نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۹، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۱، ص. ۱۱۴-۱۰۳

Water Management in Agriculture
Vol. 9, No. 2, Autumn and Winter 2023, 103-114

مقاله علمی- فنی-ترویجی

فرصت‌ها و چالش‌های استفاده از برنامه‌های هوشمند تلفن همراه در آبیاری محصولات کشاورزی

مهسا حیدری علی‌کمر[۱]، محمدرضا خالدیان[۲*]، محمدحسن بیگلویی[۳] و محمود قاسم‌نژاد[۴]

چکیده

به‌طور سنتی کشاورزان از حواس و ادراک خود برای تشخیص و نظارت بر سلامت و نیازهای محصولات خود استفاده کرده‌اند. با این‌حال، انسان دارای پنج حس ادراکی اساسی با سطح دقت متفاوت است که می‌تواند از انسانی به انسان دیگر تغییر کرده و تا حد زیادی به استرس، تجربه، سلامتی و سن بستگی دارد. برای غلبه بر این مشکل، در دهه گذشته، با ظهور فناوری تلفن‌های هوشمند، برنامه‌های جدید کشاورزی برای دستیابی به سامانه‌های تشخیص بهتر، مقرون‌به‌صرفه، دقیق و قابل‌حمل توسعه داده شد. تلفن‌های هوشمند معمولی مجهز به چندین حس‌گر هستند که می‌توانند برای پشتیبانی از فعالیت‌های کشاورزی معمولی و پیشرفته در زمان واقعی با هزینه بسیار کم مفید باشند؛ بنابراین، توسعه برنامه‌های کشاورزی مبتنی بر دستگاه‌های تلفن هوشمند در سال‌های اخیر به‌طور تصاعدی افزایش یافته است. بااین‌حال، پتانسیل بزرگی که توسط برنامه‌های تلفن هوشمند ارائه می‌شود هنوز به‌طور کامل محقق نشده است. با توجه به اینکه مدیریت مزرعه و عملیات آبیاری معمولاً زمان زیادی نیاز دارد بنابراین نیروی انسانی باید در زمان مشخص انجام وظایف کنند. استفاده از نرم‌افزارهای گوشی هوشمند سبب افزایش کیفیت مدیریت و استفاده بهتر از نهاده و همچنین کاهش صرف وقت و نیروی انسانی و درنهایت هزینه‌های مربوطه می‌شود؛ بنابراین، مقاله حاضر مرور و تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های چندین برنامه تلفن همراه را برای استفاده در کشاورزی هوشمند موجود در بازار یا توسعه‌یافته در پژوهش‌های مختلف ارائه می‌دهد. این امر به کشاورزان کمک می‌کند تا شناختی از نوع برنامه‌های موجود، ویژگی‌ها و مقایسه بین آن‌ها داشته باشند. همچنین، این مقاله یک منبع مناسب برای کمک به پژوهش¬گران و توسعه‌دهندگان برنامه‌های کاربردی برای درک محدودیت‌های ابزارها و خلأهای موجود برای انجام کارهای جدید است.

واژه‌های کلیدی: نرم‌افزار کاربردی تلفن همراه، برنامه‌ریزی آبیاری، بیلان آب، کشاورزی هوشمند

مقدمه

آب یکی از مهم‌ترین منابع مورد نیاز جامعه بشری و درعین‌حال کمبود آن‌یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های قرن حاضر است که می‌تواند سرمنشأ بسیاری از تحولات مثبت و منفی جهان قرار گیرد (قلی‌زاده سرابی و همکاران، ۱۳۹۸). عدم انطباق بین تأمین و تقاضای آب، می‌تواند در بعد محلی، منطقه‌ای، ملی و حتی در بعد جهانی بحران‌آفرین باشد. عدم تعادل در بخش منابع آب می‌تواند ناشی از چرخه هیدرولوژی و محدودیت طبیعی منابع آب و نیز فعالیت‌های بشری نظیر استفاده بی‌رویه و آلوده کردن منابع آب (Bakas et al., 2020; Flores et al., 2021; حمدی احمدآبادی و همکاران، ۱۳۹۸). مطالعات مختلفی وجود دارد که خطرات ناشی از کمبود آب و آسیب‌پذیری منابع آب را در مقیاس منطقه‌ای و جهانی مورد بررسی قرار داده‌اند (احمدالی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Yin et al., 2021). با توجه به اینکه در دهه‌های اخیر، جمعیت رشد

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
[۲] دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان و گروه آب و محیط زیست پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر، رشت، ایران (* نویسنده مسئول: khaledian@guilan.ac.ir).
[۳] دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
[۴] استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۱
DOR: 20.1001.1.24764531.1401.9.2.8.1

قابل‌توجهی داشته و در پی آن نیاز به تولید مواد غذایی و گیاهی بیشتر شده است، لذا موجب استفاده بیشتر و گسترده‌تر انسان از منابع طبیعی به‌خصوص منابع آبی شده است. مطابق پیش‌بینی‌ها طی ۲۵ سال آینده نیاز به تولیدات گیاهی دو برابر خواهد شد، اما مشکل کمبود منابع آب مانعی در برابر استفاده بهینه و تولید محصولات کشاورزی خواهد بود (حسنی و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به اینکه کشاورزی، بزرگ‌ترین و بیشترین مصرف‌کننده آب است، نوک پیکان انتقادها به این سمت خواهد بود و تلاش برای کاهش مصرف آب در این بخش و افزایش بهره‌وری آب، امری ضروری و الزامی به نظر می‌رسد (حسنی و همکاران، ۱۳۹۹).

امروزه فشار وارده بر بخش کشاورزی توسط ادارات دولتی و مشتریان برای تغییر تولید از تمرکز بر کمیت به تمرکز بر پایداری و کیفیت در حال افزایش است. این شرایط وظایف مدیریتی در مقیاس مزرعه و همچنین تقاضای اطلاعات قابل‌اعتماد در مورد کل فرآیند درگیر در تولید محصول را دشوارتر می‌کند (Sorensen et al., 2010). به این دلایل کشاورزان با چالش دشوار استفاده کارآمد قابل‌تأیید از منابع که اثرات زیست‌محیطی را کاهش دهد و درعین‌حال سود خود را حفظ کند یا حتی افزایش دهد؛ روبرو هستند. فناوری اطلاعات و ارتباطات، پایه‌ای برای توسعه ابزارهایی برای کمک به کشاورزان در انجام وظایف مدیریتی است. استفاده از تلفن‌های هوشمند در حال حاضر بخشی از سبک زندگی انسان است (Rusdi et al., 2019). فناوری شبکه در مدیریت آبیاری بسیار مورد نیاز است. سرمایه‌گذاری در بهبود فن‌آوری و روش‌های آبیاری به افزایش صرفه‌جویی در مصرف آب و تأمین تقاضا کمک می‌کند و استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات و روش‌های مختلف می‌تواند کمبود آب را به حداقل برساند. در دهه گذشته کارهای زیادی در زمینه کاربرد فناوری اطلاعات و ارتباطات در کشاورزی و به‌ویژه در آبیاری در مقیاس کشاورزان یا منطقه آبیاری توسعه یافته است (Bartlett et al., 2015) که بیشتر شامل فناوری‌های پایش محلی، سنجش از دور، مدل‌سازی محصول یا کنترل از راه دور فرآیند آبیاری هستند.

یکی از مزایای بزرگ استفاده از برنامه تلفن‌های هوشمند این است که آن‌ها نمونه‌هایی از فناوری قابل‌حمل و استفاده آسان هستند که امکان تسهیل تصمیم‌گیری را در زمان واقعی فراهم می‌کنند؛ بااین‌وجود، اکثر این برنامه‌ها کاربرپسند نیستند، یا متغیر ارائه‌شده (به‌عنوان‌مثال نیاز آبی روزانه محصول) نیازمند محاسبات اضافی برای تبدیل آن به داده‌های مفید، یعنی متغیرهای مدیریتی (مانند نیاز آبیاری) است. به‌طور خلاصه، این مقاله پیشرفت‌های اخیر در زمینه فناوری‌های کشاورزی مبتنی بر گوشی‌های هوشمند را بررسی می‌کند. در این مقاله به بررسی ادبیات موضوع و تجزیه‌وتحلیل نظام‌مند ویژگی‌ها و عملکردهای مختلف برنامه‌های کاربردی تلفن همراه پرداخته شده است که برای استفاده در کشاورزی هوشمند و دقیق توسعه داده شده‌اند. این برنامه‌ها یا در بازار موجود هستند یا به‌عنوان بخشی از یک پژوهش توسعه یافته‌اند و انواع مختلفی از برنامه‌ها را شامل می‌شوند. در این مقاله از برنامه‌های ساده مدیریت مزرعه تا برنامه‌های تصمیم‌گیری پیشرفته با الگوریتم‌های پردازش داده ساخته‌شده روی گوشی هوشمند یا در فضای ابری، شرح داده می‌شوند.

این مرور نظام‌مند آخرین پیشرفت‌ها در برنامه‌های کاربردی کشاورزی مبتنی بر تلفن‌های هوشمند را که از سال ۲۰۱۴ تاکنون گزارش شده است، جمع‌آوری می‌کند. این بررسی شامل برنامه‌های موجود در Google play و App Store است که برنامه‌های رایگان و پولی برای سیستم‌عامل Android و iOS ارائه داده‌اند. این خصوصیات عبارت‌اند از:

- نوع پردازش (بدون پردازش، پردازش در گوشی و پردازش در فضای ابری)
- سیستم عامل مورد نیاز (اندروید، آیفون و ویندوز) و منبعی که برنامه از آن‌جا در دسترس قرار گرفته است (پایگاه داده علمی، Google Play اندروید و App Store آیفون).
- در دسترس بودن
- زبان تحت پوشش
- نیاز به اینترنت

- استفاده از حسگرهای داخلی گوشی هوشمند یا نیاز به حسگرهای خارجی
- امکان ذخیره و استفاده مجدد از داده‌ها
- رابط گرافیکی (ساده یا همراه با جزئیات) و سهولت استفاده

برنامه‌های کاربردی کشاورزی مبتنی بر تلفن‌های هوشمند

(Migliaccio et al., 2015) Turf Irrigation

این برنامه برای برنامه‌ریزی آبیاری یا تعیین مدت‌زمان آبیاری با توجه به حداقل ورودی کاربر و داده‌های آب‌وهوای واقعی سال ۲۰۱۴ برای آبیاری چمن در Homestead، فلوریدا، ایالات‌متحده طراحی شد. مقادیر پیش‌فرض برای اکثر ورودی‌ها در دسترس است، اما کاربران این گزینه را دارند که بر اساس دانش خود از سامانه آبیاری، این مقادیر را تغییر دهند. صفحه ورودی سامانه نیاز به شناسایی مکان (طول و عرض جغرافیایی)، نام‌گذاری سامانه، شناسایی نوع خاک و عمق ریشه دارد. انتخاب نوع خاک و عمق ریشه اطلاعاتی را ارائه می‌دهد که در محاسبات آبیاری استفاده می‌شود. عمق ریشه دارای مقدار پیش‌فرض ۱۲ اینچ (۳۰/۵ سانتی‌متر) است. اگر اطلاعات ارائه‌شده منجر به برنامه آبیاری بیش از ظرفیت نگهداری آب در خاک شود، این برنامه به کاربر هشدار می‌دهد. شکل (۱) تصاویری از برنامه را نشان می‌دهد. در یک بررسی عمق آب آبیاری اعمال‌شده (برحسب میلی‌متر) در هر تیمار و فصل اندازه‌گیری شد (جدول ۱). نتایج نشان داد که برنامه و کنترل‌کننده‌های ET در مقایسه با تیمار مبتنی بر زمان (آبیاری هر پنج روز یک‌بار انجام شود)، به‌طور قابل‌توجه عمق آبیاری کمتری داشتند که منجر به صرفه‌جویی ۴۲٪ تا ۵۷٪ در مصرف آب در دو فصل خشک و تر شد.

جدول ۱- عمق آب آبیاری اعمال‌شده (میلی‌متر) در طول فصل رشد در هر تیمار

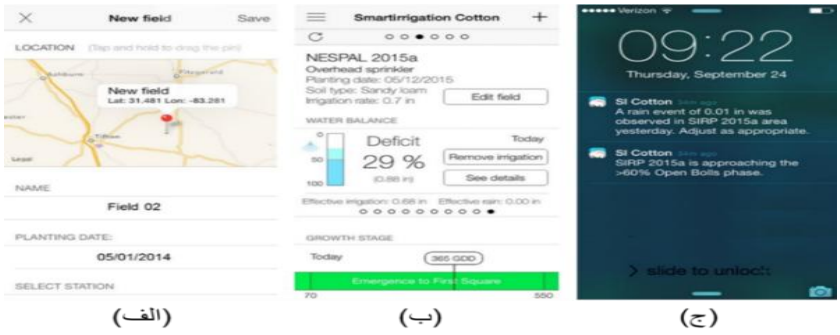
تیمار	کل داده‌ها		فصل خشک		فصل تر	
	کل	میانگین	کل	میانگین	کل	میانگین
مبتنی بر زمان	۲۱۰۹	۲۰a	۱۰۳۱	۲۰a	۱۰۷۸	۲۱a
نرم‌افزار	۱۰۸۶	۱۰ b	۴۶۷	۹ b	۶۱۹	۱۲ b
کنترل‌کننده تبخیر تعرق ۱	۸۹۸	۹ b	۴۶۰	۹ b	۴۳۸	۸ b
کنترل‌کننده تبخیر تعرق ۲	۱۲۲۲	۱۲c	۶۹۶	۱۳c	۵۲۵	۱۰bc

اختلاف معنایی در سطح α=۰،۰۵ بررسی شد

شکل ۱- تصاویری از برنامه Turf Irrigation که نوع آبپاش و صفحه انتخاب حالت صرفه‌جویی در آب را نشان می‌دهد

Cotton Smart irrigation(Vellidis et al., 2016)

یک برنامه تلفن همراه برای برنامه‌ریزی آبیاری پنبه است که توسط محققان دانشگاه جورجیا، فلوریدا و کارولینای شمالی ایالات‌متحده توسعه‌یافته است. این نرم‌افزار از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی، پارامترهای خاک، فنولوژی محصول، ضرایب گیاهی و برنامه‌های آبیاری برای تخمین کمبود آب خاک منطقه ریشه[1] استفاده می‌کند. به‌عنوان ورودی، این برنامه فقط نیاز دارد که کاربر مختصات GPS مزرعه‌ای را که می‌خواهد آبیاری را برنامه‌ریزی کند، وارد کند (اگر کاربر GPS گوشی هوشمند خود را فعال کرده باشد، برنامه به‌طور خودکار موقعیت جغرافیایی فعلی را دریافت می‌کند)، نوع خاک، نوع سامانه آبیاری و میزان آبیاری پیش‌فرض است. اگر کمبود آب خاک منطقه ریشه از ۴۰ درصد بیشتر شود، تغییرات فنولوژیکی رخ می‌دهد، یا زمانی که باران در نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی ثبت می‌شود، یک اعلان برای کاربر ارسال می‌شود. این مدل توصیه‌های کاربردی آبیاری را ارائه نمی‌دهد. بااین‌حال، کاربران ممکن است از اطلاعات کمبود آب خاک منطقه ریشه برای تصمیم‌گیری مناسب آبیاری استفاده کنند. شکل (۲) صفحات اصلی برنامه Cotton Smart irrigation را نشان می‌دهد. در مطالعه انجام‌شده در دو سال متوالی مشاهده شد که در دو تیمار اعمال‌شده عمق آب آبیاری با استفاده از این نرم‌افزار کاهش یافته و میزان بهره‌وری به میزان قابل‌توجهی افزایش پیدا کرد (جدول ۲)؛ همچنین باعث بهبود در کیفیت و کمیت محصول پنبه شده است که تأییدکننده کاربردی بودن نرم‌افزار مربوطه است.



(الف) (ب) (ج)

شکل ۲- صفحات اصلی Cotton Smart irrigation (الف) تعیین موقعیت مزرعه در نقشه؛ (ب) صفحه رابط کاربر اصلی؛ (ج) اعلان‌ها در مورد باران و تغییرات فنولوژی

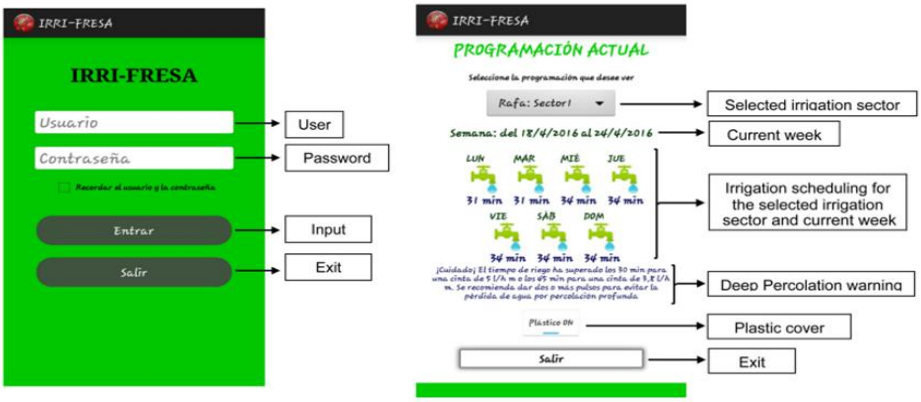
جدول ۲ – مقایسه عملکرد برنامه پنبه در مقایسه با مدیریت معمول منطقه و مدیریت Cotton App

بارندگی در سال	روش اندازه‌گیری	خاک‌ورزی معمولی			خاک‌ورزی حفاظتی		
		عملکرد	آبیاری	بهره‌وری	عملکرد	آبیاری	بهره‌وری
میلی متر		کیلوگرم در هکتار	میلی‌متر	کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر	کیلوگرم در هکتار	میلی‌متر	کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر
۲۰۱۳ (۶۹۶)	چک بوک	۱۲۸۹b	۳۱۰	۴,۱	۱۵۱۳b	۳۲۳	۴,۶
	برنامه آبیاری پنبه	۱۴۱۱ a	۷۶	۱۸,۵	۱۶۶۴ a	۷۶	۲۱,۸
۲۰۱۴ (۲۸۵)	چک بوک	۱۹۱۵ b	۳۸۸	۴,۹	۱۸۶۰ b	۳۸۸	۴,۷
	برنامه آبیاری پنبه	۲۰۶۷a	۲۳۱	۸,۹	۲۰۱۱a	۲۳۱	۸,۷
	UGS SSA 50KPA	۱۹۷۴ b	۳۱۵	۶,۲	۱۷۲۱ c	۳۷۲	۴,۶

[1] Root Zone Soil Water Deficit (RZSWD)

(Perea et al., 2017) IrriFresa

یک برنامه چند پلتفرمی متشکل از ویندوز و تلفن همراه است (محاسبات در نسخه ویندوز انجام‌شده و اطلاعات با استفاده از تلفن همراه در اختیار کشاورز قرار داده می‌شود) که برای کمک به مدیریت آبیاری توت‌فرنگی کشت شده در خاک شنی (که مدیریت آبیاری آن دشوار است) در سال ۲۰۱۷ در جنوب غربی اسپانیا توسعه داده شد. این نرم‌افزار داده‌های کشاورزی – اقلیمی، خاک و اطلاعات مربوط به هیدرولیک سامانه آبیاری را در نظر گرفته و زمان آبیاری بهینه توت‌فرنگی به‌صورت روزانه یا هفتگی را در اختیار کشاورزان قرار می‌دهد. نوآوری اصلی این برنامه گنجاندن عملکرد هیدرولیک سامانه آبیاری در فرآیند محاسبه زمان آبیاری است. شکل (۳) دو تصویر از برنامه را نشان می‌دهد. این نرم‌افزار در چندین مزرعه تجاری مورد استفاده قرار گرفته است (جدول ۳) و صرفه‌جویی در مصرف آب به میزان ۱۱٪ تا ۳۳٪ انجام شده است و نشان می‌دهد که استفاده کارآمد از آب در تولید توت‌فرنگی امکان‌پذیر است. به‌صورت میانگین استفاده از برنامه مذکور در ۵ مزرعه تجاری باعث صرفه‌جویی ۱۸ درصدی در مصرف آب شد (Perea et al., 2017).



شکل ۳- رابط گرافیکی برنامه تلفن همراه IrrFresa و ورودی‌ها و صفحه برنامه‌ریزی آبیاری

جدول ۳ – صرفه‌جویی در مصرف آب توسط IrriFresa در ۵ مزرعه تجاری

نام	مساحت	آب مصرفی	صرفه‌جویی آب
	هکتار	مترمکعب در هکتار	درصد
مزرعه ۱	۷۳۲	۱۲۳۷/۴	۱۶
مزرعه ۲	۳۴۰	۱۹۲۶/۹	۲۱
مزرعه ۳	۷۹	۴۶۸/۶	۱۱
مزرعه ۴	۳۸	۱۹۸۲/۷	۳۳
مزرعه ۵	۳۴	۱۷۵۳/۴	۲۷
کل	۱۲۲۳	۱۴۱۶/۶	۱۸

Soil Water App(Freebairn et al., 2018)

این برنامه به‌منظور شبیه‌سازی بیلان رطوبتی خاک با استفاده از داده‌های آب‌وهوا، خاک و محصول (پایگاه‌های داده و سوابق مزرعه) و طبق مدل Howleaky در کشور استرالیا برای غلات در سال ۲۰۱۸ توسعه داده شده است. Soil Water App دارای برخی ویژگی‌های خاص شبیه‌سازی سریع تعادل آب در تلفن هوشمند یا تبلت است. اتصال به پایگاه داده‌های آب‌وهوا، خاک و محصولات کشاورزی، پذیرش داده‌های داخل مزرعه از مزایای این برنامه است و به‌اندازه کافی کاربرپسند است. این برنامه از مدل رواناب ویلیامز و لاسور (Williams and LaSeur, 1976)، مدل تبخیر از سطح خاک ریچی (Ritchie,

1972) و مدل فرسایش خاک ویلیامز (Williams, 1983) در بیلان آب استفاده می‌کند. شکل (۴) دو تصویر از برنامه را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج ارائه‌شده در پژوهشی که انجام شد ضریب R^2 به مقدار ۰/۷۶ – ۰/۷۲ به دست آمد که نشان‌دهنده اطمینان معقول در تخمین مدل در چندین فصل، انواع خاک و شرایط مدیریت آبیش است.

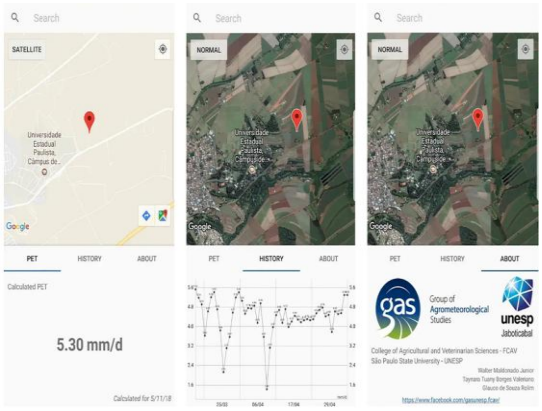
(الف) (ب) (ج)

شکل ٤ - نمونه‌ای از رابط کاربری Soil Water App**؛ (الف) گزینه‌های ورودی و خروجی؛ (ب) رطوبت خاک و (ج) مشخصات رطوبت خاک و جدول بیلان آب**

(Júnior et al., 2019) EVAPO

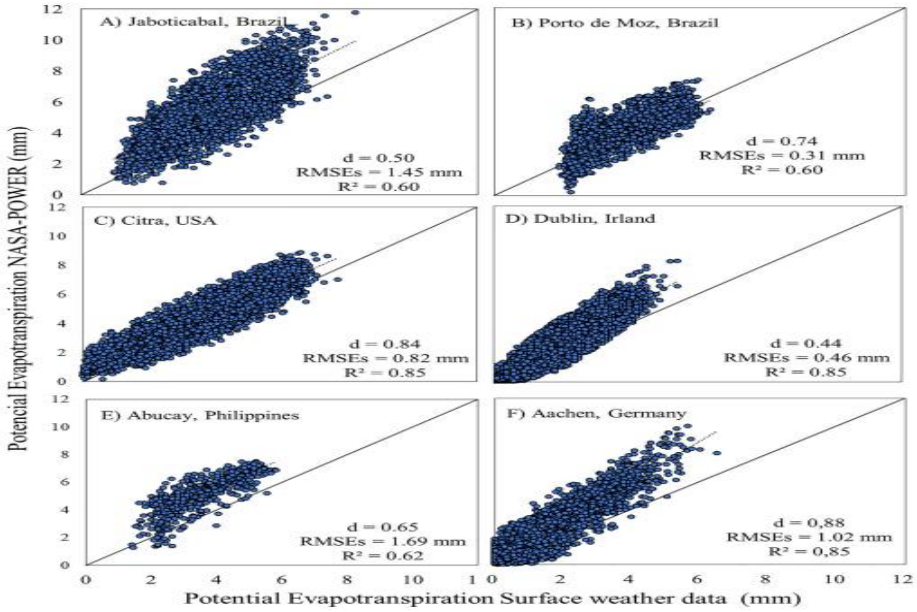
این برنامه در سال ۲۰۱۹ در دانشگاه ایالتی سائوپائولو (برزیل) توسعه‌یافته است و امکان تخمین تبخیر- تعرق پتانسیل[1] (PET) در زمان واقعی را با استفاده از داده‌های سامانه پیش‌بینی منابع انرژی جهانی ناسا (NASA–POWER) فراهم می‌کند. با کمک این نرم‌افزار، کشاورزان می‌توانند آبیاری کارآمدتری را انجام دهند و به افزایش صرفه‌جویی در آب کمک کنند. این نرم-افزار از داده‌های آب‌وهوا برای محاسبه PET با استفاده از روش پنمن– مانتیث (Allen et al., 1998) استفاده می‌کند.

برای ارزیابی عملکرد رویکرد پیشنهادی، نویسندگان PET تخمینی را با استفاده از برنامه EVAPO با آنچه از داده‌های آب‌وهوایی ایستگاه آب‌وهوایی تخمین زده می‌شود، مقایسه کردند. به‌عنوان ورودی، برنامه EVAPO فقط نیاز دارد که کاربر مختصات GPS مکانی را که می‌خواهد PET را محاسبه کند، مشخص کند. اگر کاربر GPS گوشی هوشمند را فعال کرده باشد، برنامه به‌طور خودکار موقعیت جغرافیایی فعلی را دریافت می‌کند. این برنامه همچنین یک برگه History را ارائه می‌دهد که در آن آخرین ۵۰ مقدار PET به‌دست‌آمده نمایش داده می‌شود. شکل (۵) سه تصویر از برنامه را نشان می‌دهد که به ترتیب از چپ به راست برگه‌ای که مقدار PET به‌دست‌آمده را نشان می‌دهد، برگه تاریخچه اندازه‌گیری‌ها و برگه اطلاعات برنامه هستند. مقادیر شاخص تطابق (d)، میانگین ریشه مربعات خطا (RMSEs) و ضریب اطمینان (R^2) به ترتیب با میانگین ۰/۶۷، ۰/۹۵ و ۰/۷۲ دارای مقادیر مناسب بودند (شکل ۶). می‌توان از این ابزار برای محاسبه تبخیر – تعرق پتانسیل در اقلیم‌های مختلف استفاده کرد.



شکل ۵- صفحه اصلی برنامه EVAPO

[1] Potential Evaporation Transportation (PTE)



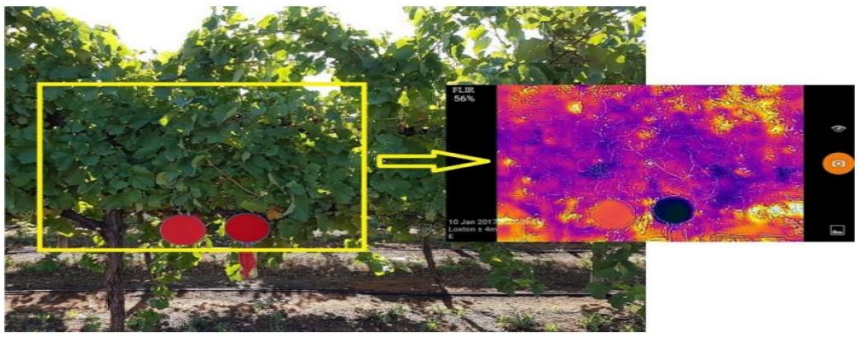
شکل ٦- نتایج تبخیر – تعرق پتانسیل اندازه‌گیری و شبیه‌سازی‌شده نرم‌افزار Evapo

(Petrie et al., 2019; Skewes et al., 2016) stress

یک برنامه کاربردی است که توسط محققان مؤسسه تحقیقات و توسعه استرالیای جنوبی (آدلاید، استرالیا) و دانشگاه نیو ساوت ولز (سیدنی، استرالیا) توسعه یافته است و راه‌حلی قابل‌حمل برای ارزیابی وضعیت آبی انگور ارائه می‌دهد. این سیستم از یک دوربین حرارتی خارجی (FLIR One by FLIR، Wilsonville، OR، USA) متصل به تلفن هوشمند برای جمع‌آوری تصاویر پوشش درخت استفاده می‌کند.

این تصاویر توسط اپلیکیشن مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرند که وضعیت آب تاک را تخمین می‌زند و به کشاورزان اجازه می‌دهد هزینه‌های مصرف آب را کاهش دهند و تولید تاکستان را بهینه کنند.

تنش آبی محصول بر اساس دمای تاج پوشش نسبت به شاخه و برگ‌هایی که به‌خوبی آبیاری می‌شوند یا تحت تنش آبی شدید (که توسط برگ‌های مرجع مصنوعی نشان داده می‌شوند) محاسبه می‌شود. این برنامه به‌گونه‌ای توسعه داده شده است که هر بار که تلفن به اینترنت متصل می‌شود، اندازه‌گیری‌ها را با یک سرور به‌طور خودکار همگام‌سازی کند. شکل (۷) تصاویری از برنامه را نشان می‌دهد که در آن دو برگ مرجع مصنوعی قابل‌مشاهده هستند، یکی با مقادیر زیادی آب (دایره سمت راست) و دیگری تحت تنش شدید آب (دایره سمت چپ).

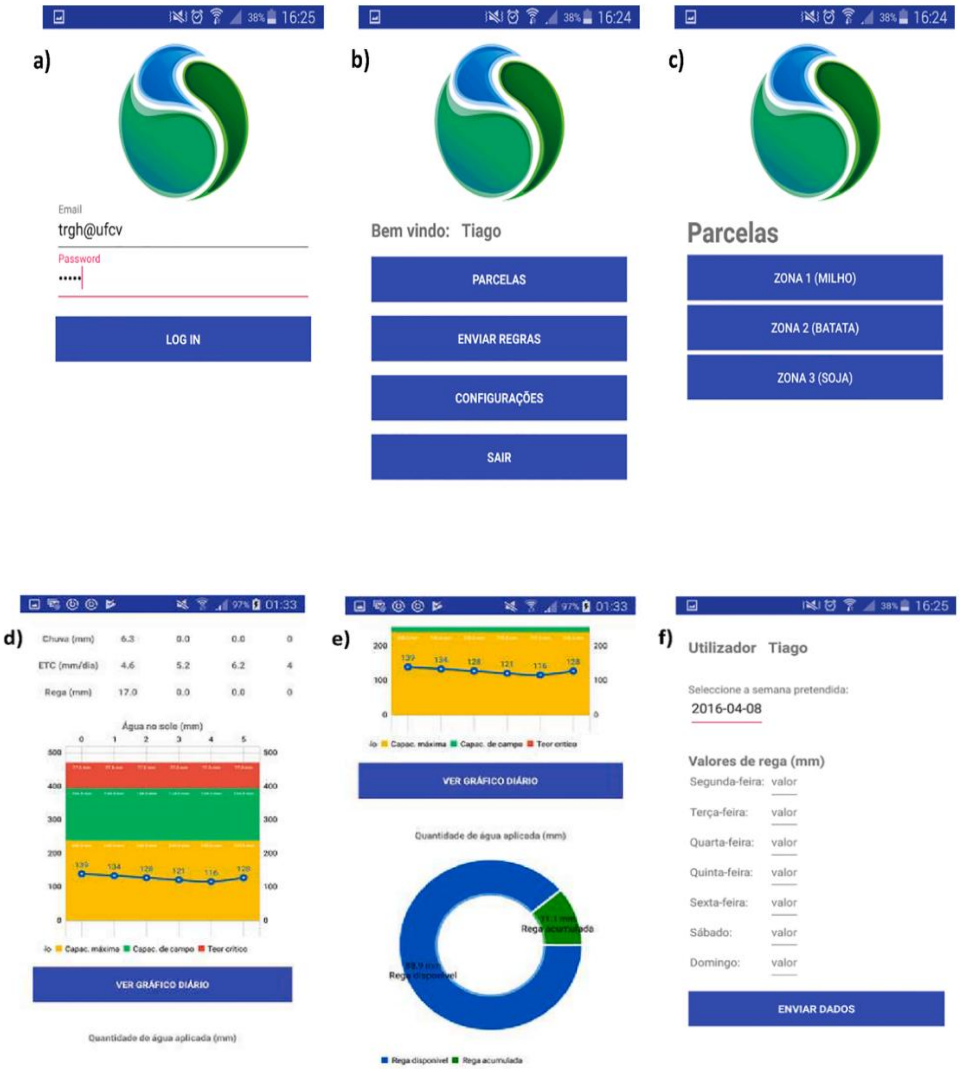


شکل ۷- تصویری از کاربرد برنامه Grapevine water stress

(Simionesei et al., 2020) IrrigaSys

این برنامه برای پشتیبانی از مدیریت آب آبیاری سال ۲۰۲۰ در دره Sorraia، جنوب پرتغال توسعه‌یافته است. این سامانه برنامه آبیاری بهینه و همچنین اطلاعات اضافی (بیلان رطوبتی خاک، پیش‌بینی آب‌وهوا در روزهای آینده و تصاویر ماهواره‌ای) را به‌صورت هفتگی برای کمک به کشاورزان در فرآیند تصمیم‌گیری ارائه می‌دهد.

IrrigaSys بسیار پیچیده است اما داده‌های لازم برای اجرای آن حداقل است و مکان مزرعه، نوع محصول، تاریخ کاشت و برداشت، بافت خاک و ویژگی‌های سامانه آبیاری در هر قطعه به‌عنوان ورودی‌ها اجباری است و در آن از معادله ریچاردز برای محاسبه جریان آب خاک و بیلان رطوبتی خاک در ناحیه ریشه استفاده می‌شود. شکل (۸) تصاویری از برنامه را نشان می‌دهد.



شکل ۸- برنامه تلفن هوشمند برای دسترسی به نتایج IrrigaSys؛ (a) منوی ورودی؛ (b) منوی اصلی؛ (c) مناطق موردبررسی؛ (d) و (e) صفحه پیش‌بینی آب‌وهوا، رطوبت خاک و مقادیر تجمعی آبیاری و (f) منو ارائه رویدادهای آبیاری گذشته

مقایسه برنامه‌های موردبررسی

در این بخش، جدول مقایسه‌ای (جدول ۴) از تمامی برنامه‌های کاربردی تلفن همراه پوشش داده‌شده در این کار ارائه‌شده و در مورد هر یک از پارامترهای مورداستفاده در مقایسه بحث شده است. درمجموع ۷ برنامه کاربردی ارائه شد و پارامترهای در نظر گرفته‌شده به این شرح است: نوع پردازش، سیستم‌عامل و منبعی که برنامه در آن منتشرشده، در دسترس بودن دانلود، زبان‌هایی که در آن‌ها موجود است، نیاز به اتصال به اینترنت، استفاده از حس‌گرهای داخلی، نیاز به حس‌گرهای خارجی، امکان ذخیره و استفاده مجدد از داده‌ها، رابط کاربری و سهولت استفاده.

جدول ٤- مقایسه برنامه‌های کاربردی تلفن همراه برای مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری

اپلیکیشن	پردازش	سیستم‌عامل	دسترسی دانلود	زبان	نیاز به اینترنت	استفاده از حس‌گر داخلی	نیاز به حس‌گر خارجی	داده‌های ورودی و خروجی	سهولت استفاده
Cotton Smart irrigation	-	Android, iOS	+	انگلیسی	+	+	-	+	آسان
Grapevine water stress	تلفن همراه	Android	-	انگلیسی	-	-	+	-	آسان
EVAPO	-	Android	+	انگلیسی	+	+	-	+	آسان
IrriFresa	فضای ابری	Android	-	اسپانیایی	-	-	+	+	نسبتاً آسان
Soil Water App	فضای ابری	iOS	+	انگلیسی	+	+	+	+	آسان
IrrigaSys	-	iOS	-	پرتغالی	+	-	+	+	پیچیده
turf irrigation	فضای ابری	Android, iOS	+	انگلیسی	-	-	+	+	آسان

نتیجه‌گیری

صرف‌نظر از اینکه استفاده از برنامه‌های گوشی هوشمند فرصت‌های زیادی ازجمله کاهش هدر رفت آب، مدیریت بهتر محصول، کاهش نیاز به نیروی انسانی و در نتیجه هزینه‌های مربوط به آن را دارد؛ تعداد برنامه‌هایی که به تصمیم‌گیری کشاورزان کمک می‌کند هنوز محدود است و بسیاری از آن‌ها هنوز در مرحله توسعه هستند. در حال حاضر محدودیت‌های متعددی در توسعه برنامه‌های کاربردی موبایل برای استفاده در کشاورزی هوشمند وجود دارد. ظرفیت پردازش (زمان عملکرد) خود دستگاه‌های تلفن همراه یکی از محدودیت‌های اصلی است. برخی از تکنیک‌های پردازش تصویر نیاز به ظرفیت پردازش قابل‌توجهی دارند که اغلب نیاز به انتقال داده‌ها برای پردازش به یک سرور راه دور می‌شود. از آنجایی که در بسیاری از جاهایی که از این نوع برنامه‌ها استفاده می‌شود، ممکن است اتصال به اینترنت وجود نداشته باشد، این پردازش در لحظه و در محل متوقف می‌شود و باید بعداً در مکانی با اتصال اینترنت انجام شود. محدودیت دیگر اندازه صفحه نمایش دستگاه تلفن همراه است. در حالت ایده‌آل، کشاورزان باید بتوانند از برنامه‌ها در دستگاه‌های تلفن همراه شخصی خود استفاده کنند، به‌جای اینکه مجبور باشند دستگاه تلفن همراه را به‌طور خاص برای استفاده از این اپلیکیشن‌ها بخرند. اگرچه بیشتر گوشی‌های هوشمند امروزی صفحه نمایش بزرگ‌تری دارند، اما هنوز دستگاه‌هایی با صفحه نمایش کوچک‌تر وجود دارند و بنابراین، برنامه‌هایی باید آماده شوند تا تعامل با آن‌ها روی صفحه نمایش‌هایی با ابعاد مختلف آسان شود. همچنین باید در نظر داشت که این برنامه‌ها را می‌توان در تبلت‌هایی اجرا کرد که ممکن است نیاز به تطبیق رابط آن‌ها باشد. همچنین یک جنبه جامعه هدف وجود دارد که باید هنگام توسعه این نوع برنامه‌ها در نظر گرفته شود، زیرا

کشاورزانی که در حال حاضر در این زمینه کار می‌کنند، افراد مسنی هستند و چندان مستعد استفاده از فناوری نیستند، به این معنی که برنامه‌های توسعه‌یافته باید ساده‌تر باشند. آخرین مشکل شناسایی‌شده در توسعه این برنامه‌ها به تفاوت حسگرهای استفاده‌شده در هر دستگاه تلفن همراه مربوط می‌شود. حسگر اصلی که این مشکلات را تحمیل می‌کند دوربین است، زیرا برخی از پیشرفته‌ترین الگوریتم‌های پردازش تصویر برای ارائه یک نتیجه دقیق به پارامترهای دوربین وابسته هستند. ازآنجایی‌که در حال حاضر تعداد زیادی دستگاه با انواع دوربین‌های مختلف، از تولیدکنندگان مختلف و با لنزهای متفاوت هستند، توسعه برنامه‌هایی که به‌درستی روی تعداد زیادی دستگاه کار کنند، دشوار است.

در آینده با توجه به اینکه گروهی از متخصصینی که از این نوع اپلیکیشن‌ها استفاده خواهند کرد، در بیشتر مواقع دانش کمی در زمینه فناوری دارند یا عملاً هیچ دانشی ندارند، انتظار می‌رود که اپلیکیشن‌ها سطح سادگی و سهولت استفاده را حفظ کنند. همچنین می‌توان این نرم‌افزارها را به‌صورت چندزبانه ارائه کرد و یا دوره‌های آموزشی کوتاه‌مدتی توسط مروجین برای یادگیری کاربرد آن‌ها در نظر گرفت. بااین‌حال، این مشکلی است که به‌مرورزمان حل می‌شود، زیرا نسل‌های جدید کشاورزان در استفاده کارآمد از این برنامه‌ها مهارت دارند. به‌طور خلاصه، توسعه برنامه‌های حرفه‌ای‌تری انتظار می‌رود، اما هنوز برای کسانی که از آن‌ها استفاده می‌کنند و مهارت بالایی در فناوری اطلاعات ندارند، تا حدودی قابل‌قبول است. برای این منظور، ایجاد معیارها و استانداردهای قابل‌استفاده ضروری است که برنامه‌ها باید به آن‌ها توجه کنند تا بتوان آن‌ها را یک ابزار کاری و نه برنامه‌های کاربردی برای و سرگرمی تبدیل کرد.

انتظار می‌رود که این ابزارهای کاری آینده مبتنی بر برنامه‌های سرگرمی باشند که طی چندین سال آزمایش‌شده و بهبود یافته‌اند. همچنین انتظار می‌رود نرم‌افزارهایی که در حال حاضر روی رایانه‌ها اجرا می‌شوند، به برنامه‌های قابل‌نصب روی دستگاه‌های تلفن همراه یا برنامه‌های مبتنی بر وب افزایش یابد. با افزایش قدرت پردازش دستگاه‌های تلفن همراه، انتظار می‌رود اپلیکیشن‌ها از تکنیک‌های بیشتری در خود گوشی هوشمند استفاده کنند، بنابراین از عدم امکان استفاده از برنامه‌ها در مکان‌های دور که ممکن است اتصال اینترنت وجود نداشته باشد، جلوگیری می‌کند. به‌این‌ترتیب انتظار می‌رود که اپلیکیشن‌ها به‌صورت آفلاین قابل‌استفاده باشند و بعداً بتوانند اطلاعات را به یک سرور راه دور منتقل کنند تا از طریق دستگاه‌های مختلف به آن دسترسی پیدا کرد.

علاوه بر بررسی‌های کاربری و فنی انجام‌شده، متخصصین می‌توانند برای بررسی مسائل اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی با طراحی پرسشنامه‌های مناسب و روش‌های استاندارد مصاحبه جنبه‌های فرعی موضوع را پوشش دهند که در حیطه‌ی کاری این مطالعه نبود و یک مطالعه‌ی جامع و مستقل را می‌طلبد.

منابع

احمدالی، خ.، رمضانی، ه. و حسینی‌پژوه، ن. ۱۳۹۶. ارزیابی سامانه‌های نوین آبیاری استان قم. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۵ (۱۱): ۷۴۹-۷۳۶.

حسنی، ی.، هاشمی، م. و زهرائی، ب. ۱۳۹۹. توسعه ساختار جدید بهره‌برداری اقتصادی در شبکه‌های آبیاری فاقد بازار آب. نشریه علوم آب و خاک. ۲۴ (۱): ۴۳-۲۷.

حمدی احمد آبادی، ی.، لیاقت، ع. م. رسول‌زاده، ع. و قادرپور، ر. ۱۳۹۸. بررسی روند سرانه مصرف آب در ایران براساس رژیم غذایی در دو دهه گذشته. نشریه تحقیقات آب و خاک ایران. ۵ (۱): ۸۷-۷۷.

شکری، ح. ر.، نجارچی، م. جعفری‌نیا، ر. مختاری، ش. و علیزاده، ح. ع. ۱۳۹۸. بهینه‌سازی الگوی کشت و منابع آب در سطوح مختلف آبیاری برای مناطق گرم و خشک (مطالعه موردی، دشت‌های دهلران استان ایلام). مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۵ (۶): ۱۳۶۱-۱۳۵۱.

قلی‌زاده سرابی، ش.، داوری، ک. قهرمانی، ب. و شفیعی، م. ۱۳۹۸. مطالعه‌ی تاریخی سیستم پیوسته انسان- آب از منظر هیدرولوژی اجتماعی، محدوده مورد مطالعه: حوزه آبریز مشهد. نشریه تحقیقات منابع آب ایران. ۱۵ (۴): ۱۷۰-۱۴۸.

Ritchie, J. T. 1972. Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. Water Resources Research. 8(5): 1204–1213.

Rusdi, J. F., Salam, S., Abu, N. A., Sunaryo, B., Taufiq, R., Muchlis, L. S., Septianna, T., Hamdi, K., Arianto, A., Ilman, B., Desfitriady, D., Kodong, F. R. and Vitianingsih, A. V. 2019. Dataset smartphone usage of international tourist behavior. Data in Brief. 27: 104610.

Simionesei, L., Ramos, T. B., Palma, J., Oliveira, A. R. and Neves, R. 2020. IrrigaSys: A web-based irrigation decision support system based on open source data and technology. Computers and Electronics in Agriculture. 178: 105822.

Skewes, M., Petrie, P. R., Liu, S. and Whitty, M. 2016. Smartphone tools for measuring vine water status. International Symposium on Sensing Plant Water Status-Methods and Applications in Horticultural Science. 1197: 53–58.

Sorensen, C. G., Fountas, S., Nash, E., Pesonen, L., Bochtis, D., Pedersen, S. M., Basso, B. and Blackmore, S. B. 2010. Conceptual model of a future farm management information system. Computers and Electronics in Agriculture. 72(1): 37–47.

Vellidis, G., Liakos, V., Andreis, J. H., Perry, C. D., Porter, W. M., Barnes, E. M., Morgan, K. T., Fraisse, C. and Migliaccio, K. W. 2016. Development and assessment of a smartphone application for irrigation scheduling in cotton. Computers and Electronics in Agriculture. 127: 249–259.

Williams, J R. 1983. EPIC, The Erosion-Productivity Impact Calculator, Volume 1. Model Documentation. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture. Number 1768.

Williams, J. R. and LaSeur, W. V. 1976. Water yield model using SCS curve numbers. Journal of the Hydraulics Division. 102(9): 1241–1253.

Yin, Z., Luo, Q., Wu, J., Xu, S. and Wu, J. 2021. Identification of the long-term variations of groundwater and their governing factors based on hydrochemical and isotopic data in a river basin. Journal of Hydrology. 592: 125604.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, 300(9): D05109.

Bakas, T., Papadimitriou, I., Xeroheimonas, I., Mariolis, D., Megas, P. and Argyri, P. 2020. Water crisis-beyond the destruction. Open Schools Journal for Open Science. 3(3): 1-11.

Bartlett, A. C., Andales, A. A., Arabi, M. and Bauder, T. A. 2015. A smartphone app to extend use of a cloud-based irrigation scheduling tool. Computers and Electronics in Agriculture. 111: 127–130.

Flores, J. H. N., Faria, L. C., Rettore Neto, O., Diotto, A. V. and Colombo, A. 2021. Methodology for Determining the Emitter Local Head Loss in Drip Irrigation Systems. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 147(1): 6020014.

Freebairn, D. M., Ghahramani, A., Robinson, J. B.and McClymont, D. J. 2018. A tool for monitoring soil water using modelling, on-farm data, and mobile technology. Environmental Modelling & Software. 104: 55–63.

Júnior, W. M., Valeriano, T. T. B. and de Souza Rolim, G. 2019. EVAPO: A smartphone application to estimate potential evapotranspiration using cloud gridded meteorological data from NASA-POWER system. Computers and Electronics in Agriculture. 156: 187–192.

Migliaccio, K. W., Morgan, K. T., Fraisse, C., Vellidis, G. and Andreis, J. H. 2015. Performance evaluation of urban turf irrigation smartphone app. Computers and Electronics in Agriculture. 118: 136–142.

Perea, R. G., García, I. F., Arroyo, M. M., Díaz, J. A. R., Poyato, E. C. and Montesinos, P. 2017. Multiplatform application for precision irrigation scheduling in strawberries. Agricultural Water Management. 183: 194–201.

Petrie, P. R., Wang, Y., Liu, S., Lam, S., Whitty, M. A. and Skewes, M. A. 2019. The accuracy and utility of a low cost thermal camera and smartphone-based system to assess grapevine water status. Biosystems Engineering. 179: 126–139.

Water Management in Agriculture
Vol. 9, No. 2, Autumn and Winter 2023, 103-114

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۹، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۱، ص. ۱۱۴-۱۰۳

Opportunities and Challenges of Using Smart Mobile Phone Apps in Irrigation of Agricultural Products

M. Heydari Alikamar[1] M.R. Khaledian[*2] M.H. Biglouei[3] and M. Ghassemnejad[4]

Abstract

Farmers have traditionally used their sensory and perceptual systems to diagnose and monitor the health and needs of their crops. However, humans have five basic perceptual systems with varying degrees of accuracy that can vary from person to person and largely depend on stress, experience, health and age. To overcome this problem, in the last decade, with the advent of smart phone technology, new agricultural programs have been developed to achieve better, cost-effective, accurate and reliable detection systems. Conventional smartphones are equipped with several sensors that can be used to support normal and advanced agricultural activities in real time at a very low cost.Thus, the development of agricultural applications based on smartphones has increased exponentially in recent years. However, the great potential offered by smartphone applications has not yet been fully realized. Due to the fact that farm management and irrigation operations usually require a lot of time, therefore, human resources must perform tasks in a specific time. The use of smartphone software increases the quality of management and better use of inputs, as well as reducing time and manpower, and ultimately related costs. Therefore, the present article provides an overview and analysis of the features of several mobile applications for use in smart farming on the market or developed in various studies. This helps farmers to assess the type of available programs, their features and compare them. This article is also a good resource to help researchers and application developers understand the limitations of existing tools and gaps in new work.

Keywords: Mobile application, Irrigation planning, Water balance, Smart agriculture

[1] MSc. Student, Department of Water Eng., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
[2]Associate Professor, Department of Water Eng., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan; Rasht, Iran, and Department of Water Engineering and Environment, Caspian Sea Basin Research Center (*Corresponding Author, Email: khaledian@guilan.ac.ir).
[3] Associate Professor, Department of Water Eng., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
[4] Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
Received: 1 Jul 2022
Accepted: 2 Sep 2022