

## Research Paper

# Economic-environmental evaluation and willingness to pay of farmers in using sprayer equipped with variable rate technology

Rostam Fathi<sup>1</sup>, Mahmoud Ghasemi Nejad Raeini<sup>2\*</sup>, Saman Abdanan Mehdizadeh<sup>2</sup>, Morteza Taki<sup>2</sup>, Mostafa Mardani Najafabadi<sup>3</sup>

1. Ph.D. Graduated of Agricultural Mechanization Engineering. Faculty of Agricultural Engineering and Rural development. Agricultural Sciences & Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran.\*Corresponding Author's Email: ghasemi.n.m@asnrukh.ac.ir
2. Associate Professor in Department of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
3. Associate Professor in Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

Received:

Accepted:

PP:

Use your device to scan and read the article online

Doi:

## Keywords:

Benefit-Cost ratio,  
Intelligentization, Mechanization,  
Willingness to Pay

## Abstract

**Introduction:** Environmental crises and resource degradation have significantly impacted global food security. One critical phase in agricultural production is the application of chemical pesticides. In conventional agriculture, fixed-rate sprayers are typically used, which apply pesticides uniformly regardless of crop density. This method incurs substantial economic and environmental costs. To enhance productivity, reduce environmental impact, and lower costs, it is essential to improve spraying operations. One key factor in this improvement is the adoption of variable rate technology (VRT).

**Materials and Methods:** In this research, after calculating the amount of saving of chemical pesticides and checking the cost of spraying in two cases of using variable rate and fixed rate sprayers, as well as calculating the amount of environmental impacts in these two scenarios, estimating the willingness to pay by farmers in using variable rate technology and also, the benefit-to-cost ratio was calculated using the additional investment method. In this research, conditional valuation method was used to estimate the willingness to pay for using variable rate spraying in order to protect the environment.

**Findings:** The results showed that the variable rate sprayer was able to save 46% in pesticide consumption. The rate of chemical pesticide consumption was 8.23 liters per hectare with fixed rate spraying and 4.44 liters per hectare with variable rate spraying. The final value of willingness to pay for the use of variable rate sprayers was estimated at 159.38 million Rials.

**Conclusion:** The benefit-to-cost ratio, calculated using the additional investment method, indicated that VRT sprayers are more economical for orchard spraying.

Citation:

\*Corresponding author: Mahmoud Ghasemi Nejad Raeini

**Address:** Department of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

**Tell:** 09166041652

**Email:** ghasemi.n.m@asnrukh.ac.ir

## Extended Abstract

### Introduction

Environmental crises and resource degradation have significantly impacted global food security. One critical phase in agricultural production is the application of chemical pesticides. In conventional agriculture, fixed-rate sprayers are typically used, which apply pesticides uniformly regardless of crop density. This method incurs substantial economic and environmental costs. To enhance productivity, reduce environmental impact, and lower costs, it is essential to improve spraying operations. One key factor in this improvement is the adoption of variable rate technology (VRT). The development and application of VRT in spraying not only involve technical considerations but also require strong economic justification. A study by Fathi et al. focused on the development, application, and technical evaluation of VRT in orchard spraying. Building on this work, the primary objective of the current study is to investigate farmers' willingness to pay for VRT in orchard spraying and to conduct an economic and environmental comparison of VRT versus fixed-rate sprayers. It is suggested that the implementation of the variable rate technology system in orchard sprayers should be placed on the agenda of the sprayer manufacturing companies.

### Materials and Methods

In this research, after calculating the amount of saving of chemical pesticides and checking the cost of spraying in two cases of using variable rate and fixed rate sprayers, as well as calculating the amount of environmental impacts in these two scenarios, estimating the willingness to pay by farmers in using variable rate technology and also, the benefit-to-cost ratio was calculated using the additional investment method. Considering that one of the main objectives of this research was to reduce the consumption of chemical pesticide and consequently to reduce the environmental impacts and then to estimate the willingness of farmers to pay for the use of variable rate sprayers in order to protect the environment, therefore the results of the environmental assessment resulting from the application of variable rate spraying was compared to fixed rate spraying in the process of producing one ton of oranges using the life cycle assessment method. The purpose of life cycle assessment in this research was to compare the

environmental Impacts and interpret the input and output resulting from spraying operations in two scenarios including the use of variable rate sprayer system and fixed rate sprayer in the process of producing one ton of oranges. In this research, conditional valuation method was used to estimate the willingness to pay for using variable rate spraying in order to protect the environment.

### Findings

The results showed that the variable rate sprayer was able to save 46% in pesticide consumption. The rate of chemical pesticide consumption was 8.23 liters per hectare with fixed rate spraying and 4.44 liters per hectare with variable rate spraying. The evaluation of environmental impacts revealed that, in the process of producing one ton of oranges, the global warming potential was 422.86 kg of carbon dioxide with fixed rate spraying and 407.57 kg with variable rate spraying. The environmental impacts on human health for the production of one ton of oranges were estimated at 0.063 DALY with fixed rate sprayers and 0.049 DALY with variable rate sprayers. The results also indicated that farmers' preference for using variable rate sprayers increased with higher levels of education and decreased with the age of the respondents. The final value of willingness to pay for the use of variable rate sprayers was estimated at 159.38 million Rials. The benefit-to-cost ratio, calculated using the additional investment method, was greater than one, demonstrating that the use of variable rate sprayers is more economical than fixed rate sprayers in orchard spraying.

### Discussion and Conclusion

This research evaluated the economic and environmental aspects of orchard sprayers equipped with variable rate technology (VRT) compared to fixed rate sprayers. The investigation of environmental indicators in the production of one ton of oranges showed that VRT sprayers reduced chemical pesticide consumption by 46%, leading to a reduction in environmental impacts across most effect categories. Specifically, the global warming potential was reduced by 15.29 kg of carbon dioxide per ton of oranges when using VRT sprayers compared to fixed rate sprayers. The benefit-to-cost ratio, calculated using the additional investment method, indicated that

VRT sprayers are more economical for orchard spraying. Future research should investigate different systems used to vary orchard sprayers and compare these technologies from an economic perspective.

#### **Ethical Considerations**

#### **Compliance with ethical guidelines**

All subjects full fill the informed consent.

#### **Funding**

This work was supported by the Agricultural Sciences & Natural Resources University of

Khuzestan, Iran [Ph.D Thesis].

#### **Authors' contributions**

Design and conceptualization: Rostam Fathi; Methodology and data analysis: Rostam Fathi, Mahmoud Ghasemi Nejad Raeini and Saman Abdanan Mehdizadeh; Supervision: Morteza Taki and Mostafa Mardani Najafabadi and final writing: Rostam Fathi

#### **Conflicts of interest**

The authors declared no conflict of interest

## مقاله پژوهشی

## ارزیابی اقتصادی-زیست‌محیطی و تمایل به پرداخت باغ‌داران در استفاده از سم‌پاش مجهز به فناوری نرخ متغیر

رستم فتحی<sup>۱</sup>، محمود قاسمی‌نژاد رائینی<sup>۲\*</sup>، سامان آبدانان مهدی‌زاده<sup>۲</sup>، مرتضی تاکی<sup>۲</sup>، مصطفی مردانی نجف‌آبادی<sup>۳</sup><sup>۱</sup>. فارغ التحصیل دکترای مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، خوزستان، ایران.<sup>۲</sup>. دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، خوزستان، ایران. تلفن: ۰۹۱۶۶۰۴۱۶۵۲

\*ایمیل نویسنده مسئول: ghasemi.n.m@asnruk.ac.ir

<sup>۳</sup>. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، خوزستان، ایران.

## چکیده

**مقدمه و هدف:** بحران‌های زیست‌محیطی و تخریب منابع به‌طور قابل‌توجهی بر امنیت غذایی جهانی تأثیر گذاشته است. یکی از مراحل حیاتی در تولید کشاورزی استفاده از سموم شیمیایی است. در کشاورزی سنتی، معمولاً از سمپاش‌های با نرخ پاشش ثابت برای سمپاشی استفاده می‌شود که بدون توجه به تراکم محصول، سموم را به‌طور یکنواخت اعمال می‌کنند. این روش هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی قابل‌توجهی را به همراه دارد. برای افزایش بهره‌وری، کاهش اثرات زیست‌محیطی و کاهش هزینه‌ها، بهبود عملیات سمپاشی ضروری است. یکی از عوامل کلیدی در این زمینه، پذیرش فناوری نرخ متغیر سمپاشی است.

**مواد و روش‌ها:** در این تحقیق پس از محاسبه میزان صرفه‌جویی در مصرف سموم شیمیایی و بررسی هزینه سمپاشی در دو سناریوی استفاده از سمپاش نرخ متغیر و نرخ ثابت و همچنین محاسبه میزان اثرات زیست‌محیطی در این دو سناریو، برآورد تمایل به پرداخت کشاورزان در استفاده از فناوری نرخ متغیر و همچنین نسبت سود به هزینه با استفاده از روش سرمایه‌گذاری اضافی محاسبه شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که سمپاش نرخ متغیر توانست ۴۶ درصد در مصرف سموم صرفه‌جویی ایجاد کند. میزان مصرف سموم شیمیایی در حالت سمپاشی نرخ ثابت ۸/۲۳ لیتر در هکتار و با سمپاش متغیر ۴/۴۴ لیتر در هکتار بود. ارزش نهایی تمایل به پرداخت برای استفاده از سمپاش نرخ متغیر نیز ۱۵۹/۳۸ میلیون ریال برآورد شد.

**بحث و نتیجه‌گیری:** نسبت سود به هزینه محاسبه‌شده با استفاده از روش سرمایه‌گذاری اضافی نشان داد که سمپاش‌های مجهز به فناوری نرخ متغیر سمپاشی برای سمپاشی باغ‌ها مقرون به صرفه‌تر هستند.

## تاریخ دریافت:

## تاریخ پذیرش:

## شماره صفحات:

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

## Doi:

## واژه‌های کلیدی:

تمایل به پرداخت، مکانیزاسیون، نسبت سود به هزینه، هوشمندسازی

\* نویسنده مسئول: محمود قاسمی‌نژاد رائینی

نشانی: گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی

خوزستان، ملاثانی، خوزستان، ایران

تلفن: ۰۹۱۶۶۰۴۱۶۵۲

پست الکترونیکی: ghasemi.n.m@asnruk.ac.ir

## مقدمه

بحران‌های زیست‌محیطی و تخریب منابع، بر امنیت غذایی در سراسر جهان تأثیر نامطلوب گذاشته است (۵۴). از این‌رو هم‌زمان با اجرای برنامه‌ها برای تأمین امنیت غذایی، دستیابی به تولید پایدار یک چالش بزرگ برای محققان و سیاست‌گزاران کشورها است (۲۲، ۲۵). اسپرینمان و همکاران پیش‌بینی کرده‌اند که در صورت عدم دستیابی و استفاده از فناوری‌ها و اقدامات لازم برای مدیریت صحیح نهاده‌ها، اثرات زیست‌محیطی در آینده بیش از پیش افزایش می‌یابد (۴۹). به‌همین منظور در کشورهای توسعه‌یافته، سامانه‌های تولید محصولات کشاورزی به دلیل استفاده از فناوری‌های نوین بهبود پیدا کرده و کاربرد برخی از نهاده‌های کشاورزی مانند انواع کودها و سموم شیمیایی به‌طور کلی تغییر نموده و در نتیجه، تغییرات قابل‌توجهی در نحوه مصرف و جریان انرژی برای تولید محصولات مختلف ایجاد شده است (۱۲). یکی از مراحل مهم در تولید محصولات کشاورزی، مرحله داشت و کاربرد سموم شیمیایی با استفاده از سم‌پاش‌ها است. استفاده از سموم شیمیایی با کارایی بالا در تولید محصولات کشاورزی موضوعی اجتناب‌ناپذیر و مهم است (۲۷). بدون استفاده از سموم شیمیایی، میزان از بین رفتن محصولات کشاورزی ممکن است تا ۶۵ درصد نیز برسد (۲۱). هدف از کاربرد سموم شیمیایی، ارائه‌ی مقدار موثر و یک‌نواخت از مواد شیمیایی به مناطق هدف به‌صورت ایمن و در زمان مورد نیاز است (۲۰). در کشاورزی مرسوم برای انجام این عمل به‌طور عموم از سم‌پاش‌های دارای نرخ پاشش ثابت استفاده می‌شود (۹). استفاده از سم‌پاش‌های دارای نرخ پاشش ثابت برای کنترل شیمیایی آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، سموم شیمیایی را بدون در نظر گرفتن نیاز به آن‌ها و بدون توجه به سطح سبز و تراکم محصول در مزرعه و باغ، به‌طور یک‌نواخت پخش می‌کنند، در نتیجه هزینه‌های زیادی از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی به وجود می‌آید (۴۴). کاربرد سموم شیمیایی به این روش پتانسیل آلودگی محیط‌زیست را افزایش داده و می‌تواند به دلیل پخش سموم روی زمین، صدمات شدیدی به محیط‌زیست وارد کند (۹). غیر از مشکلات ایمنی و زیست‌محیطی، هزینه‌های مربوط به سم‌پاشی نیز یکی از مهم‌ترین عامل‌های اقتصادی برای کشاورزان است (۴۶). دوو و همکاران (۲۱) بیان کرده‌اند که کاربرد تکنیک‌های سنتی در تولید محصولات کشاورزی به‌طور فزاینده‌ای باعث ایجاد تناقض بین توسعه‌ی اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست می‌شود. بنابراین بهبود عملیات سم‌پاشی به‌منظور افزایش بهره‌وری، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و کاهش هزینه‌ها ضروری است و در این زمینه یکی از عامل‌های مهم، استفاده از فناوری‌های نوین از جمله فناوری نرخ متغیر است. فناوری نرخ متغیر یکی از فناوری‌هایی است که می‌توان از آن برای بهینه‌سازی کاربرد سموم شیمیایی، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، کاهش هزینه‌های سم‌پاشی و دستیابی به سود اقتصادی بیش‌تر و تولید پایدار استفاده نمود (۱۸). در توسعه و کاربرد فناوری نرخ متغیر در سم‌پاشی باغات، علاوه بر مسائل فنی و عملکردی، داشتن توجه اقتصادی از اهمیت زیادی برخوردار است. باتوجه به نقش مباحث اقتصادی در دستیابی به توسعه پایدار، بررسی وضعیت اقتصادی هر طرح، از جمله کاربرد سم‌پاش‌های نرخ متغیر در

کشاورزی، ضروری است. اهمیت این موضوع از آنجا بیش‌تر نمایان می‌شود که حتی میزان سودآوری ناشی از کاربرد یک سم‌پاش نرخ متغیر از منطقه‌ای به منطقه دیگر بسته به تنوع مکانی و مقدار نهاده‌های مصرفی متفاوت است (۴۳). در برخی از تحقیقات انجام شده در این حوزه، فقط هزینه‌های مستقیم ناشی از به‌کارگیری فناوری نرخ متغیر سم‌پاشی آن‌هم با توجه به نوع فناوری نرخ متغیر بکار رفته بررسی شده است. برخی محققان نیز هزینه‌های مالکیت تجهیزات کلیدی و هزینه‌های جمع‌آوری اطلاعات، مانند کسب داده‌های مکانی و تجزیه و تحلیل داده‌ها و نیازهای اضافی مانند نیروی انسانی در فناوری نرخ متغیر سم‌پاشی را نادیده گرفته‌اند (۳۲). در تحقیقی مانی و همکاران (۴۱) دو سم‌پاش نرخ متغیر مبتنی بر نقشه و مبتنی بر حسگر را از لحاظ اقتصادی مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق سامانه‌های مبتنی بر حسگر نیز به دو نوع سامانه‌های دارای وضوح پایین و وضوح بالا تقسیم شدند. نتایج نشان داد که در سامانه‌های مبتنی بر نقشه و مبتنی بر حسگر دارای وضوح بالا، ساختار هزینه‌ها به‌طور قابل‌توجهی متفاوت بود. سامانه‌ی نرخ متغیر مبتنی بر نقشه، هزینه‌های جمع‌آوری اطلاعات زیاد، اما هزینه‌های مالکیت کم‌تری داشت، در مقابل سامانه‌ی نرخ متغیر مبتنی بر حسگر با وضوح بالا، هزینه‌های جمع‌آوری اطلاعات پایین، اما هزینه‌های مالکیت بالایی داشت. این محققان بیان کردند که سامانه‌های مبتنی بر حسگر نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه قابل‌توجهی دارند، اما هزینه‌های سالانه پایینی در مقایسه با سامانه‌های مبتنی بر تصویربرداری هوایی دارند. کل هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای سامانه‌های مبتنی بر حسگر ۷۲۹۵۰ دلار و برای سامانه‌ی مبتنی بر تصویربرداری هوایی نیز ۱۲۹۵۰ دلار گزارش شد. نتایج نشان داد که در کاربرد فناوری نرخ متغیر مبتنی بر حسگر دارای وضوح بالا، چنانچه سطح عملیات سم‌پاشی در مزارع ۶۰۰ هکتار یا کم‌تر و یا طول عمر تجهیزات سم‌پاش نرخ متغیر پنج سال یا کم‌تر باشد، سرمایه‌گذاری انجام شده در این زمینه بدون سودآوری خواهد بود. کالجری، تاسی و وینسینی (۱۶) نیز بیان کردند که دقت در پاشش سموم شیمیایی برای مبارزه با آفات و بیماری‌ها یک راه‌کار موثر برای کاهش قابل‌توجه هزینه‌های تولید است. برخی دیگر از تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی سم‌پاشی، فقط جنبه‌های اقتصادی مسایل زیست‌محیطی در کشاورزی را با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط مورد بررسی قرار داده‌اند و به بررسی میزان انتشارات زیست‌محیطی نپرداخته‌اند. آقاصفری و قربانی (۳) به بررسی مشارکت مالی کشاورزان در کاهش اثرات زیست‌محیطی با روش ارزش‌گذاری مشروط پرداختند و بیان کردند که میزان مشارکت مالی کشاورزان در طول سناریوهای مختلف افزایش می‌یابد. قربانی و همکاران (۲۴) نیز با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط، تمایل به پرداخت کشاورزان گندم‌کار خراسان رضوی را برای برنامه‌ریزی در جهت کاهش آثار نامطلوب علف‌کش‌ها بررسی کردند. میزان تمایل به پرداخت کشاورزان برای کاهش آثار نامطلوب علف‌کش‌ها در هر هکتار بالاتر از میزان هزینه‌ی استفاده از سموم علف‌کش گزارش شد. نتایج مطالعات بایدو و همکاران (۱۱) تانگ و همکاران (۵۰) و ویلدسترا و همکاران (۵۳) نیز نشان داد که کشاورزان

به‌عنوان محور اصلی در اجرای برنامه‌های کنترل آثار نامطلوب زیست‌محیطی، با توجه به عامل‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی، تمایل به پرداخت‌های متفاوتی را از خود بروز داده‌اند. محمدی (۳۹) نیز در پژوهشی با عنوان بررسی تمایل کشاورزان به پرداخت برای کاهش آثار منفی کودهای شیمیایی بر محیط‌زیست گزارش کرد که حدود ۷۸ درصد از کشاورزان حاضر به پرداخت مبلغی برای کاهش آثار نامطلوب کودهای شیمیایی بر محیط‌زیست بودند و مقدار تمایل به پرداخت را ۱۵۸۵ ریال به ازای هر کیلوگرم کود گزارش نمود. در زمینه توسعه سم‌پاش نرخ متغیر و مقایسه با نرخ ثابت نیز پژوهشی توسط فتحی و همکاران (۲۳) با عنوان توسعه‌ی سم‌پاش باغی نرخ ثابت به سم‌پاش نرخ متغیر انجام گرفت. در این پژوهش، حجم کانویی در زمان واقعی تشخیص داده شد و نرخ متغیر محلول سم با توجه به تراکم محصول اعمال و وضعیت عملکردی دستگاه با سم‌پاش نرخ ثابت مقایسه شد. اجزای اصلی سم‌پاش توسعه‌یافته موردنظر در پژوهش مذکور از شیر الکترونیکی نرخ متغیر، دوربین دیجیتال برای تصویربرداری، حسگر اولتراسونیک، شیر قطع و وصل، مدار کنترلی (برد الکترونیک) و سایر تجهیزات مانند لوله، اتصالات و تجهیزات الکتریکی تشکیل شد. به‌منظور توسعه‌ی سم‌پاش باغی برای اجرای نرخ متغیر سم‌پاشی، از تصویربرداری و تشخیص کانویی درخت به‌وسیله دوربین دیجیتال نصب شونده روی یک پایه در قسمت کناری سم‌پاش استفاده گردید. با استفاده از تصاویر دریافتی از دوربین و تجزیه و تحلیل آن‌ها، حجم کانویی درختان به‌صورت برخط و به‌طور مداوم محاسبه گردید. سپس نتایج تجزیه و تحلیل تصاویر، به مدار کنترلی که در یک جعبه محافظ بر روی سم‌پاش نصب شده بود، ارسال شد و مدار کنترلی با تغییر نرخ جریان پاشش از طریق شیر الکتریکی نرخ متغیر، نرخ پاشش سم را متغیر نمود. برای متغیر کردن نرخ پاشش سم از شیر الکترونیکی نرخ متغیر استفاده گردید. نرخ خروج محلول سم توسط شیر الکترونیکی نرخ متغیر متناسب با سیگنال دریافتی از برد الکترونیکی و بر اساس حجم کانویی درخت بود و در واقع مدار طراحی‌شده، حجم کانویی از عملکرد به یک پالس خروجی تبدیل می‌کرد. به‌منظور جلوگیری از عملکرد مداوم شیر الکترونیکی نرخ متغیر، یک شیر الکترونیکی قطع و وصل تهیه و در مسیر جریان سم‌پاشی قبل از شیر الکترونیکی نرخ متغیر قرار گرفت. در فاصله بین درختان که هیچ‌گونه کانویی وجود نداشت، حسگر اولتراسونیک به کار گرفته شد، به نحوی که با تشخیص عدم وجود کانویی، پاشش در کل سم‌پاش قطع گردید. برای اخذ تصاویر، از دوربین دیجیتال، برای بازسازی اطلاعات سه‌بعدی، از روش ساختار از حرکت (۵۲) و برای انجام بازسازی سه‌بعدی از نرم‌افزار متلب استفاده شد. برای پردازش تصاویر و کنترل برد الکترونیک از یک رایانه واقع در اتاقک تراکتور استفاده شد. برای اندازه‌گیری میزان نشست سم و به‌دست آوردن پارامترهای لازم برای تعیین کمیت و کیفیت پاشش، از کاغذهای حساس به آب، کاغذهای فیلتری واتمن و پتری‌دیش و به‌منظور بررسی عملکرد سم‌پاشی از شاخص‌های مختلف کمی و کیفی مختلف استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که کم‌ترین مقدار نشست سم روی درختان به‌ترتیب در حالت سم‌پاشی نرخ متغیر در سرعت‌پیشروی ۴/۸ (۱۳۰۳ لیتر در هکتار) و بیش‌ترین مقدار نشست

در حالت سم‌پاشی نرخ ثابت در سرعت‌پیشروی ۱/۶ کیلومتر بر ساعت (۲۱۲۱ لیتر در هکتار) به دست آمد. نتایج آزمون تجزیه واریانس برای مقدار نشست سم روی درختان، زمین، انتشار در هوا، کل مصرف سم در هکتار و کارایی پاشش نشان داد که مقدار این شاخص‌ها در دو حالت سم‌پاشی نرخ متغیر و نرخ ثابت دارای تفاوت معنی‌داری بود. در همه‌ی شاخص‌ها نوع سم‌پاش و سرعت پیشروی سم‌پاشی، اثر معنی‌داری بر تغییرات مقدار نشست سم در تیمارهای مختلف داشت. نتایج نشان داد که نوع سم‌پاش، سرعت پیشروی و اثر متقابل این دو عامل اثر معنی‌داری بر شاخص کیفیت پاشش نداشت. حداکثر مقدار صرفه‌جویی مصرف سم (۴۶ درصد) در حالت سم‌پاشی نرخ متغیر و در سرعت‌پیشروی ۱/۶ کیلومتر بر ساعت و بیش‌ترین مقدار کارایی پاشش (۷۰ درصد) در حالت سم‌پاشی نرخ متغیر و در سرعت‌پیشروی ۱/۶ کیلومتر بر ساعت به دست آمد. با توجه به پژوهش‌های انجام شده، هدف از پژوهش حاضر، بررسی تمایل به پرداخت کشاورزان در راستای استفاده از فناوری نرخ متغیر در سم‌پاشی باغات و ارزیابی اقتصادی-زیست‌محیطی این فناوری در مقایسه با سم‌پاش نرخ ثابت، هدف اصلی مطالعه حاضر بود. با توجه به چالش‌های مربوط به استفاده از سموم شیمیایی، انجام پژوهش‌های کاربردی و ارزیابی اقتصادی-زیست‌محیطی کاربرد فناوری نرخ متغیر در سم‌پاش‌های باغی به‌منظور تصمیم‌گیری در انتخاب این فناوری، یک رهیافت موثر و کاربردی است که برای تحقق آن نیاز به تحقیقات وجود دارد. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، این پژوهش بر مبنای نیازهای حال و آتی کشور در این حوزه تعریف و انجام شد. انجام این تحقیق با هدف بهینه‌سازی مصرف سموم شیمیایی، کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری تولید، یک نوآوری موثر و کاربردی برای دستیابی به منافع اقتصادی و دستیابی به کشاورزی پایدار می‌باشد.

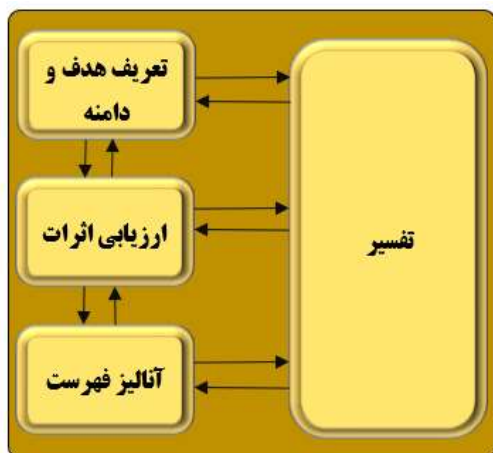
## روش تحقیق

### روش تحقیق و طرح کلی پژوهش

تحقیق حاضر از نوع تحقیقات توسعه‌ای و کاربردی بود. همه‌ی مراحل عملی لازم برای تبدیل سم‌پاش نرخ ثابت به نرخ متغیر به‌نحوی که بتوان به سادگی در هر دو حالت (نرخ ثابت و نرخ متغیر) با آن کار نمود در گروه ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. پس از انجام این مرحله، آزمایشات اولیه کار با سم‌پاش نیز در دانشگاه انجام شد. عملیات میدانی و کارهای پژوهشی مورد نظر در سم‌پاش مذکور و همچنین آزمایشات و ارزیابی‌های میدانی در کشت و صنعت شهید رجایی شهرستان دزفول انجام گرفت. سم‌پاش مورد استفاده در این پژوهش از سم‌پاش زراعی-باغی مدل توربولاینر (مدل توربینا اس.ای. ۸۰۰) ساخت شرکت کافینی ایتالیا، دارای حداکثر شعاع پاشش ۲۰ متر، حجم مخزن ۸۰۰ لیتر، دارای ۱۰ نوع نازل مخروطی، پی‌تی‌او گرد، دارای دور پروانه قابل تغییر (دور کند و دور تند) و با فشار سم‌پاشی حداکثر ۳۵ بار استفاده شد. برای توسعه سم‌پاش نرخ ثابت به نرخ متغیر نیز تغییرات لازم با نصب تجهیزات جدید روی این سم‌پاش صورت گرفت به نحوی که به سادگی امکان تغییر وضعیت حالت سم‌پاشی از نرخ ثابت به نرخ متغیر و بالعکس



چرخه حیات شامل چهار مرحله است که با تصویرسازی بر مبنای این استانداردها، این چهار مرحله در شکل ۱ نشان داده شده است (۲۸).



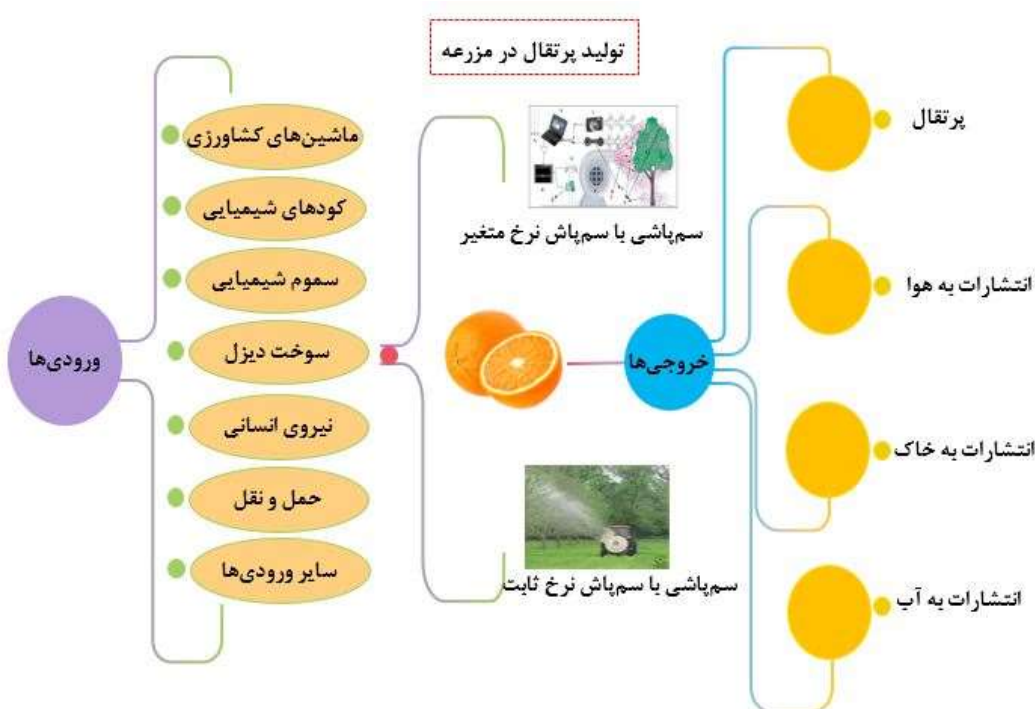
شکل ۱- مراحل ارزیابی چرخه حیات (۲۸)

هدف از ارزیابی چرخه حیات در این پژوهش، مقایسه اثرات زیست‌محیطی و تفسیر ورودی و خروجی ناشی از عملیات سم‌پاشی در دو سناریو شامل استفاده از سامانه‌ی سم‌پاش نرخ متغیر و سم‌پاش نرخ ثابت باغی در فرایند تولید یک تن پرتقال بود. شکل ۲ مرز سامانه در ارزیابی زیست‌محیطی پژوهش حاضر را نشان داده است.

وجود داشت. آزمایشات کارگاهی لازم در کارگاه گروه ماشین‌های کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و آزمایش‌های میدانی در باغات پرتقال با فاصله کاشت ۷×۷ متر، با عمر هفت سال، واقع در شرکت کشت و صنعت شهید رجایی شهرستان دزفول استان خوزستان انجام شد. در پژوهش حاضر، پس از محاسبه مقدار صرفه‌جویی سموم شیمیایی و بررسی هزینه‌های سم‌پاشی در دو حالت استفاده از سم‌پاش نرخ متغیر و نرخ ثابت و همچنین محاسبه مقدار انتشارات زیست‌محیطی در این دو سناریو (سم‌پاش نرخ متغیر و نرخ ثابت)، ارزیابی‌های اقتصادی از جمله برآورد مقدار تمایل به پرداخت باغ‌داران در استفاده از کاربرد فناوری نرخ متغیر و همچنین شاخص نسبت منافع به مخارج با استفاده از روش سرمایه‌گذاری اضافی انجام شد.

### ارزیابی اثرات زیست‌محیطی با روش ارزیابی چرخه حیات

با توجه به این که یکی از مهم‌ترین اهداف این پژوهش، کاهش میزان مصرف سموم شیمیایی و به تبع آن کاهش اثرات زیست‌محیطی و سپس برآورد تمایل به پرداخت باغ‌داران برای استفاده از سم‌پاش نرخ متغیر در راستای حفاظت از محیط‌زیست بود، بنابراین نتایج ارزیابی زیست‌محیطی ناشی از کاربرد سم‌پاش نرخ متغیر در مقایسه با سم‌پاش نرخ ثابت در فرایند تولید یک تن محصول پرتقال، انجام شد. برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی از روش ارزیابی چرخه حیات استفاده شد. بر اساس استانداردهای ایزو ۱۴۰۴۰ و ۱۴۰۴۴، مراحل اصلی ارزیابی



شکل ۲- مرز سامانه در دو سناریوی سم‌پاشی نرخ ثابت و نرخ متغیر (مأخذ: یافته‌های تحقیق)





مصرفی را به آسانی می‌توان با قیمت‌های بازار اندازه‌گیری کرد و در فرآیندهای تصمیم‌گیری دخالت داد. اما محاسبه ارزش‌های غیر مصرفی به دلیل نبود امکان مبادله در بازار، مشکل‌آفرین است و این ارزش‌ها جزء مهمی از ارزش اقتصادی کل به شمار می‌آیند (۱۹). ارزش‌های غیر مصرفی، ارزش‌های غیر بازاری را مطرح می‌کنند که با مصرف واقعی کالاهای یاد شده یا حتی با انتخاب آن‌ها برای مصرف، ارتباطی ندارند (۵). برای اندازه‌گیری ارزش‌های غیر مصرفی، معمولاً از روش ارزش‌گذاری مشروط استفاده می‌شود. روش ارزش‌گذاری مشروط یکی از ابزارهای استاندارد و انعطاف‌پذیر است که به‌طور معمول جهت اندازه‌گیری ارزش‌های غیر مصرفی و مصرفی غیر بازاری منابع محیط‌زیستی استفاده می‌شود. این روش، تمایل به پرداخت افراد را بر اساس سناریوهای بازارهای فرضی تعیین می‌کند (۵). در رهیافت ارزش‌گذاری مشروط، تمایل به پرداخت افراد برای حفظ وضع موجود و یا ایجاد تغییری مثبت در محیط‌زیست و همچنین تمایل به دریافت آن‌ها برای جبران از دست دادن یک منفعت محیط‌زیستی یا افزایش یک ضرر محیط‌زیستی (اگر بازاری برای این منظور وجود می‌داشت) مورد بررسی قرار می‌گیرد. به‌طور معمول روش ارزش‌گذاری مشروط با استفاده از تمایل به پرداخت به این مسئله می‌پردازد که مردم جهت حفظ وجود یک کالای غیر بازاری و یا بهره‌برداری از خدمات آن چه مقدار پول حاضرند بپردازند؟ و یا برای جلوگیری از چیزی نامطلوب چه مقدار حاضرند بپردازند؟ در این رهیافت، هر دو ارزش قابل استفاده و غیر قابل استفاده، قابل ارزیابی هستند و به‌دلیل این ویژگی، به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴۲). تکنیک استخراج در مطالعات ارزش‌گذاری مشروط انواع مختلفی دارد. تاکنون از چهار نوع اصلی تکنیک‌های (رهیافت‌های) استخراج، موسوم به بازی پیشنهاد، کارت پرداخت، انتها باز یا سوالات نامحدود و انتخاب دو بخشی یا دوگانه، در ادبیات موضوعی روش ارزش‌گذاری مشروط استفاده شده است (۱۵). در روش انتخاب دو بخشی، از پاسخ‌دهندگان خواسته می‌شود تا تمایل خود را برای پرداخت مبلغ پیشنهاد شده با پاسخ «بله» یا «خیر» ابراز نمایند. انتخاب دو بخشی نیز خود مشتمل بر دو نوع تکنیک انتخاب دو بخشی تک حدی (پذیرش یا عدم پذیرش) و انتخاب دو بخشی دو حدی (پذیرش یا عدم‌پذیرش با پی‌گیری) است (۳۸). طراحی سوال اصلی برای استخراج تمایل به پرداخت و یا دست‌کم تمایل به دریافت، دارای تکنیک‌های مختلفی است که این تکنیک‌ها شامل تکنیک سوال باز، تکنیک قیمت پیشنهادی (بازی قیمت‌دهی)، تکنیک کارت پرداخت و تکنیک انتخاب دوگانه (همه‌پرسی) می‌باشد (۱۰). نوع ابزار جمع‌آوری داده‌ها نیز تأثیر زیادی بر دقت و صحت اطلاعات جمع‌آوری شده خواهد داشت و می‌بایست متناسب با پرسش‌های شرح حال و افکار عمومی باشد (۲).

### انتخاب دوگانه دو بعدی

از بین روش‌های گوناگون استخراج در ارزش‌گذاری مشروط، به روش انتخاب دوتایی توجه ویژه‌ای شده است. دو نوع روش انتخاب دوتایی موجود عبارت‌اند از انتخاب دوتایی یک بعدی و انتخاب دوتایی دو بعدی که کارایی روش انتخاب دوتایی دو بعدی از روش دوتایی یک

بعدی بیش‌تر است. در روش انتخاب دوتایی از پاسخ‌دهندگان خواسته می‌شود که تمایل خود را برای پرداخت مبلغ پیشنهادی با پاسخ «بلی» یا «خیر» مشخص کنند (۳۸). در روش انتخاب دوتایی دو بعدی به جای آن که از پاسخ‌دهنده به‌طور ساده پرسیده شود که آیا حاضر است مبلغ مشخص را بپردازد یا خیر، با پرسیدن زنجیره‌ای از پرسش‌ها، دامنه‌ی انتخاب‌های وی را محدود می‌کنند تا تمایل به پرداخت واقعی‌اش مشخص شود. این روش را اولین بار هانمن معرفی کرد و در سال ۱۹۸۶ اولین بار کارسون و همکاران (۱۷) از آن استفاده کردند. در این روش به هر پاسخ‌دهنده دو مبلغ پیشنهاد می‌شود که اگر پاسخ به مبلغ پیشنهادی اول مثبت باشد، مبلغ پیشنهادی دوم که بیش‌تر از مبلغ پیشنهادی اول است مطرح می‌شود و چنان‌چه پاسخ به مبلغ پیشنهادی اول منفی باشد، مبلغ پیشنهادی دوم که کم‌تر از مبلغ پیشنهادی اول است پرسیده می‌شود. در این پرسشنامه، باغداران در مواجهه شدن با قیمت‌های پیشنهادی، پاسخ بله یا خیر دادند که مقادیر پیشنهادی براساس پیش‌پرسشنامه انتخاب شدند. سه قیمت پیشنهادی ۸۰ میلیون ریال، ۱۲۰ میلیون ریال و ۱۶۰ میلیون ریال به‌صورت پرسش‌های بهم وابسته و مرتبط بهم مطرح شد. ابتدا پیشنهاد میانی (۱۲۰ میلیون ریالی) در قالب سوال "آیا حاضر هستید برای بهره‌مندی از این دستگاه، ۱۲۰ میلیون ریال را پرداخت کنید" مورد پرسش قرار گرفت. در صورت ارائه جواب منفی توسط پاسخگو، قیمت پیشنهادی پایین (۸۰ میلیون ریال) در قالب سوال "در صورتی که پاسخ شما به سؤال قبلی، منفی است، آیا حاضر هستید برای بهره‌مندی از این دستگاه، مبلغ ۸۰ میلیون ریال را پرداخت کنید" و در صورت ارائه جواب مثبت، قیمت پیشنهادی بالاتر (۱۶۰ میلیون ریالی) از باغداران در قالب سوال "در صورتی که پاسخ شما به سؤال قبلی، مثبت است، آیا حاضر هستید برای بهره‌مندی از این دستگاه، مبلغ ۱۶۰ میلیون ریال را پرداخت کنید" پرسیده شد.

### روش لاجیت

مدل رگرسیون لجستیک نوع خاصی از مدل‌های رگرسیونی است که در آن متغیر وابسته دو حالتی است و فقط مقادیر صفر یا یک را اختیار می‌کند (۷). به‌دلیل ماهیت طبقه‌بندی متغیرهای پاسخ در مدل‌های رگرسیون لجستیک، استفاده مستقیم از این روش‌ها برای تخمین پارامتر در این مسائل امکان‌پذیر نمی‌باشد. به‌طور کلی می‌توان برای تبدیل مسایل غیرخطی به خطی از تبدیل لگاریتم استفاده نمود که به مدل حاصل، مدل لگاریتم طبیعی یا لاجیت گفته می‌شود. از تبدیل لگاریتم برای تحلیل ماهیت طبقه‌بندی متغیرها استفاده می‌شود که به این روش، روش لگاریتم حداکثر درست‌نمایی گفته می‌شود. در این روش پارامترهای مدل لجستیک به‌گونه‌ای تخمین زده می‌شوند که لگاریتم درست‌نمایی حداکثر شود (۱۳). مدل لجستیک از منحنی لاجستیک پیروی می‌کند، بدین ترتیب این منحنی بر اساس داده‌های واقعی برازش می‌شود. داده‌های واقعی مربوط به متغیر وابسته، بر اساس این که پدیده موردنظر اتفاق افتاده یا اتفاق نیفتاده، دو مقدار صفر و یک اختصاص داده می‌شود. بنابراین، در بالا و پایین نمودار مزبور قرار می‌گیرند. وقوع یا عدم وقوع پدیده مزبور با توجه به سطوح مختلف از

ترکیبات خطی متغیرهای مستقل تعیین می‌شود (۳۰). برتری رگرسیون لجستیک در این است که برای تعیین مقادیر صفر و یک، تنها اطلاع از وقوع پدیده مورد نظر کافی است. بدین ترتیب از این متغیر وابسته می‌توان به منظور تخمین وقوع یا عدم وقوع اتفاق مورد نظر سود جست. اگر احتمال وقوع بیش از ۰/۵ پیش‌بینی شود، در این صورت وقوع پدیده مورد نظر حتمی تلقی می‌شود و در غیر این صورت، وقوع پدیده غیر حتمی خواهد شد. در مدل لجستیک داریم (۱):

$$P(Y=1|\beta'x) = \frac{1}{1+\exp(\beta'x)} \quad ۱$$

که اثر نهایی متغیر فرضی  $X_r$  از رابطه ۲ به دست می‌آید:

$$\frac{\delta P}{\delta X_r} = f(\beta'x)\beta_r \quad ۲$$

بنابراین اثر نهایی متغیر  $x$  به طور ضمنی وابسته به خود، متغیر توسط مقدار عددی چگالی توزیع لجستیک است (۳۷).

### روش انتخاب دوگانه دو بعدی

در فرمت دوگانه دو بعدی برای تعیین تمایل به پرداخت واقعی فرد پاسخگو سه پرسش متوالی و مرتبط به هم پرسیده می‌شود تا در نهایت تمایل به پرداخت واقعی فرد پاسخگو مشخص گردد. ابتدا پیشنهاد میانی که در صورت پاسخ مثبت به پیشنهاد میانی، پیشنهاد بالاتر پرسیده می‌شود، که اگر فرد به پیشنهاد بالاتر پاسخ

مثبت بدهد این پیشنهاد به عنوان تمایل به پرداخت نهایی فرد پاسخگو در نظر گرفته می‌شود. اگر فرد به پیشنهاد میانی پاسخ منفی دهد، پیشنهاد پایین‌تر پرسیده می‌شود که در صورت پاسخ مثبت به پیشنهاد پایین‌تر، میزان این پیشنهاد به عنوان تمایل به پرداخت نهایی فرد پاسخگو در نظر گرفته می‌شود و در صورت پاسخ منفی به پیشنهاد پایین‌تر مشخص می‌شود که این فرد تمایل به پرداخت ندارد و برای این فرد مبلغ صفر در نظر گرفته می‌شود. در یک پیمایش گزینش انتخاب دوتایی دو بعدی، پاسخ‌های نخست و دوم به پیشنهادهای قیمتی برای هر پاسخگو می‌تواند متفاوت باشد، بنابراین این پاسخ‌ها دارای کواریانس متفاوت و یا همسان ولی با بردارهای پاسخ و جزء تصادفی گوناگون است، به این ترتیب با فرض این که میانگین تمایل به پرداخت برای همه افراد یکی است، مشاهده حقیقی یا بیشینه به صورت الگوی اقتصادسنجی عمومی ذیل (رابطه ۳) توصیف می‌شود (۲۵):

$$WTP_{ij} = x_{ij}\beta + \varepsilon_{ij} \quad ۳$$

در این جا  $WTP_{ij}$  بیان کننده تمایل به پرداخت  $j$  امین پاسخگو است و  $i$  (۱، ۲) پاسخ‌های دوم به بعد را نشان می‌دهد. همچنین  $x$  برداری از ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی و تمایلات پاسخگویان،  $\beta$  یک بردار ضریب تخمین زده شده و  $\varepsilon$  جزء خطای تصادفی است. با در نظر گرفتن  $B^1$  و  $B^2$  به ترتیب به عنوان پیشنهاد اولیه و دنباله‌روی داده شده به پاسخ‌گویان، محدوده‌های تعیین شده بر تمایل به پرداخت به صورت روابط ۴ تا ۷ بود.

$$B^1 < WTP < B^2 \quad \forall WTP_{1j} = YES \ \& \ WTP_{2j} = NO(YN) \quad ۴$$

$$B^1 > WTP \geq B^2 \quad \forall WTP_{1j} = NO \ \& \ WTP_{2j} = YES(NY) \quad ۵$$

$$WTP \geq B^2 \quad \forall WTP_{1j} = YES \ \& \ WTP_{2j} = YES(YY) \quad ۶$$

$$WTP < B^2 \quad \forall WTP_{1j} = NO \ \& \ WTP_{2j} = NO(NN) \quad ۷$$

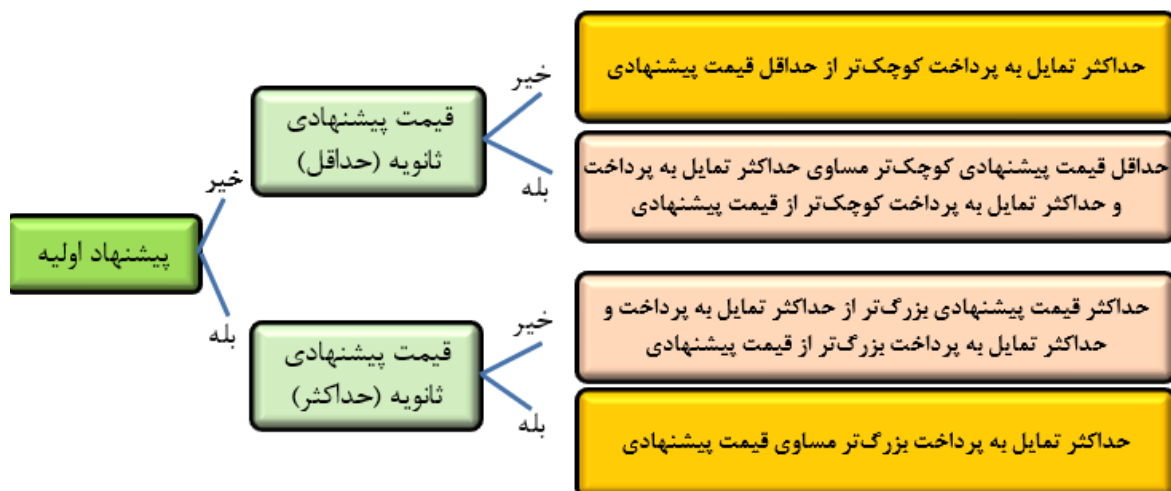
با استخراج احتمال مشاهده پاسخ‌های متناوب ممکن (روابط ۴ تا ۷)،  $j$  امین توزیع تابع راست‌نمایی به صورت رابطه ۸ مشخص می‌شود (۲۵).

$$L_j(u|B) = \Pr(\mu_1 + \varepsilon_{1j} \geq B^1, \mu_2 + \varepsilon_{2j} < B^2)^{YN} \times \Pr(\mu_1 + \varepsilon_{1j} > B^1, \mu_2 + \varepsilon_{2j} \geq B^2)^{YY} \times \Pr(\mu_1 + \varepsilon_{1j} < B^1, \mu_2 + \varepsilon_{2j} < B^2)^{NN} \times \Pr(\mu_1 + \varepsilon_{1j} < B^1, \mu_2 + \varepsilon_{2j} > B^2)^{NY} \quad ۸$$

از ضرایب برآورد شده و  $\delta$  مقدار برآورد شده  $\delta$  را نشان می‌دهد. به‌طور کلی سه روش برای محاسبه مقدار WTP وجود دارد. روش نخست موسوم به میانگین WTP است که از آن برای محاسبه مقدار انتظاری WTP به وسیله انتگرال‌گیری عددی در محدوده صفر تا بی‌نهایت استفاده می‌شود. روش دوم موسوم به میانگین WTP کل است که برای محاسبه مقدار انتظاری WTP به وسیله انتگرال‌گیری عددی بکار می‌رود و روش سوم موسوم به میانگین WTP قسمتی است و از آن برای محاسبه مقدار انتظاری WTP به وسیله انتگرال‌گیری عددی در محدوده صفر تا بیش‌ترین پیشنهاد (A) استفاده می‌شود. از میان این سه روش، روش سوم بهتر است، زیرا این روش ثبات و سازگاری محدودیت‌ها با تئوری کارایی آماری و توانایی جمع شدن را حفظ می‌کند (۳۳). بنابراین میانگین WTP قسمتی در این پژوهش ارایه شده است. پارامترهای مدل Logit با استفاده از روش بیش‌ترین راست‌نمایی که رایج‌ترین روش برای برآورد مدل Logit است برآورد می‌شود. سپس مقدار انتظاری WTP به وسیله انتگرال‌گیری عددی در محدوده صفر تا بالاترین پیشنهاد (A) به صورت رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود (۳۴). در این پژوهش پارامترهای مدل لاجیت با استفاده از روش بیش‌ترین راست‌نمایی که رایج‌ترین روش برای برآورد مدل لاجیت است برآورد شد. سپس مقدار انتظاری تمایل به پرداخت به وسیله انتگرال‌گیری عددی در محدوده صفر تا بالاترین پیشنهاد (A) به صورت رابطه ۱۲ محاسبه گردید (۴):

$$E(WTP) = \int_0^{MAX A} F_n(\Delta U) dA = \int_0^{MAX A} [1 + \exp(\hat{\alpha}^* + A\hat{\beta}_1)]^{-1} \delta A \quad 12$$

که  $E(WTP)$ ، مقدار انتظاری تمایل به پرداخت،  $\hat{\alpha}^*$  عرض از مبدا تعدیل شده و  $\hat{\beta}$  ضرایب برآورد شده می‌باشند. شکل ۴ ساختار روش انتخاب دوگانه دو بعدی را نشان داده است.



شکل ۴- ساختار روش انتخاب دوگانه دو بعدی (۴۷)

$\mu_1$  و  $\mu_2$  میانگین پاسخ‌ها به پرسش‌های اولیه و ثانویه است، YY برای پاسخ‌های «بله-بله» برابر ۱ و اگر نه برابر ۰، NY برای پاسخ «نه-بله» برابر ۱ و اگر نه برابر ۰ و به همین ترتیب برای YN و NN در نظر گرفته می‌شود. این فرمول به الگوی گزینش محدود بر می‌گردد. اگر فرض شود جزء خطا دارای یک توزیع نرمال به صورت  $\varepsilon_j \sim (N, \delta_j^2)$  است، یک الگوی لاجیت دوگانه، فرم عمومی محاسباتی و پارامتریک پیمایش دو پاسخ و زامین توزیع تابع راست‌نمایی لاجیت دوگانه است (۲۵). تعریف اقتصادسنجی لگاریتمی خطی برای داده‌های دوگانه‌ی دو بعدی در این مطالعه به صورت رابطه ۹ است.

$$\ln(WTP_{ij}) = x_{ij}\beta + \varepsilon_{ij} \quad 9$$

برای محاسبه میانگین و میانه تمایل به پرداخت از روابط ۱۰ و ۱۱ استفاده شد (۲۹).

$$\text{Estimated WTPmean} = \exp\left(\frac{-\bar{x}\beta}{\beta_0} + 0.5\delta^2\right) \quad 10$$

$$\text{Estimated WTPmedian} = \exp\left(\frac{-\bar{x}\beta}{\beta_0}\right) \quad 11$$

$\bar{x}_{K \times 1}$  یک بردار ردیفی از میانگین ارزش متغیر توضیحی است که مقدار یک را برای جزء ثابت اختیار می‌کند.  $\beta_{(K-1 \times 1)}$  برداری ستونی

در این پژوهش برای برآورد تمایل به پرداخت باغ‌داران جهت استفاده از سم‌پاشی نرخ متغیر در راستای حفاظت از محیط‌زیست (کاهش اثرات زیست‌محیطی)، از روش ارزش‌گذاری مشروط استفاده شد. در این پژوهش با توجه به شاخص‌های زیست‌محیطی و سطح خطر سموم، تمایل به پرداخت جهت کاربرد سم‌پاش نرخ متغیر و استفاده از مزایای آن و همچنین اجتناب از خطرهای مربوط به سموم شیمیایی و آلاینده‌های زیست‌محیطی برآورد شد. داده‌های لازم برای تعیین شاخص تمایل به پرداخت با استفاده از ابزار پرسش‌نامه گردآوری شدند. از آن‌جا که ارزش‌گذاری مشروط در این پژوهش برای ارزش‌گذاری منافع غیربازاری کاهش اثرات زیست‌محیطی به کار گرفته شد و مزایای حاصل از آن به عنوان منافع اقتصادی ناشی از کاربرد فناوری نرخ متغیر

### نسبت منافع به مخارج

یکی از شاخص‌های مورد بررسی در ارزیابی‌های اقتصادی پژوهش حاضر شاخص نسبت منافع به مخارج بود. شاخص نسبت منافع به مخارج<sup>۱</sup> با استفاده از رابطه ۱۳ محاسبه شد (۴۷).

$$B/C = \frac{\text{Benefits} - \text{Losses}}{\text{Costs (Expenses)}} \quad 13$$

با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول و انتخاب یکی از دو روش ارزش فعلی یا یک‌نواخت سالیانه<sup>۲</sup> می‌توان رابطه ۱۴ را نوشت.

$$B/C = \frac{\text{Present worth of Benefit}}{\text{Present worth of Cost}} = \frac{PW_B}{PW_C} \quad 14$$

چنان‌چه  $B/C \geq 1$  طرح اقتصادی است و اگر  $B/C < 1$  طرح غیراقتصادی خواهد بود. در صورتی که دو طرح با هم مقایسه شوند، باید از اصول روش سرمایه‌گذاری اضافی استفاده نمود و نسبت تفاوت  $B/C$  (نسبت منافع به مخارج متغیر) را به صورت رابطه ۱۵ تشکیل داد (۴۷).

$$\frac{\Delta B}{\Delta C} = \frac{\Delta PW_B}{\Delta PW_C} \quad 15$$

در سم‌پاشی باغات در نظر گرفته شد، لذا این منافع در ارزیابی نسبت سود به هزینه به عنوان ورودی در نظر گرفته شدند. به عبارتی دیگر خروجی حاصل از محاسبات تمایل به پرداخت، به عنوان ورودی بخش منافع در نظر گرفته شد و وارد محاسبات نسبت سود به هزینه گردید. با کدبندی نتایج پرسشنامه‌ها، تعداد ۱۴۶ مشاهده برای برآورد شاخص تمایل به پرداخت مورد بررسی قرار گرفت. چهار متغیر تجربه تولید (سال)، سطح آموزش (سال)، درآمد (میلیون ریال در ماه) و سن کشاورز بر حسب سال مبنای محاسبات این شاخص قرار گرفت. با توجه به پرسشنامه اولیه و بررسی نهایی آن، حداقل و حداکثر قیمت پیشنهادی برای مصاحبه با کشاورزان برای محاسبات مربوط به شاخص تمایل به پرداخت نیز مقدار ۸۰ و ۱۶۰ میلیون ریال در نظر گرفته شد.

اگر رابطه ۱۶ صدق کند طرحی که دارای هزینه اولیه بیش‌تری است انتخاب خواهد شد و اگر رابطه ۱۷ صدق کند، طرحی که دارای هزینه اولیه کم‌تری است انتخاب می‌شود (۴۷).

$$\frac{\Delta B}{\Delta C} \geq 1 \quad 16$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta C} < 1 \quad 17$$

جهت بررسی توجیه اقتصادی کاربرد فناوری نرخ متغیر در سم‌پاشی باغات، منافع اقتصادی ناشی از تمایل به پرداخت کشاورزان نیز در محاسبه نسبت منافع به مخارج متغیر در نظر گرفته شد. به عبارتی دیگر خروجی حاصل از محاسبات تمایل به پرداخت به عنوان ورودی بخش منافع در نظر گرفته شد و وارد محاسبات شاخص نسبت منافع به مخارج با استفاده از روش سرمایه‌گذاری اضافی شد. بنابراین، هنگام محاسبه منافع حاصل از کاربرد این فناوری، علاوه بر محاسبه منافع ملموس مانند مقدار هزینه ناشی از صرفه‌جویی مصرف سم (در نتیجه‌ی کاربرد فناوری نرخ متغیر سم‌پاشی)، منافع ناملموس مانند تمایل به پرداخت جهت حفظ پایداری زیست محیطی که محاسبات آن از مرحله قبل حاصل می‌شود نیز در نظر گرفته خواهد شد.

### نمونه‌گیری و تعیین حجم نمونه

برای انتخاب واحدهای مورد بررسی از روش نمونه‌گیری تصادفی استفاده و حجم نمونه از رابطه (۱۸) محاسبه شد.

$$n = \frac{N}{1+N \cdot e^2} \quad 18$$

<sup>2</sup>- Equivalent Uniform Annual Benefit (EUAB) or Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC)

<sup>1</sup>- Benefit to Cost Ratio

که  $N$  حجم جامعه باغداران،  $e$  میزان خطای قابل قبول و  $n$  حجم نمونه است. با توجه به این که در منطقه مورد مطالعه، تعداد باغداران حدود ۱۴۰ بهره‌بردار بوده و با توجه به خطای ۵ درصد، حجم نمونه معادل ۱۰۰/۹۳ به دست آمد.

## نتایج و بحث

در این بخش ابتدا به بیان خلاصه‌ای از نتایج ارزیابی شاخص‌های زیست‌محیطی سم‌پاش نرخ ثابت و نرخ متغیر در سم‌پاشی باغات پرتقال پرداخته شد و سپس نتایج بررسی شاخص‌های اقتصادی بیان گردید. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اثرات زیست‌محیطی در چهار دسته اثر نهایی در حالت استفاده از سم‌پاشی نرخ متغیر در مقایسه با سم‌پاش نرخ ثابت کاهش یافت. در حالت استفاده از سم‌پاش نرخ متغیر، پتانسیل گرمایش جهانی در فرایند تولید یک تن پرتقال برابر با

۴۰۷/۵۷ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن بود که نسبت به حالت استفاده از سم‌پاش نرخ ثابت ۱۵/۲۹ کیلوگرم کاهش یافت. اثرات زیست‌محیطی ناشی از تولید یک تن پرتقال در حالت استفاده از سم‌پاش نرخ متغیر برای دسته‌های سلامت انسان و کیفیت اکوسامانه به‌ترتیب برابر با ۰/۰۴۹ DALY و ۱۲۳۹۰۵/۸۷ PDF\*m<sup>2</sup>\*yr بود. در تحقیقی عملکرد زیست‌محیطی تولید پرتقال در مکزیک با استفاده از رویکرد ارزیابی چرخه زندگی (گهواره به دروازه) در دو سناریوی تولید در سامانه‌های تولید ارگانیک و معمولی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تولید پرتقال در سامانه‌ی تولید معمولی نسبت به سامانه تولید ارگانیک در اکثر دسته‌ها، اثرات زیست‌محیطی بیش‌تری به‌ویژه در دسته‌ی گرمایش جهانی داشت که عمدتاً به دلیل مصرف کود نیتروژن در فرآیند تولید بود (۱۴). جدول ۱ نتایج مقایسه مقدار شاخص‌های زیست‌محیطی در ۱۵ دسته اثر میانی در دو حالت استفاده از سم‌پاش نرخ ثابت و نرخ متغیر در فرآیند تولید یک تن پرتقال را نشان داده است.

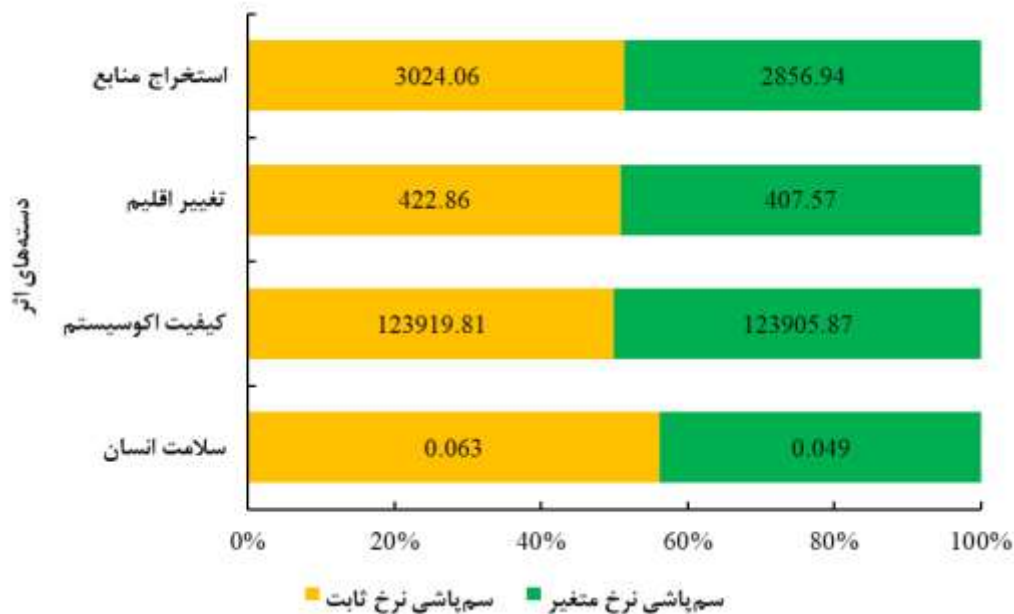
جدول ۱- نتایج ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در ۱۵ دسته اثر میانی در دو سناریوی استفاده از سم‌پاش نرخ ثابت و نرخ متغیر در تولید یک تن پرتقال

| سم‌پاشی نرخ متغیر | سم‌پاشی نرخ ثابت | واحد                                   | دسته‌های اثر         |
|-------------------|------------------|----------------------------------------|----------------------|
| ۵/۷۹۹             | ۵/۸۹۸            | kg C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl eq | مواد سرطان‌زا        |
| ۱۳/۵۳۷            | ۱۳/۹۶۹           | kg C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl eq | مواد غیر سرطان‌زا    |
| ۷۱/۱۳۴            | ۹۰/۲۲۴           | kg PM <sub>2.5</sub> eq                | مواد تنفسی غیر معدنی |
| ۳۲۲۰۶۵/۸۵۲        | ۳۲۳۵۷۶/۰۴۴       | Bq C-14 eq                             | تابش یونیزه          |
| ۰/۰۰۰۰۳           | ۰/۰۰۰۰۳          | kg CFC-11 eq                           | تخریب لایه ازن       |
| ۰/۶۳۴             | ۰/۶۴۳            | kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq    | مواد تنفسی آلی       |
| ۵۳۹۵۵/۲۸۸         | ۵۷۵۵۵/۱۶۲        | kg TEG water                           | اکسیداسیون آبی       |
| ۶۵۹۴۳/۷۴۰         | ۶۷۵۵۵/۲۳۴        | kg TEG soil                            | سمیت زمین            |
| ۱۱/۲۸۷            | ۱۲/۲۲۲           | kg SO <sub>2</sub> eq                  | اسیدی شدن خاک        |
| ۱۱۳۱۸۳/۳۱۳        | ۱۱۳۱۸۳/۳۴۴       | m <sup>2</sup> org.arable              | اشغال زمین           |
| ۲/۰۴۱             | ۲/۱۷۸            | kg SO <sub>2</sub> eq                  | اسیدی شدن آبریان     |
| ۰۰۰۶۵             | ۰/۰۶۶            | kg PO <sub>4</sub> P-lim               | یوتریفیکاسیون آبی    |
| ۴۰۷/۵۷۳           | ۴۲۲/۸۶۰          | kg CO <sub>2</sub> eq                  | گرمایش جهانی         |
| ۲۸۴۴/۷۲۶          | ۳۰۱۱/۷۹۰         | MJ primary                             | انرژی‌ها تجدیدناپذیر |
| ۱۲/۲۱۵            | ۱۲/۲۷۲           | MJ surplus                             | استخراج مواد معدنی   |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

شکل ۵ نیز مقایسه شاخص‌های اثر نهایی در تولید یک تن پرتقال در دو سناریوی استفاده از سم‌پاش نرخ ثابت و نرخ متغیر را نشان داده است.





شکل ۵- نتایج مقایسه شاخص‌های زیست محیطی در ۴ دسته اثر نهایی در تولید یک تن پرتقال در حالت استفاده از سمپاش نرخ ثابت و نرخ متغیر

مأخذ: یافته‌های تحقیق

### نتایج ارزیابی‌های اقتصادی و هزینه تبدیل سمپاش نرخ ثابت به نرخ متغیر

در این بخش با بررسی کل هزینه‌های خرید، توسعه، استهلاک و هزینه فرصت از دست رفته و همچنین هزینه‌های سمپاشی باغات پرتقال با کاربرد دو نوع سمپاش نرخ ثابت و نرخ متغیر در یک سال زراعی، قیمت نهایی دستگاه سمپاش نرخ ثابت و نرخ متغیر برآورد و سایر تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی انجام شد. علاوه بر این نتایج بررسی‌های مربوط به هزینه‌های ثابت و متغیر در سمپاشی با هر دو نوع سمپاش نیز بیان شده است. جدول ۲ کل هزینه‌های سمپاشی در دو نوع سمپاش نرخ ثابت و نرخ متغیر را نشان داده است.

نتایج نشان داد که استفاده از سمپاش نرخ متغیر در هر چهار دسته اثر نهایی باعث کاهش اثرات زیست محیطی شد. کاهش مصرف سموم شیمیایی، سوخت دیزل و ماشین‌های کشاورزی در سناریوی استفاده از سمپاش نرخ متغیر نقش مهمی در کاهش آلاینده‌های زیست محیطی داشت. علاوه بر کاهش آلاینده‌های زیست محیطی ناشی از استفاده از سمپاش نرخ متغیر، کاهش مصرف انرژی ورودی و هزینه‌های ناشی از آن نیز نقش مهمی در تولید پایدار دارد. بنابراین اگر سمپاش‌ها به فناوری نرخ متغیر تجهیز شوند، ضمن کاهش هزینه‌های مصرف سم، اثرات زیست محیطی ناشی از مصرف سموم شیمیایی و سایر نهاده‌های مرتبط با آن نیز کاهش خواهد یافت. نتایج تحقیقات نیز نشان داده است که یکپارچه‌سازی باغات در مقایسه با باغات مرسوم می‌تواند آلاینده‌های زیست محیطی را کاهش دهد (۳۱، ۳۶).

جدول ۲- هزینه‌های سمپاشی در دو حالت سمپاشی نرخ ثابت و نرخ متغیر و در شرایط کارکرد یک سال زراعی (میلیون ریال)

| نوع هزینه                                                 | سمپاشی نرخ متغیر | سمپاشی نرخ ثابت |
|-----------------------------------------------------------|------------------|-----------------|
| <b>هزینه‌های متغیر</b>                                    |                  |                 |
| هزینه‌های کاربرد و سرویس                                  | ۱۲۲/۶۸           | ۱۱۵/۵۰          |
| هزینه‌های خرید سم مورد نیاز ۲۵۰ هکتار باغ در یک سال زراعی | ۴۹۷۶/۳۸          | ۹۲۱۵/۵۲         |
| <b>هزینه‌های ثابت</b>                                     |                  |                 |
| برد الکترونیک                                             | ۵۲/۰۰            | .               |
| شیر قطع و وصل                                             | ۱/۶۰             | .               |
| شیر دروازه‌ای و اتصالات آن                                | ۲/۰۰             | .               |
| پیچ و مهره                                                | ۰/۶۹             | .               |
| قوطی فلزی                                                 | ۱/۲۰             | .               |
| رنگ                                                       | ۰/۴۸             | .               |

|                                                          |                 |                |
|----------------------------------------------------------|-----------------|----------------|
| رابط بین شیرهای نرخ متغیر و کنتور                        | .               | ۰/۵۰           |
| سیم رابط ارتباط برد الکترونیک و لپ‌تاپ                   | .               | ۱/۱۰           |
| فیش ترانس، فیش آداپتور، فیش سیم‌دار، سوکت و بست پلاستیکی | .               | ۱/۳۲           |
| لوازم شیرآلات و اتصالات                                  | .               | ۵/۸۵           |
| کابل افزایشی و دیگر اتصالات الکتریکی                     | .               | ۱۱/۸۰          |
| برنامه‌نویسی سامانه نرخ متغیر                            | .               | ۵/۰۰           |
| حسگر اولتراسونیک، دوربین و برد رزبری پای                 | .               | ۶۰/۰۰          |
| هزینه خرید دستگاه سم‌پاش                                 | ۲۳۱۰/۰۰         | ۲۳۱۰/۰۰        |
| هزینه استهلاک سم‌پاش                                     | ۲۷۲/۸۷          | ۲۸۹/۸۲         |
| هزینه فرصت از دست رفته                                   | ۱۵۸/۵۸          | ۱۶۸/۴۳         |
| <b>جمع کل هزینه‌های ثابت و متغیر</b>                     | <b>۱۲۰۷۲/۴۷</b> | <b>۸۰۱۰/۸۵</b> |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج نشان داد که کل هزینه‌های لازم برای توسعه و تبدیل سم‌پاش نرخ ثابت به نرخ متغیر معادل ۱۴۳/۵۴ میلیون ریال بود. با در نظر گرفتن هزینه‌های ثابت و هزینه‌های متغیر در سم‌پاشی ۲۵۰ هکتار باغ (معادل کارکرد سال اول دستگاه سم‌پاش)، کل هزینه‌ها در حالت کاربرد سم‌پاش نرخ ثابت و سم‌پاش نرخ متغیر به‌ترتیب برابر با ۱۲۰۷۲/۴۷ و ۸۰۱۰/۸۵ میلیون ریال به‌دست آمد. نتایج جدول ۲ نشان داد که در حالت استفاده از سم‌پاش نرخ متغیر نسبت به سم‌پاش نرخ ثابت، ۴۶ درصد در هزینه‌های خرید سم صرفه‌جویی ایجاد شد که جزئیات این محاسبه در ادامه توضیح داده شده است.

### برآورد مقدار و هزینه سموم مصرفی در یک هکتار باغ پرتقال در دو حالت سم‌پاشی نرخ ثابت و نرخ متغیر

با انجام تحقیقات میدانی و بررسی پرسشنامه‌های گردآوری شده، مقدار مصرف سموم شیمیایی مختلف در سطح یک هکتار باغ پرتقال در منطقه مورد مطالعه به دست آمد و با بررسی قیمت سموم شیمیایی، در نهایت مقدار سموم مصرفی و هزینه‌های آن‌ها محاسبه شد. جدول ۳ مقدار سموم مصرفی و همچنین هزینه‌های آن‌ها در دو حالت سم‌پاشی نرخ ثابت و نرخ متغیر را نشان داده است.

| جدول ۳- اطلاعات مقدار و هزینه سموم مصرفی در یک هکتار باغ پرتقال در دو حالت سم‌پاشی نرخ ثابت و نرخ متغیر |                    |                |                                     |                |                                      |                |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|------------|
| نوع سم                                                                                                  | واحد               | قیمت هر        | مقدار مصرف سم                       | هزینه مصرف سم  | مقدار مصرف سم                        | هزینه مصرف سم  | درصد       |
|                                                                                                         | لیتر (میلیون ریال) | در یک هکتار در | حالت سم‌پاشی نرخ ثابت (میلیون ریال) | در یک هکتار در | حالت سم‌پاشی نرخ متغیر (میلیون ریال) | در یک هکتار در | صرفه‌جویی  |
| حشره‌کش                                                                                                 | لیتر (L)           | ۴/۴۲۵          | ۴/۱۰                                | ۱۸/۱۴          | ۲/۲۱                                 | ۹/۷۹           | ۴۶٪        |
| کنه‌کش                                                                                                  | لیتر (L)           | ۶/۲۷۶          | ۱/۲۳                                | ۷/۷۱           | ۰/۶۷                                 | ۴/۱۶           | ۴۶٪        |
| قارچ‌کش                                                                                                 | لیتر (L)           | ۳/۷۹۳          | ۲/۹۰                                | ۱۰/۹۹          | ۱/۵۷                                 | ۵/۹۳           | ۴۶٪        |
| <b>جمع</b>                                                                                              |                    | <b>۸/۲۳</b>    |                                     | <b>۳۶/۸۶</b>   | <b>۴/۴۴</b>                          | <b>۱۹/۹۰</b>   | <b>۴۶٪</b> |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

### محاسبه مقدار و هزینه سموم مصرفی سالانه با استفاده از یک دستگاه سم‌پاش نرخ ثابت و نرخ متغیر

نتایج بررسی‌های میدانی و پرسشنامه‌های مطالعه حاضر نشان داد که یک سم‌پاش باغی در منطقه مورد مطالعه به‌طور میانگین سطحی معادل ۲۵۰ هکتار باغ پرتقال را در سال سم‌پاشی می‌نماید. لذا با توجه به میانگین کارکرد سالانه یک دستگاه سم‌پاش، در جدول ۴

با توجه به نتایج جدول ۳ مقدار سموم مصرفی در یک هکتار باغ پرتقال در طی یک سال زراعی در حالت سم‌پاشی نرخ ثابت و نرخ متغیر به‌ترتیب معادل ۸/۲۳ لیتر با هزینه‌ی خرید (سم) معادل ۳۶/۸۶ میلیون ریال و ۴/۴۴ لیتر با هزینه‌ی خرید (سم) معادل ۱۹/۹۰ میلیون ریال به دست آمد. با توجه به کاهش مقدار مصرف سم در حالت سم‌پاشی نرخ متغیر نسبت به نرخ ثابت در این مطالعه، در هر هکتار ۳/۷۹ لیتر (معادل ۴۶ درصد) صرفه‌جویی در مقدار مصرف سم و ۱۶/۹۵ میلیون ریال (معادل ۴۶ درصد) صرفه‌جویی در هزینه‌های خرید سم به‌دست آمد.

مقدار مصرف سم و هزینه‌های سم‌پاشی سالانه یک هکتار باغ پرتقال نشان داده شد.

جدول ۴- میانگین مقدار و هزینه سموم مصرفی در سطح کارکرد سالانه یک دستگاه سم‌پاش (۲۵۰ هکتار) در دو حالت سم‌پاشی نرخ ثابت و نرخ متغیر

| حالت نرخ ثابت         |                       |                                              | حالت نرخ متغیر        |                       |                                              |
|-----------------------|-----------------------|----------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------------------|
| مقدار سالانه مصرف     | مقدار سالانه          | مقدار سالانه                                 | مقدار سالانه مصرف     | مقدار سالانه          | مقدار سالانه                                 |
| سم در یک هکتار (لیتر) | مصرف سم (لیتر) در ۲۵۰ | هزینه‌های خرید سم (میلیون ریال) در ۲۵۰ هکتار | سم در یک هکتار (لیتر) | مصرف سم (لیتر) در ۲۵۰ | هزینه‌های خرید سم (میلیون ریال) در ۲۵۰ هکتار |
| ۸/۲۳                  | ۲۰۵۷                  | ۹۲۱۵/۵۲                                      | ۴/۴۴                  | ۱۱۱۰                  | ۴۹۷۶/۳۸                                      |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

سم‌پاش نرخ ثابت به دست آمد. این هزینه (هزینه‌ی سامانه‌ی نرخ متغیر) معادل ۰/۰۲ هزینه‌ی سم‌پاشی سالانه ۲۵۰ هکتار باغ پرتقال با دستگاه سم‌پاش نرخ ثابت بود.

#### نتایج محاسبه شاخص تمایل به پرداخت

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، از ۱۰۰ نمونه، ۵۶ نمونه (درصد) پیشنهاد ۸۰ میلیون ریال، ۲۸ نمونه پیشنهاد ۱۲۰ میلیون ریال و ۲۰ نمونه پیشنهاد ۱۶۰ میلیون ریال را پذیرفتند.

نتایج جدول ۴ نشان داد که در حالت سم‌پاشی نرخ ثابت مقدار مصرف سم برابر با ۸/۲۳ لیتر بر هکتار بود. با این میزان مصرف، در سم‌پاشی ۲۵۰ هکتار باغ در یک سال زراعی، ۲۰۵۷ لیتر سم با هزینه ۹۲۱۵/۵۲ میلیون ریال مصرف شد. این در حالی بود که در حالت سم‌پاشی نرخ متغیر، مقدار مصرف سم در هکتار با کاهش ۴۶ درصدی همراه بود و به مقدار ۴/۴۴ لیتر در هکتار رسید. نتایج نشان داد که در صورت استفاده از سم‌پاش نرخ متغیر، مقدار مصرف سم در ۲۵۰ هکتار باغ در یک سال زراعی به ۱۱۱۰ لیتر با هزینه ۴۹۷۶/۳۸ میلیون ریال رسید. نتایج نشان داد که هزینه‌ی مورد نیاز برای پیاده‌سازی سامانه نرخ متغیر روی یک سم‌پاش نرخ ثابت معادل ۰/۰۶ قیمت یک دستگاه

جدول ۵- درصد وضعیت پاسخگویی باغداران به مبالغ پیشنهادی

| وضعیت پیشنهاد           | مبلغ پیشنهادی | پیشنهاد ۸۰ میلیون ریال | پیشنهاد ۱۲۰ میلیون | پیشنهاد ۱۶۰ میلیون |
|-------------------------|---------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| وضعیت پیشنهاد           |               | ریال                   | ریال               | ریال               |
| پذیرش پیشنهاد           | ۵۶            | ۲۸                     | ۲۰                 |                    |
| عدم پذیرش پیشنهاد       | ۳۰            | ۷۲                     | ۶۲                 |                    |
| عدم پاسخگویی به پیشنهاد | —             | —                      | —                  |                    |
| مجموع                   | ۸۶            | ۱۰۰                    | ۸۲                 |                    |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نیز به‌ترتیب برابر با ۲۵۰ و ۸۰۰ میلیون ریال به‌دست آمد. به‌منظور بررسی تمایل به پرداخت کشاورزان برای استفاده از سم‌پاش نرخ متغیر، مدل با روش لاجیت برآورد گردید که نتایج آن در جدول ۶ ارائه شد.

نتایج رگرسیون لاجیت نشان داد که میانگین متغیرهای تجربه تولید (سال)، آموزش (سال)، درآمد (میلیون ریال در ماه) و سن کشاورزان مورد بررسی به‌ترتیب برابر با ۱۲ سال، ۱۱ سال، ۴۹۲/۳۲ میلیون ریال در ماه و ۴۵ سال بود. حداقل و حداکثر درآمد کشاورزان

جدول ۶- نتایج برآورد ضرایب رگرسیون لاجیت برای متغیرهای مورد بررسی

| اثر نهایی              | سطح معنی‌داری | Z     | انحراف معیار          | ضرایب                  | متغیرها           |
|------------------------|---------------|-------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| $-1.07 \times 10^{-8}$ | ۰/۰۰۱         | -۵/۲۴ | $8.36 \times 10^{-9}$ | $-4.38 \times 10^{-8}$ | قیمت‌های پیشنهادی |
| -۰/۰۷۰۸                | ۰/۰۰۱         | -۳/۴۸ | ۰/۰۸۳                 | -۰/۲۹۱                 | Expr              |
| ۰/۰۳۷۶                 | ۰/۰۷۵         | ۱/۷۸  | ۰/۰۸۷                 | ۰/۱۵۵                  | آموزش             |

|                                 |                       |                               |       |                                                        |                       |
|---------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------|--------------------------------------------------------|-----------------------|
| درآمد                           | $7.05 \times 10^{-9}$ | $2.06 \times 10^{-9}$         | ۳/۴۲  | ۰/۰۰۱                                                  | $1.72 \times 10^{-9}$ |
| سن                              | -۰/۱۷۵                | ۰/۰۴۲                         | -۴/۱۲ | ۰/۰۰۱                                                  | -۰/۰۴۲۶               |
| عرض از مبدا                     | ۱۰/۹۱۸                | ۲/۵۴۱                         | ۴/۳۰  | ۰/۰۰۱                                                  | -                     |
| LR Chi2(5)= 81.20<br>y = 0.4199 |                       | Prob>chi2= 0.001<br>R2=0.4038 |       | Pseudo Log Likelihood=-59.929<br>y = Pr(wtp) (predict) |                       |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در تحقیقی دیگر آقا صفری و قربانی (۳) تمایل به پرداخت کشاورزان با استفاده از ارزش‌گذاری مشروط در رابطه با مشارکت مالی آن‌ها برای کاهش اثرات زیست‌محیطی آب آلوده را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که متغیر سن، شاخص موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، کل میزان مصرف سموم شیمیایی سالانه، متغیرهای معنی‌دار با اثرگذاری منفی بر تصمیم به تمایل به مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده بودند. اسدیپور (۸) در پژوهشی با عنوان بررسی عوامل‌های اقتصادی-اجتماعی موثر در گسترش فناوری مبارزه بیولوژیک علیه کرم ساقه‌خوار در مزارع برنج استان مازندران گزارش داد که مهم‌ترین عامل در پذیرش این فناوری به‌ترتیب عبارت بودند از ریسک‌گریزی شالیکاران، ارزش محصول در هکتار، تعداد قطعات اراضی، تعداد دفعات رهاسازی زنبور تریکوگراما، به‌کارگیری این فناوری در زمین‌های مجاور، سطح زیر کشت، تجربه به‌کارگیری این فناوری، سن زارع و شرکت در کلاس‌های ترویجی. به غیر از دو عامل سن و تعداد قطعات زراعی که اثر منفی در احتمال پذیرش این فناوری داشتند، بقیه عوامل دارای اثر مثبت بودند. نتایج این تحقیقات نیز با تحقیق حاضر مبنی بر اثرپذیری شاخص تمایل به پرداخت از سن کشاورزان مطابقت داشت. در پژوهش حاضر با استفاده از روابط مربوطه مقدار نهایی تمایل به پرداخت برابر با ۱۵۹/۳۸ میلیون ریال برآورد گردید. در نهایت مقدار تمایل به پرداخت به‌عنوان منافع اقتصادی ناشی از کاربرد فناوری نرخ متغیر در سم‌پاشی باغات در نظر گرفته شد. به‌عبارتی دیگر خروجی حاصل از محاسبات تمایل به پرداخت به‌عنوان ورودی بخش منافع در نظر گرفته شد و وارد محاسبات شاخص نسبت منافع به مخارج با استفاده از روش سرمایه‌گذاری اضافی شد.

### نتایج بررسی شاخص نسبت منافع به مخارج با استفاده از روش سرمایه‌گذاری اضافی

در محاسبه شاخص نسبت منافع به مخارج، سود ناشی از صرفه‌جویی در هزینه سم‌پاشی ۲۵۰ هکتار باغ (معادل کارکرد سالانه یک دستگاه سم‌پاش) و مابه‌التفاوت تمایل به پرداخت و هزینه تبدیل سم‌پاش نرخ ثابت به سم‌پاش نرخ متغیر، به‌عنوان منافع در نظر گرفته شد. از آنجا که سود ناشی از صرفه‌جویی در هزینه‌های کل (ثابت و متغیر) در حالت کاربرد سم‌پاش نرخ متغیر برابر ۴۰۶۱/۶۱ میلیون ریال و مابه‌التفاوت هزینه تبدیل سم‌پاش نرخ ثابت به نرخ متغیر برابر با ۱۵/۸۴ میلیون ریال بود، لذا مقدار منافع در شاخص نسبت سود به هزینه ۴۰۷۷/۴۵ میلیون ریال به دست آمد. در محاسبه شاخص نسبت سود به هزینه، ضررها در حالت سم‌پاشی نرخ متغیر معادل کل هزینه‌های

نتایج جدول ۶ نشان داد که همه‌ی متغیرهای برآورد شده از لحاظ آماری معنی‌دار بودند. لازم به ذکر است که ضرایب در مدل‌های لاجیت به‌طور مستقیم تفسیر نمی‌شوند. متغیر سطح تحصیلات نشان داد که با افزایش سطح تحصیلات (سال)، مطلوبیت کشاورزان برای استفاده از سم‌پاش نرخ متغیر افزایش یافت. علامت ضریب متغیر تجربه کاری نشان داد که با افزایش سال‌های تجربه کاری، مطلوبیت کشاورزان برای استفاده از سم‌پاش نرخ متغیر کاهش یافت. همچنین با افزایش سن پاسخ‌دهندگان، مطلوبیت کشاورزان برای استفاده از سم‌پاش نرخ متغیر کاهش یافت. بر این اساس می‌توان گفت که علت این امر به دلیل رایج بودن کشاورزی سنتی، ریسک‌پذیر نبودن کشاورزان دارای سن زیاد بود. اثر نهایی، بیانگر تأثیر نهایی هر کدام از متغیرها روی نسبت متوسط تمایل به پرداخت بود. افراد دارای تحصیلات در سطوح بالاتر، ۰/۰۳۷۶ واحد نسبت متوسط تمایل به پرداخت‌شان بیش‌تر از افرادی بود که از تحصیلات سطوح پایین‌تر برخوردار بودند. افزایش یک واحدی در درآمد خانوار نیز نسبت متوسط تمایل به پرداخت را  $1/72 \times 10^{-9}$  واحد افزایش داد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سن باغ‌داران و میزان تحصیلات آن‌ها در میزان تمایل به پرداخت برای استفاده از سم‌پاش نرخ متغیر مؤثر بود. لذا متحمل شدن هزینه‌هایی در جهت آموزش کشاورزان و آگاهی دادن به آن‌ها در رابطه با مزیت استفاده از سم‌پاشی نرخ متغیر و همچنین نحوه استفاده اصولی و به موقع از سموم شیمیایی در کشاورزی را باید به‌عنوان نوعی سرمایه‌گذاری در نظر گرفت. لذا جهت افزایش آگاهی کشاورزان نسبت به مخاطرات استفاده بی‌رویه از سموم شیمیایی پیشنهاد می‌گردد ضمن توجه به این موضوع که ارتقاء آموزش و برگزاری کلاس‌های آموزشی می‌تواند آثار مثبت و تأثیرگذاری در بالا بردن مهارت و اطلاعات کشاورزان نسبت به نحوه و میزان استفاده از سموم شیمیایی ایفا کند، حمایت‌های دولتی و سیاست‌گذاری در زمینه کاهش آثار منفی ناشی از استفاده بی‌رویه از انواع سموم شیمیایی در بخش کشاورزی با استفاده از فناوری‌های نوین از جمله سم‌پاش نرخ متغیر، از جمله عوامل‌هایی است که می‌تواند نقش مؤثری در کاهش مصرف انرژی، کاهش اثرات زیست‌محیطی و کاهش هزینه‌های تولید در پی داشته باشد. در پژوهشی حسین‌زاد و همکاران (۲۶) ارزش‌گذاری اقتصادی منافع زیست‌محیطی برنامه‌های کاهش مصرف سموم شیمیایی در استان خوزستان را بررسی کردند. نتایج نشان داد که متغیرهای سطح اهمیت قائل شدن به اجتناب از خطرات زیست‌محیطی سموم، درآمد سالیانه، سطح زیر کشت، سطح تحصیلات و هزینه سموم دارای اثر مثبت و ذرت‌کاری و دستمزد کارگر وجین‌کننده دارای اثر منفی بر میزان تمایل به پرداخت بودند و ضریب درصد اهمیت قائل شدن به اجتناب از خطرات زیست‌محیطی سموم به هر یک از لایه‌ها، رابطه مستقیمی با میزان تمایل به پرداخت داشت.

ثابت و متغیر در نظر گرفته شد که برابر با ۸۰۱۰/۸۵ میلیون ریال بود. مخارج نیز معادل ضررها در نظر گرفته شد، زیرا هزینه دستگاه سم‌پاش نرخ متغیر و هزینه‌های ثابت و متغیر آن در یک سال، هزینه‌ای بود که برای سم‌پاشی ۱۱۰۰ لیتر سم در ۲۵۰ هکتار بکار برده شد. از آنجا که دو پروژه در این تحقیق مورد مقایسه قرار گرفت، لذا شاخص نسبت منافع به مخارج با استفاده از روش سرمایه‌گذاری اضافی محاسبه شد. با توجه به رابطه ۱۸، تفاوت ارزش فعلی منافع معادل مابه‌التفاوت سود ناشی از سم‌پاشی در حالت‌های کاربرد سم‌پاش نرخ ثابت و نرخ متغیر

$$۱۹ \quad \frac{۴۰۷۷/۴۵}{۴۰۶۱/۶۱} = ۱/۰۰۴ = \text{شاخص نسبت منافع به مخارج متغیر}$$

یک تن پرتقال نشان داد که سم‌پاش مجهز به فناوری نرخ متغیر با کاهش ۴۶ درصدی مصرف سموم شیمیایی، کاهش اثرات زیست‌محیطی در اغلب دسته‌های اثر را به دنبال داشت. در حالت استفاده از سم‌پاش مجهز به فناوری نرخ متغیر نسبت به سم‌پاش نرخ ثابت، پتانسیل گرمایش جهانی در فرآیند تولید یک تن پرتقال معادل ۱۵/۲۹ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن کاهش یافت. نتایج نشان داد که کل هزینه‌های خرید و ساخت تجهیزات مورد نیاز برای تبدیل سم‌پاش نرخ ثابت به نرخ متغیر معادل ۱۴۳/۵۴ میلیون ریال بود. متغیر سطح تحصیلات نشان داد که با افزایش سطح تحصیلات (سال)، مطلوبیت کشاورزان برای استفاده از سم‌پاش نرخ متغیر افزایش یافت. همچنین بررسی‌ها نشان داد که با افزایش سال‌های تجربه کاری، مطلوبیت کشاورزان برای استفاده از سم‌پاش نرخ متغیر کاهش یافت. با افزایش سن پاسخ‌دهندگان، مطلوبیت کشاورزان برای استفاده از سم‌پاش نرخ متغیر کاهش نشان داد. افزایش درآمد خانوار نیز نسبت متوسط تمایل به پرداخت را افزایش داد. مقدار نهایی تمایل به پرداخت برابر با ۱۵۹/۳۸ میلیون ریال به دست آمد. نتایج بررسی شاخص نسبت منافع به مخارج با استفاده از روش سرمایه‌گذاری اضافی نشان داد که انتخاب و کاربرد سم‌پاش نرخ متغیر در سم‌پاشی باغات، اقتصادی‌تر بود. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، سامانه‌های مختلف مورد استفاده برای متغیر نمودن سم‌پاش‌های باغی مورد بررسی قرار گرفته و مقایسه‌ای بین این فناوری‌ها از لحاظ اقتصادی انجام شود.

### ملاحظات اخلاقی

#### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در مطالعه حاضر فرم‌های رضایت‌نامه آگاهانه توسط تمامی آزمودنی‌ها تکمیل شد.

#### حامی مالی

این مقاله برگرفته از رساله دکترای در رشته مکانیزاسیون کشاورزی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان می‌باشد که بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه سپاسگزاری می‌شود.

با توجه به نتیجه محاسبه شاخص نسبت منافع به مخارج با استفاده از روش سرمایه‌گذاری اضافی (۱/۰۰۴) و همچنین رابطه ۱۹، از آنجا که این شاخص بزرگ‌تر از یک به‌دست آمد، لذا انتخاب و کاربرد سم‌پاش نرخ متغیر در سم‌پاشی باغات، اقتصادی‌ترین پروژه بود. از مهم‌ترین دلایل اقتصادی بودن سم‌پاش نرخ متغیر نسبت به سم‌پاش نرخ ثابت در این پژوهش، کاهش مصرف سم و به تبع آن کاهش هزینه‌های سم‌پاشی بود. نتایج تحقیق فتنی و همکاران (۲۳) نشان داد که کم‌ترین مقدار مصرف سم در حالت سم‌پاشی نرخ متغیر و در سرعت پیش‌روی ۴/۸ کیلومتر بر ساعت (۱۹۵۲ لیتر بر هکتار) و بیش‌ترین مقدار مصرف سم در حالت سم‌پاشی نرخ ثابت در سرعت ۱/۶ کیلومتر بر ساعت (۴۰۱۴ لیتر بر هکتار) به‌دست آمد. بیش‌ترین مقدار صرفه‌جویی ناشی از کاربرد فناوری نرخ متغیر در سم‌پاشی باغات، در سرعت پیش‌روی ۱/۶ کیلومتر بر ساعت (۴۶ درصد) محاسبه شد. این در حالی است که مقدار صرفه‌جویی در سم‌پاشی نرخ متغیر نیز متناسب با حجم درخت تغییر می‌کند و در باغات جوان‌تر مقدار صرفه‌جویی در مصرف سم بیش‌تر است. نتایج نشان داد که در ترکیب تیماری حالت نرخ متغیر و سرعت پیش‌روی ۴/۸ کیلومتر بر ساعت، کم‌ترین میزان مصرف سم (۱۹۵۲ لیتر در هکتار) برای یک هکتار باغ پرتقال اتفاق افتاد. این در حالی بود که در حالت سم‌پاشی نرخ ثابت در سرعت ۴/۸ کیلومتر بر ساعت، مقدار مصرف سم ۳۵۰۹ لیتر در هکتار گزارش شد. میانگین مقدار نشست سم در همه تیمارها در حالت سم‌پاشی نرخ ثابت نسبت به نرخ متغیر بیش‌تر بود. این نتایج با نتایج سهیلی‌فرد و همکاران (۴۸) مطابقت داشت.

#### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش به‌منظور ارزیابی اقتصادی و زیست‌محیطی سم‌پاش باغی مجهز به فناوری نرخ متغیر و سم‌پاش نرخ ثابت و به‌منظور دستیابی به بخشی از شاخص‌های لازم برای کمک به فرایند تصمیم‌گیری در انتخاب فناوری نرخ متغیر در مقایسه با سم‌پاش نرخ ثابت انجام شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار صرفه‌جویی ناشی از کاربرد سم‌پاش مجهز به فناوری نرخ متغیر در مقایسه با سم‌پاشی نرخ ثابت در سم‌پاشی باغات ۴۶ درصد بود. بررسی شاخص‌های زیست‌محیطی در فرآیند تولید

## مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده پردازی: رستم فتحی؛ روش شناسی و تجزیه و تحلیل داده ها: رستم فتحی، محمود قاسمی نژاد رائینی و سامان آبدانان

مهدی زاده؛ سرپرست: مرتضی تاکی و مصطفی مردانی نجف‌آبادی و نویسندگی پایانی: رستم فتحی.

## تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

## References

1. Abrishami, H. (2008). Basic Econometrics, Written by Damodar, N Gojarati, Tehran University Press.(In Persian).
2. Acharya, G., & Barbier, E. B. (2000). Valuing groundwater recharge through agricultural production in the Hadejia-Nguru wetlands in northern Nigeria. *Agricultural Economics*, 22(3), 247-259.
3. Aghasafari, H., & Ghorbani, M. (2015). Whether Farmers are Willing to Financial Participation for Reducing the Adverse Environmental Effects of Contaminated Water? (A case study of Kashaf-Rood Basin in Mashhad). *Journal Of Agroecology*, 7(2), 202-214. doi: 10.22067/jag.v7i2.33105 (In Persian).
4. Amir Nezhad, H., Khalilian, S., & Asareh, M.H. (2006) Determination of the Preservation and Recreational Value of Sysengan Forest Park Using Paying Forms, *Journal of Pajoohesh and Sazandegi*, 19(3), 24-15(In Persian).
5. Amirnejad, H. & Atai. sallout, K. (2011). Valuation of environmental resources. Avai Masih Publications (In Persian).
6. Amirnejad, H., & Khalilian, S. (2005). Determining the total economic value of the forest ecosystem in northern Iran with an emphasis on environmental-ecological valuation and conservation values. Thesis of the PhD course in Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University (In Persian).
7. Arekhi, S., Khakpour, B. A., & Ata, B. (2019). Logistic Regression Efficiency Assessment for Anticipating Urban Development in Ilam Using GIS. *Geography and Urban Space Development*, 6(1), 1-17.
8. Asadpur, H. (2012). Survey Effects of Socio-Economics Factors on Spread Biological Control Technology up on Chilo-Supersalic in Rice Farms of Mazandaran Province. *Agricultural Economics and Development*, 19(76), 232-252. doi: 10.30490/aead.2012.58754 (In Persian).
9. Asaei, H., Jafari, A., & Loghavi, M. (2019). Site-specific orchard sprayer equipped with machine vision for chemical usage management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 431-439.
10. Asgari, A. & Mehrgan, N. (2002). Estimating the willingness to pay of visitors of historical and cultural heritage using the conditional valuation method: the example of Hamedan treasure. *Economic researches (sustainable growth and development)*, summer and autumn 2002. 1(2,3). 93-115 (In Persian).
11. Baidoo, I., Al-Hassan, R. M., Asuming-Brempong, S., Akoto, I., & Asante, F. A. (2013). Willingness to pay for improved water for farming in the Upper East Region of Ghana. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 4, 271-279.
12. Baran, M. F., Lüle, F., & Gökdoğan, O. (2017). Energy input-output analysis of organic grape production: A case study from Adiyaman province. *Erwerbs-Obstbau*, 59(4), 275-279.
13. Bashiri, M., & Kamranrad, R. (2011). Parameter estimation for improving association indicators in binary logistic regression. *Research in Production and Operations Management*, 2(1), 135-154.
14. Bonales-Revuelta, J., Musule, R., Navarro-Pineda, F. S., & García, C. A. (2022). Evaluating the environmental performance of orange production in Veracruz, Mexico: a life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, 343, 131002.



15. Boyle, K. J., Johnson, F. R., McCollum, D. W., Desvousges, W. H., Dunford, R. W., & Hudson, S. P. (1996). Valuing public goods: discrete versus continuous contingent-valuation responses. *Land Economics*, 381-396.
16. Calegari, F., Tassi, D., & Vincini, M. (2013). Economic and environmental benefits of using a spray control system for the distribution of pesticides. *Journal of Agricultural Engineering*, 44(s2).
17. Carson, T. R. (1986). Closing the gap between research and practice: Conversation as a mode of doing research. *Phenomenology+ Pedagogy*, 73-85.
18. Cobbenhagen, A. T. J. R., Antunes, D. J., van de Molengraft, M. J. G., & Heemels, W. P. M. H. (2021). Opportunities for control engineering in arable precision agriculture. *Annual Reviews in Control*, 51, 47-55.
19. Dehghanian, S. (2009). Environmental economics for non-economists. Translation. Ajayi, John Asafo. 2018. Publications of Ferdowsi University of Mashhad, 336 pages (In Persian).
20. Deveau, J. (2009). Six elements of effective spraying in orchards and vineyards. Ontario, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
21. Dou, H., Zhang, C., Li, L., Hao, G., Ding, B., Gong, W., & Huang, P. (2018). Application of variable spray technology in agriculture. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 186, No. 5, p. 012007). IOP Publishing.
22. El Bilali, H., Callenius, C., Strassner, C., & Probst, L. (2019). Food and nutrition security and sustainability transitions in food systems. *Food and energy security*, 8(2), e00154.
23. Fathi, R., Ghasemi Nejad Raeini, M., Abdanan Mehdizadeh, S., Taki, M & Mardani Najafabadi, M (2024). Development and evaluation of variable rate technology in Orchard spraying. *The Journal of Agricultural Machinery (JAM)*.
24. Ghorbani, M., Nemati, A., & Ghorbani, R. (2011). Studying the Willingness to Pay of Wheat Farmers to Control Weeds in Different Growth Stages (Case Study of Khorasan Razavi). *Journal of Agricultural Economics and Development*, 25(1)20-28. doi: 10.22067/jead2.v1390i1.8875 (In Persian).
25. Haab, T. C., & McConnell, K. E. (2002). Valuing environmental and natural resources: the econometrics of non-market valuation. Edward Elgar Publishing.
26. Hossein Zad, J., Shorafa, S., Dashti, G., Hayati, B., & Kazemiyeh, F. (2009). An Economic Evaluation of the Environmental Benefits from Pesticides Reduction Program in Khuzestan Province. *JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND SUSTAINABLE PRODUCTION*, 2 (20), 4. 101-112 (In Persian).
27. Ilca, A., & Boz, A. F. (2018). Design of a nozzle-height control system using a permanent magnet tubular linear synchronous motor. *Journal of Agricultural Sciences*, 24(3), 374-385.
28. ISO. (2006). "14040 International Standard. Environmental Management–Life Cycle Assessment–Principles and Framework, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland." 14040 International Standard. Environmental Management–Life Cycle Assessment–Principles and Framework, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
29. Jeanty, P. W. (2007). Constructing krinsky and robb confidence intervals for mean and median willingness to pay (wtp) using stata. In *Sixth North American Stata Users' Group Meeting*, Boston (pp. 13-14).
30. Keshavarz, H. G. R., & Ayati, G. H. (2008). A Comparison between Logit Model and Classification Regression Trees (CART) in Customer Credit Scoring Systems.
31. Khanali, M., Akram, A., Behzadi, J., Mostashari-Rad, F., Saber, Z., Chau, K. W., & Nabavi-Pelesaraei, A. (2021). Multi-objective optimization of energy use and environmental emissions for walnut production using imperialist competitive algorithm. *Applied Energy*, 284, 116342.

32. Lambert, D. M., Lowenberg-DeBoer, J., Griffin, T. W., Peone, J., Payne, T., & Daberkow, S. G. (2004). Adoption, profitability, and making better use of precision farming data.
33. Lee, C. K., & Han, S. Y. (2002). Estimating the use and preservation values of national parks' tourism resources using a contingent valuation method. *Tourism management*, 23(5), 531-540.
34. Lehtonen, E., Kuuluvainen, J., Pouta, E., Rekola, M., & Li, C. Z. (2003). Non-market benefits of forest conservation in southern Finland. *Environmental Science & Policy*, 6(3), 195-204.
35. Lindgren, E., Harris, F., Dangour, A. D., Gasparatos, A., Hiramatsu, M., Javadi, F., ... & Haines, A. (2018). Sustainable food systems—a health perspective. *Sustainability science*, 13, 1505-1517.
36. Longo, S., Mistretta, M., Guarino, F., & Cellura, M. (2017). Life Cycle Assessment of organic and conventional apple supply chains in the North of Italy. *Journal of Cleaner Production*, 140, 654-663.
37. Maddala, G. S. (1983). *Qualitative and limited dependent variable models in econometrics*. Cambridge: Cambridge, 498.
38. Mitchell, R. C., & Carson, R. T. (2013). *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*. Rff press.
39. Mohammadi, M. (2013). surveying farmers' willingness to pay to reduce the negative effects of chemical fertilizers on the environment. The first electronic congress of new findings in the environment and agricultural ecosystems. Tehran. <https://civilica.com/doc/356518> (In Persian).
40. Molaei, M., Yazdani, S., Sharzei, G., & Gas, A. C. (2009). Estimating preservation Value of Arasbaran Forests Ecosystem Using Contingent Valuation Method. *Agricultural Economics*, 3(2), 37-63 (In Persian).
41. Mooney, D. F., Larson, J. A., Roberts, R. K., & English, B. C. (2009). Economics of the variable rate technology investment decision for agricultural sprayers.
42. Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1989). *Economics of natural resources and the environment*. Johns Hopkins University Press.
43. Roberts, R. K., English, B. C., Larson, J. A., Cochran, R. L., Larkin, S. L., Marra, M. C., ... & Reeves, J. M. (2006). Use of precision farming technologies by cotton farmers in eleven states. In *Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences* (pp. 3-6).
44. Rodrigo, M. A., Oturan, N., & Oturan, M. A. (2014). Electrochemically assisted remediation of pesticides in soils and water: a review. *Chemical reviews*, 114(17), 8720-8745.
45. Rufí-Salís, M., Petit-Boix, A., Villalba, G., Gabarrell, X., & Leipold, S. (2021). Combining LCA and circularity assessments in complex production systems: the case of urban agriculture. *Resources, Conservation and Recycling*, 166, 105359.
46. Salcedo, R., Pons, P., Llop, J., Zaragoza, T., Campos, J., Ortega, P., ... & Gil, E. (2019). Dynamic evaluation of airflow stream generated by a reverse system of an axial fan sprayer using 3D-ultrasonic anemometers. *Effect of canopy structure. Computers and electronics in agriculture*, 163, 104851.
47. Skouinejad, M. M (2019). *Engineering economics (Economic evaluation of industrial projects)*. Publications of Amirkabir University of Technology. pp. 124, 167, 168, and 169 (In Persian).
48. Soheilifard, F., Marzban, A., Raini, M. G., Taki, M., & van Zelm, R. (2020). Chemical footprint of pesticides used in citrus orchards based on canopy deposition and off-target losses. *Science of the Total Environment*, 732, 139118.
49. Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B. L., Lassaletta, L., ... & Willett, W. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, 562(7728), 519-525.
50. Tang, X. Y., Zhang, H. P., & Li, S. P. (2012). *Economic Value of*

- Agricultural Non-Point Source Pollution Control. Chinese Rural Economy.
51. Torras, M. (2000). The total economic value of Amazonian deforestation, 1978–1993. *Ecological economics*, 33(2), 283-297.
52. Triggs, B., McLauchlan, P. F., Hartley, R. I., & Fitzgibbon, A. W. (2000). Bundle adjustment—a modern synthesis. In *Vision Algorithms: Theory and Practice: International Workshop on Vision Algorithms Corfu, Greece, September 21–22, 1999 Proceedings* (pp. 298-372). Springer Berlin Heidelberg.
53. Veldstra, M. D., Alexander, C. E., & Marshall, M. I. (2014). To certify or not to certify? Separating the organic production and certification decisions. *Food Policy*, 49, 429-436.
54. Yadav, G. S., Das, A., Lal, R., Babu, S., Datta, M., Meena, R. S., ... & Singh, R. (2019). Impact of no-till and mulching on soil carbon sequestration under rice (*Oryza sativa* L.)-rapeseed (*Brassica campestris* L. var. rapeseed) cropping system in hilly agro-ecosystem of the Eastern Himalayas, India. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 275, 81-92.