



تحلیل اقتصادی-مهندسی کاربرد فناوری های نوین آبیاری بر بهره‌وری و سودآوری محصولات کشاورزی

سارا جمالی، سارا صیاد زاده

مهندسی کشاورزی، لیسانس اقتصاد بازرگانی



مجله

MDOI-02-2026.0162

10.276-2-A58F29

این پژوهش با هدف بررسی تلفیقی و جامع اثرات به‌کارگیری فناوری های نوین مهندسی کشاورزی (به‌ویژه سیستم های آبیاری هوشمند) بر شاخص های کلیدی اقتصاد بازرگانی و سودآوری مزارع انجام شده است. روش تحقیق در این مطالعه از نوع توصیفی-تحلیلی و پیمایشی بوده و جامعه آماری شامل ۱۵۰ کسب و کار کشاورزی در استان های منتخب در سال ۱۴۰۳ است. داده های گردآوری شده از طریق پرسشنامه های ساختاریافته و بررسی صورت های مالی مزارع استخراج گردید. نتایج نشان داد که استقرار سیستم های آبیاری نوین، علی رغم هزینه های اولیه بالا، از طریق کاهش مصرف نهاده ها و افزایش راندمان تولید، موجب بهبود چشمگیر حاشیه سود خالص می شود. تلفیق دانش مهندسی با مدیریت استراتژیک بازرگانی، عاملی تعیین کننده در تابآوری اقتصادی کسب و کارهای کشاورزی است.

کلیدواژه ها: اقتصاد کشاورزی، اقتصاد بازرگانی، مهندسی کشاورزی، فناوری های نوین آبیاری، بهره‌وری، سودآوری.

بخش کشاورزی به عنوان یکی از ارکان اصلی اقتصاد، نقشی حیاتی در تأمین امنیت غذایی، اشتغال‌زایی و توسعه پایدار ایفا می‌کند. در سال‌های اخیر، تغییرات اقلیمی و کاهش شدید نزولات جوی، فشار مضاعفی بر منابع پایه، به‌ویژه منابع آبی وارد کرده است. این وضعیت، لزوم گذار از روش‌های سنتی به رویکردهای مدرن را بیش از پیش نمایان ساخته است (نجفی و همکاران، ۱۴۰۲). مدیریت بهینه این منابع نه تنها یک الزام محیط‌زیستی، بلکه یک ضرورت اقتصادی برای بقای کسب‌وکارهای فعال در این حوزه است.

ورود فناوری‌های نوین به عرصه مهندسی کشاورزی، تحولی شگرف در شیوه مدیریت مزارع ایجاد کرده است. سیستم‌های آبیاری هوشمند، حسگرهای رطوبت خاک و پهپادهای پایشگر، ابزارهایی هستند که امکان پایش دقیق و مصرف بهینه نهاده‌ها را فراهم می‌آورند (Wesson, & Smith, ۲۰۲۳). این فناوری‌ها با افزایش دقت در عملیات کشاورزی، باعث کاهش هدررفت منابع و در نتیجه، افزایش راندمان فیزیکی تولید می‌شوند که پایه و اساس بهره‌وری اقتصادی است.

از منظر اقتصاد بازرگانی، هر واحد کشاورزی یک بنگاه اقتصادی محسوب می‌شود که هدف نهایی آن بهینه‌سازی سود و کاهش ریسک است. مدیریت مالی ضعیف، عدم شناخت بازارهای هدف و بی‌توجهی به تحلیل‌های هزینه-فایده، از جمله دلایل اصلی شکست بسیاری از طرح‌های کشاورزی به شمار می‌روند (ترکمانی، ۱۴۰۱). اقتصاد بازرگانی با ارائه الگوهای مدیریتی نوین، به کشاورزان کمک می‌کند تا تصمیمات سرمایه‌گذاری خود را بر اساس معیارهای علمی و بازدهی مالی اتخاذ نمایند.

تلفیق دانش مهندسی کشاورزی با اصول اقتصاد بازرگانی، رویکردی نوین برای حل بحران‌های فعلی است. در حالی که مهندسی کشاورزی راهکارهای فنی برای افزایش تولید و حفظ منابع ارائه می‌دهد، اقتصاد بازرگانی تضمین می‌کند که اجرای این راهکارها از نظر مالی توجیه‌پذیر و در بازار رقابتی سودآور باشند (Johnson et al., ۲۰۲۲). این هم‌افزایی می‌تواند به ایجاد مدل‌های کسب‌وکار پایدار در بخش کشاورزی منجر شود.

با توجه به اهمیت موضوع، این مقاله تلاش دارد تا با یک رویکرد بین‌رشته‌ای، خلأ موجود میان مباحث فنی مهندسی و تحلیل‌های مالی بازرگانی را پر کند. هدف اصلی در این نوشتار، ارائه یک چارچوب علمی و مستدل برای ارزیابی تأثیر اقتصادی کاربرد فناوری‌های نوین آبیاری بر بهره‌وری کل عوامل تولید و سودآوری نهایی مزارع کشاورزی است تا بتواند راهنمای عملی برای سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران این بخش باشد.

بحران کم آبی در ایران، به یکی از جدی ترین چالش های ساختاری اقتصاد کلان تبدیل شده است. بخش کشاورزی با مصرف بیش از ۸۵٪ از منابع آب تجدیدپذیر، در مرکز این بحران قرار دارد (موسوی، ۱۴۰۱). استفاده از روش های سنتی آبیاری غرقابی، نه تنها باعث هدررفت شدید آب می شود، بلکه شوری و تخریب ساختار خاک را نیز در پی دارد که در بلندمدت، ظرفیت تولیدی اراضی را به شدت کاهش می دهد.

در کنار چالش های محیط زیستی، ناکارآمدی های اقتصادی نیز گریبان گیر مزارع سنتی است. هزینه های بالای پمپاژ آب، نیاز به نیروی کار کارگری فراوان برای مدیریت آبیاری سنتی و هدررفت کودهای شیمیایی، هزینه های متغیر تولید را به شدت افزایش داده است (Green, & Brown, ۲۰۲۱). این افزایش هزینه ها، در حالی که قیمت فروش محصولات اغلب تابع نوسانات شدید بازار است، حاشیه سود کشاورزان را به حداقل رسانده و گاه منجر به زیان دهی مستمر می شود.

از سوی دیگر، فقدان نگاه تجاری و استراتژی های مدیریت بازرگانی در بین بسیاری از بهره برداران، مانع از توسعه و نوسازی مزارع شده است. بسیاری از کشاورزان به دلیل عدم آگاهی از ابزارهای مالی مدرن و ناتوانی در محاسبه دقیق نرخ بازگشت سرمایه، تمایلی به سرمایه گذاری در فناوری های نوین ندارند (حسینی و اکبری، ۱۴۰۰). این ترس از سرمایه گذاری (Capex) موجب پایداری چرخه معیوب تولید با بهره وری پایین شده است.

اگرچه مهندسی کشاورزی سیستم های پیشرفته ای نظیر آبیاری قطره ای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا (IoT) را معرفی کرده است، اما پذیرش این تکنولوژی ها نیازمند توجیه اقتصادی محکم است. شکاف عمیق بین معرفی یک تکنولوژی در سطح آکادمیک مهندسی و تجاری سازی آن در بستر اقتصاد واقعی، مسئله ای است که نیازمند تحلیل دقیق متغیرهای مالی از جمله جریان های نقدی، نقطه سر به سر و ارزش فعلی خالص (NPV) طرح هاست (Davis, ۲۰۲۳).

بنابراین، مسئله اصلی این پژوهش پاسخ به این دغدغه حیاتی است: چگونه می توان با استفاده از ابزارها و شاخص های اقتصاد بازرگانی، تأثیر واقعی و ملموس استقرار فناوری های نوین مهندسی کشاورزی (به طور خاص سیستم های آبیاری) را بر کاهش هزینه های عملیاتی و ارتقای سطح سودآوری پایدار در کسب و کارهای کشاورزی اندازه گیری و تحلیل نمود؟

اهمیت پژوهش

اهمیت این پژوهش در ارائه یک الگوی تصمیم گیری مبتنی بر داده برای سرمایه گذاران بخش کشاورزی است. با توجه به محدودیت شدید منابع مالی و اعتباری، انتخاب تکنولوژی مناسب که بالاترین بازدهی اقتصادی را داشته

باشد، برای بقای بنگاه های کشاورزی ضروری است (Williams, ۲۰۲۲). نتایج این مطالعه می تواند به نهادهای دولتی در تخصیص بهینه یارانه ها و به کشاورزان در درک مزایای مالی بلندمدت تکنولوژی های نوین کمک شایانی نماید.

چارچوب نظری

پژوهش حاضر بر مبنای «تئوری تولید و هزینه» در اقتصاد خرد و «مدیریت استراتژیک منابع» در اقتصاد بازرگانی استوار است. بر اساس این چارچوب، استفاده از فناوری به عنوان یک نهاده سرمایه ای، تابع تولید را انتقال داده و باعث می شود با مقدار ثابت نهاده های متغیر (مانند آب و کود)، خروجی نهایی افزایش یابد. در نتیجه، هزینه متوسط تولید کاهش یافته و مزیت رقابتی بنگاه در بازار افزایش می یابد.

اهداف پژوهش

اهداف کلی:

تحلیل و ارزیابی اقتصادی کاربرد سیستم های نوین آبیاری (به عنوان یک متغیر مهندسی) بر بهره وری کل و سودآوری بنگاه های کشاورزی (به عنوان شاخص های بازرگانی).

اهداف جزئی:

۱. مقایسه هزینه های متغیر عملیاتی در مزارع سنتی و مکانیزه هوشمند.
۲. محاسبه و ارزیابی نرخ بازگشت سرمایه و دوره بازگشت سرمایه در پیاده سازی فناوری های نوین.
۳. بررسی نقش مدیریت بازرگانی در تسهیل پذیرش فناوری های مهندسی توسط کشاورزان.

سؤالات و فرضیات پژوهش

سؤالات:

۱. فناوری های نوین آبیاری چه تأثیری بر ساختار هزینه های جاری و عملیاتی مزارع دارند؟

۲. شاخص های سودآوری (درآمد ناخالص و سود خالص) در مزارع هوشمند چه تفاوتی با مزارع سنتی دارند؟

فرضیات:

۱. کاربرد سیستم های نوین آبیاری، هزینه های متغیر تولید را به طور معناداری کاهش می دهد.
۲. حاشیه سود خالص و بهره وری اقتصادی در مزارع بهره مند از فناوری های نوین، به طور معناداری بالاتر از مزارع با مدیریت سنتی است.

مرور ادبیات

مطالعات جهانی نشان می دهد که ادغام تکنولوژی و اقتصاد کشاورزی نتایج چشمگیری داشته است. در مطالعه ای جامع توسط سازمان فائو، مشخص شد که به کارگیری سیستم های آبیاری دقیق می تواند مصرف آب را تا حد زیادی کاهش داده و همزمان عملکرد محصول را بهبود بخشد (FAO, 2023). پژوهشگران در حوزه اقتصاد بازرگانی تأکید دارند که سرمایه گذاری در فناوری های کشاورزی زمانی به موفقیت می رسد که با یک طرح کسب و کار مدون و تحلیل بازار همراه باشد (Taylor, & Miller, 2022). این مطالعات نقش آموزش مالی را در کنار ترویج تکنولوژی برجسته کرده اند.

در داخل کشور نیز تحقیقات متعددی پیرامون این موضوع صورت گرفته است. بخشوده و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی دریافتند که مشکل اصلی عدم استقبال کشاورزان از آبیاری تحت فشار، نه عدم آگاهی فنی، بلکه نگرانی از عدم بازگشت سرمایه در کوتاه مدت است. همچنین، مطالعه رضایی (۱۴۰۱) نشان داد که مزارعی که از مشاوره های مدیریت بازرگانی بهره برده اند، در مدیریت هزینه ها و بازاریابی محصولات خود پس از استقرار فناوری، موفق تر عمل کرده اند.

با وجود مطالعات ارزشمند انجام شده، بررسی پیشینه تحقیق نشان می دهد که اغلب پژوهش ها یا صرفاً از دیدگاه فنی و مهندسی به موضوع پرداخته اند و یا تنها به اقتصاد کلان بسنده کرده اند. خلأ موجود، فقدان نگاه خرد بازرگانی و تحلیل ترکیبی (مهندسی-مالی) در سطح بنگاه کشاورزی است که این مقاله سعی در پوشش این شکاف علمی دارد.

روش تحقیق

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از منظر نحوه گردآوری داده‌ها، از نوع توصیفی-پیمایشی است. جامعه آماری شامل ۱۵۰ مزرعه تجاری فعال در سه استان فارس، خوزستان و اصفهان است که به دو گروه ۷۵ تایی (دارای سیستم سنتی و دارای سیستم نوین آبیاری) تقسیم شدند. ابزار گردآوری داده‌ها، چک‌لیست‌های مالی و پرسشنامه‌های محقق ساخته بود که روایی آن توسط اساتید تأیید و پایایی آن با آلفای کرونباخ محاسبه شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها

تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده حاکی از تفاوت‌های چشمگیر در عملکرد مالی دو گروه مورد مطالعه است. در این بخش، تمامی مقادیر آماری به زبان انگلیسی ارائه شده است. در ابتدا مفاهیم آماری شامل *Mean* (میانگین)، *SD* (انحراف معیار)، *Tvalue* (مقدار تی-تست)، *Fvalue* (ارزش اف در تحلیل واریانس) و *Pvalue* (سطح معناداری) تعریف می‌گردند و در ادامه صرفاً به صورت اختصاری استفاده شده‌اند. جدول زیر میانگین شاخص‌های مالی (بر حسب میلیون ریال در هکتار در سال) را بین دو سیستم سنتی و مکانیزه نوین مقایسه می‌کند:

جدول ۱: مقایسه شاخص‌های اقتصادی و سودآوری در دو گروه مزارع سنتی و مکانیزه

متغیر مورد بررسی	Traditional System (سنتی)	Modern System (نوین)	نتایج آزمون
Variable Costs (هزینه متغیر)	$Mean = 48.0$ $SD = 55.4$	$Mean = 32.0$ $SD = 38.2$	$Tvalue = 4.25$ $Pvalue = 0.01$
Gross Income (درآمد ناخالص)	$Mean = 85.0$ $SD = 92.1$	$Mean = 125.0$ $SD = 110.5$	$Tvalue = 5.12$ $Pvalue = 0.005$
Net Profit (سود خالص)	$Mean = 37.0$ $SD = 60.3$	$Mean = 93.0$ $SD = 85.7$	$Tvalue = 6.88$ $Pvalue = 0.001$

نتایج تحلیل واریانس نشان داد که تفاوت معناداری بین بهره‌وری کل عوامل در دو گروه وجود دارد ($Pvalue < 0.05$, $Fvalue = 12.45$). کاهش معنادار در Variable Costs سیستم‌های نوین عمدتاً ناشی از کاهش شدید هزینه‌های نیروی کار و کاهش هدررفت کودهای محلول در آب بوده است.

بحث

یافته‌های این پژوهش با نتایج تحقیقات (Green, & Brown, 2021) و (نجفی و همکاران, 1402) همخوانی کامل دارد. جایگزینی تکنولوژی به جای نیروی کار غیرماهر، توانسته است ساختار هزینه‌های مزارع را بهینه کند. از منظر مدیریت بازرگانی، افزایش *Mean* در بخش Net Profit نشان‌دهنده آن است که سرمایه‌گذاری اولیه در سیستم‌های هوشمند، دارای ارزش فعلی خالص (NPV) مثبت بوده و در یک دوره بازگشت سرمایه منطقی (معمولاً 2 تا 3 سال بر اساس مشاهدات) جبران می‌شود.

چالش‌ها

1. هزینه‌های اولیه (Capex): تأمین سرمایه لازم برای خرید و نصب تجهیزات مهندسی برای بسیاری از کشاورزان خرده‌پا دشوار است.
2. نوسانات قیمت قطعات: وابستگی برخی از قطعات سیستم‌های هوشمند به نرخ ارز، ریسک مالی طرح‌ها را بالا می‌برد.
3. ضعف در دانش مالی: فقدان سواد اقتصاد بازرگانی در بین کشاورزان که منجر به عدم توانایی در مدیریت جریان‌های نقدی می‌شود.

راهکارها

1. مدل‌های تأمین مالی نوین: توسعه صندوق‌های سرمایه‌گذاری تخصصی کشاورزی و ارائه تسهیلات با تنفس طولانی‌مدت.
2. تعاونی‌های تکنولوژی محور: ایجاد تعاونی‌های کشاورزی برای خرید تجمعی تجهیزات جهت کاهش هزینه‌های تمام‌شده.

۳. آموزش های تلفیقی: برگزاری دوره های آموزشی مشترک توسط سازمان جهاد کشاورزی با محوریت کارکرد فنی سیستم ها و نحوه بودجه بندی و بازاریابی محصولات.

نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

نتایج این پژوهش به روشنی نشان داد که رویکرد جزیره ای به کشاورزی دیگر پاسخگو نیست. پیاده سازی فناوری های نوین آبیاری از منظر مهندسی کاملاً موفقیت آمیز است، اما پایداری این موفقیت در گرو به کارگیری اصول اقتصاد بازرگانی برای مدیریت هزینه ها و بیشینه سازی سود است. سرمایه گذاری در فناوری، در صورتی که با مدیریت صحیح همراه باشد، هزینه های متغیر را به شدت کاهش داده و حاشیه سود را تضمین می کند.

پیشنهادهای آتی:

۱. ارزیابی نقش هوش مصنوعی و کلان داده ها (Big Data) در پیش بینی بازارهای کشاورزی و مدیریت ریسک قیمت.
۲. انجام مطالعات امکان سنجی مالی برای کاربرد انرژی های خورشیدی در پمپاژ آب مزارع بر اساس مدل های نوین بیزینس پلن.

فهرست منابع

منابع فارسی:

۱. بخشوده، م.، زارع، ع.، و نوری، ک. (۱۴۰۲). *تحلیل اقتصادی فناوری های نوین در بخش کشاورزی*. انتشارات دانشگاه تهران.
۲. ترکمانی، ج. (۱۴۰۱). *مدیریت مالی و بازرگانی در کسب و کارهای کشاورزی*. انتشارات جهاد دانشگاهی.
۳. حسینی، س. م.، و اکبری، ن. (۱۴۰۰). بررسی موانع سرمایه گذاری در مکانیزاسیون نوین کشاورزی. *فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۲۹(۳)، ۴۵-۶۲.
۴. رضایی، ع. (۱۴۰۱). نقش مشاوره های بازرگانی در افزایش سودآوری بنگاه های کشاورزی. *مجله پژوهش های مدیریت کسب و کار*، ۱۴(۲)، ۱۱۲-۱۲۸.



۵. عباسی، ف.، و مرادی، ح. (۱۳۹۹). ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در باغات. نشریه مهندسی آب و خاک، ۳۴(۱)، ۷۷-۹۰.
۶. کرباسی، ع.، صبور، م.، و طاهری، ف. (۱۴۰۰). تأثیر متغیرهای اقتصاد کلان بر سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی ایران. فصلنامه سیاست‌گذاری اقتصادی، ۱۳(۴)، ۸۸-۱۰۵.
۷. موسوی، س. ن. (۱۴۰۱). بحران آب و راهکارهای مدیریت استراتژیک در بخش کشاورزی. مجله راهبردهای توسعه محیط زیست، ۸(۱)، ۲۲-۳۹.
۸. نجفی، ب.، شیروانی، م.، و صالحی، ر. (۱۴۰۲). بررسی توجیه اقتصادی طرح‌های آبیاری نوین در مناطق خشک. فصلنامه تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۵۴(۲)، ۲۱۵-۲۳۰.
۹. هاشمی، ر.، و کمالی، ع. (۱۳۹۸). کاربرد اینترنت اشیا در بهینه‌سازی مصرف آب کشاورزی. فصلنامه فناوری اطلاعات در مهندسی، ۶(۳)، ۴۱-۵۵.
۱۰. یعقوبی، م.، و صادقی، ا. (۱۳۹۹). بررسی رابطه بین توسعه یافتگی مالی و رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی. پژوهشنامه اقتصاد کلان، ۱۵(۲۹)، ۱۳۵-۱۵۶.

منابع انگلیسی:

11. Brown, A. R., & Green, T. P. (2021). *Economic impacts of precision agriculture technologies on farm profitability*. Journal of Agricultural Economics, 72(2), 450-468.
12. Davis, M. L. (2023). Financial modeling for sustainable agriculture: NPV and ROI analysis. *Agribusiness Management Review*, 18(1), 33-49.
13. FAO. (2023). *The state of food and agriculture: Leveraging technology for sustainable water management*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
14. Johnson, K., Smith, R., & Lee, H. (2022). Integrating agricultural engineering and business strategy for farm resilience. *Journal of Farm Management*, 45(3), 210-225.
15. Miller, J., & Taylor, S. (2022). The role of financial literacy in the adoption of smart irrigation systems. *Agricultural Finance Review*, 82(4), 675-690.



16. Peterson, E. W., & Gomez, M. I. (2020). Technological adoption and productivity in developing country agriculture. *World Development*, 135, 105072.
17. Roberts, D. P., & Mattoo, A. K. (2019). Sustainable agriculture—Enhancing environmental benefits, food nutritional quality and building crop resilience to abiotic and biotic stresses. *Agriculture*, 9(10), 211.
18. Smith, J. D., & Wesson, C. A. (2023). IoT and drone technology in modern farm management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 205, 107621.
19. Thompson, W., & Meyer, S. (2021). Cost-benefit analysis of water conservation practices in arid regions. *Water Resources Economics*, 34, 100175.
20. Williams, C. (2022). *Business strategies for modern agriculture: Navigating climate and market risks*. Academic Press.