

جدول ۶- اطلاعات توصیفی سایر متغیرها

عوامل	نام متغیر	واحد	نوع متغیر	نقش متغیر	توصیف متغیر				
					کمترین مقدار	بیشترین مقدار	میانگین	انحراف معیار	رکوردهای در دسترس
سال	به عنوان اثر شاخص‌های سالانه هواشناسی	-	کیفی	ورودی	۹۰	۹۶	-	-	۱۳۳۲
طول جغرافیایی	-	-	کمی	ورودی	۲۳۳۴۱۹/۴۶	۲۴۷۳۱۳/۶۹	-	-	۱۳۳۲
عرض جغرافیایی	-	-	کمی	ورودی	۳۴۲۹۱۱۰/۵۶	۳۴۴۲۶۶۳/۳۱	-	-	۱۳۳۲
مساحت مزرعه	-	ha	کمی	ورودی	۵/۶۰	۳۴/۸۰	۲۴/۹۹	۲/۵۴	۱۳۳۲
عملکرد نیشکر	-	$ton\ ha^{-1}$	کمی	ورودی	۲۴/۹۴	۱۴۶/۵۵	۷۳/۸۵	۲۱/۰۶	۱۳۳۲
مقدار شکر تولیدی	-	$Kg\ ha^{-1}$	کمی	-	۱۸۵۸/۵۹	۱۴۵۵۱/۸۷	۶۷۷۴/۷۰	۲۱۴۹/۱۳	۱۳۳۲
ارزش فروش محصول	-	تومان	کمی	-	۸۴۸۰۷۴۶/۱۷	۳۰۹۱۲۹۹۵/۲۷۶۶۴۰۰۲۱۹/۳۱		۹۸۰۶۴۹۹/۸۶	۱۳۳۲
هزینه‌های تولید	-	تومان		-	۹۳۴۸۰۰۰	۲۲۶۱۲۰۰۰	۱۵۸۵۳۹۸/۵۳	۲۶۱۱۷۵۳/۴۳	۱۳۳۲
CPD	-	$Kg\ m^{-3}$	کمی	-	۰/۶۵	۵/۵۶	۲/۳۷	۰/۸۵	۱۳۳۲
BPD	-	تومان m^{-3}	کمی	-	۲۸۹/۴۳	۲۵۵۱/۴۷	۱۰۸۲/۷۱	۳۹۸/۱۸	۱۳۳۲
NBPD	-	تومان m^{-3}	کمی	هدف	-۲۹۴/۴۸	۱۸۵۷/۲۰	۵۲۸/۰۳	۳۱۲/۹۹	۱۳۳۲

مدل‌سازی

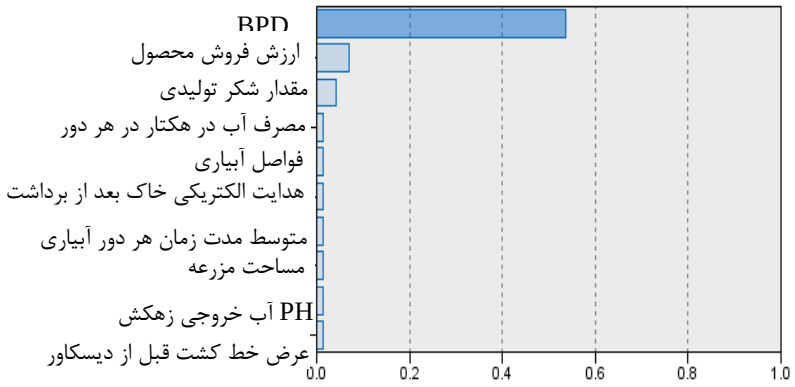
در این بخش داده‌ها را مدل‌سازی کرده و تحلیل‌های لازم در خصوص اعتبارسنجی مدل ارائه شد. پایگاه داده نهایی برای پیش‌بینی بهره‌وری نهاده آب در مزارع نیشکر کشت و صنعت امیرکبیر به منظور ورود به نرم‌افزار، دارای ۵۰۶۱۶ رکورد و ۴۰ فیلد از متغیرهای ورودی و خروجی بود. برای فراخوانی مدل‌سازی، فیلد متغیر سود خالص به ازای واحد حجم آب به عنوان خروجی و بقیه متغیرها (فیلدها) به عنوان متغیر ورودی به نرم‌افزار معرفی شد. مدل اصلی اعمال شده در این پژوهش به منظور مدل‌سازی عوامل اجرایی و مدیریتی موثر بر بهره‌وری آب در تولید نیشکر، الگوریتم‌های تصمیم CART و CHAID بود. در این الگوریتم‌ها ۶۹/۲۲ درصد از داده‌ها (۹۲۲ مزرعه) برای آموزش و ۳۰/۷۸ درصد از داده‌ها (۴۱۰ مزرعه) برای آزمایش و تست استفاده شدند.

اهمیت متغیرها

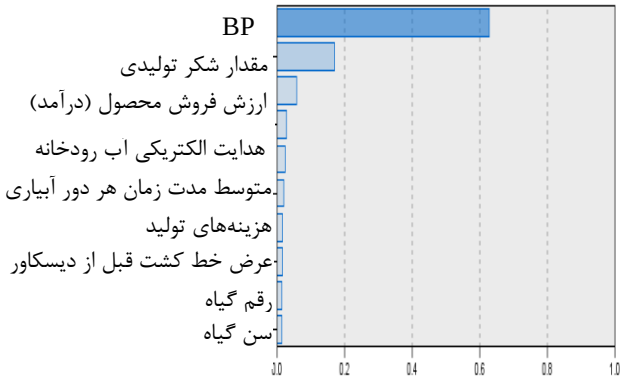
یکی دیگر از خروجی‌های الگوریتم‌های تصمیم، رتبه‌بندی اهمیت متغیرها است (Zakidizaji *et al.*, 2019). متغیرهای بهره‌وری اقتصادی آب، ارزش فروش محصول (درآمد)، مقدار شکر تولیدی، مصرف آب در هر دور آبیاری، فواصل آبیاری، هدایت الکتریکی خاک بعد از برداشت، متوسط زمان هر دور آبیاری، مساحت مزرعه، pH آب خروجی زهکش و عرض خط کشت قبل از دیسکاور مهم‌ترین و تأثیرگذارترین متغیرها در مدل تصمیم CART می‌باشند (شکل ۵). در مدل تصمیم CHAID، بهره‌وری اقتصادی آب، مقدار شکر تولیدی، ارزش فروش محصول (درآمد)، هدایت الکتریکی آب رودخانه، متوسط زمان هر دور آبیاری، هزینه‌های تولید، عرض خط کشت قبل از دیسکاور، رقم گیاه، سن گیاه و تعداد دورهای آبیاری از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند (شکل ۶). بنابراین در دو مدل CART و CHAID متغیر بهره‌وری اقتصادی آب مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار بر پیش‌بینی سود خالص به ازای واحد حجم آب مصرفی در محصول نیشکر است. همچنین، در مدل‌های CART و CHAID متغیرهای ارزش فروش محصول و مقدار شکر تولیدی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر سود خالص به ازای حجم آب مصرفی در محصول نیشکر می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- اهمیت متغیرها در الگوریتم CART



شکل ۶- اهمیت متغیرها در الگوریتم CHAID

دقت مدل‌سازی

با استفاده از رابطه همبستگی خطی بین نتایج پیش‌بینی شده توسط مدل و نتایج واقعی می‌توان به این نکته پی برد که مدل حاصل تا چه اندازه در پیش‌بینی سود خالص به ازای واحد حجم آب مصرفی در محصول نیشکر موفق بوده است. با توجه جدول ۷ دقت مدل CART در قسمت آموزش و تست به ترتیب برابر ۹۶ و ۹۲ درصد بوده است. همچنین دقت مدل CHAID در بخش آموزش و تست به ترتیب برابر ۹۷ و ۹۰ درصد می‌باشد. بنابراین به طور کلی دقت پیش‌بینی در این پژوهش بین ۹۰ تا ۹۷ درصد است.

جدول ۷- نتایج مدل‌های CART و CHAID

قسمت	مدل CHAID		مدل CART	
	آموزش	آزمایش	آموزش	آزمایش
خطای مینیمم	-۲۵۷/۴۴	-۴۶۲/۸۰	-۲۹۳/۵۷	-۲۴۶/۱۸
خطای ماکزیمم	۴۶۸/۱۸	۷۵۰۳/۰۶	۳۸۸/۷۸	۶۹۹۲/۸۴
میانگین خطا	۰/۰	۲۸/۰۷	۳/۲۶	۲۵/۷۷
میانگین مطلق خطا	۵۷/۸۳	۹۶/۸۷	۶۲/۹۳	۹۷/۳۸
انحراف معیار	۷۹/۹۰	۳۸۷/۲۵	۸۲/۰۷	۳۶۰/۵۶
همبستگی خطی	۰/۹۷	۰/۹۰	۰/۹۶	۰/۹۲
نسبت داده‌ها	۹۲۲	۴۱۰	۹۲۲	۴۱۰

مدل تحلیل سلسله مراتبی

مقایسه معیارها با توجه به هدف

معیارهایی که در این تحقیق استفاده شد، عبارتند از: شاخص بهره‌وری فیزیکی آب (CPD)، شاخص بهره‌وری اقتصادی آب (BPD) و شاخص سود خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD)، که توسط مدل AHP دو به دو با هم مقایسه و اولویت‌بندی شدند.

طبق شکل ۷ که نشان‌دهنده مقایسه زوجی معیارها با توجه به هدف پژوهش است، معیار سود خالص به ازای واحد حجم آب

www.SID.ir

Archive of SID

مصرفی با نسبت ۰/۵۶۰، بیشترین اولویت و معیار بهره‌وری فیزیکی با نسبت ۰/۱۳۳، از کمترین اولویت برخوردار بودند که نشان‌دهنده اهمیت شاخص سود خالص به ازای واحد حجم آب مصرفی و عدم توجه به معیار بهره‌وری فیزیکی آب، برای کارشناسان و مدیران تولید کشت و صنعت امیرکبیر دارد. نتایج به دست آمده با نتایج بررسی Zamani *et al.* (2015) مطابقت دارد. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که یکی از بهترین شاخص‌ها برای سنجش بهره‌وری آب کشاورزی، NBPD یا سود خالص بر آب مصرفی است. در این روش بر خلاف سایر شاخص‌ها (BPD و CPD) به‌جای در نظر گرفتن سود ناخالص (درآمد) در صورت کسر، میزان سود خالص در صورت قرار می‌گیرد. همچنین از معایب شاخص CPD می‌توان به افزایش خطای محاسبه همراه با افزایش تنوع محصولات و عدم کارآیی کافی جهت مقایسه محصولات در مناطق مختلف و از معایب شاخص BPD عدم توجه به هزینه تولید محصول اشاره کرد (Zamani *et al.*, 2015).

شکل ۷- مقایسه معیارها به‌صورت زوجی نسبت به هدف تحقیق

مقایسه زوجی گزینه‌ها

در شکل ۸ مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار CPD نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، متغیر کمیت و کیفیت آب آبیاری با ضریب ۰/۴۵۸ با اهمیت‌ترین گزینه می‌باشد. بعد از آن، متغیرهای شرایط گیاه، فاکتورهای آب و هوایی، عوامل انسانی، مدیریتی و اجرایی و شرایط خاک به ترتیب با نسبت‌های ۰/۲۹۳، ۰/۱۱۶، ۰/۰۹۲ و ۰/۰۴۱ بیشترین سهم را دارا می‌باشند. نرخ ناسازگاری مربوط به این مقایسه ۰/۰۸ است که نرخ قابل قبولی می‌باشد.

شکل ۸- مقایسه گزینه‌ها به صورت زوجی با توجه به معیار CPD

شکل ۹ نشان‌دهنده وزن گزینه‌ها با توجه به معیار BPD می‌باشد. طبق این شکل، متغیر کمیت و کیفیت آب آبیاری با نسبت ۰/۴۵۱ و شرایط خاک با نسبت ۰/۰۵۱ به ترتیب بیشترین و کمترین اولویت را دارا می‌باشند و نرخ ناسازگاری مربوط به این مقایسه ۰/۰۵ است که نرخ قابل قبولی می‌باشد.

شکل ۹- مقایسه گزینه‌ها به صورت زوجی با توجه به معیار BPD

شکل ۱۰ نشان‌دهنده وزن گزینه‌ها نسبت به معیار NBPD می‌باشد. بر اساس این نتایج، متغیر کمیت و کیفی آب آبیاری با ضریب ۰/۴۶۴ و عوامل اجرایی و مدیریتی با ضریب ۰/۰۵۲ به ترتیب بیشترین و کمترین اهمیت را در بهره‌وری مصرف آب در مزارع نیشکر را دارند. نرخ ناسازگاری این مقایسه نیز برابر ۰/۰۴ است که نرخ قابل قبولی می‌باشد.

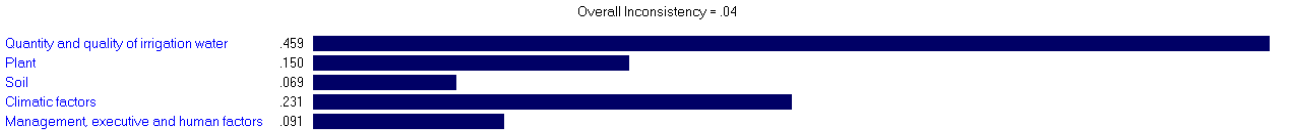
شکل ۱۰- مقایسه گزینه‌ها به صورت زوجی با توجه به معیار NBPD

www.SID.ir

Archive of SID

تلفیق

بر اساس نتایج حاصل از تلفیق گزینه‌ها و معیارها با توجه به هدف پژوهش (شکل ۱۱) می‌توان نتیجه گرفت که متغیر کمیت و کیفیت آب آبیاری با ضریب اهمیت ۰/۴۵۹ مهم‌ترین عامل در بهره‌وری مصرف آب در تولید نیشکر است. فاکتورهای آب و هوایی، شرایط گیاه، عوامل مدیریتی و اجرایی و در نهایت شرایط خاک به ترتیب با ضرایب ۰/۲۳۱، ۰/۱۵۰، ۰/۰۹۱ و ۰/۰۶۹ تأثیرگذارترین عوامل بر بهره‌وری مصرف آب در تولید نیشکر می‌باشند.



شکل ۱۱- وزن نهایی گزینه‌ها (تلفیق گزینه‌ها با توجه به هدف تحقیق)

راهکارهای عملی به‌منظور افزایش بهره‌وری نهاده آب در تولید نیشکر

بر اساس نتایج حاصل از تحلیل سلسله مراتبی، عامل کمیت و کیفیت آب آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب در مزارع نیشکر بیشترین تأثیر را دارد. بنابراین به منظور کنترل بهتر این عامل باید فاکتورهای زیر مجموعه آن را کنترل نمود. در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده، جهت بهبود بهره‌وری مصرف آب در شرکت کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر، راهکارهای ذیل پیشنهاد می‌شود:

در تولید محصول نیشکر، حداکثر حجم آب مصرفی در واحد سطح باید حدود ۱۱۰۰-۱۲۰۰ مترمکعب در هکتار باشد در حالی که بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده این عدد بین ۱۰۰۰ تا ۱۹۰۰ متغیر است و میانگین آن برابر با ۱۳۹۴ مترمکعب در هکتار در هر راند آبیاری است. لذا کاهش حجم آب آبیاری در هر نوبت، می‌تواند به کاهش سطح آب زیرزمینی و کاهش اشباع منطقه ریشه گیاه و جلوگیری از بار اضافی وارده بر سیستم زهکشی مزرعه کمک کند.

بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده میزان خروجی زهکش در مزارع مورد مطالعه بین ۳۵۰ تا ۳۰۲۹۴ مترمکعب در هکتار در یک فصل زراعی متغیر بوده است و میانگین میزان خروجی زهکش ۱۷۹۲۷ مترمکعب در هکتار بوده است. بنابراین بر اساس این نتایج، مزارعی که به واسطه مشکلات زهکشی، تخلیه ضعیف رطوبتی دارند و آب زهکش‌ها به کندی تخلیه و یا به‌طور کلی تخلیه نمی‌شود و رشد نی دچار نقصان می‌باشد، در اولویت تعمیرات سیستم زهکشی قرار گرفته و در تعمیرات سیستم‌های زهکشی نظارت کافی کارشناسی صورت گیرد.

آبیاری در زمان نیاز گیاه به آب با توجه به رطوبت خاک و غلاف برگ نیشکر انجام شود. کاهش حجم آب آبیاری در هر نوبت، به کاهش سطح آب زیرزمینی و اشباع منطقه ریشه گیاه می‌انجامد. در نظر گرفتن ویژگی‌های خاک به‌ویژه بافت و هدایت الکتریکی خاک، برای مدیریت آبیاری اراضی به تفکیک هر مزرعه.

استفاده مجدد از زهاب نیشکر برای آبیاری می‌تواند به مدیریت مصرف آب کمک کند. در مورد طرح‌ها و روش‌های نوین مدیریت زهاب، باید برنامه‌ریزی‌های مناسبی صورت گیرد و با دعوت از محققین و کارشناسان خبره در حوزه‌ی نیشکر، گام‌های علمی و اجرایی در زمینه‌ی استفاده از زهاب‌ها و تبدیل آن به فرصتی برای سرمایه‌گذاری، رونق اقتصادی و ایجاد اشتغال برداشته شود.

برنامه‌های آموزشی و ترویجی بیشتری در زمینه‌ی مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری در کشت و صنعت برگزار شود. با ایجاد فرهنگ مناسب برای استفاده بهینه از آب و سهیم کردن پرسنل آبیاری در میزان محصول تولیدی و یا ایجاد رقابت در تولید محصول بیشتر و کاهش آب مصرفی، انگیزه کافی برای دقت در کنترل آبیاری صورت پذیرد.

تهیه مناسب زمین به‌ویژه از لحاظ کنترل شیب و شکل‌دهی مناسب پشته‌ها و کاهش شیب مزارع و استفاده از دبی مناسب توصیه می‌شود.

باید کلیه پیمانکاران آبیاری را موظف نمود تا در هر مزرعه در حال آبیاری یک نفر به طور مداوم حضور داشته باشد تا هر گونه ایراد احتمالی در جریان آبیاری را رفع و یا گزارش نماید. همچنین کنترل لازم بر روی دریچه‌های هیدروفلوم و اتصالات لوله‌ها صورت گرفته تا حداقل نشتی ایجاد شود. با تخصیص بودجه کافی برای تأمین مواد و اقلام آبیاری به ویژه دریچه‌های آبیاری و لوله‌هایی از جنس مرغوب سبب کاهش نشتی و بهبود مصرف آب شد.

نتیجه‌گیری

استفاده بهینه و اقتصادی از آب از اهمیت خاصی برخوردار است. در شرایط حاضر، مهم‌ترین چالش بخش کشاورزی، افزایش بهره‌وری آب است. بهبود بهره‌وری از آب و تولید محصول بیشتر در ازای واحد آب مصرفی، از مهم‌ترین اهداف مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی می‌باشد. متأسفانه تاکنون در کشور ما، تعیین

www.SID.ir

Archive of SID

و تحلیل شاخص بهره‌وری آب در کشاورزی مورد توجه جدی قرار نگرفته است و این امر موجب عدم اطمینان از مصرف صحیح آب در بخش کشاورزی شده است. یکی از شیوه‌های اصلی برای مواجهه با چالش جدی کمبود منابع آب در کشور به خصوص در استان خوزستان و به تبع آن در شرکت‌های کشت و صنعت نیشکر، تمرکز بر روی مدیریت صحیح و پایدار منابع آب و شیوه‌های مرتبط با آن است. پژوهش حاضر به منظور عارضه‌یابی و اولویت‌بندی عوامل اجرایی و مدیریتی مؤثر بر بهره‌وری آب در تولید نیشکر و ارائه راهکارهای عملی برای افزایش آن در کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر اجرا شد. نتایج نشان داد که متغیر کمیت و کیفیت آب آبیاری با ضریب اهمیت ۰/۴۵۹ مهم‌ترین عامل در بهره‌وری مصرف آب در تولید نیشکر است. فاکتورهای آب و هوایی، شرایط گیاه، عوامل مدیریتی و اجرایی و در نهایت شرایط خاک به ترتیب با ضرایب ۰/۲۳۱، ۰/۱۵۰، ۰/۰۹۱ و ۰/۰۶۹ تأثیرگذارترین عوامل بر بهره‌وری مصرف آب در تولید نیشکر می‌باشند. همچنین نتایج حاصل از مدل‌سازی الگوریتم‌های تصمیم نشان داد که متغیرهای بهره‌وری اقتصادی آب، ارزش فروش محصول (درآمد)، مقدار شکر تولیدی، هزینه‌های تولید، مصرف آب در هر دور آبیاری، فواصل آبیاری، هدایت الکتریکی خاک بعد از برداشت، هدایت الکتریکی آب رودخانه، متوسط زمان هر دور آبیاری، مساحت مزرعه، رقم گیاه، سن گیاه، تعداد دورهای آبیاری، pH آب خروجی زهکش و عرض خط کشت قبل از دیسکاور، مهم‌ترین و تأثیرگذارترین متغیرها در مدل‌های تصمیم CART و CHAID به‌منظور پیش‌بینی شاخص سود خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD) می‌باشند.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی شماره ۱۳۱۷ از محل اعتبارات پژوهانه معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز است. بنابراین نویسنده از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز بابت تأمین هزینه‌های این پژوهش سپاسگزاری می‌نماید.

معرفی نمادها

CPD: شاخص بهره‌وری فیزیکی آب

BPD: شاخص بهره‌وری اقتصادی آب

NBPD: شاخص سود خالص به ازای واحد حجم آب

TP: مقدار محصول تولید شده یا میزان عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)

TWC: حجم آب مصرف شده در هکتار (مترمکعب)

TR: میزان ارزش کل فروش محصول در هکتار (ریال)

NB: میزان سود خالص در هکتار (ریال)

AHP: تکنیک تحلیل سلسله مراتبی

CART: درخت طبقه‌بندی و رگرسیون

CHAID: تشخیص تعامل خودکار کای-اسکویر

REFERENCES

Abbasi, F. & Sheini Dashtegol, A. (2017). Evaluating and Improving the Sugarcane Furrow Irrigation Management in Khuzestan. *Water and Soil Science- University of Tabriz*, 26 (4.2), 109-121. (In Farsi)

Aghabeigi, A., Gholami Sefid Koohi, M., Raeeini Sarjaz, M. & Yazdani, M. R. (2019). Evaluation and Comparison of Water Productivity in Traditional and Consolidated Paddy Fields in Astaneh Ashrafieh County. *Water Research in Agriculture*, 32.4 (4), 485-497. (In Farsi)

Akbari, M., Shani Dashtgol, A. & hajisharafi, H. (2016). Evaluation of water consumption in sugar cane fields and water consumption reduction strategies. Case study: Amirkabir sugarcane cultivation and industry. Iranian National Irrigation and Drainage Congress. Isfahan University of Technology, 23-25 August. Esfahan. (In Farsi)

Ali, M. H. & Talukder, M. S. U. (2008). Increasing water productivity in crop production –A synthesis. *Agricultural Water Management*, 95, 1201–1213.

Amini, A., Porhemat, J. & Kazemi, S. (2017). Economic and physical productivity of water of cucumber and rapeseed products in eastern plains of Kurdistan province. First International Conference on Economic Planning, Regional Sustainable Development and Balanced Development. May 13-14. University of Kordestan (In Farsi)

Arumugam, A. (2017). A predictive modeling approach for improving paddy crop productivity usingdata mining techniques. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 25, 4777-4787.

Everingham, Y., Sexton, J., Skocaj, D. & Inman-Bamber, G. (2016). Accurate prediction of sugarcane yield using a randomforest algorithm. A*gronomy for Sustainable Development*, 36 (2), 27-36.

Farhate, C. V. V., de Souza, Z. M., Oliveira , S. R., Tavares, R. L. M. & Carvalho, J. L. N. (2018). Use of data mining techniques to classify soil CO2 emission induced by crop management in sugarcane field. *Plos One*, 13 (3), 1-18.

Heidari, N. (2011). Determination and evaluation of water use efficiency of some major crops under farmer's management in Iran. *Journal of Water and Irrigation Management*, 1 (2), 43-57. (In

www.SID.ir

Archive of SID

Farsi)

Heydari, N. (2014). Water productivity in agriculture: Challenges in concepts, terms and values. *Irrigation and Drainage*, 63(1), 22–28.

Jafari, S., Noori, M., Naseri, A. A., Safari Rad, S. & Al Ali, M. H. (2108). Evaluation of water use efficiency in sugar and sugarcane production in Karun cultivation and industry. 5th National Conference on Irrigation and Drainage Management and Third Iranian National Irrigation and Drainage Congress, Shahid Chamran University of Ahvaz, March 21-23, Ahvaz. (In Farsi)

Karimi, M. & Jolaini, M. (2017). Evaluation of Agricultural Water Productivity Indices in Major Field Crops in Mashhad Plain (Technical Note). *Journal of Water and Sustainable Development*, 4 (1), 133-138. (In Farsi)

Leal, D., Coelho, R. D., Barbosa, F., Fraga Junior, E. F., Mauri, R. & Santos, L. (2017). Water productivity for sugar and biomass of sugarcane varieties. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21 (9), 618-622.

Mittrapiyanuruk, P. & Charoen-Ung, P. (2018). Sugarcane Yield Grade Prediction using Random Forest and Gradient Boosting Tree Techniques. The 15th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE2018). DOI: 10.1109/JCSSE.2018.8457391.

Naseri, A. A, Kianizadeh, A., Houshmand, R., Hamedan Nezhad, M., Josie, M. & Judy, F. (2011). Irrigation water productivity and water use efficiency of cane sugar plant in drought conditions (case study in Farabi province). Third National Conference on Water Supply and Drainage Management. 10-12 March of the month. Chamran martyr of Ahwaz University (In Farsi)

Peloia, P. R., Bocca, F. F. & Rodrigues, L. H. (2019). Identification of patterns for increasing production with decision trees in sugarcane mill data. *Scientia Agricola*, 76 (4), 281-289.

Rousta, A. (2010). Agricultural productivity in drought-affected areas (case study of Marvdasht city). Fifth National Conference on New Ideas in Agriculture. Islamic Azad University of Khorasgan Branch. February 27-28, Isfahan (In Farsi)

Safi, R., Mir Latifi, M. & Akbari, M. (2016). Assessment of Water Productivity of the Amirkabir Sugarcane Agro-Industry Farms Using Landsat 8 Satellite Data. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 10 (1), 36-47. (In Farsi)

Seydan, M., Bahramloo, R. & Naseri, A. (2018). Determination of water productivity (WP) in wheat cultivation with sprinkler irrigation and traditional system in Hamadan province. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 12 (3), 732-743. (In Farsi)

Shoja, P., Hemmat, A., Amirfattahi, R. & Gheysari, M. (2016). Water stress monitoring in olive trees using thermal imaging. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 46 (4), 339-443. (In Farsi)

Singh, S., Kaur Sidana, B. & Kumarm S. (2018). Water Productivity of Sugarbeet Vs Sugarcane Cultivation in Punjab. *International Journal for Innovative Research in Science and Technology*, 4 (9), 61-69.

Sujata Terdal, R. (2019). Evaluation ofMachine Learning Algorithms forCrop Yield Prediction. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8 (6), 4082-4086.

Tavakkoli, A. R. & Oweis, T. (2004). The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. *Agricultural water management*, 65, 225-236.

Tavakoli, A., Liaghat, A., Oweis, T. & Alizadeh, A. (2012). The role of limited irrigation and advanced management on improving water productivity of rainfed wheat at semicold region of upper Karkheh River Basin, Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. Available online at www.ijagcs.com .IJACS/2012/4-14/939-948.

Zakidizaji, H., Bahrami, H., Monjezi, N. & Shiekhdavoodi, M. J. (2019). Modeling of the variables that influence sugarcane yield using C5.0 and QUEST decision tree algorithms. *Journal of Agricultural Machinery*, 9 (2), 231-246.

Zamani, A., Mortazavi, A. & Balali, M. (2015). Economical Water Productivity of Agricultural Products in Bahar Plain, Hamadan. *Water Research in Agriculture*, 28.1 (1), 51-62. (In Farsi)

Zhang, H. (2003). Improving water productivity through deficit irrigation: Examples from Syria, the North China Plain and Oregon, USA. In: Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement. Kijne J.W., Barker R., Molden D. (Eds.). Comprehensive assessment of water management in agriculture series 1. CABI/IWMI, Wallingford/Colombo, 301-309.

Zhang, H. & Oweis, T. (1999). Water -yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. *Agricultural water management*, 38, 195-211.

Zwart, S. J. & Bastiaanssen, G. M. (2004). Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural water management*, 69, 115-133.

www.SID.ir