



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



آبیاری هوشمند در قلب زنجیره تأمین کشاورزی: کلید آینده بهره‌وری و پایداری

سیدواحد موسوی^{۱*}، رضا رادفر^۲، سعید ستایشی^۳

^۱ دانشجوی دکتری، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Email: Sava.Moosavi@gmail.com

^۲ عضو هیات علمی، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۳ عضو هیات علمی، گروه مهندسی هسته ای دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه امیرکبیر، تهران، ایران

چکیده:

آبیاری هوشمند به عنوان یک انقلاب در تکنولوژی کشاورزی، در حال تبدیل شدن به عنصر کلیدی و قلب تپنده زنجیره تأمین کشاورزی است. این مقاله به بررسی نقش حیاتی آبیاری هوشمند در تحول زنجیره تأمین کشاورزی و تأثیر آن بر بهره‌وری و پایداری می‌پردازد. با استفاده از فناوری‌های پیشرفته نظیر سنسورها، داده‌های کلان، و الگوریتم‌های تحلیل، آبیاری هوشمند به طور مؤثر مصرف آب را بهینه‌سازی کرده و نیازهای دقیق محصولات را برآورده می‌سازد. این فناوری نه تنها به کاهش هدررفت منابع آب و افزایش کیفیت محصولات کمک می‌کند، بلکه به کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش سودآوری نیز منجر می‌شود. مقاله به تحلیل تأثیرات عمیق آبیاری هوشمند بر تمامی مراحل زنجیره تأمین کشاورزی، از کاشت و نگهداری تا برداشت و توزیع، می‌پردازد و نمونه‌های موفق جهانی را بررسی می‌کند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که آبیاری هوشمند، به عنوان یک جزء اساسی، توانایی تغییرات بنیادی در زنجیره تأمین کشاورزی را دارد و می‌تواند به تحقق اهداف پایداری زیست‌محیطی و بهبود بهره‌وری اقتصادی در سطح جهانی کمک کند.

کلید واژه‌ها: آبیاری هوشمند، زنجیره تأمین کشاورزی، بهره‌وری کشاورزی، پایداری زیست‌محیطی



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



مقدمه:

کشاورزی به‌عنوان یکی از ارکان حیاتی تأمین غذا و حفظ امنیت غذایی جهانی، با چالش‌های پیچیده‌ای روبه‌رو است. یکی از مهم‌ترین این چالش‌ها، مدیریت مؤثر منابع آب است که به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت ویژه‌ای دارد (Molden et al., 2010). در این راستا، تکنولوژی‌های نوین مانند آبیاری هوشمند (Smart Irrigation) به‌عنوان راه‌حل‌های نوآورانه برای افزایش بهره‌وری و پایداری در زنجیره تأمین کشاورزی به‌شمار می‌روند (Qian et al., 2024). در دهه‌های اخیر، کشاورزی با چالش‌های بی‌سابقه‌ای مواجه شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به تغییرات اقلیمی، کمبود منابع آب و افزایش نیاز به تولید غذا برای جمعیت رو به رشد اشاره کرد. در این راستا، فناوری‌های نوین به‌ویژه آبیاری هوشمند، به‌عنوان یکی از راهکارهای کلیدی برای مواجهه با این چالش‌ها، در حال کسب توجه و اهمیت بیشتری هستند (García et al, 2020). آبیاری هوشمند به‌طور خاص، به مجموعه‌ای از تکنولوژی‌ها و سیستم‌های پیشرفته اطلاق می‌شود که هدف آن‌ها بهینه‌سازی استفاده از منابع آب و افزایش بهره‌وری کشاورزی است (Sharma et al, 2022). این زنجیره تأمین کشاورزی به مجموعه فرآیندهایی اطلاق می‌شود که شامل تولید، فرآوری، توزیع و مصرف محصولات کشاورزی است. این زنجیره به‌طور مستقیم با تأمین منابع غذایی و پایداری زیست‌محیطی در ارتباط است (Sjah, et al., 2021). در این زنجیره، آبیاری به‌عنوان یکی از عوامل حیاتی، نقش بسزایی در تعیین کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی ایفا می‌کند (Kumar et al., 2013). روش‌های سنتی آبیاری اغلب با مشکلاتی نظیر هدررفت آب و مصرف نابهینه منابع روبرو هستند که نیاز به نوآوری‌های تکنولوژیک را بیش از پیش ضروری می‌سازد (Kagalkar, 2017). آبیاری هوشمند با استفاده از فناوری‌هایی مانند سنسورها، داده‌های کلان و الگوریتم‌های تحلیل، به کشاورزان این امکان را می‌دهد که مصرف آب را به‌طور دقیق‌تری کنترل کرده و نیازهای واقعی گیاهان را تأمین کنند (Badrun et al, 2021). این فناوری‌ها به کشاورزان کمک می‌کنند تا به‌طور مؤثرتر و بهینه‌تر از منابع آب استفاده کنند و به همین دلیل، نقش آبیاری هوشمند در افزایش بهره‌وری و پایداری کشاورزی بسیار حائز اهمیت است (Ahmed et al., 2023). تحقیقات اخیر نشان می‌دهند که پیاده‌سازی آبیاری هوشمند می‌تواند به‌طور قابل توجهی مصرف آب را کاهش داده و در عین حال، کیفیت و مقدار محصولات کشاورزی را بهبود بخشد (Touil et al., 2022). برای مثال، مطالعه‌ای که توسط Kumar و همکاران (2018) انجام شده، نشان می‌دهد که سیستم‌های آبیاری هوشمند توانسته‌اند مصرف آب را تا ۴۰٪ کاهش دهند و در عین حال، عملکرد محصولات را نیز بهبود بخشیده است. زنجیره تأمین کشاورزی، که شامل مراحل مختلفی از کاشت، نگهداری، برداشت، فرآوری و توزیع محصولات است، به‌طور مستقیم تحت تأثیر تکنولوژی‌های نوین قرار دارد. آبیاری هوشمند، می‌تواند به‌طور مؤثر مصرف منابع آب را بهینه‌سازی کرده و به بهبود کیفیت محصولات کمک کند (She et al., 2024). این بهینه‌سازی به نوبه خود منجر به کاهش هزینه‌های تولید و افزایش سودآوری برای کشاورزان می‌شود (Mousavi et al., 2022). پایداری زیست‌محیطی یکی دیگر از جنبه‌های کلیدی است که آبیاری هوشمند به آن توجه ویژه‌ای دارد. با کاهش مصرف آب و بهبود کیفیت خاک، این فناوری به تحقق اهداف پایداری زیست‌محیطی کمک می‌کند و تأثیرات منفی کشاورزی بر محیط زیست را به حداقل می‌رساند (Lakhiar et al., 2024). همچنین، تکنولوژی‌های مرتبط با داده‌های کلان و مدیریت منابع آب به کشاورزان این امکان را می‌دهد که تصمیمات بهتری بگیرند و به‌طور جامع‌تری به تحلیل وضعیت محصولات و منابع بپردازند (Shukla et al., 2021). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که پیاده‌سازی آبیاری هوشمند در زنجیره تأمین کشاورزی می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر بهبود کیفیت محصولات، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری داشته باشد. به‌طور خاص، تکنولوژی‌های پیشرفته‌ای مانند حسگرهای هوشمند و سیستم‌های خودکار، به کشاورزان این امکان را می‌دهند که به‌طور دقیق‌تری به مدیریت آب بپردازند و از هدررفت آن جلوگیری کنند (Boursianis et al., 2020). نمونه‌های موفق جهانی نشان می‌دهند که استفاده از آبیاری هوشمند می‌تواند به افزایش بهره‌وری



و کاهش هزینه‌های عملیاتی کمک کند. به‌عنوان مثال، پروژه‌های آبیاری هوشمند در کشورهای مختلف مانند ایالات متحده و اسرائیل موفق به بهبود قابل توجه بهره‌وری و کاهش مصرف آب شده‌اند (Ouda et al., 2022). این تجربیات می‌توانند به‌عنوان الگوهایی برای پیاده‌سازی فناوری‌های مشابه در دیگر مناطق جهان مورد استفاده قرار گیرند. در نهایت، آبیاری هوشمند به‌عنوان یک جزء اساسی در زنجیره تأمین کشاورزی، به‌طور چشمگیری به بهبود بهره‌وری و پایداری کمک می‌کند. با استفاده از این فناوری، کشاورزان قادر خواهند بود تا به‌طور مؤثرتری به مدیریت منابع آب بپردازند و به اهداف پایداری زیست‌محیطی نزدیک‌تر شوند (Ray & Majumder, 2024).

زنجیره تأمین کشاورزی :

زنجیره تأمین کشاورزی از مراحل تشکیل شده که محصولات کشاورزی از تولید تا مصرف نهایی طی می‌کنند. این زنجیره شامل فرآیندهای متعددی است که به‌هم‌پیوسته و وابسته به هم هستند (جدول ۱). آب و آبیاری هوشمند جایگاه بسیار مهمی در زنجیره تأمین کشاورزی دارد، زیرا مدیریت بهینه منابع آبی در مراحل مختلف تولید و توزیع محصولات کشاورزی تأثیر مستقیمی بر بهره‌وری و پایداری این صنعت دارد. کشاورزی به‌عنوان یکی از بزرگترین مصرف‌کنندگان آب، نیاز به سیستم‌هایی دارد که بتوانند مصرف آب را بهینه کنند. آبیاری هوشمند با استفاده از حسگرها، داده‌های هواشناسی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، مقدار دقیق آب مورد نیاز برای هر بخش از زمین را تعیین کرده و از مصرف بی‌رویه جلوگیری می‌کند. این رویکرد کمک می‌کند تا آب به‌طور موثرتر مصرف شود و تولید محصول افزایش یابد. آبیاری هوشمند با استفاده از داده‌های به‌روز در مورد رطوبت خاک، دمای محیط و وضعیت گیاه، به کشاورزان این امکان را می‌دهد تا تصمیمات دقیق‌تری در مورد زمان و مقدار آبیاری اتخاذ کنند. این مدیریت دقیق منابع می‌تواند هزینه‌های عملیاتی را کاهش داده و کیفیت محصولات را افزایش دهد. استفاده بیش از حد از آب در کشاورزی منجر به مشکلات زیست‌محیطی نظیر کاهش منابع آب‌های زیرزمینی و شور شدن خاک می‌شود. آبیاری هوشمند می‌تواند مصرف آب را به حداقل برساند و از پایداری منابع آب برای نسل‌های آینده محافظت کند. این مسئله در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. استفاده از فناوری‌های هوشمند در آبیاری نه تنها باعث افزایش بهره‌وری می‌شود، بلکه هزینه‌های انرژی و نیروی کار مرتبط با مدیریت آبیاری را نیز کاهش می‌دهد. با کاهش مصرف آب و انرژی، کشاورزان می‌توانند سوددهی بیشتری داشته باشند و همچنین محصولات با کیفیت‌تری تولید کنند. در مناطقی که تغییرات آب و هوایی به‌طور چشمگیری بر کشاورزی تأثیر می‌گذارد، سیستم‌های آبیاری هوشمند می‌توانند به کشاورزان کمک کنند تا نوسانات آب و هوا را مدیریت کرده و محصولات خود را در برابر خشکسالی یا بارش‌های سنگین محافظت کنند. این انعطاف‌پذیری باعث افزایش ثبات و پایداری تولید محصولات کشاورزی در شرایط مختلف می‌شود. آبیاری هوشمند باعث می‌شود که کشاورزان بتوانند برنامه‌ریزی بهتری برای زمان برداشت محصول داشته باشند. اطلاعات دقیق در مورد میزان رشد گیاه و نیازهای آبی آن، به بهینه‌سازی زمان و کیفیت تولید محصول کمک می‌کند. این برنامه‌ریزی دقیق تأثیر مستقیمی بر مراحل بعدی زنجیره تأمین نظیر انبارداری، حمل و نقل و توزیع دارد. با بهبود مدیریت آب و آبیاری هوشمند، میزان تولید محصولات کشاورزی به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. این افزایش تولید، نقش مهمی در بهبود امنیت غذایی ایفا می‌کند، به‌خصوص در مناطقی که با بحران‌های غذایی روبرو هستند.

به‌طور کلی، آبیاری هوشمند با بهینه‌سازی مصرف آب، کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و پایداری زیست‌محیطی می‌تواند تأثیر شگرفی بر زنجیره تأمین کشاورزی داشته باشد و به ایجاد سیستم‌های کشاورزی پایدارتر و کارآمدتر کمک کند.



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



جدول ۱- مراحل زنجیره تامین کشاورزی

۱	مرحله زنجیره تامین	زیر مراحل
	تأمین ورودی‌های کشاورزی	بذر ها و نهال‌ها: انتخاب و خرید بذر یا نهال‌های مناسب و مقاوم برای کاشت کودها و سموم :تأمین کودهای شیمیایی یا طبیعی و همچنین سموم دفع آفات. آب و تجهیزات آبیاری :برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آبی و تجهیزات مربوطه مثل سیستم‌های آبیاری قطره‌ای. ماشین‌آلات و ابزار کشاورزی :تراکتور، دستگاه‌های برداشت و سایر ابزارهای مدرن و سنتی
۲	کاشت	آماده‌سازی زمین :شخم زدن، آماده کردن بستر کاشت کاشت محصولات :کاشت بذر ها یا نهال‌ها بر اساس زمان‌بندی مناسب و شرایط جغرافیایی. آبیاری و نگهداری :آبیاری منظم و استفاده از روش‌های مناسب برای حفظ سلامت گیاهان. مدیریت آفات و بیماری‌ها :جلوگیری و مبارزه با آفات و بیماری‌های کشاورزی.
۳	برداشت	زمان برداشت :برداشت محصولات در زمان مناسب برای حفظ کیفیت و بازدهی بهتر. روش‌های برداشت :استفاده از روش‌های دستی یا ماشینی بسته به نوع محصول.
۴	پردازش و بسته‌بندی	پردازش اولیه :شست‌وشو، جداسازی و در برخی موارد فرآوری اولیه مانند پوست‌گیری، خشک کردن و بسته‌بندی اولیه. بسته‌بندی :بسته‌بندی مناسب برای حفظ محصول از فساد و افزایش طول عمر آن.
۵	انبارداری و ذخیره‌سازی	انبارداری کوتاه‌مدت و بلندمدت :ذخیره‌سازی محصولات در شرایط مناسب (مثلاً سردخانه‌ها) برای جلوگیری از خرابی و حفظ کیفیت.
۶	حمل و نقل	انتقال محصولات :حمل‌ونقل محصولات از مزارع به بازارها یا کارخانجات فرآوری. این مرحله باید سریع و کارآمد باشد تا محصولات تازه به دست مصرف‌کننده برسند. شبکه توزیع :شبکه‌های توزیع داخلی و بین‌المللی برای ارسال محصولات به مقاصد مختلف.



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



۷	توزیع	فروشگاه‌ها و بازارهای عمده‌فروشی: محصولات به فروشگاه‌ها، سوپرمارکت‌ها، بازارهای محلی یا مراکز عمده‌فروشی منتقل می‌شوند. عرضه به بازار نهایی: توزیع محصولات به مصرف‌کنندگان نهایی از طریق خرده‌فروشان یا پلتفرم‌های آنلاین.
	مصرف‌کننده نهایی	مصرف نهایی: محصول به دست مصرف‌کننده نهایی می‌رسد و در خانه‌ها، رستوران‌ها یا صنایع غذایی مصرف می‌شود.
	مدیریت پسماند و بازیافت	مدیریت ضایعات کشاورزی: مدیریت ضایعات ناشی از فرآیندهای کاشت، برداشت و فرآوری. این شامل بازیافت پسماندها به عنوان کود یا استفاده از آنها در صنایع مختلف مانند تولید انرژی (بیوگاز) می‌شود.
	ضایعات بسته‌بندی	ضایعات بسته‌بندی: مدیریت و کاهش استفاده از مواد بسته‌بندی پلاستیکی و جست‌وجوی جایگزین‌های پایدارتر.
	حفظ پایداری و اثرات زیست‌محیطی	پایداری کشاورزی: استفاده از روش‌های کشاورزی پایدار مثل کشاورزی ارگانیک، مدیریت منابع آب، و حفاظت از خاک. کاهش اثرات زیست‌محیطی: کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و سموم، کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای، و بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر.

ماهیت و اهمیت آبیاری هوشمند در زنجیره تأمین کشاورزی

آبیاری هوشمند ماهیتاً به مجموعه‌ای از فناوری‌ها و سیستم‌ها اطلاق می‌شود که با استفاده از داده‌های حسگرها، تحلیل‌های پیشرفته و الگوریتم‌های خودکار، فرآیند آبیاری را بهینه‌سازی می‌کند. این سیستم‌ها به طور معمول شامل سنسورهای محیطی برای اندازه‌گیری شرایط خاک، رطوبت، دما و نیازهای آبی گیاهان هستند و از فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا (IoT)، داده‌های کلان (Big Data) و یادگیری ماشین برای تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی نیازهای آبی استفاده می‌کنند.

اهمیت آبیاری هوشمند در بهینه‌سازی مصرف آب، افزایش بهره‌وری کشاورزی، کاهش هزینه‌ها و مدیریت بهتر داده‌ها و تصمیم‌گیری است. با استفاده از آبیاری هوشمند، مصرف آب به طور دقیق و بر اساس نیاز واقعی گیاهان تنظیم می‌شود، که باعث کاهش هدررفت آب و بهره‌وری بهتر منابع آبی می‌شود. این امر به ویژه در مناطق با کمبود آب و شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک اهمیت دارد. آبیاری هوشمند به کشاورزان کمک می‌کند تا با ارائه مقدار مناسب آب در زمان مناسب، سلامت و رشد بهینه گیاهان را تضمین کنند. این به نوبه خود می‌تواند عملکرد و تولید محصول را افزایش دهد. با کاهش مصرف آب و بهینه‌سازی فرآیند آبیاری، هزینه‌های مربوط به منابع آب و انرژی کاهش می‌یابد. همچنین، بهبود کارایی سیستم‌های آبیاری می‌تواند هزینه‌های عملیاتی و تعمیر و نگهداری را کاهش دهد. استفاده از داده‌های حسگر و تحلیل‌های پیشرفته به کشاورزان این امکان را می‌دهد که تصمیمات بهتری در مورد زمان و مقدار آبیاری اتخاذ کنند. این تصمیمات مبتنی بر داده‌های دقیق و پیش‌بینی‌های علمی هستند.



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



جایگاه آبیاری هوشمند در زنجیره تأمین کشاورزی:

در زنجیره تأمین کشاورزی، آبیاری هوشمند نقش کلیدی در کاهش اتلاف منابع آبی دارد. این سیستم به کاهش مصرف آب غیرضروری کمک کرده و در نتیجه، منابع آبی را برای دیگر بخش‌های زنجیره تأمین مانند فرآوری و توزیع محصولات حفظ می‌کند (کاهش اتلاف منابع). با تأمین نیازهای آبی گیاهان به شکل دقیق و مناسب، کیفیت محصول بهبود یافته و از نظر اندازه، طعم و ارزش غذایی به سطح بالاتری می‌رسد. این به نوبه خود می‌تواند بر قابلیت رقابت محصول در بازار تأثیرگذار باشد (بهبود کیفیت محصول). آبیاری هوشمند به کشاورزان کمک می‌کند تا در راستای اصول کشاورزی پایدار عمل کنند. با استفاده بهینه از منابع آبی، فشار کمتری بر منابع طبیعی وارد می‌شود و به حفظ محیط زیست کمک می‌کند (پایداری و مدیریت منابع). آبیاری هوشمند می‌تواند به راحتی با سایر فناوری‌های کشاورزی مانند مدیریت مزرعه، پیش‌بینی آب و هوا و تجزیه و تحلیل خاک یکپارچه شود. این یکپارچگی باعث ایجاد یک زنجیره تأمین کشاورزی کارآمد و هماهنگ می‌شود (یکپارچگی با سایر فناوری‌ها) در کل، آبیاری هوشمند به عنوان یک ابزار کلیدی در مدیریت منابع آبی و بهبود کارایی کشاورزی، جایگاه ویژه‌ای در زنجیره تأمین کشاورزی دارد و می‌تواند به حل بسیاری از چالش‌های مرتبط با تأمین غذا و حفظ منابع طبیعی کمک کند.

بحث و نتایج:

در این مقاله، به بررسی نقش و اهمیت آبیاری هوشمند در بهبود مدیریت منابع آبی در کشاورزی پرداخته شد. این بحث نهایی تلاش دارد تا به تحلیل عمیق‌تری از مزایا، چالش‌ها و فرصت‌های مرتبط با آبیاری هوشمند بپردازد و جایگاه آن را در زنجیره تأمین کشاورزی روشن کند.

❖ تأثیرات کلیدی آبیاری هوشمند:

- **بهینه‌سازی مصرف آب:** آبیاری هوشمند با استفاده از سنسورهای پیشرفته و تحلیل‌های داده، مصرف آب را به میزان قابل توجهی بهینه می‌کند. این فناوری به کشاورزان امکان می‌دهد تا بر اساس نیاز واقعی گیاهان و شرایط خاک، میزان آب مورد نیاز را دقیقاً تعیین کنند. کاهش هدررفت آب نه تنها به حفظ منابع آبی کمک می‌کند، بلکه به کاهش فشار بر منابع آبی در مناطق با کمبود آب و شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک منجر می‌شود.
- **افزایش بهره‌وری کشاورزی:** با ارائه مقدار مناسب آب در زمان‌های مشخص، آبیاری هوشمند به رشد بهینه گیاهان و افزایش عملکرد محصولات کمک می‌کند. بهبود کیفیت و کمیت محصولات می‌تواند موجب افزایش درآمد کشاورزان و تقویت امنیت غذایی شود. از طرفی، افزایش بهره‌وری به معنای استفاده مؤثرتر از منابع و کاهش نیاز به زمین‌های جدید برای کشت است.
- **کاهش هزینه‌ها:** سیستم‌های آبیاری هوشمند با کاهش مصرف آب و انرژی، هزینه‌های مرتبط با این منابع را کاهش می‌دهند. همچنین، بهینه‌سازی فرآیند آبیاری می‌تواند هزینه‌های تعمیر و نگهداری سیستم‌های آبیاری را کاهش دهد. این کاهش هزینه‌ها به کشاورزان کمک می‌کند تا به طور اقتصادی‌تر عمل کنند و توانایی مالی آنها را تقویت می‌کند.

❖ چالش‌ها و راهکارها:

- **هزینه‌های اولیه و نیاز به سرمایه‌گذاری:** نصب سیستم‌های آبیاری هوشمند ممکن است نیازمند سرمایه‌گذاری اولیه بالا باشد. برای غلبه بر این چالش، ایجاد مشوق‌ها و تسهیلات مالی برای کشاورزان، و کاهش هزینه‌های فناوری با



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

پیشرفت‌های تکنولوژیکی، می‌تواند موثر باشد. همچنین، همکاری‌های بین‌المللی و برنامه‌های آموزشی می‌تواند به تسهیل پذیرش این فناوری کمک کند.

- **نیاز به آموزش و پذیرش فناوری:** استفاده از آبیاری هوشمند نیازمند دانش و مهارت‌های خاص است. برنامه‌های آموزشی و کارگاه‌های عملی برای کشاورزان می‌تواند به افزایش پذیرش و استفاده مؤثر از این فناوری کمک کند. همچنین، ارائه راهنمایی‌های عملی و پشتیبانی فنی از طرف تأمین‌کنندگان فناوری می‌تواند به حل این مشکل کمک کند.
- **یکپارچگی با سایر فناوری‌ها:** برای بهره‌برداری کامل از مزایای آبیاری هوشمند، نیاز است که این سیستم‌ها با سایر فناوری‌های کشاورزی مانند مدیریت مزرعه، پیش‌بینی آب و هوا و تجزیه و تحلیل خاک یکپارچه شوند. ایجاد سیستم‌های یکپارچه و هماهنگ که بتوانند داده‌ها را به صورت جامع و هماهنگ مدیریت کنند، از اهمیت بالایی برخوردار است.

❖ فرصت‌ها و چشم‌انداز آینده:

- **پیشرفت‌های فناوری:** با پیشرفت‌های مداوم در زمینه اینترنت اشیا (IoT)، داده‌های کلان (Big Data) و یادگیری ماشین، سیستم‌های آبیاری هوشمند می‌توانند بهبودهای بیشتری پیدا کنند. این فناوری‌ها قادر خواهند بود تا تحلیل‌های پیچیده‌تری را ارائه دهند و پیش‌بینی‌های دقیق‌تری از نیازهای آبی گیاهان ارائه دهند.
- **توسعه راهکارهای پایدار:** آبیاری هوشمند می‌تواند به عنوان یک راه‌حل پایدار برای مشکلات مرتبط با منابع آب و امنیت غذایی در نظر گرفته شود. با کاهش مصرف منابع و افزایش بهره‌وری، این فناوری می‌تواند به تأمین نیازهای آینده بشر و حفظ محیط زیست کمک کند.
- **گسترش استفاده و همکاری‌های بین‌المللی:** افزایش آگاهی و پذیرش جهانی نسبت به مزایای آبیاری هوشمند، و همچنین توسعه همکاری‌های بین‌المللی برای به اشتراک‌گذاری دانش و تجربیات، می‌تواند به ارتقاء این فناوری و گسترش استفاده از آن در سطح جهانی کمک کند.

نتیجه‌گیری:

آبیاری هوشمند به عنوان یک ابزار کلیدی در مدیریت پایدار منابع آب و بهبود کشاورزی مدرن، توانسته است به بهینه‌سازی مصرف آب، افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها کمک کند. با توجه به چالش‌های موجود در تأمین منابع آبی و نیاز به استراتژی‌های مؤثر برای مدیریت این منابع، استفاده از آبیاری هوشمند می‌تواند به عنوان یک راه‌حل پایدار و کارآمد در آینده کشاورزی شناخته شود. به علاوه، با توجه به پیشرفت‌های فناوری و افزایش پذیرش این سیستم‌ها، انتظار می‌رود که نقش آبیاری هوشمند در زنجیره تأمین کشاورزی بیش از پیش برجسته شود و به حل مشکلات جهانی مرتبط با آب و امنیت غذایی کمک کند.



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



منابع:

- Molden, D. (2013). Water for food water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture. Routledge
- Qian, M., Qian, C., Xu, G., Tian, P., & Yu, W. (2024). Smart Irrigation Systems from Cyber–Physical Perspective: State of Art and Future Directions. *Future Internet*, 16(7), 234.
- García, L., Parra, L., Jimenez, J. M., Lloret, J., & Lorenz, P. (2020). IoT-based smart irrigation systems: An overview on the recent trends on sensors and IoT systems for irrigation in precision agriculture. *Sensors*, 20(4), 1042.
- Sharma, V., Tripathi, A. K., & Mittal, H. (2022). Technological revolutions in smart farming: Current trends, challenges & future directions. *Computers and Electronics in Agriculture*, 201, 107217.
- Sjah, T., & Zainuri, Z. (2020). Agricultural supply chain and food security. In *Zero Hunger* (pp. 79-88). Cham: Springer International Publishing.
- Kumar, N. D., Pramod, S., & Sravani, C. (2013). Intelligent irrigation system.
- Kagalkar, A. (2017). Smart irrigation system. *International Journal of Engineering Research*, 6(5).
- Badrin, B., & Manaf, M. (2021, September). The development of smart irrigation system with IoT, cloud, and Big Data. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 830, No. 1, p. 012009). IOP Publishing.
- Ahmed, Z., Gui, D., Murtaza, G., Yunfei, L., & Ali, S. (2023). An overview of smart irrigation management for improving water productivity under climate change in drylands. *Agronomy*, 13(8), 2113.
- Touil, S., Richa, A., Fizir, M., Argente García, J. E., & Skarmeta Gomez, A. F. (2022). A review on smart irrigation management strategies and their effect on water savings and crop yield. *Irrigation and Drainage*, 71(5), 1396-1416.
- Kumar, D. S., Haritha, V., Pravalika, C., Kumar, V. U., & Vijay, P. (2018). Automatic Irrigation System Using IOT.
- She, Y., Chen, J., Zhou, Q., Wang, L., Duan, K., Wang, R., ... & Zhao, Y. (2024). Evaluating Losses from Water Scarcity and Benefits of Water Conservation Measures to Intercity Supply Chains in China. *Environmental Science & Technology*, 58(2), 1119-1130.
- Moussavi, S. E., Sahin, E., & Riane, F. (2024). A discrete event simulation model assessing the impact of using new packaging in an agri-food supply chain. *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, 11(1), 2305816.
- Shukla, R., Dubey, G., Malik, P., Sindhwani, N., Anand, R., Dahiya, A., & Yadav, V. (2021). Detecting crop health using machine learning techniques in smart agriculture system. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 80(08), 699-706.
- Boursianis, A. D., Papadopoulou, M. S., Gotsis, A., Wan, S., Sarigiannidis, P., Nikolaidis, S., & Goudos, S. K. (2020). Smart irrigation system for precision agriculture—The AREThOU5A IoT platform. *IEEE Sensors Journal*, 21(16), 17539-17547.
- Ouda, S., Zohry, A. E. H., Ouda, S., & Zohry, A. E. H. (2022). Water-smart practices to manage water scarcity. *Climate-Smart Agriculture: Reducing Food Insecurity*, 3-26.
- Ray, S., & Majumder, S. (2024). Water management in agriculture: Innovations for efficient irrigation. *Modern Agronomy; Sil, P., Chhetri, P., Majumder, S., Santosh, DT, Eds*, 169-185.



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



Smart Irrigation at the Heart of the Agricultural Supply Chain: The Key to Future Productivity and Sustainability

Sayed Vahed Moosavi^{1*}, Reza Radfar², Saeed Setayeshi³

^{1*}PhD Candidate, Department of Information Technology Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Email: Sava.Moosavi@gmail.com

² Faculty member, Information Technology Management Department, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

³ Faculty member, Nuclear Engineering Department, Faculty of Physics and Energy Engineering, Amirkabir University, Tehran, Iran

Abstract

Smart irrigation, as a revolutionary technology in agriculture, is becoming a key element and the heartbeat of the agricultural supply chain. This paper examines the critical role of smart irrigation in transforming the agricultural supply chain and its impact on productivity and sustainability. By utilizing advanced technologies such as sensors, big data, and analytical algorithms, smart irrigation effectively optimizes water consumption and meets the precise needs of crops. This technology not only helps reduce water resource waste and improve product quality but also leads to lower operational costs and increased profitability. The paper analyzes the profound impacts of smart irrigation across all stages of the agricultural supply chain, from planting and maintenance to harvesting and distribution, and reviews successful global examples. The research findings indicate that smart irrigation, as a fundamental component, has the potential to drive fundamental changes in the agricultural supply chain and can contribute to achieving environmental sustainability goals and improving economic productivity on a global scale.

Keywords: Smart Irrigation, Agricultural Supply Chain, Agricultural Productivity, Environmental Sustainability