

بهبود بهره‌وری آب آبیاری در کشاورزی دقیق هوشمند در مقایسه با روش های متداول در تولید برخی محصولات باغی

محمدرضا مستوفی سرکاری^{۱*}، هرمز اسدی^۲، هومن شریف نسب^۳، بی‌تا مروج الاحکامی^۴، اسماعیل مقبلی دامنه^۵
^۱ نویسنده مسئول: دانشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
^۲ دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
^۳ دانشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
^۴ استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی، آموزش و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
^۵ استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی، آموزش و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

چکیده

استفاده از آبیاری هوشمند در بخش کشاورزی یکی از راهکارهای اصلی در استفاده بهینه از آب آبیاری و افزایش تولید بشمار می‌رود. این پژوهش در همین راستا به بررسی بهبود بهره‌وری آب آبیاری در کشاورزی دقیق هوشمند در مقایسه با روش های متداول در تولید برخی محصولات باغی در شهرستان جیرفت و یزد در استان های جنوب کرمان و یزد در سال ۱۴۰۱ پرداخته است. به منظور تعیین سودآوری و تاثیر اقتصادی کشاورزی دقیق هوشمند بر بهره‌وری آب از شاخص های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی استفاده گردید. طبق نتایج، در شهرستان جیرفت، به دلیل افزایش عملکرد و کاهش مصرف آب در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند در مقایسه با روش متداول منطقه در محصول باغی پرتقال به ترتیب ۲۳/۲ و ۱۶/۲ درصد و در محصول باغی خرما به ترتیب ۹/۲ و ۲۷/۲ درصد، اجرای کشاورزی هوشمند باعث بهبود بهره‌وری فیزیکی آب به ترتیب به اندازه ۴۷/۹ و ۵۱/۱ درصد در تولید پرتقال و خرما شد. در شهرستان یزد، به دلیل افزایش عملکرد و کاهش مصرف آب در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند در مقایسه با روش متداول منطقه در محصول باغی انار به ترتیب ۱۲/۳ و ۱۵/۹ درصد و در محصول باغی پسته به ترتیب ۲۰ و ۱۳/۴ درصد، اجرای کشاورزی هوشمند باعث بهبود بهره‌وری فیزیکی آب به ترتیب به اندازه ۲۲۰/۴ و ۱۴۵/۴ درصد در تولید انار و پسته گردید. در شهرستان جیرفت، به دلیل کاهش هزینه تولید و افزایش درآمد ناخالص محصول باغی پرتقال و خرما در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند در مقایسه با روش متداول منطقه، اجرای کشاورزی هوشمند باعث افزایش سود به ترتیب ۳۸۴ و ۳۱/۶ درصد و افزایش بهره‌وری اقتصادی آب به ترتیب ۴۷۳ و ۱۸۰ درصد در تولید پرتقال و خرما و ضمناً باعث افزایش سود و بهره‌وری اقتصادی آب در تولید محصولات باغی این شهرستان گردید. با توجه به نتایج می‌توان به باغداران مناطق هدف پیشنهاد نمود که با اعمال کشاورزی دقیق هوشمند بر مبنای توصیه های تحقیقاتی، ارتقاء عملکرد محصول، بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری و سودآوری در تولید محصول را افزایش بخشند.

واژه‌های کلیدی: آب، بازدهی، باغات میوه، کارایی، کشاورزی دقیق.

بیان مسئله

کشاورزی دقیق هوشمند یک سامانه مدیریت کشاورزی تکامل یافته است که شامل تعداد زیادی فناوری بوده و تولید محصول بصورت کاملاً هوشمند و دقیق رصد می‌شود. این ابزارهای فناوری، اغلب شامل سامانه موقعیت یاب جهانی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، سامانه سنجش و کنترل عملکرد محصول، فناوری اعمال متغیر و سنجش از راه دور (دورسنجی) است. سامانه تصمیم‌ساز هوشمند می‌تواند بازخوردی از نحوه اجرای برنامه‌های ارائه شده را دریافت و آن را در تصمیم‌گیری بعدی تخصیص آب به قطعات مختلف مدنظر قرار دهد (مستوفی سرکاری، ۱۴۰۲). کشاورزی دقیق تغییر سامانه مدیریت مزارع از روش‌های مرسوم و سنتی به مدیریت مزارع بر پایه تحلیل اطلاعات به روز با هدف افزایش سودآوری و ارتقاء پایداری است (Breazeale, 2007). اساس برنامه‌ریزی فعالیت‌های کشاورزی در کشاورزی دقیق و هوشمند، تطابق مدیریت زراعی با پیش‌بینی شرایط آبی است که بر مبنای تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده توسط حسگرهایی استخراج می‌شود (Davis et al., 1998). ارتقاء مدیریت آبیاری با تعیین دقیق حجم و زمان آبیاری، بهبود کارایی مصرف آب را به دنبال خواهد داشت. به همین سبب، استفاده از حسگرها در آبیاری می‌تواند به طور موثری مصرف آب را کاهش، کیفیت و کمیت محصول را افزایش و به تبع آن کارایی مصرف آب را افزایش داد (Zhou et al., 2019; Montesano et al., 2019, 2018). با توجه به خشکسالی‌ها و رشد جمعیت در کشور، نیاز به آب در بخش کشاورزی برای تولید ضروری بوده و توجه ویژه به بهبود بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی احساس می‌گردد (قدیمی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۷). افزایش بهره‌وری

کشاورزی برای حفظ امنیت غذایی رو به رشد یک وظیفه مهم بخش کشاورزی در تمام کشورها تلقی می‌گردد. بهبود بهره‌وری و توسعه پایدار کشاورزی یکی از مهمترین نگرانی‌های کشورهای در حال توسعه بلاخص کشورهای با فقر روستایی و ناامنی غذایی است (مظفری و همکاران، ۱۴۰۲). منظور از بهره‌وری فیزیکی آب کشاورزی، نسبت مقدار محصول تولید شده از فعالیت‌های مختلف کشاورزی به مقدار آب مصرفی است. بهره‌وری اقتصادی آب را می‌توان منافع خالص ناشی از مصرف یک واحد آب تعریف نمود. در تعیین بهره‌وری اقتصادی آب، علاوه بر عملکرد محصول، ارزش محصول تولیدی و هزینه‌های بکار رفته در تولید هم مد نظر قرار می‌گیرد. بهبود بهره‌وری نهاده‌ها در بخش کشاورزی به تولید غذای بیشتر و درآمد بالاتر کشاورزان منجر می‌گردد (غزالی و همکاران، ۱۳۹۳؛ کیانی، ۱۳۹۴). بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۴۰۲، کل تولید محصولات باغی در کشور ۲۴/۷ میلیون تن از سطح بارور ۲/۸ میلیون هکتار بود. تولید محصولات باغی در استان کرمان ۶۴۵/۱ هزارتن (۲/۶ درصد از کل) و در استان یزد ۹۲۰/۴ هزارتن (۳/۷۳ درصد از کل) بود. کل تولید پرتقال در کشور ۳/۷۷ میلیون تن با عملکرد آبی و دیم بترتیب ۲۳۵۳۵ و ۱۹۵۰۰ کیلوگرم در هکتار از سطح بارور ۱۶۶ هزار هکتار بود. تولید پرتقال در استان جنوب کرمان ۲۹۶/۳ هزارتن (۷/۹ درصد از کل تولید پرتقال) با عملکرد آبی و دیم بترتیب ۱۷۵۸۵ و ۱۷۳۴۴ کیلوگرم در هکتار از سطح بارور ۱۶/۸ هزار هکتار مشخص گردید. کل تولید خرما در کشور ۱/۷۳ میلیون تن با عملکرد آبی و دیم بترتیب ۶۶۷۶ و ۱۷۵۴ کیلوگرم در هکتار از سطح بارور ۲۶۷/۳ هزار هکتار بود. تولید خرما در استان جنوب کرمان ۱۵۸ هزارتن (۹/۱ درصد از کل تولید خرما)

با عملکرد آبی و دیم بترتیب ۵۳۰۹ و ۷۰۴۹ کیلوگرم در هکتار از سطح بارور ۲۹/۶۴ هزار هکتار مشخص گردید. کل تولید پسته در کشور ۴۳۹/۵ هزار تن با عملکرد آبی و دیم بترتیب ۷۳۳ و ۶۴۴ کیلوگرم در هکتار از سطح بارور ۵۹۹/۷ هزار هکتار بود. تولید پسته در استان یزد ۷۸ هزارتن (۱۷/۷ درصد از کل تولید پسته) با عملکرد آبی ۱۳۱۲ کیلوگرم در هکتار از سطح بارور ۵۹/۴ هزار هکتار مشخص گردید. کل تولید انار در کشور ۱/۳۲ میلیون تن با عملکرد آبی و دیم بترتیب ۱۴۴۹۳ و ۸۵۴۳ کیلوگرم در هکتار از سطح بارور ۹۰/۷ هزار هکتار بود. تولید انار در استان یزد ۱۲۱/۶۵ هزارتن (۹/۲ درصد از کل تولید انار) با عملکرد آبی ۱۶۹۲۵ کیلوگرم در هکتار از سطح بارور ۷/۲ هزار هکتار مشخص گردید (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۰۳). طبق مطالعه انجام شده در ایالات متحده بر روی گیاهان زینتی، استفاده از حسگرها ۵۰ درصد میانگین آب برداشت شده را کاهش و به تبع آن ۷۰-۲۵ درصد کارایی مصرف آب را افزایش داده است (Majsztrik et al., 2013). در مطالعه دیگری، یکی از روش‌های مناسب در اصلاح مدیریت و برنامه‌ریزی آب آبیاری، استفاده از حسگرهای اندازه‌گیری رطوبت مطرح شده است. در این مطالعه محققین به معرفی سامانه‌هایی از جمله سامانه اریسات (Irrisat)، مانا (Manna) و اریواچ (Iriwatch) پرداخته‌اند که از فناوری‌های سنسش از دور استفاده می‌کنند و برای ارائه خدمات خود نیازی به حسگرهای کارگذاری شده در سطح مزرعه ندارند (طباطبایی و دهقانی سانچ، ۱۴۰۳). در بررسی بهره‌وری و تخصیص عوامل تولید در محصولات باغی در استان کرمان، با استفاده از اطلاعات ۲۷۳ باغدار و روش تابع تولید به این نتیجه رسید که در وضع موجود تخصیص بسیاری از عوامل تولید در

محصولات باغی پسته، خرما و مرکبات در استان کرمان به طور بهینه انجام نمی‌گیرد. تخصیص بهینه منابع، افزایش درآمد و سودآوری محصولات باغی مورد هدف را در استان کرمان به همراه خواهد داشت (مهرابی بشرآبادی، ۱۳۸۴). در تعیین بازدهی و بهره‌وری آب در تولید برخی محصولات باغی در ایستگاه تحقیقاتی کمال شهر استان البرز وابسته به موسسه تحقیقات باغبانی بر اساس داده سال‌های ۱۳۹۵-۹۸ برخی محققین به این نتیجه رسیدند که میانگین بهره‌وری فیزیکی آب در ژنوتیپ‌های آلبالو، گیلان، هلو و سیب بترتیب ۱/۱، ۰/۹، ۱/۷ و ۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب آب و میانگین بهره‌وری اقتصادی آب بترتیب ۱۶۱۷۵، ۹۵۱۲۸، ۲۵۲۳۶ و ۲۳۰۱۱ ریال بر مترمکعب آب است (محمودی و همکاران، ۱۴۰۱). در بررسی بهره‌وری آب کشاورزی در شهرستان دزفول با استفاده از اطلاعات ۲۲۱ کشاورز در سال ۹۶-۱۳۹۵ پژوهشگران به این نتیجه رسید که بهره‌وری فیزیکی آب در تولید نارنج و گریپ فروت بترتیب ۰/۶۷ و ۰/۸۴ کیلوگرم بر مترمکعب آب است (ملا رضا قصاب و همکاران، ۱۳۹۹). در تعیین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب باغات سیب درختی در کشور بر اساس داده‌های سال ۱۳۹۲، بهره‌وری فیزیکی آب در تولید سیب درختی در استان‌های فارس و آذربایجان غربی را بترتیب ۰/۳۴ و ۳/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب آب برآورد شد. بهره‌وری اقتصادی آب در تولید این محصول باغی در استان‌های فارس و آذربایجان غربی را بترتیب ۲۰۴۰ و ۱۹۶۷۰ ریال بر مترمکعب آب محاسبه گردید (یوسفی و محمدی، ۱۳۹۶) طی پژوهش‌هایی در کشور و استانهای مختلف، بهره‌وری فیزیکی آب در تولید سیب درختی در کشور و استان لرستان بترتیب ۲/۷۸ و ۶/۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شد (قربانی و همکاران،

(Sanich, 2024). در سامانه (Iriwatch) ، یک سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری در مدیریت کشاورزی است که نقشه های ۱۰ متر در ۱۰ متر رطوبت خاک و تبخیر-تعرق از سطوح کشاورزی را به صورت روزانه به مشتریان ارائه می‌کند و مشخص می‌کند که مزرعه برای روز بعد نیاز به آبیاری دارد یا نه؟ (Kisekka, 2022; Tabatabaei and Dehghani Sanich, 2024). اهداف پژوهش حاضر، بررسی و تاثیر کشاورزی دقیق هوشمند بر ارتقاء عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری در تولید برخی محصولات باغی در استان‌های جنوب کرمان و یزد بود .

بررسی فنی و اقتصادی

در این پژوهش در حوزه فنی تاثیر کشاورزی دقیق هوشمند کشاورزی در تولید محصول از عملیات خاک‌ورزی تا برداشت و تعیین متغیرهای عملکرد محصول در بین باغات با نمونه‌گیری عملکرد در قطعات یک هکتاری و تهیه نقشه تغییرات عملکرد با استفاده از نرم افزار GIS Map ، اصلاح قطعات با عملکرد پائین، متوسط و بالا، پایش و کنترل نهاده آب به منظور مصرف دقیق و مکانی نهاده‌های کشاورزی، سامانه هوشمند برنامه‌ریزی آبیاری در مرحله داشت محصول با استفاده از سامانه هوش آب در تولید محصولات باغی پرتقال، خرما، انار و پسته مد نظر بوده است. مرحله دوم کاربرد فناوری‌های نوین کشاورزی دقیق هوشمند شامل (تعیین مساحت دقیق باغات با مشخص کردن مختصات عرضی جهانی UTM آنها، رسم حدود مرزی باغات در نرم افزار گوگل ارث پرو، ایجاد ایستگاه هواشناسی برای باغات، تدوین تاریخچه مزرعه شامل تناوب، بافت خاک، اطلاعات فیزیک و شیمی آب و خاک باغات، سامانه آبیاری، میزان آب

۱۳۹۷؛ ناصری و همکاران، ۱۳۹۹). در مقایسه سامانه استفاده شده در مطالعه حاضر با سامانه‌های دیگر در پیشینه تحقیق، در سامانه داخلی پژوهش حاضر، نقشه تغییرات عملکرد محصولات با استفاده از نرم افزار GIS Map انجام می‌گیرد. سامانه هوشمند برنامه‌ریزی آبیاری در مرحله داشت محصولات باغی مورد بررسی با استفاده از سامانه هوش آب مد نظر بوده است. ضمناً تعیین مساحت دقیق باغات با مشخص کردن مختصات عرضی جهانی UTM آنها و رسم حدود مرزی باغات در کشاورزی دقیق هوشمند در نرم افزار گوگل ارث پرو انجام شد پس از ورود اطلاعات کامل به سامانه، نتایج حاصل از شبیه‌سازی در مزارع الگویی پیاده‌سازی گردید. عملیات آبیاری هوشمند بر اساس اینکه چه مقدار آب، کی و به چه مدت در مکان باغ به درخت داده شود، انجام شد. (مستوفی سرکاری و پیرتاج همدانی، ۱۴۰۲). در سامانه (Irrisat) ، با پردازش تصاویر ماهواره‌ای و ارائه نتایج نیاز آبی سطوح کشاورزی به کاربران، امکان مدیریت صحیح زراعی و آبیاری و به تبع آن ارتقاء بهره‌وری نهاده را به کاربر می‌دهد. رابط کاربر در این سامانه با مشتریان، اپلیکیشن موبایل و درگاه اینترنتی است. این سامانه توسط متخصصین دانشگاه داکنین و موسسه تحقیقات پنبه استرالیا توسعه یافته است (Kyaw et al., 2020; Tabatabaei and Dehghani Sanich, 2024). در سامانه (Manna) ، رویکرد در برنامه ریزی آبیاری، تعیین نیاز آبی گیاه بر مبنای سطح و تراکم پوشش گیاهی است. ارائه خدمات آبیاری هوشمند و پایش مزارع با استفاده از ادغام اطلاعات سنجش از دور، علوم داده و دانش کشاورزی است. رابط کاربر در این سامانه با مشتریان، شبیه سامانه قبلی است (Manna, 2023; Tabatabaei and Dehghani

بر اساس عملکرد محصول و میانگین قیمت فروش محصول، ارزش ناخالص محصول در مزرعه هدف محاسبه شد. درآمد خالص حاصله از تولید محصول، تفاضل ارزش ناخالص و هزینه‌های تولید محصول بوده است. هزینه‌های تولیدی سالانه محصولات باغی شامل هزینه مراحل آماده‌سازی زمین (شخم، کولتیواتور، حذف پاچوش، وجین، تربیت درختان و...)، داشت شامل (بکارگیری کود، و سم و آب آبیاری) و برداشت و جمع‌آوری و حمل می‌باشند. این هزینه‌ها، هزینه‌هایی هستند که به طور مستقیم به تولید بستگی دارد. هزینه‌های ثابت تولیدی (استهلاک سیستم آبیاری، بهره‌وام‌ها، اجاره زمین، هزینه اکانت هواشناسی و آبیاری هوشمند) هزینه‌هایی هستند که به طور غیرمستقیم به تولید بستگی دارند. درصد بازده فروش نشان می‌دهد به ازای یک ریال فروش چند درصد سود به همراه دارد. درصد بازگشت سرمایه (نرخ بازده حسابداری) نشان می‌دهد به ازای یک ریال هزینه کرد چند درصد سود به همراه دارد. جهت تعیین شاخص‌های سودآوری در تولید محصول از روابط ۱، تا ۶ استفاده شد (اسدی و همکاران، ۱۴۰۲).

$$TC = [TFC + TVC] \quad (1)$$

$$TR = [Py \times \text{yield}] \quad (2)$$

$$\pi = [TR - TC] \quad (3)$$

$$GM = [TR - TVC] \quad (4)$$

$$SR = [\pi/TR] \times 100 \quad (5)$$

$$ARR = [\pi/TC] \times 100 \quad (6)$$

و کودهای مصرفی در باغات، عملکرد محصول)، امکان-سنجی استفاده از سامانه هوشمند برنامه‌ریزی آبیاری (سامانه هوش آب) در مرحله داشت، تعیین زمان دقیق، برداشت محصول با اندازه‌گیری و ثبت عملکرد محصول در پلات‌ها، تهیه نقشه تغییرات عملکرد محصول با استفاده از نرم‌افزار GIS بر اساس نقشه عملکرد بود. برای پیاده‌سازی سامانه هوش‌آب ابتدا ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک موجود برای باغات انتخاب شد. با توجه به ساعت مجاز پروانه برداشت آب، حجم کل مجاز برداشت آب برای هر باغ نیز در محاسبات سامانه مورد استفاده قرار گرفت. پس از ورود اطلاعات کامل به سامانه، نتایج حاصل از شبیه‌سازی در مزارع الگویی پیاده‌سازی شد. در طول فصل کشت و کار با توجه به بازخورد از ایستگاه هواشناسی خودکار، تغییرات شرایط مالی منطقه (قیمت‌های فروش محصولات، هزینه، و...)، بازخورد کشاورز از نحوه اجرای برنامه‌های ارسالی و تغییرات احتمالی در الگوی کشت وارد و اصلاح شده و برای بیشینه‌سازی شاخص‌های کارایی مصرف آب، برنامه تخصیص آب (برنامه آبیاری هوشمند) اصلاح شدند. در اجرای کشاورزی هوشمند از فناوری‌های آبیاری هوشمند در عملیات داشت استفاده شده است (مستوفی سرکاری و پیرتاج همدانی، ۱۴۰۲).

در بخش اقتصادی برای تعیین سودآوری تولید محصولات باغی مورد هدف در استان‌های جنوب کرمان (پرتقال و خرما) و یزد (انار و پسته) از شاخص‌های هزینه تولید محصول، درآمد ناخالص و خالص، درصد بازده فروش و درصد بازگشت سرمایه (نرخ بازده حسابداری) در تولید محصول استفاده شد. در قسمت هزینه‌ها، هزینه در مراحل مختلف تولید شامل هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری و هزینه‌های جاری (هزینه متغیر و ثابت تولیدی) مد نظر قرار گرفته است.

به طوری که، TC هزینه کل، TFC هزینه ثابت تولیدی و TVC هزینه‌های متغیر تولیدی، TR ارزش ناخالص، P_y قیمت فروش محصول، yield عملکرد محصول و π سود، SR درصد بازده فروش محصول، ARR درصد بازگشت سرمایه و GM بازده برنامه ای می باشند.

در این پژوهش برای سنجش بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب آبیاری از شاخص‌های عملکرد، میزان مصرف آب، و شاخص های هزینه و درآمد در تولید محصول استفاده شد. شاخص بهره‌وری فیزیکی (PPI) نسبت مقدار محصول تولید شده به میزان آب مصرف شده است. هر چه این شاخص بیشتر باشد نشان دهنده مصرف بهینه نهاده آب است. شاخص‌های دیگری که جنبه‌های مالی و اقتصادی بهره‌وری را به همراه دارد شامل شاخص ارزش ناخالص تولید محصول به ازای هر واحد آب مصرفی (BPI) است. از دیگر شاخص بهره‌وری، شاخص سود ناشی از تولید محصول به ازای هر واحد آب مصرفی (NBPI) بوده است (اسدی و همکاران، ۱۴۰۲).

$$PPI = \left(\frac{\text{yield}}{CWR} \right) \quad (7)$$

$$BPI = \frac{TR}{CWR} \quad (8)$$

$$NBPI = \frac{\pi}{CWR} \quad (9)$$

بهره-PPI میزان مصرف نهاده آب، CWR به طوری که، بهره‌وری اقتصادی نهاده ناشی BPI بهره‌وری فیزیکی نهاده، بهره‌وری NBPI از ارزش ناخالص تولید محصول، اقتصادی نهاده ناشی از ارزش خالص یا سود می باشند.

طبق اطلاعات، محصولات باغی مورد مطالعه شامل پرتقال و خرما در شهرستان جیرفت در استان جنوب کرمان و انار و پسته در شهرستان یزد در استان یزد بود. سطح باغات پرتقال، خرما، انار و پسته به ترتیب ۱۱/۳، ۵/۶، ۸/۹ و ۲/۴ هکتار بود. سیستم آبیاری باغات پرتقال و خرما بصورت سیستم قطره‌ای، در باغات انار اغلب غرقابی و سستی، در باغات پسته اغلب سیستم تحت فشار و کم فشار بود. در شهرستان جیرفت، مصرف کود شیمیایی (ازته، فسفات و پتاسه) در تولید پرتقال و خرما در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند به ترتیب ۱۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و مصرف کود حیوانی در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند به ترتیب ۴ و ۳ تن در هکتار بود. در شهرستان یزد، مصرف کود شیمیایی (ازته، فسفات و پتاسه) در تولید انار و پسته در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند به ترتیب ۵۵۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و مصرف کود حیوانی در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند به ترتیب ۲۰ و ۲۵ تن در هکتار گزارش شد (مستوفی سرکاری و پیرتاج همدانی، ۱۴۰۲).

راهکارهای حل مسئله

مصرف نهاده ها و عملکرد محصولات باغی

در شهرستان جیرفت، میزان عملکرد پرتقال و خرما در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند به ترتیب ۲۱۶۴۲ و ۷۴۲۳ کیلوگرم در هکتار مشخص شد، به طوری که نسبت به شرایط مرسوم به ترتیب ۲۳/۲ و ۹/۲ درصد افزایش نشان می‌دهد. میزان مصرف آب آبیاری در تولید پرتقال و خرما در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند به ترتیب ۱۰۳۳۷ و ۱۰۴۳۳ مترمکعب در هکتار مشخص شد، به طوری که میزان صرفه جویی مصرف آب آبیاری تحت این شرایط نسبت به شرایط مرسوم به ترتیب ۱۶/۱ و ۲۷/۲ درصد مشخص شد. در شهرستان یزد، عملکرد انار و پسته در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند

بترتیب ۱۴۶۲۲ و ۱۴۱۰ کیلوگرم در هکتار مشخص شد، به طوری که نسبت به شرایط مرسوم بترتیب ۱۲ و ۲۰ درصد افزایش نشان می‌دهد. میزان مصرف آب آبیاری در تولید انار و پسته در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند بترتیب ۲۵۱۰۸ و ۹۰۷۵ مترمکعب در هکتار مشخص گردید، به طوری که میزان صرفه جویی مصرف آب آبیاری تحت این شرایط نسبت به شرایط مرسوم بترتیب ۱۵/۹ و ۱۳/۴ درصد بود (جدول ۱). در مقایسه مصرف نهاده آب در محصولات مختلف باغی، میزان صرفه جویی در مصرف نهاده آب با اجرای کشاورزی دقیق هوشمند در مقایسه با روش مرسوم، در محصول انار ۴۷۵۰ مترمکعب در هکتار بود که به دلایل عدم اختصاص بی موقع آب، مدت زمان طولانی آبیاری بدون توجه به نیاز آبی درخت انار، عدم استفاده از دور آبیاری مشخص، نسبت به محصولات باغی پرتقال، خرما و پسته بترتیب ۱۳۸/۹، ۲۲/۱ و ۲۳۹ درصد بیشتر بوده است.

سودآوری

در شهرستان جیرفت، در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند، کل هزینه‌های تولید سالانه تولید پرتقال و خرما بترتیب ۱۹۳۱/۶ و ۱۹۱۴/۱ میلیون ریال در هکتار محاسبه شد به

طوری که به طوری که میزان تاثیر شرایط کشاورزی دقیق هوشمند در کاهش هزینه تولید پرتقال و خرما بترتیب ۰/۱۲ و ۰/۲۲ درصد بود. هزینه‌های متغیر تولید پرتقال تحت شرایط کشاورزی دقیق هوشمند ۶۶۶/۳ میلیون ریال در هکتار (سهم ۳۴/۵ درصد از کل)، هزینه‌های متغیر تولید خرما ۷۲۷/۶ میلیون ریال در هکتار (سهم ۳۸٪ از کل)، بود، به طوری که میزان تاثیر شرایط کشاورزی دقیق هوشمند در کاهش هزینه‌های متغیر تولیدی پرتقال و خرما بترتیب ۰/۳۳ و ۰/۵۸ درصد بود.

جدول (۱) مصرف نهاده‌ها و عملکرد در تولید برخی محصولات باغی در شرایط مرسوم و کشاورزی دقیق هوشمند در شهرستان‌های جیرفت و یزد در سال ۱۴۰۱

شاخص‌ها	جیرفت				یزد			
	پرتقال		خرما		انار		پسته	
	مرسوم	کشاورزی دقیق هوشمند	مرسوم	کشاورزی دقیق هوشمند	مرسوم	کشاورزی دقیق هوشمند	مرسوم	کشاورزی دقیق هوشمند
عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	17560	21642	6800	7423	13055	14622	1175	1410
کیلوگرم در (کودهای شیمیایی (هکتار)	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۵۵۰	-	۱۰۰۰
کود حیوانی (تن در هکتار)	-	۴	-	۳	-	۲۰	-	۲۵
لیتر در هکتار (کود میکرو	-	-	-	-	-	۴۰	-	۱۰۰
آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	۱۲۳۲۵	۱۰۳۳۷	۱۴۳۲۳	۱۰۴۳۳	۲۹۸۵۸	۲۵۱۰۸	۱۰۴۷۶	۹۰۷۵

(سهم ۷۴ درصد از کل)، هزینه‌های متغیر تولید پسته ۱۷۶۰/۲ میلیون ریال در هکتار (سهم ۸۱٪ از کل)، بود، به طوری که میزان تاثیر شرایط کشاورزی دقیق در کاهش هزینه‌های متغیر تولیدی انار و پسته بترتیب ۱/۰۳ و ۰/۲۳ درصد بود. در شرایط کشاورزی دقیق، درآمد ناخالص تولید انار و پسته بترتیب ۲۰۴۷ و ۴۹۳۵ میلیون ریال در هکتار محاسبه شد، به طوری که نسبت به شرایط مرسوم در تولید این محصولات باغی بترتیب ۱۲ و ۲۰ درصد افزایش نشان می‌دهد. سود ناخالص تولید انار و پسته در شرایط کشاورزی دقیق بترتیب ۳۷/۹ و ۲۷۶۱/۳ میلیون ریال در هکتار محاسبه شد. درصد بازده فروش در تولید انار و پسته در شرایط کشاورزی دقیق بترتیب ۱/۸۵ و ۵۶ درصد محاسبه شد. نسبت فایده به هزینه در تولید انار و پسته در شرایط کشاورزی دقیق بترتیب ۱/۰۲ و ۲/۲۷ درصد محاسبه شد. هزینه تمام شده (قیمت سربه سر) محصولات انار و پسته در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند بترتیب ۱۳۷۴۰۲/۵ و ۱۵۴۱۶۳۱ ریال هر کیلو برآورد شد، به طوری که نسبت به شرایط مرسوم در تولید این محصولات بترتیب ۸۸/۶ و ۸۳/۲ درصد کاهش نشان داد. (جدول ۲). در مقایسه سود در تولید محصولات مختلف باغی، میزان افزایش سود حاصله با اجرای کشاورزی دقیق هوشمند در مقایسه با روش مرسوم، در محصول باغی پسته ۸۲۷ میلیون ریال در هکتار بود که نسبت به سود حاصله در تولید سایر محصولات باغی مورد مطالعه بیشتر بوده است.

در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند، درآمد ناخالص تولید پرتقال و خرما بترتیب ۲۵۹۷ و ۲۹۶۹/۲ میلیون ریال در هکتار محاسبه شد، به طوری که نسبت به شرایط مرسوم در تولید پرتقال و خرما بترتیب ۲۳/۲ و ۹/۲ درصد افزایش نشان می‌دهد. سود ناخالص تولید پرتقال و خرما در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند بترتیب ۶۶۵/۴ و ۱۰۵۵/۱ میلیون ریال در هکتار محاسبه شد، به طوری که نسبت به شرایط مرسوم در تولید پرتقال و خرما بترتیب ۳۸۴ و ۳۱/۶ درصد افزایش نشان می‌دهد. درصد بازده فروش در تولید پرتقال و خرما در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند بترتیب ۲۵/۶ و ۳۵/۵ درصد محاسبه شد، به طوری که نسبت به شرایط مرسوم در تولید پرتقال و خرما بترتیب ۳۱۲ و ۲۰/۳ درصد افزایش نشان می‌دهد. نسبت فایده به هزینه در تولید پرتقال و خرما در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند بترتیب ۱/۳۴ و ۱/۵۵ درصد محاسبه شد، به طوری که نسبت به شرایط مرسوم در تولید پرتقال و خرما بترتیب ۲۱/۸ و ۹/۲ درصد افزایش نشان می‌دهد. هزینه تمام شده (قیمت سربه سر) محصولات پرتقال و خرما در شرایط کشاورزی دقیق بترتیب ۸۹۲۵۲/۴ و ۲۵۷۸۶۱/۷ ریال هر کیلو برآورد شد، به طوری که نسبت به شرایط مرسوم در تولید این محصولات بترتیب ۲۳/۴ و ۹/۴ درصد کاهش نشان داد. (جدول ۲). در شهرستان یزد، در شرایط کشاورزی دقیق، کل هزینه‌های تولید سالانه تولید انار و پسته بترتیب ۲۰۰۹/۱ و ۲۱۷۳/۷ میلیون ریال در هکتار محاسبه شد به طوری که به طوری که میزان تاثیر شرایط کشاورزی دقیق در کاهش هزینه تولید انار و پسته بترتیب ۰/۸ و ۰/۲ درصد بود. هزینه‌های متغیر تولید انار تحت شرایط کشاورزی دقیق ۱۴۸۷ میلیون ریال در هکتار

جدول (۲) - سودآوری در تولید برخی محصولات باغی در شرایط مرسوم و کشاورزی دقیق هوشمند در شهرستان‌های جیرفت و یزد در سال ۱۴۰۱ واحد: میلیون ریال در هکتار

شاخص‌های اقتصادی	جیرفت				یزد			
	پرتقال		خرما		انار		پسته	
	مرسوم	کشاورزی دقیق هوشمند	مرسوم	کشاورزی دقیق هوشمند	مرسوم	کشاورزی دقیق هوشمند	مرسوم	کشاورزی دقیق هوشمند
هزینه‌های تولید	۱۹۳۳/۹	۱۹۳۱/۶	۱۹۱۸/۳	۱۹۱۴/۱	۲۰۲۵/۴	۲۰۰۹	۲۱۷۸	۲۱۷۳/۷
هزینه‌های متغیر تولیدی	۶۶۸/۵	۶۶۶/۳	۷۳۱/۸	۷۲۷/۶	۱۵۰۲/۵	۱۴۸۷	۱۷۶۴/۳	۱۷۶۰/۲
هزینه‌های ثابت تولیدی	۱۱۷۳/۳	۱۱۷۳/۳	۱۰۹۵/۵	۱۰۹۵/۵	۴۲۶/۵	۴۲۶/۵	۳۱۰	۳۱۰
سایر هزینه‌ها %۵	۹۲/۱	۹۲	۹۱/۳	۹۱/۱	۹۶/۴	۹۵/۶	۱۰۳/۷	۱۰۳/۵
درآمد ناخالص	۲۱۰۷/۲	۲۵۹۷	۲۷۲۰	۲۹۶۹/۲	۱۸۲۷/۷	۲۰۴۷	۴۱۱۲/۵	۴۹۳۵
بازده برنامه‌ای	۱۴۳۸/۷	۱۹۳۰/۷	۱۹۸۸/۲	۲۲۴۱/۶	۳۲۵/۲	۵۶۰	۲۳۴۸/۲	۳۱۷۴/۸
سود	۱۷۳/۳	۶۶۵/۴	۸۰۱/۷	۱۰۵۵/۱	-۱۹۷/۷	۳۷/۹	۱۹۳۴/۵	۲۷۶۱/۳
درصد بازده فروش	۸/۲	۲۵/۶	۲۹/۵	۳۵/۵	-۱۰/۸	۱/۸۵	۴۷	۵۶
نرخ بازده حسابداری	۹	۳۴/۴	۴۱/۸	۵۵/۱	-۹/۸	۱/۸۹	۸۸/۸	۱۲۷
نسبت فایده به هزینه	۱/۱	۱/۳۴	۱/۴۲	۱/۵۵	۰/۹	۱/۰۲	۱/۹	۲/۲۷
هزینه تمام شده هر کیلو (ریال)	۱۱۰۱۳۱	۸۹۲۵۲/۴	۲۸۲۱۰۳	۲۵۷۸۶۱/۷	۱۵۵۱۴۴	۱۳۷۴۰۲/۵	۱۸۵۳۶۱۷	۱۵۴۱۶۳۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بهره‌وری

در شهرستان جیرفت، در تولید پرتقال در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند، بهره‌وری فیزیکی مصرف آب آبیاری ۲/۱ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. به طوری که نسبت به شرایط مرسوم، بهره‌وری فیزیکی مصرف آب ۴۷/۹ درصد افزایش نشان می‌دهد. در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند نسبت به شرایط مرسوم، بهره‌وری اقتصادی مصرف نهاده آب آبیاری ۴۷۳ درصد افزایش نشان داده است. در تولید خرما در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند، بهره‌وری فیزیکی مصرف آب آبیاری ۰/۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. به طوری که نسبت به شرایط مرسوم، بهره‌وری فیزیکی مصرف آب ۵۱/۱ درصد افزایش نشان می‌دهد. در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند نسبت به شرایط مرسوم، بهره‌وری

اقتصادی مصرف نهاده آب آبیاری ۱۸۰ درصد افزایش نشان داد. (جدول ۳). در شهرستان یزد، در تولید انار در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند، بهره‌وری فیزیکی مصرف آب آبیاری ۰/۹۷ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. به طوری که نسبت به شرایط مرسوم، بهره‌وری فیزیکی مصرف آب ۲۲۰/۴ درصد افزایش نشان می‌دهد. در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند نسبت به شرایط مرسوم، بهره‌وری اقتصادی مصرف نهاده آب آبیاری ۲۵۰۰ ریال به ازای هر مترمکعب و در روش مرسوم ۸۶۰ ریال به ازای هر مترمکعب محاسبه شد. در تولید پسته در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند، بهره‌وری فیزیکی مصرف آب آبیاری ۰/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. به طوری که نسبت به شرایط مرسوم، بهره‌وری فیزیکی مصرف آب ۱۴۵/۴ درصد افزایش نشان می‌دهد. در شرایط

بوده است. میزان افزایش بهره‌وری اقتصادی آب با اجرای کشاورزی دقیق هوشمند در مقایسه با روش مرسوم، در محصول باغی پسته ۱۱۹۶۰۰ ریال به ازای هر مترمکعب بود که به دلیل بالاتر بودن تفاوت میزان افزایش سود حاصله در این محصول در کشاورزی دقیق نسبت به روش مرسوم نسبت به سایر محصولات، بهره‌وری اقتصادی آب در تولید این محصول نسبت به سایر محصولات باغی مورد مطالعه بیشتر بوده است.

کشاورزی دقیق هوشمند نسبت به شرایط مرسوم، بهره‌وری اقتصادی مصرف نهاده آب آبیاری ۶۴/۷۵ درصد افزایش نشان داد. (جدول ۳). در مقایسه بهره‌وری فیزیکی آب در تولید محصولات مختلف باغی، میزان افزایش بهره‌وری فیزیکی آب با اجرای کشاورزی دقیق هوشمند در مقایسه با روش مرسوم، در محصول باغی پرتقال ۰/۶۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود که به دلیل بالاتر بودن تفاوت میزان افزایش عملکرد در کشاورزی دقیق نسبت به روش مرسوم این محصول نسبت به سایر محصولات، بهره‌وری فیزیکی آب در تولید این محصول نسبت به سایر محصولات باغی مورد مطالعه بیشتر

جدول ۳) میانگین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در تولید برخی محصولات باغی در شرایط مرسوم و کشاورزی دقیق هوشمند در شهرستان های

جیرفت و یزد در سال ۱۴۰۱

شاخص های بهره وری	جیرفت				یزد			
	پرتقال		خرما		انار		پسته	
	کشاورزی دقیق هوشمند	مرسوم	کشاورزی دقیق هوشمند	مرسوم	کشاورزی دقیق هوشمند	مرسوم	کشاورزی دقیق هوشمند	مرسوم
بهره وری فیزیکی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۱/۴۲	۲/۱	۰/۴۷	۰/۷۱	۰/۴۴	۰/۹۷	۰/۱۱	۰/۱۶
بهره‌وری اقتصادی آب ناشی از درآمد ناخالص (ریال بر مترمکعب آب)	۱۷۱۰۰۰	۲۵۱۲۰۰۰	۱۸۹۹۰۰	۲۸۴۶۰۰	۶۱۲۰۰	۱۳۵۵۰۰	۳۹۲۶۰۰	۵۴۳۸۰۰
بهره‌وری اقتصادی آب ناشی از سود (ریال بر مترمکعب آب)	۱۳۶۰۰	۶۴۴۰۰	۵۶۰۰۰	۱۰۱۰۰۰	۸۶۰	۲۵۰۰	۱۸۴۷۰۰	۳۰۴۳۰۰

توصیه ترویجی

با توجه به خشکسالی‌ها و رشد جمعیت در کشور، نیاز به آب در بخش کشاورزی برای تولید ضروری بوده و توجه ویژه به بهبود بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی احساس می‌گردد. افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی برای حفظ امنیت غذایی رو به رشد یک وظیفه مهم و استراتژیک تلقی شده و بهبود بهره‌وری و توسعه پایدار کشاورزی یکی از مهمترین نگرانی‌های کشور است. طبق راهکارهای ارائه شده، در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند نسبت به شرایط مرسوم، میزان عملکرد پرتقال و خرما در شهرستان جیرفت افزایش، در مصرف آب آبیاری صرفه جویی، بهره‌وری فیزیکی آب در تولید پرتقال و خرما افزایش نشان می‌دهد. ضمناً در شهرستان یزد، در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند نسبت به شرایط مرسوم، میزان عملکرد انار و پسته افزایش، در مصرف آب آبیاری صرفه جویی و بهره‌وری فیزیکی آب در تولید انار و پسته افزایش داشته‌اند. طبق راهکارها برخی پیشنهادات برای افزایش بهره‌وری نهاده آب در تولیدات باغی در زیر ارائه می‌گردد:

• با اعمال کشاورزی دقیق هوشمند و فناوری‌های آن (آبیاری هوشمند) بر مبنای توصیه‌های تحقیقاتی، ارتقاء عملکرد، بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری و سودآوری در تولیدات باغی افزایش می‌یابد،

• با کشاورزی دقیق هوشمند نهاده‌ها بویژه آب آبیاری برای محصولات باغی در استان‌های مختلف کشور و استفاده از آبیاری هوشمند، بازدهی تولید، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی نهاده‌ها در تولید محصولات باغی را میتوان ارتقاء بخشید.

• هزینه تمام شده محصولات باغی در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند نسبت به شرایط مرسوم کاهش خواهد یافت

• سودآوری محصولات باغی در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند نسبت به شرایط مرسوم افزایش خواهد یافت

• در شرایط کشاورزی دقیق هوشمند نسبت به شرایط مرسوم، در مصرف آب آبیاری صرفه جویی خواهد شد.

منابع

- 1- Asadi, H., Baghani, J. & Rafaati, M. (2023). Physical and economic productivity of irrigation water and profitability of some crops products in different irrigation systems in Alborz province. *Journal of Agricultural Economic and Development*, 30(4), 53-72 (In Persian).
- 2- Breazeale, D. (2007). A precision agriculture fertilization program for alfalfa hay production: Will it pay for itself?. University of Nevada Cooperative Extension.
- 3- Davis, G., Casady, W.W. and Massey, R. E. (1998). Precision agriculture: An introduction Extension Publications (MU).
- 4- Ghadami Firoozabadi, A., Seydan, M., & Dehghani Sanich, H. (2018). Irrigation water consumption efficiency and economic analysis of Potato production in two sprinkler and furrow irrigation systems in the spring plain of Hamadan province. *Iranian Journal of Drainage*, 6(12), 1407-1417. (In Persian).
- 5- Ghazali, S., Mirzaee, A., & Soltani, G.R. (2014). Investigating the physical and economic productivity of agricultural water: Case study of Fars province. *International Journal of Agricultural Research for Water Resources and Development Quarterly*, 2(3), 125-134. (In Persian).

- Thailand using cloud-based irriSAT application . In *Proceedings of the 22nd IAHR-APD Congress*, pp.14-17.
- 14- Manna. 2023. <https://manna-irrigation.com>.
 - 15- Majsztrik, J.C., Price, E.W., King, D.M. (2013). Environmental benefits of wireless sensor-based irrigation networks: Case study projections and potential adoption rates. *Hort Technology*. 23(6): 783-793.
 - 16- Mahmoodi, M., Asadi, H., Zare, SH., Zandifar, K., & Rasouli, V. (2022). Determining the return and water productivity in drip irrigation system in Horticultural production, Case study of horticultural research stations in Alborz province. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53(9), 2061-2073 (In Persian). DOI:10.22059/IJSWR.2022.336699.669171
 - 17- Ministry of Agricultural Jihad. (2024). Agricultural Statistics for the year 1402. Volume 3: Horticultural Products. Center for Statistics, Technology, Information and Communications, Deputy for Economic Planning. 400 pp. (In Persian).
 - 18- Mehrabi Basharabadi, H. (2005). Investigating productivity and allocation of production factors in horticultural crops in Kerman province. *Journal of Agricultural Sciences and Industries*, 19(1), 129-136. (In Persian).
 - 19- Molla Reza Qasab, F., Abdshahi, A., & Marzban, A. (2020). Determining the physical and economic productivity of agricultural water: A case study of Dezful city. *Journal of Agricultural Economics Research*, 12(3), 49-72. (In Persian).
 - 20- Montesano, F.F., Van iersel, M.W., Boari, F., Cantore, V., Amato, G and Parente, A. (2018). Sensor-based irrigation management of soilless basil using a new smart irrigation system: Effects of set-point on plant physiological responses and crop
 - 6- Ghorbani, M., Momondi, A., Yousef Fard, Y & Danehzad, M. (2018). Determining the volume of irrigation water and physical productivity of water in Apple orchards of Lorestan province. *Proceedings of 9th National conference on Medicinal plants and sustainable Agriculture*, 6-7 March, 2017, Hamadan: Agricultural Research and Education Centre and Natural Resources of Hamadan province. (In Persian).
 - 7- Ghrab, M., Masmoudi, M.M., & Mechlia, B. (2017). Water productivity in fruit trees orchards under water scarcity. *Acta Horticulture*, 1150), 317-322.
 - 8- IrriSAT. 2023. [https://www.Irrisat.com/en/irrisat-water user association](https://www.Irrisat.com/en/irrisat-water-user-association).
 - 9- IrriWatch. 2023. <https://irriwatch.com>.
 - 10- Kahramanoglu, and Alas, S.T. (2020). Water footprint and irrigation use efficiency of important crops in Northern Cyprus from an environmental of economic and dietary perspective. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(1), 134-141.
 - 11- Kiani, A. (2015). Guidelines for water productivity in farms. Technical and Engineering Research Division, Golestan Agricultural and Natural Resources Research Centre, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), pp. 1-16. (In Persian).
 - 12- Kisekka, I., Peddinti, S.R., Kustas, W.P., McEirone, A.J., Bambach-Irtiz, N., McKee, L., Bastiaanssen, W. (2022). Spatial-temporal modelling of root zone soil moisture dynamics in a vineyard using machine learning and remote sensing. *Irrigation Science*. 40(4-5): 761-777.
 - 13- Kyaw, K.M., Rittima, A., Phankamolsil, Y., Tabucanon, A.S., Sawangphol, W., Kraisangka, J., Talaluxmana, Y., and Vudhivanich, V. (2020). Tracing crop water demand in the lower ping river basin,

- Organization (AREEO), Registration number 57728. (In Persian).
- 26- Puerto, H., Mora, M., Roig-Mercho, B., Abadia-Sanchez, R., Comara-Zapata, J.M., Suay, R., and Recamora, C. (2021). Orchard level assessment of irrigation performance and water productivity of an irrigation community in Eastern Spain. *Agronomy*, 11(1829), 1-15.
- 27- Tabatabaei, S.H., and Dehghanisani, G. (2024). Evaluation of decision support systems in irrigation management at the international level. *Water Management in Agriculture*. 11(1): 157-182. (In Persian).
- 28- Tuong, T.P., Pablico, P.P., Yamauchi, M., Confesor, R & Moody, K. (2000). Increasing water productivity of weed suppression of wet seeded rice: Effect of water management and rice genotypes. *Experimental Agriculture*. 38: 71-89 ..
- 29- Yousefi, H., & Mohammadi, A. (2017). Prioritization of water resources use based on physical and economic efficiency of water consumption: Case study of Apple crop. Proceeding of the fourth international conference on environmental planning and management. Tehran, 23-24 May.
- 30- Zhou, W., Xu, Z., Ross, D., Dignan, J., Fan, Y., Huang, Y., Wang, G., Bagtzoglou, A.C., Lei, Y. and Li, B. (2019). Towards water-saving irrigation methodology: Field test of soil moisture profiling using flat thin mm-sized soil moisture sensors (MSMSs). *Sensors and Actuators B: Chemical*, 298, p. 126857.
- performance. Agricultural Water Management . 203: 20-29.
- 21- Mozafari, S., Rezace, A., Shirani, F., & Eshraghi, F. (2023). Analysis of total factors productivity growth of agricultural sector in selected member countries of the organization of the Islamic conference. *Economic Growth and Development Research*, 13(52), (In Persian). [10.30473/EGDR.2023.65931.6618](https://doi.org/10.30473/EGDR.2023.65931.6618).
- 22- Mostofi Sarkari, M. R. & Pirtaj Hamedani, R. (2024). Implementation of smart and precision agriculture in farming agronomical and Horticultural crops in some research centres of Agricultural Research and Education and Extension Organization (AREEO), Agricultural Engineering Research Institute, AREEO, Ministry of Agriculture-Jahad, 60 pp. (In Persian).
- 23- Mostofi Sarkari, M. R., Asadi, H., Amir Shaghagi, F., & Ahmadali, J. (2024). Effect of smart precision agriculture on yield and irrigation water productivity in crop production of Sugar beet and Alfalfa in Miandoab city. Proceedings of 13th National conference on Agricultural Economics, 9-10 September, 2024, Karaj, 484-495. (In Persian).
- 24- Mostofi Sarkari, M. R. & Gheysari, M. (2021). The pilot project of smart farming of wheat and barley based on Internet of Things in Alborz province. Annual research report, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), (In Persian).
- 25- Naseri, A., Norrjoo, A., Ahmad Ali, J., Shahrokh, M., & Mamenpoosh, A. (2020). Determining the water consumption of Apple trees in the country: Final reports of the research project, Agricultural Technical and Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension