

Evaluation of Smart Technology Transfer Scenarios and Economic Plan in the Optimal Cultivation with the Approach of System Dynamics

Ali Sardar Shahraki^{1✉} | Neda Ali Ahmadi²

1. Associate Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. (Corresponding Author). E-mail: a.s.shahraki@eco.usb.ac.ir
2. PhD in Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. E-mail: ahmadi_15877@yahoo.com.

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article Article history: Received: 27 August 2024 Received in revised form 29 October 2024 Accepted: 26 January 2025 Published online: 19 March 2025 Keywords: Optimum Cropping Pattern, System Dynamics, Intelligent Irrigation Technology, Qaenat Saffron Product.	The increasing demand for water, the limitation of water resources and climate change have endangered life and the quality of water resources. The low efficiency of water consumption in the agricultural sector has led to the adoption of optimal cultivation model strategies and intelligent irrigation technology. Therefore, it has made it necessary to consume water, especially in water-scarce areas such as Iran. Saffron can be a suitable product in terms of saving water consumption. The purpose of this study is to simulate and investigate the effect of smart technology transfer and economic program in the optimal cultivation of saffron crop in Qaenat with the approach of system dynamics in the years 2015-2036. In this study, using the systems dynamics approach, a comprehensive and dynamic model was developed to evaluate different management policies and help decision-making at the macro levels of water resources management. A dynamic system model has been developed for the dynamic modeling of water resources in Qaenat city with the help of Vensim software. The results of the tests indicate that the model is consistent with reality and the behavior of the model is consistent with the behavior of the system in reality. According to the statistical tests, between the observed and simulated values for the storage level variable of Farrokhi Dam, the coefficient of determination is equal to 0.81, the root mean square error (RMSE) is equal to 0.23 and the Nash-Sutcliffe criterion. It is equal to 0.79 in 2023. Therefore, according to the results of the study, it is suggested to improve the management of water resources by using smart technology (drip and rain irrigation) and increase the available water resources for the optimal cultivation of saffron in Qaenat city, and these conditions will improve the situation. It helps the economy of small farms.

Cite this article: Sardar Shahraki, Ali., & Ali Ahmadi, Neda. (2024). Evaluation of Smart Technology Transfer Scenarios and Economic Plan in the Optimal Cultivation with the Approach of System Dynamics. *Journal of Innovation Economic Ecosystem Studies*, 4 (4), 19-34.

DOI: 10.22111/innoeco.2025.49429.1106



© The Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

ارزیابی سناریوهای انتقال فناوری هوشمند و برنامه اقتصادی در کشت بهینه با رویکرد پویایی سیستم

علی سردار شهرکی^۱ | ندا علی احمدی^۲

۱. دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران (نویسنده مسئول)، رایانامه: a.s.shahraki@eco.usb.ac.ir

۲. دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران رایانامه: ahmadi_15877@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	افزایش روز افزون تقاضای آب، محدودیت منابع آب و تغییر اقلیم حیات و کیفیت منابع آب را به خطر انداخته است. پایین بودن بازدهی آب مصرفی در بخش کشاورزی اتخاذ استراتژی‌های الگوی بهینه کشت و فناوری هوشمند آبیاری شده است. لذا مصرف آب را، به‌خصوص در مناطق کم‌آبی همچون کشور ایران ضروری کرده است. زعفران می‌تواند محصولی مناسب از نظر صرفه‌جویی در مصرف آب باشد. هدف از اجرای این مطالعه شبیه‌سازی و بررسی تأثیر انتقال فناوری هوشمند و برنامه اقتصادی در کشت بهینه محصول زعفران قائنات با رویکرد پویایی سیستم در سال‌های ۱۴۱۵-۱۳۹۴ است. در این مطالعه با استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها یک مدل جامع و پویا برای ارزیابی سیاست‌های مدیریتی مختلف و کمک به تصمیم‌سازی در سطوح کلان مدیریت منابع آب توسعه داده شد. یک مدل سیستم دینامیک برای مدل‌سازی پویای منابع آب شهرستان قائنات با کمک نرم افزار Vensim، توسعه داده شده است. نتایج آزمون‌ها حاکی از آنست که مدل با واقعیت مطابقت داشته است و رفتار مدل مطابق با رفتار سیستم در واقعیت می‌باشد. به گونه‌ای که طبق آزمون‌های آماری صورت گرفته بین مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده برای متغیر سطح ذخیره سد فرخی ضریب تعیین برابر ۰/۸۱، خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) برابر، ۰/۲۳ و معیار نش- ساتکلیف برابر ۰/۷۹ در سال ۱۴۰۲ می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج مطالعه پیشنهاد می‌شود که به بهبود مدیریت منابع آب با استفاده از فناوری هوشمند (آبیاری قطره‌ای و بارانی) و افزایش منابع آب در دسترس جهت کشت بهینه زعفران در شهرستان قائنات انجام شود و این شرایط به بهبود وضعیت اقتصادی مزارع کوچک کمک می‌کند. کلیدواژه‌ها: الگوی کشت بهینه، پویایی سیستم، فناوری هوشمند آبیاری، محصول زعفران قائنات.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۶

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۸/۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۲۹

واژه‌های کلیدی:

الگوی کشت بهینه، پویایی سیستم، فناوری هوشمند آبیاری، محصول زعفران قائنات

استناد: سردار شهرکی، علی و علی احمدی، ندا. (۱۴۰۳). ارزیابی سناریوهای انتقال فناوری هوشمند و برنامه اقتصادی در کشت بهینه با رویکرد پویایی سیستم. *مطالعات زیست‌بوم اقتصاد نوآوری*، ۴ (۴)، ۱۹-۳۴.

<http://doi.org/10.22111/innoeeco.2025.49429.1106>

۱- مقدمه

یکی از مهمترین نیازهای انسان، نیاز به غذا می باشد. که از زمان قبل تولد تا زمان مرگ، با آن همراه می باشد (امیری و همکاران، ۱۳۹۹). در جهان بخش کشاورزی یکی از مهم ترین بخش های اقتصادی می باشد و حداکثر مواد غذایی مورد نیاز را در جهان تولید می کند (عیدی و همکاران، ۱۳۹۹). یکی از مسائل اساسی و مهم و ویژه گی های اصلی بخش کشاورزی ایران، پایین بودن بهره وری تولید در نتیجه تخصیص بهینه عوامل تولید می باشد (خلیل آباد، ۱۳۷۸). بررسی تحقیقات نشان می دهد که در زمان حال بیشتر تولیدکنندگان بخش کشاورزی به مسائل اقتصاد حاصل از نوع الگوی کشت بهینه توجه اندکی دارند که نتیجه آن درآمد تصادفی توأم با عدم اطمینان برای آن بخش می باشد (خادم آدم، ۱۳۷۱). این در صورتی است که طراحی، سازماندهی و اجرای یک الگوی کشت بهینه در قالب برنامه ریزی معین می تواند با کنترل هر چه بهتر و بیشتر عوامل محدودکننده و بهره برداری بهینه از امکانات موجود سبب افزایش تولید و درآمد، اشتغال و کاهش فقر در مناطق روستایی شود (بنی اسدی و زارع، ۱۳۹۰).

در میان عوامل گوناگون تولید، آب کمیاب ترین عامل تولید محصولات کشاورزی می باشد و توسعه بخش کشاورزی و فناوری هوشمند در مصرف آب (آبیاری قطره ای، بارانی و ...) سبب افزایش راندمان آبیاری و عملکرد بهینه در کشت محصولات کشاورزی می گردد. بنابراین مدیریت منابع آب و مصرف صحیح آن، می تواند نقشی مؤثر و کارآمد در توسعه پایدار باشد (زندى دره غریبی و همکاران، ۱۳۹۸).

زعفران گیاهی ارزشمند است که به آبیاری زیادی نیاز دارد. روش های سنتی آبیاری مثل غرقابی کردن، ممکن است باعث هدر رفتن آب و کم شدن کیفیت محصول بشود. آبیاری قطره ای روشی مدرن و کم مصرفه که می تواند به افزایش کیفیت و کمیت محصول زعفران کمک کند. آبیاری زعفران به دلیل اهمیت بسیار بالای این محصول از جمله سوالات رایج بسیاری از کشاورزان فعال در این عرصه است. زعفران به عنوان گران ترین ادویه در جهان شناخته شده که در مناطق مدیترانه و جنوب غربی آسیا رشد می کند. این گیاه از زمان های گذشته به عنوان طعم دهنده، ادویه و همچنین در بسیاری از موارد برای مصارف دارویی مورد استفاده قرار می گیرد. امروزه زعفران بیشتر برای مصرف خوراکی استفاده می شود، هرچند که مطالعات اخیر نقش دارویی زعفران را پررنگ تر کرده است. بنابراین از هر جنبه ای که نگاه می کنیم آب دهی زعفران از اهمیت بالایی برخوردار است.

زعفران یک محصول بومی ایران است، بنابراین کشور ایران از نظر سطح زیر کشت و همچنین از منظر تولید سالیانه، در رتبه نخست در بین کشورهای تولیدکننده ایستاده است. افغانستان، یونان، مراکش، هند، اسپانیا و ایتالیا به ترتیب جز بزرگ ترین تولیدکنندگان زعفران در جهان هستند. طبق آمار منتشر شده از طرف جهاد کشاورزی در سال ۲۰۱۷ تولید کلالة خشک زعفران با سطح زیر کشت ۱۰۵۰۰۰ هکتار برابر با ۳۳۶ تن از محصول زعفران بوده که تقریباً ۸۹ درصد از تولید این محصول را به خود اختصاص داده است. لازم به ذکر است که استان خراسان جنوبی به ویژه شهرستان قائنات قطب تولید زعفران در ایران محسوب می شود (جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی، ۱۴۰۲).

برنامه ریزی آبیاری (فناوری هوشمند) برای افزایش بهره وری و نیز کاهش مصرف آب در این محصول ارزش آفرین، امری ضروری است. بررسی پرورش زعفران با روش های آبیاری مختلف می تواند راهنمای خوبی برای افزایش راندمان محصول

و صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی باشد. روش‌های مختلف آبیاری از جمله: آبیاری بارانی، آبیاری قطره‌ای روستحی، آبیاری قطره‌ای زیر سطحی و... بر عوامل مختلف در پرورش زعفران تاثیرگذارند. وزن کلاله زعفران، کیفیت زعفران تولیدی، راندمان استفاده از آب و... از جمله مواردی هستند که به شدت به روش آبیاری محصول زعفران وابسته هستند. به طور کلی، روش عمده آبیاری زعفران بعد از کاشت در ایران، روش آبیاری کرتی و سنتی است. از مهم‌ترین معایب این روش آبیاری، هدر رفت بسیار بالای آب، عدم توجه به نیاز آبی و آبیاری محصول، ایجاد تنش آبی در محصول و... است. مطالعات مختلف نیاز آبی محصول زعفران را سالانه ۴۹۰ میلی‌متر برآورد می‌کنند. این در حالی است که نرخ تبخیر و تعرق محصول زعفران نزدیک به ۶۴۰ میلی‌متر محاسبه شده که آب را از دسترس گیاه خارج می‌کند. بنابر شرایط حاکم بر منطقه و همچنین نبود منابع آبی، استفاده از روش‌های آبیاری هوشمند و تلاش برای کاهش مصرف آب و در نهایت افزایش بهره‌وری امری ضروری است (ابول‌پور و همکاران، ۱۴۰۰).

لذا در این مطالعه به بررسی ارزیابی سناریوهای انتقال فناوری هوشمند و برنامه اقتصادی در کشت بهینه محصول زعفران قائنات با رویکرد پویایی سیستم پرداخته می‌شود.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

شریفی و همکاران (۱۳۹۸)، در پژوهشی به کمک پویایی سیستم به شبیه‌سازی مساله کنترل موجودی با هزینه افزایشی سفارش‌دهی متغیرها پرداخته‌اند. که نتایج حاکی از آن است خط‌مشی پر نمودن موجودی پیشنهادی می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های واجب برای مدیریت و کنترل جهت محصولات فساد پذیر مفید باشد. کنجکاومنفرد و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهشی به تأثیر قابلیت‌های پویا صادراتی زعفران خراسان بر مزیت رقابتی و عملکرد با تأکید بر دانش صادراتی پرداخته‌اند. این تحقیق در افق زمانی ۱۳۹۸ انجام شده و جمع‌آوری اطلاعات بصورت میدانی و پیمایشی است؛ از پرسشنامه جهت جمع‌آوری اطلاعات استفاده شده و از نرم افزار PLS به منظور تجزیه و تحلیل استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مدیران از طریق سرمایه‌گذاری بر قابلیت‌های پویا صادراتی به مزیت رقابتی و بهبود عملکرد می‌توانند دست یابند. امیرنژاد و همکاران (۱۳۹۹)، در به تعیین راهبردهای توسعه بخش کشاورزی استان مازندران پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که راه‌حلهایی همانند استفاده از محققان و دانش آموختگان کشاورزی، حمایت از صنایع تبدیلی محصولات کشاورزی و توسعه بازار و افزایش صادرات محصولات و فرآورده‌های کشاورزی پیشنهاد می‌شود. پیش‌بهار و همکاران (۱۴۰۰)، به پیش‌بینی تولید، صادرات و واردات بخش کشاورزی ایران با تکنیک اقتصادسنجی و پویایی‌های سیستم پرداخته‌اند. در ابتدا با استفاده از روش اقتصادسنجی عرضه، تقاضا، تابع‌های تولید، واردات و صادرات طی دوره زمانی ۹۶-۱۳۹۶ بررسی کردند. سپس توابع ذکر شده با استفاده از الگوی پویا در دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۴۱۶ شبیه‌سازی شد تا پیش‌بینی‌ها را برای دوره زمانی مذکور انجام دهند. لذا نتایج بیان می‌دارد که در دوره زمانی ۲۰ ساله ارزش واردات، صادرات و عرضه کل بخش کشاورزی رشد می‌کند. روند تولید و تقاضا متناسب با جمعیت تغییر می‌کند. اما به این دلیل که نرخ رشد جمعیت در دوره کنونی پایین گزارش شده در سال‌های آتی نیروی انسانی

به تدریج کاهش می‌یابد. ابراهیمی محمودی و همکاران (۱۴۰۰)، به بررسی مدل برنامه‌ریزی دو مرحله‌ای برای آمایش کشت برنج تحت شرایط عدم قطعیت پویا پرداخته‌اند. در قسمت اول با روش بهترین-بدترین برای دسته‌بندی پهنه مناسب جهت کشت برنج در ایران استفاده گردید و نتایج نشان می‌دهد که در شمال کشور و قسمتی از غرب بیشترین پهنه‌های مناسب برای کشت برنج است و الگوی مناسب برای اکثر کشاورزان، کشت بصورت نشایی است. ضیا و همکاران (۱۴۰۱)، در پژوهشی که انجام دادند به این نتیجه رسیدند که در حال حاضر هیچ معیار/ شاخص ترکیب جامعی برای رقابت‌پذیری و ارزیابی رقابت‌پذیری جهانی در بخش کشاورزی وجود ندارد. تأثیرات تغییر اقلیم بر رقابت‌پذیری بازار کشاورزی جهانی در اکثر شاخص مورد استفاده رقابت‌پذیری کشاورزی را در نظر نمی‌گیرد. در این مطالعه از طریق تشریح مفاهیم به این نتیجه رسیدند که برای توسعه یک شاخص رقابت‌پذیری کشاورزی در جهان، آب و هوایی در برمی‌گیرد و پایان می‌یابد که این شاخص برای رقابت‌پذیری و به حداکثر رساندن پتانسیل‌های بازار در بخش کشاورزی و تضمین امنیت غذایی در جهان ضروری می‌باشد. گودرزی و همکاران (۱۴۰۲)، به تعیین الگوی کشت بهینه مبتنی بر هم‌بست آب، انرژی، غذا و سود اقتصادی دشت فراهان پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد نتایج حاصل نشان داد، مقدار آب مصرفی الگوی کشت بهینه در شرایط نرمال، خشکسالی و ترسالی به ترتیب ۲۳، ۲۹ و ۱۸ درصد نسبت به الگوی کشت موجود کاهش می‌یابد. از طرفی مقدار کالری تولیدی الگوی کشت بهینه در شرایط نرمال، خشکسالی و ترسالی به ترتیب ۵۲، ۶۲ و ۴۵ درصد، متوسط بهره‌وری انرژی ۴۱، ۴۳ و ۳۶ درصد و سود خالص تولیدی ۴۳، ۳۱ و ۴۴ درصد نسبت به الگوی کشت موجود افزایش می‌یابد. به منظور بهره‌برداری بهینه از منابع آب بایستی الگوی کشت در دوره‌های خشکسالی، نرمال و ترسالی مطابق الگوی بهینه پیشنهادی تغییر یابد. گوهرشاهی و همکاران (۱۴۰۳)، تحلیل پویای مدیریت پایدار منابع آب مبتنی بر هم‌بست منابع آب، غذا و انرژی در شهرستان‌ها درمیان و سریشه در استان خراسان جنوبی پرداخته‌اند. نتایج پژوهش نشان داد که سناریوی پنجم با افزایش ۶۰٪ راندمان آبیاری، بهبود ۳۰٪ عملکرد محصولات و افزایش ۵۰٪ بکارگیری انرژی‌های نو به‌عنوان یک سناریوی ترکیبی و بهینه از بین سناریوهای مختلف مورد بررسی، برای مدیریت پایدار منابع آب در قالب هم‌بست منابع آب، غذا و انرژی در منطقه مورد پژوهش است. در این وضعیت مدل‌سازی مصرف بهینه در بخش‌های مختلف، رعایت شرایط حدی و فرهنگ‌سازی مبتنی بر اصلاح الگوی مصرف جزو مسائل کلیدی در مدیریت بحران منابع می‌باشد. چاندیو و همکاران^۱ (۲۰۱۶)، در پژوهشی عوامل موثر بر تولید کشاورزی ۲۰۱۱-۱۹۹۵ پاکستان را بررسی کردند. تولید بخش کشاورزی با متغیرهای مصرف کود، سطح زیر کشت، هزینه‌های اداری برای کشاورزان و قیمت تضمین نیشکر را مورد واریسی قرار دادند و نتایج حاکی از آن است که تأثیر مثبت معنا دارای بین تولید محصولات کشاورزی و مصرف کود، سطح زیر کشت و قیمت تضمینی نیشکر وجود دارد. لیونبوی و همکاران^۲ (۲۰۱۸)، از مدل سازی پویا کشاورزی و اقتصادی برای مدیریت پایدار منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک استفاده کرد که در این مطالعه این ابزار به تصمیم گیرندگان اجازه می‌دهد تا تغییرات متقابل شاخص‌های اقتصادی و اقتصادی منتخب مدیریت آب را با توجه به سناریوهای مختلف پیش بینی

1 Chandio et al

2 Lionboui et al

کنند. برای آزمایش حساسیت ارزیابی آب در برابر شوکهای خارجی، ابتدا تأثیر افزایش قیمت فروش آب آبیاری اعمال شده برای آبهای سطحی در محیط آبیاری تادلا را شبیه سازی شده است. نوع دیگری از شوکهای خارجی مربوط به تغییرات آب و هوا مورد آزمایش قرار گرفت و تأثیرات احتمالی آنها را در مدیریت طولانی مدت آب کشاورزی در منطقه بررسی قرار گرفته شد. با توجه به نتایج، این تحقیق یک چارچوب مدل سازی مناسب برای مدیریت پایدار منابع آب به منظور کمک به تصمیم گیری ها برای بهبود مدیریت آب آبیاری و کاهش اثرات شوک های برونزا بر پایداری سیستم در مناطق خشک و نیمه خشک فراهم شده است. پلاچینوتا و همکاران^۱ (۲۰۱۸)، مدل پویایی سیستم را برای حمایت از تصمیم گیرندگان در مدیریت آب آبیاری انجام داده‌اند. به طور خاص، مقاله حاضر تحول پویای فضای تعامل (IS^2) را نشان می دهد، و انتقادات برای آن آورده شده است. این یک چشم انداز جایگزین در مورد مشکل ایجاد می کند، با استفاده از یک مدل دینامیک سیستم (SDM)، به بررسی چگونگی اقدامات مختلف می تواند بر فرآیندهای تصمیم گیری ذینفعان مختلف درگیر در IS تأثیر بگذارد SDM در یک وضعیت تصمیم گیری چند ذینفع به منظور پشتیبانی از مدیریت آب و حفاظت از آب های زیرزمینی در سیستم های کشاورزی در منطقه Capitanata (منطقه آپولیا، جنوب ایتالیا) اجرا شده است. یو و همکاران^۳ (۲۰۲۱)، در پژوهشی به بررسی پویایی روابط بین بازار سهام و متغیرهای کلان اقتصادی در کشور چین در دوره زمانی ۲۰۱۴-۲۰۲۱ با استفاده از رویکرد شبکه ای بیزین پرداخته اند و نتایج حاکی از آن است که عدم وجود وابستگی بین متغیرهای کلان اقتصادی و بازار سهام در دوره های مختلف در کشور چین و همچنین نتایج نشان می دهد که تنها بعضی از متغیرها کلان اقتصادی همانند شاخص قیمت صنایع توانایی تأثیر بر شاخص قیمت در بازار سهام را دارند. آرنه و همکاران^۴ (۲۰۲۳)، به بررسی پیامدهای جنگ اوکراین و افزایش در قیمت کالاها در کشورهای در حال توسعه پرداخت. آنان به منظور بررسی اثرات کوتاه مدت این بحران بر سیستم های کشاورزی فقر و ناامنی غذایی در ۱۹ کشور از مدل های اقتصادی استفاده کردند. نتایج حاکی از آن است که به ترتیب ۲۷/۲ و ۲۲/۳ درصد از جمعیت این کشور به گرسنگی و فقر کشیده شده است و نیز بیان می دارد که سیستم کشاورزی به فقر و گرسنگی کشیده شده است؛ سیستم کشاورزی و فقیر نسبت به افزایش قیمت سوخت و کود آسیب پذیر می باشد در حالی که کیفیت رژیم غذایی و گرسنگی بیشتر تحت تأثیر افزایش قیمت مواد غذایی می باشد. کولاهی و همکاران^۵ (۲۰۲۴)، به تعیین الگوی کشت بهینه با در نظر گرفتن مفهوم آب مجازی و منافع اقتصادی در دشت عمرانی در خراسان رضوی پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که بهترین سیاست ترکیبی از دو هدف شامل به حداقل رساندن آب مجازی و حداکثر کردن سود اقتصادی است. در این صورت میزان مصرف آب مجازی در منطقه بیش از ۵۷ درصد کاهش یافت که قابل توجه است. همچنین با این مصرف آب مجازی نیز در صورت تغییر الگوی کشت، سود اقتصادی بالاتری حاصل می شود.

1 Pluchinotta et al
2 Interaction Space
3 Yue et al
4 Arndt et al
5 Kolahi et al

بنابراین اصلاح الگوی کشت محصول زعفران به سمت الگوی بهینه، از جمله سیاست‌هایی است که می‌تواند در راستای مدیریت تقاضای آب با هدف حفاظت، افزایش کارایی اقتصادی و ارتقاء بهره‌وری آب، مورد توجه قرار بگیرد. از طرفی با وجود پیشرفته بودن فناوری در ایران اما هنوز صنعت کشاورزی غالباً به صورت سنتی اداره می‌شود. ایران دارای وسعت بالای مناطق زیر کشت و شرایط آب و هوایی متنوع در مناطق مختلف است محصولات کشاورزی علاوه بر اینکه تامین موادغذایی و ارزش آوری اقتصادی در بخش‌های صادرات و صنایع تبدیلی و تکمیلی را دارد می‌تواند با توجه به پتانسیل و منابع موجود، نیازمند زیرساخت‌ها و ملزوماتی هست که طبعاً فرصت‌های حائز اهمیتی در صورت اجرا شدن به همراه دارد. بنابراین استفاده از فناوری هوشمند در مصرف آب و کشت بهینه محصول زعفران سبب مدیریت در مصرف منابع آبی و افزایش تولید و عملکرد محصول زعفران در شهرستان قائن می‌شود. لذا در این مطالعه به بررسی ارزیابی سناریوهای انتقال فناوری هوشمند و برنامه اقتصادی در کشت بهینه محصول زعفران قائنات با رویکرد پویایی سیستم پرداخته می‌شود.

۳- روش‌شناسی و داده‌های تحقیق

پویایی سیستم

متغیرهای حالت و جریان در استعاره، تشبیه به هیدرولیک جریان آب به داخل و خارج از مخازن شده‌اند. به معنی ریاضی دقیق و بدون ابهام. منغیر حالت تجميع و يا محتوای سهام، جریان خالص متغیر حالت به نرخ تغییرات از متغیر حالت است. از این رو ساختار نشان داده شده در شکل (۱)، دقیقاً مطابق معادله انتگرالی زیر است:

$$stock(t) = \left[\int_{t_0}^t Inflow(s) - outflow \right] ds + stock(t_0) \quad (1)$$

که در آن جریان نشان‌دهنده مقدار جریان در هر زمان بین زمان اولیه و به زمان t جاری است. هم‌ارز، نرخ خالص از تغییر هر سهام، مشتق شده از آن، جریان کمتر از خروج است، تعریف معادله دیفرانسیل به صورت رابطه (۲) است (استرمن، ۱۳۹۵؛ استرمن، ۱۳۹۶).

$$d(Stock)/dt = Inflow(t) - Outflow(t) \quad (2)$$

۴- تجزیه و تحلیل نتایج

مدل‌سازی پویای منابع آب شهرستان قائنات

مدل مدیریت و پایداری منابع آب شهرستان قائنات با رویکرد یکپارچه‌سازی بر مبنای تئوری دینامیک سیستم‌ها توسعه یافته است.

الف) توصیف مدل مفهومی

مدل مفهومی توسعه یافته برای مسائل مربوط به مدیریت تأمین محور منابع آب در شهرستان قائنات از زیرسیستم‌های جمعیت، کشاورزی، هیدرولوژیک، اجتماعی-اقتصادی و زیست‌محیطی تشکیل شده است. هر زیرسیستم شامل شاخه-هایی متفاوت از توسعه سیستم منابع آب شهرستان می‌باشد. دیدگاه جامع از سیستم منابع آب زمانی حاصل می‌شود که درک صحیحی از روابط متقابل ترکیبی بین این شش زیرسیستم وجود داشته باشد.

ب) مدل ذخیره- جریان منابع آب شهرستان قائنات برای اعمال سناریوهای فناوری هوشمند و الگوی بهینه کشت محصول زعفران

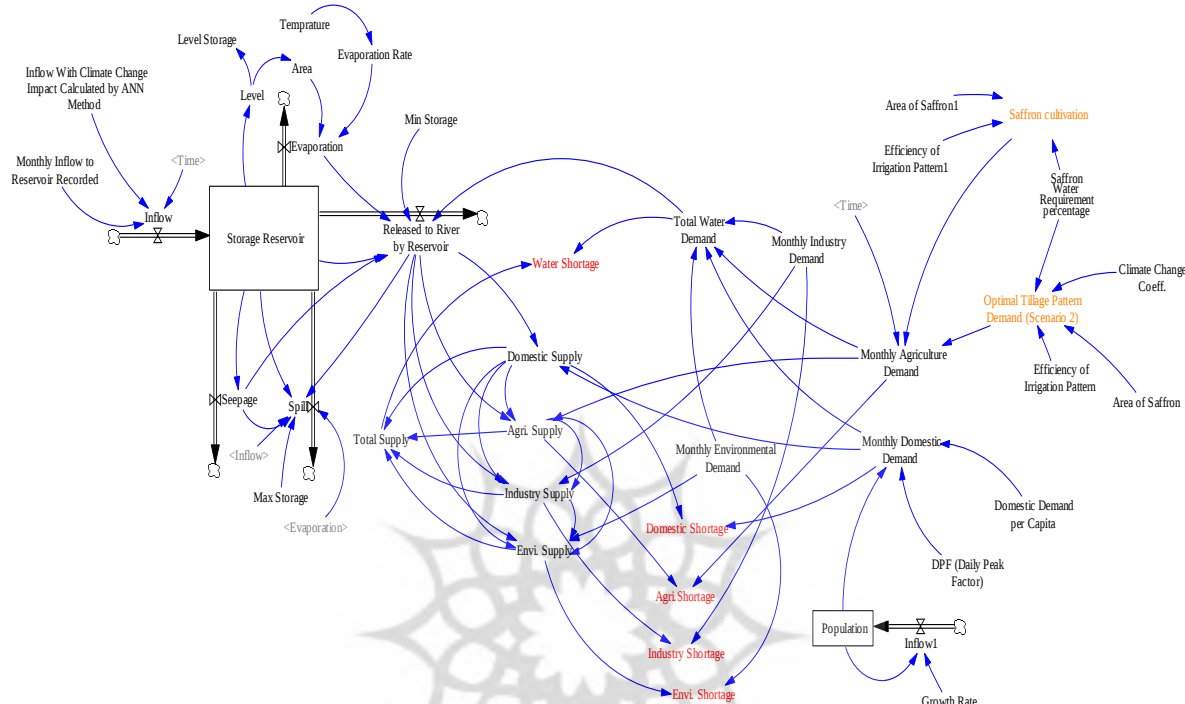
زیرسیستم تقاضای آب برای شهرستان قائنات، شامل چهار بخش شرب، کشاورزی، صنعت و زیست‌محیطی می‌باشد. تقاضای آب در بخش کشاورزی، اصلی‌ترین نیاز آبی در شهرستان مورد مطالعه است. در این زیر سیستم، سطح زیر کشت، نیاز آبی محصول زعفران، راندمان آبیاری و تأثیر تغییر اقلیم بعنوان فاکتورهای اثرگذار وارد شده است. الگوی کشت در دو حالت کشت فعلی و الگوی کشت بهینه در نظر گرفته شده است. با افزایش میزان نیاز کشاورزی، میزان کمبود آب افزایش می‌یابد و سیاست‌های مدیریتی جهت کاهش نیاز کشاورزی اعمال می‌شود.

نیاز شرب از میزان جمعیت، سرانه مصرف به ازای هر نفر و ضریب پیک روزانه و ساعتی اثر می‌پذیرد. جمعیت فاکتور اصلی نیاز آب شرب می‌باشد و با افزایش جمعیت، میزان تقاضاهای آبی افزایش می‌یابد. عوامل دیگری مانند مرگ‌ومیر، زاد و ولد و مهاجرت سبب تغییر در جمعیت می‌شود.

نیاز آبی صنعت، براساس بیانات مدیران بهره‌برداری اداره آب منطقه‌ای استان خراسان جنوبی، از سال ۱۴۰۱ شروع شده است. میزان تقاضای صنعت فولاد شهرستان قائنات ۳/۵ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد.

طبق تحقیقات انجام شده، مطالعه‌ای در رابطه با تعیین تقاضای زیست‌محیطی رودخانه و سد فرخی صورت نگرفته است و فقط اطلاعات در دسترس داده‌های تاریخی مقدار آب رهاسازی شده از مخزن است. لذا در این مطالعه، مقادیر تاریخی بعنوان تقاضای زیست‌محیطی آورده شده است.

شکل ۱. مدل ذخیره- جریان منابع آب شهرستان قائنات



نتایج کالیبراسیون

نتایج حاصل از تست مدل در سال‌های ۹۸-۱۳۹۴ در جدول (۱) نشان داده شده است. مقادیر شبیه‌سازی نشان دهنده‌ی هماهنگی خوب با مشاهدات است. در جدول (۱) مقادیر ضریب تعیین بین داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده شده متغیر سطح آب مخزن فرخی بالاتر از ۰/۷۰ درصد است و مقدار در معیار نش- ساتکلیف (NSE) مقدار آن بیشتر از ۰/۵ و همچنین مقدار خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) کمتر از ۰/۳ است که این نتایج مبنای خوبی برای اعتبارسنجی مدل و پیش‌بینی‌های ساخته شده با استفاده از مدل ارائه می دهد.

نتایج اعتبارسنجی

برای تأیید مدل در سال‌های ۱۴۰۲-۱۳۹۹، یک سری آزمون‌های کیفی و کمی انجام می‌شود. این دو نوع آزمون برای ارزیابی اینکه آیا مدل دقیقاً برای نشان دادن سیستم واقعی استفاده می‌شود. نتایج اعتبارسنجی نشان می‌دهد که شبیه‌سازی مدل با داده‌های مشاهده شده بسیار سازگار است (جدول ۱). اکثر مقادیر مطلوب معیار نش- ساتکلیف () بیشتر از ۰/۵ و خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) عددی نزدیک به صفر دارد. علاوه بر این، ضریب تعیین (R^2) بیشتر از ۰/۸۰ می‌باشد.

جدول ۱. آزمونهای مدل پارامترهای آماری

اعتبارسنجی					کالیبراسیون					متغیرها	
R ²					NSE (RMSE)						
۱۳۹۹-۱۴۰۲	۱۴۰۲	۱۴۰۱	۱۴۰۰	۱۳۹۹	۱۳۹۸-۱۳۹۴	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۴	سال
۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۸۸	۰/۵۶	۰/۸۰	۰/۹۳	۰/۸۰	۰/۷۲	۰/۹۷	۰/۵۷	ذخیره
	(۰/۲۳)	(۰/۲۶)	(۰/۲۷)	(۰/۱۲)		(۰/۲۷)	(۰/۰۸)	(۰/۲۴)	(۰/۲۸)	(۰/۲۱)	سطح آب
											مخزن
											فرخی

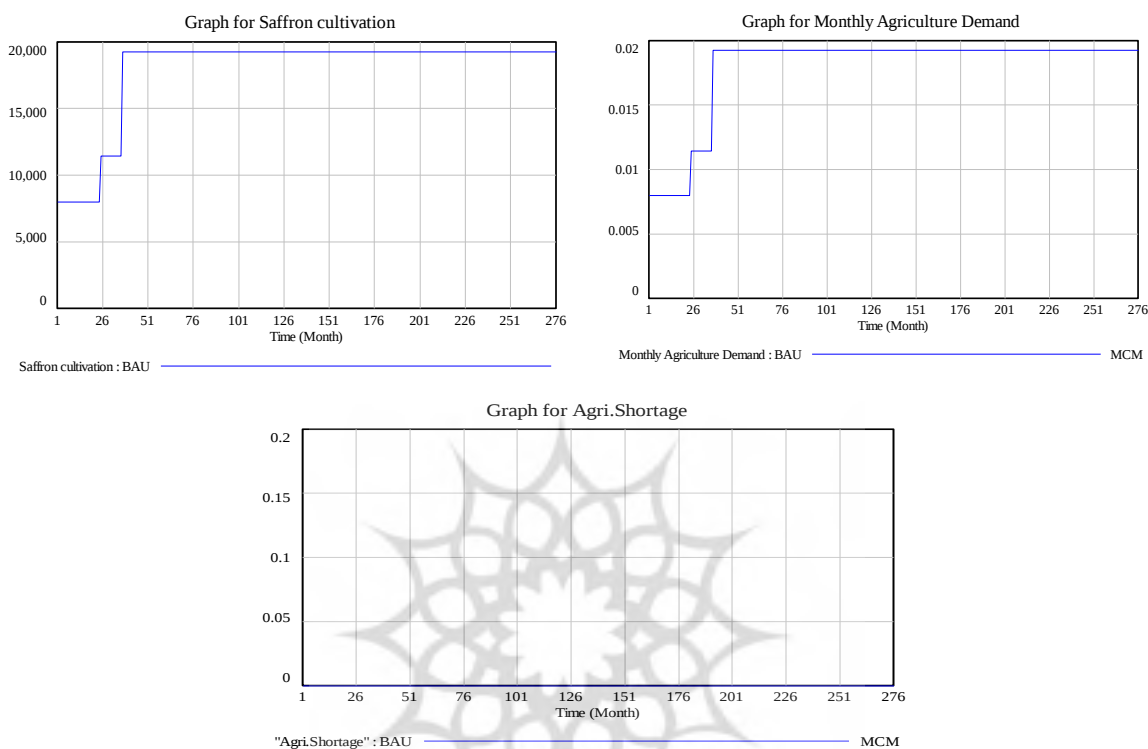
منبع: یافته‌های تحقیق

اعمال سناریوهای فناوری هوشمند و الگوی بهینه کشت محصول زعفران در شهرستان قائنات

۱- سناریو پایه (BAU¹)

سناریو یک، ادامه شرایط موجود در حوضه رودخانه هیرمند می‌باشد. بدین معناست که اگر هیچ فعالیت مدیریتی انجام نگیرد، از لحاظ جمعیتی، کشاورزی، اقتصاد و اجتماعی، تأمین و نیاز آبی و زیست‌محیطی در آینده این حوضه چه وضعیتی را بدنبال خواهد داشت. نتایج شبیه‌سازی توسعه آینده تحت سناریو BAU در شکل (۲) نشان داده شده است. در مدل طراحی شده، سطح زیرکشت در سال ۱۴۱۵ از ۹۶۰۰۰ به ۲۳۰۸۸۰ هکتار رسیده است و تقاضا ماهانه آب کشاورزی از ۰/۰۹۶ میلیون مترمکعب به ۰/۲۳۰۴ میلیون مترمکعب در ماه رسیده است. همچنین هیچگونه کمبود آب نداشته است. بنابراین می‌توان سطح کشت محصول را با مدیریت منابع آب افزایش داد.

شکل ۲. نمودارهای شبیه‌سازی شده در حالت پایه (BAU)

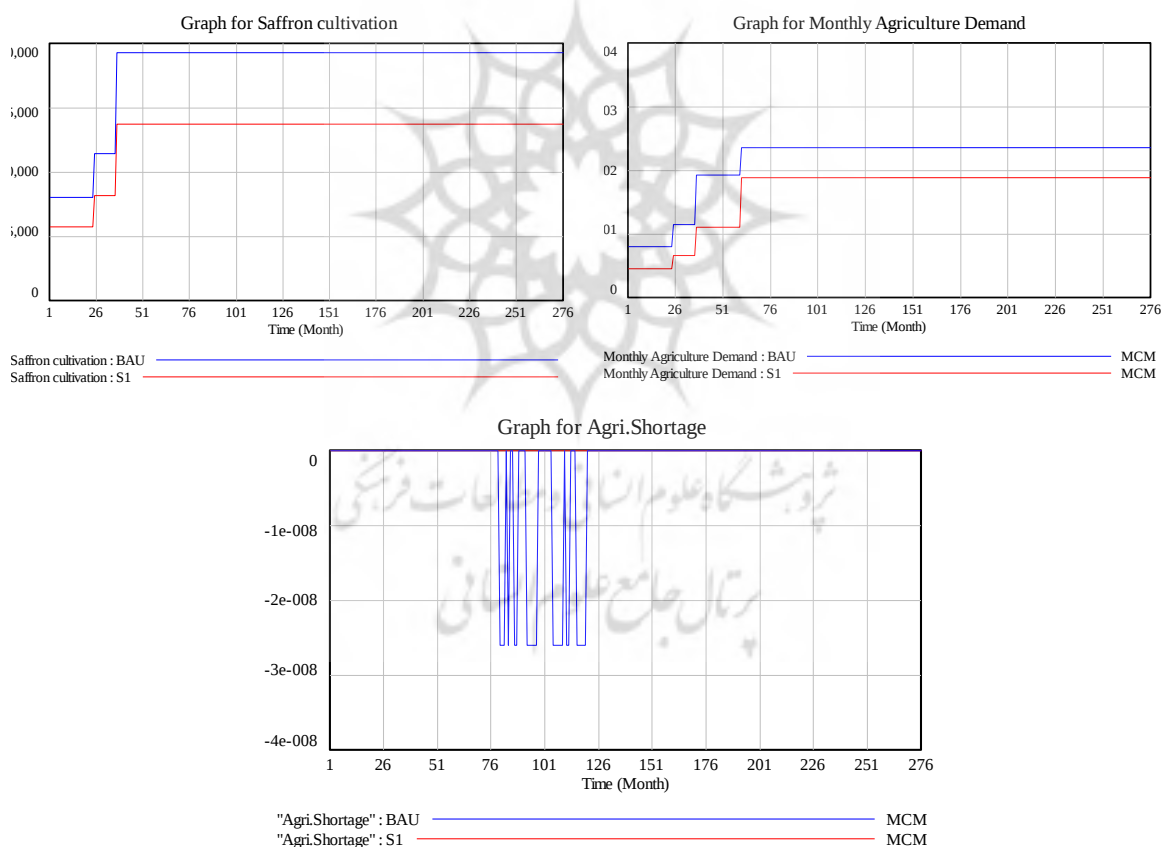


۲- سناریوی فناوری آبیاری هوشمند

اغلب کشاورزان در استان خراسان جنوبی (شهرستان قائنات) و دیگر مناطق کشور برای آبیاری زمین های خود یا از آب حاصل از بارش باران استفاده می کردند و کشت زعفران دیم انجام می دادند یا از روش های سنتی مثل آبیاری کرتی و نشتی استفاده می کردند. در چند سال اخیر به دلیل کاهش بارش باران و خشکسالی های پی در پی این روش ها دیگر موثر و قابل استفاده نبود و کشاورزان مجبور بودند از روش آبیاری زعفران با تانکر استفاده کنند. آبیاری با تانکر به دلیل این که به صورت غرقابی انجام می شود با هزینه بسیار بالایی دارد جدای از آن روان شدن حجم زیادی از آب بر روی خاک باعث آسیب به بافت خاک نیز خواهد شد. پیشنهاد بهتر استفاده از روش های نوین در آبیاری زعفران می باشد. با نگاه به آمار و تحقیقات انجام شده در کشت زعفران، به راحتی می توان پی برد که سیستم های آبیاری سنتی جوابگوی نیاز کشاورزان در شرایط فعلی نیستند. اجرای سیستم های مدرن و جدید آبیاری از قبیل: سیستم آبیاری قطره ای و آبیاری بارانی بر روی مزارع زعفران میتواند تا حدود ۷۰ تا ۹۰ درصد راندمان آبیاری افزایش دهد. از این رو علاوه بر کاهش مصرف آبیاری امکان برداشت بیشتر در مقایسه با سیستم های آبیاری سنتی وجود دارد. بنابراین در این مطالعه سناریو افزایش راندمان آبیاری (فناوری آبیاری هوشمند) را از میزان ۵۰ درصد به ۷۰ درصد را اجرا شده است.

طبق نتایج بدست آمده همانطور که در شکل (۳)، در مدل طراحی شده، سطح زیرکشت در سال ۱۴۱۵ از ۲۳۰۸۸۰ به ۱۶۴۹۰۴ هکتار رسیده است. در زیر سیستم عرضه تقاضای آب میزان تقاضا ماهانه کشاورزی از ۰/۲۸۲ به ۰/۲۲۵ میلیون متر مکعب کاهش خواهد یافت و همچون سناریو پایه هیچگونه کمبودی در بخش کشاورزی بوجود نیامده است. بنابراین افزایش راندمان آبیاری (آبیاری هوشمند) بر کاهش تقاضای آب این بخش در سیستم اثرگذار است. در شرایط حاضر بخش کوچکی از اراضی شهرستان قائنات به سیستم‌های آبیاری مدرن آبیاری می‌گردد. افزایش بهره‌وری مصرف نیازمند برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری مناسب می‌باشد. اعمال سیاست‌های تشویقی و حمایتی از طرح‌های بهینه مصرف آب می‌تواند در افزایش راندمان تأثیرگذار واقع گردد.

شکل ۳. نمودارهای شبیه‌سازی شده در حالت اعمال سناریو آبیاری هوشمند

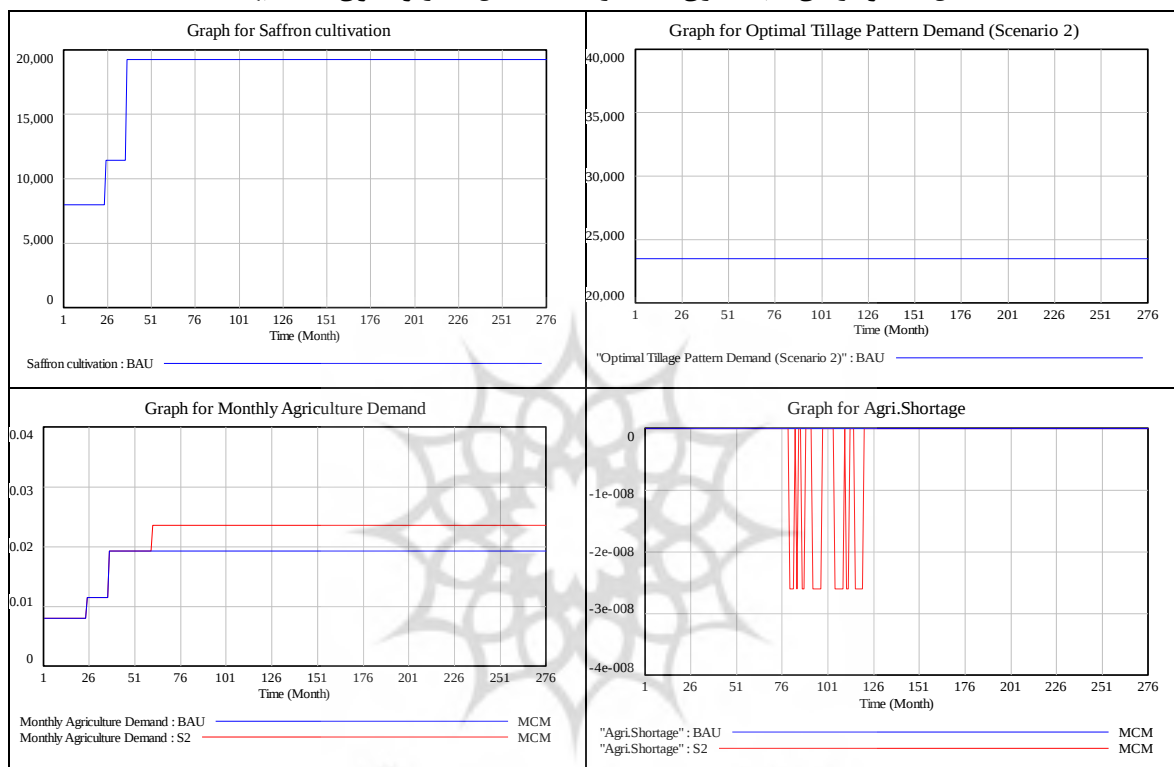


۳- سناریو الگوی کشت بهینه

استفاده از الگوی کشت در مناطق مختلف کشور علاوه بر مزیت‌هایی که در تولید محصولات کشاورزی ایجاد می‌کند، می‌تواند در افزایش درآمد کشاورزان منطقه نیز مؤثر واقع شود. الگوی کشت بهینه، در عین حال که سطح زیرکشت محصولات کشاورزی را حفظ و در پاره‌ای موارد حتی کاهش می‌دهد، تولیدات آن را افزایش خواهد داد. در این سناریو محصول زعفران که بیشترین بازدهی را با توجه محدودیت منابع آب در منطقه را دارد به وارد مدل شده است. طبق

نتایج بدست آمده همانطور که در شکل (۴)، در مدل طراحی شده، سطح زیرکشت در سال ۱۴۱۵ از ۲۳۰۸۸۰ به ۲۸۲۰۷۲ هکتار رسیده است. در زیر سیستم عرضه تقاضای آب میزان تقاضا ماهانه کشاورزی از ۰/۲۳۰ به ۰/۲۸۲ میلیون متر مکعب افزایش یافته است و همچون سناریو پایه هیچگونه کمبودی در بخش کشاورزی بوجود نیامده است.

شکل ۴. نمودارهای شبیه سازی شده در حالت اعمال سناریو الگوی کشت بهینه



۵- نتیجه گیری و پیشنهادهای سیاستی

در این مطالعه، با هدف بررسی و ارزیابی سناریوهای انتقال فناوری هوشمند و برنامه اقتصادی در کشت بهینه محصول زعفران قانات با رویکرد پویایی سیستم، مدلی جامع براساس پویایی سیستمها گسترش داده شد. در این رویکرد، روابط و بازخورد میان متغیرهای موجود در زیرسیستمها با نمودار ذخیره و جریان بیان گردیده شد. مدل حاضر با استفاده از آزمون تکرار رفتار کالیراسیون و صحت سنجی شد. نتایج بدست آمده از آزمون نشان داد که مدل شبیه سازی شده، نتایج و رفتار قابل قبول با مشاهدات واقعی داده است.

نتایج نشان می دهد که با اعمال سناریو انتقال فناوری هوشمند، سطح زیرکشت در سال ۱۴۱۵ از ۲۳۰۸۸۰ به ۲۸۲۰۷۲ هکتار رسیده است. در زیر سیستم عرضه تقاضای آب میزان تقاضا ماهانه کشاورزی از ۰/۲۸۲ به ۰/۲۲۵ میلیون متر مکعب کاهش خواهد یافت و همچون سناریو پایه هیچگونه کمبودی در بخش کشاورزی بوجود نیامده است. همچنین با اعمال سناریو الگوی کشت بهینه، سطح زیرکشت در سال ۱۴۱۵ از ۲۳۰۸۸۰ به ۲۸۲۰۷۲ هکتار رسیده است. در

زیر سیستم عرضه تقاضای آب میزان تقاضا ماهانه کشاورزی از ۰/۲۳۰ به ۰/۲۸۲ میلیون متر مکعب افزایش یافته است و همچون سناریو پایه هیچگونه کمبودی در بخش کشاورزی بوجود نیامده است. سناریوهای بررسی شده، شامل راندمان آبیاری ۷۰ درصد در بخش کشاورزی (فناوری هوشمند آبیاری) و الگوی کشت بهینه محصول زعفران می باشند. با بررسی نتایج این سناریوها مشاهده می‌گردد که هر یک از این راهکارها، باعث کاهش مصرف آب در سالهای آتی می‌گردد ولی بهترین نتیجه در سناریوی اول (راندمان آبیاری ۷۰ درصد در بخش کشاورزی) حاصل شده است.

- برگزاری کلاس‌های آموزشی توسط جهاد کشاورزی در جهت آموزش استفاده از برنامه‌های کشاورزی تخصصی در زمینه بهینه‌سازی مصرف آب تا دانستنی‌های مربوط به روش‌های نوین آبیاری (فناوری هوشمند) را به کشاورزان منتقل کنند.
- مشورت زعفرانکاران با متخصصین مربوطه قبل از شروع راهاندازی سیستم آبیاری مورد نظر
- همکاری جهاد کشاورزی برای استفاده زعفرانکاران از تسهیلات بانکی برای استقرار و راهاندازی روش‌های جدید آبیاری
- تغییر و سهولت در قوانین و مقررات سنگین و دست و پاگیر اداری برای تشویق و ترغیب بیشتر کشاورزان در جهت استفاده از فناوری هوشمند آبیاری در شهرستان قائنات

منابع

- ابراهیمی محمودی، حسین، پیشوایی، میر سامان، تیموری، ابراهیم. (۱۴۰۰)، یک مدل برنامه ریزی دو مرحله ای برای آمایش کشت برنج تحت شرایط عدم قطعیت پویا (مورد مطالعه: ایران)، فصلنامه چشم انداز مدیریت صنعتی، ۱۱، ۱۷۶-۱۴۵.
- ابزاری، محمد، تیموری، حمید. (۱۳۸۶)، سرمایه گذاری خارجی در کشورهای غیر توسعه یافته. مجله تدبیر ۱۷۹.
- ابولبور، بهروز، شریفی، مستانه، بذرافشان، محسن، جرعه‌نوش، محمد هادی. (۱۴۰۰)، مدیریت هوشمند برنامه ریزی آبیاری به منظور افزایش بهره وری مصرف آب در گیاه چغندر قند، نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۲، ۱۷۰-۱۵۶.
- استرمن، جان. (۱۳۹۵)، اصول و مبانی مدل‌های پویایی سیستم، ترجمه استادی جعفری، مهدی و جوانشیر، حسن، انتشارات شربانی، ۳۰۹ ص.
- استرمن، جان. (۱۳۹۶)، پویایی شناسی کسب و کار: تفکر سیستمی و مدل‌سازی برای جهانی پیچیده، ترجمه برارپور، کوروش؛ بهزاد، بنفشه؛ رضایی عدل، لاله؛ موسوی‌اهرنجاتی، پریسا؛ امامی، مرضیه و فغانی، حسن، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، پژوهشکده تحقیق و توسعه علوم انسانی، ۷۷۲ ص.
- امیرنژاد، حمید، حسینی یکانی، سیدعلی، مجاوریان، سیدمجتبی، کشیری کلائی، فاطمه، تسلیمی، مهسا. (۱۳۹۹)، تعیین راهبردهای توسعه بخش کشاورزی استان مازندران، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۴، ۴۴۵-۴۲۱.
- امیری، علیرضا، زارع‌مهرجردی، یحیی، جلالی‌منش، عمار، صادقیه، احمد. (۱۳۹۹)، پویایی‌شناسی عوامل مؤثر بر پایداری سیستم تولید گندم، مدیریت تولید و عملیات، ۱۱، ۲۶-۱.
- پیش‌بهار، اسماعیل و رحیمی، جلال. (۱۳۹۶)، تأثیر سناریوهای اقلیمی و مدیریتی بر بخش کشاورزی و تخلیه منابع آبی در ایران با الگوی پویایی‌های سیستم، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، جلد ۳۱، شماره ۱، ص ۹۴-۷۳.
- رحمانی، احمد، زند، اسکندر، جلالی، خدا کرم. (۱۴۰۰)، امنیت غذایی برنامه‌ها و اقدامات، ارتباط با منابع طبیعی و محیط زیست طبیعت ایران، ۶(۶): ۱۰۳-۱۱۸.
- زندى دره غریبی، بهاره، کرباسی، علیرضا، و محتشمی، تکتیم. (۱۳۹۸)، الگوی برنامه ریزی توسعه کشت زعفران با تأکید بر مدیریت منابع آبی. زراعت و فناوری زعفران، ۷(۳)، ۳۹۷-۴۱۰.
- شریفی، عبدالله، آقایی، عبدالله، رحمانی، دنیا. (۱۳۹۸)، شبیه‌سازی کنترل موجودی مشکل با هزینه سفارش متغیر با کمک دینامیک سیستم. مجله صنعتی تحقیقات مهندسی در سیستم‌های تولید. سال هفتم ۱۴۰۲۹-۴۵.
- عیدی، اسماء، کاظمیه، فاطمه، ظریفیان، شاپور، میرلو، سهراب. (۱۳۹۹)، تحلیل مسائل و مشکلات دقیق از دیدگاه کارشناسان جهاد کشاورزی شهرستان ارومیه. فصلنامه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد ۳۰، شماره ۱.
- کنجکاو منفرد، امیررضا، هدایتی، محمد، فرقانی اله آبادی، فهیمه. (۱۳۹۹)، تأثیر قابلیت‌های پویایی صادراتی زعفران خراسان بر مزیت رقابتی و عملکرد با تأکید بر دانش صادراتی. نشریه اقتصاد و توسعه، جلد ۳۴، شماره ۴، ص ۴۶۱-۴۴۷.

گودرزی، مصطفی، قدبیکلو، جواد، غدیری، عادل، خودشناس، محمد علی. (۱۴۰۲)، تعیین الگوی کشت بهینه مبتنی بر هم‌بست آب، انرژی، غذا و سود اقتصادی (مطالعه موردی استان مرکزی- دشت فراهان)، مجله آب و خاک، دوره ۳۷، شماره ۲ - شماره پیاپی ۸۸، ص ۲۰۲-۱۸۷.

گوهرشاهی، غلام‌احمد؛ شهرکی، جواد، سردار شهرکی، علی و علی‌احمدی، ندا. (۱۴۰۳)، تحلیل پویای مدیریت پایدار منابع آب مبتنی بر هم‌بست منابع آب، غذا و انرژی (مطالعه موردی: شهرستان‌ها در میان و سریش در استان خراسان جنوبی)، مجله آب و آبیاری ایران، دوره ۱۴، شماره ۳ - شماره پیاپی ۵۵، ص ۱۷۴-۱۵۴.

نوذری، حامد، و محسنی، وجیهه. (۱۳۹۴)، کاربرد روش پویایی سیستم در شبیه‌سازی و بهینه‌سازی الگوی کشت شبکه آبیاری و زهکشی سمت راست آبشار اصفهان. تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۶(۳)، ۴۶۵-۴۷۴.

References:

- Arndt, C., Diao, X., Dorosh, P., Pauw, K., & Thurlow, J. (2023). The Ukraine war and rising commodity prices: Implications for developing countries. *Global Food Security*, 36, 100680.
- Baniasadi, M., and Zare Mehrgerdi, M.R. 2010. Investigate the effects of culture on rural poverty in the context of Orzooiyeh city Kerman. *Agricultural Economics* 4 (2): 183-209.
- Chandio, A. A., Jiang, Yu., Koondhar, M. A., & Guangshun, Xu. (2016). Factors Affecting Agricultural Production: An Evidence from Sindh (Pakistan). *Advances in Environmental Biology*, 10(9), 164-171.
- Khadem Adam, N. 1992. *Economic Policy Makers in Different Systems*. The second edition, Iran.
- Kimiay Khalil Abad, A. 1999. Optimal allocation of agricultural water to the Sistan River. Master's Thesis, Faculty of Agriculture, University of Sistan and Baluchestan, Iran.
- Kolahi, M., Hoosseinali, F & Karimaei Tabarestani. (2024). Determining the optimal cultivation pattern by considering the concept of virtual water and economic benefits (Case Study: Omrani Plain in Khorasan Razavi), *Iranian Irrigation and Drainage Association*, Volume 16, Issue 6 - Serial Number 96, pp: 1221-1232.
- Lionboui H., Benabdelouahab T., Hasib A., Elame F., Boulli A. (2018). Dynamic Agro-Economic Modeling for Sustainable Water Resources Management in Arid and Semi-arid Areas. In: Hussain C. (eds) *Handbook of Environmental Materials Management*. Springer, Cham, pp 1-26.
- Pluchinotta, I., Pagano, A., Giordano, R and Tsoukias, A. 2018. A system dynamics model for supporting decision-makers in irrigation water management, *Journal of Environmental Management*, Volume 223, Pages 815-824.
- Yue. L., Haoyuan, F., & Kun, G. (2021). The Dynamic Relationship between Macroeconomy and Stock Market in China: Evidence from Bayesian Network. *Complexity*, 18(2), 1-12