Agricultural Economics and Development
Vol.31, No.124, Winter 2024

Research Paper

Investigating the Effect of Risk on the Levels of Optimum Use of Fertilizers and Pesticides: A Case Study of Mazandaran Province of Iran

F. Mojtahedi [1]*. S. A. Hosseini Yekani* [2]

Received: 11 December, 2019 Accepted: 29 July, 2020

Introduction: Agriculture, as one of the main parts of development, plays a fundamental role in the economic development of countries. To develop this sector, farmers need suitable and acceptable policies and programs. It is important to pay attention to the fact that today, not only economic goals should be considered in agriculture, but as a source of damage in different areas, it is necessary to examine the environmental issues related to this sector. Furthermore, agriculture is an activity that comes with risk. Farmers live with risk and make decisions that affect agricultural yields. Therefore, this study aimed at concurrently reducing the usage of fertilizers and chemical pesticides, while also mitigating production risks.

Materials and Methods: To attain the study objectives, the Fuzzy Goal Programming (FGP) model was utilized, with all estimations carried out in GAMS. Additionally, the Conditional Value at Risk (CVaR) model was employed to capture and assess risk within the model framework. In the context of a fuzzy environment, goal programming can be formulated as FGP, incorporating three types of fuzzy goals as described in the equation as follows:

$$
\begin{aligned}
&find\ x\\
&subject\ to\quad f_i(x) \mathrel{\tilde{\geq}} a_i \qquad i = 1, \ldots, m\\
&\qquad\qquad f_i(x) \mathrel{\tilde{\leq}} a_i \qquad i = m+1, \ldots, n\\
&\qquad\qquad f_i(x) \mathrel{\tilde{=}} a_i \qquad i = n+1,\ldots,l\\
&x \geq 0
\end{aligned}
$$

1. Corresponding Author and PHD Student in Agricultural Economics, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran (fateme.mojtahedi87@yahoo.com).
2. Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.

DOI: 10.30490/AEAD.2023.312205.1099

Where the sign ~ shows the fuzziness of the goal value. To establish the levels of goals within the model, initially, a distinct linear model was estimated for each of the study objectives. The products in this study included wheat, barley, rice, corn, peas, lentils, sunflower, potato, onion, and Soybeans.

Results and Discussion: The comparison of the current situation and the results of single-objective models showed that considering the two goals of minimizing fertilizer and pesticide together would reduce the consumption of these two inputs in the final model. In the next step, the objective of risk minimization was incorporated as a significant factor in the goal-fuzzy model. The model was then simultaneously estimated based on the three goals: minimizing fertilizer, minimizing pesticides, and minimizing risk. The results of the model indicated that the consumption of fertilizer and pesticides in the final model had decreased compared to other models and the current situation. Additionally, this approach resulted in a model with lower associated risk.

Conclusions: Results of calculations showed that the FGP model considering three goals in comparison to the risk-free model would offer better results with nearer results to real conditions. Accordingly, this study suggested the concerned model to be used for each crop separately.

Keywords*: Fuzzy Goal Programming (FGP) Model, Fertilizer Minimization, Pesticides Minimization, Conditional Value at Risk (CVaR), Mazandaran (Province).*

JEL Classification: C02, C61, Q52, D81

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۱، شماره ۱۲۴، زمستان ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

بررسی اثر لحاظ مخاطره بر سطوح مصرف بهینهٔ کود و سموم شیمیایی: مطالعهٔ موردی استان مازندران

فاطمه مجتهدی[۱]، سیدعلی حسینی یکانی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۰۸

چکیده

با توجه به تاثیر استفاده از سموم و کودهای شیمیایی بر محیط زیست و همچنین، با در نظر گرفتن اینکه مخاطره (ریسک) مسئله‌ای جدایی‌ناپذیر از بخش کشاورزی است، هدف پژوهش حاضر حداقل‌سازی مصرف دو نهاده کود و سم با در نظر گرفتن مخاطرهٔ عملکرد در بخش کشاورزی بر اساس اطلاعات سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ بود. برای نیل به اهداف مطالعه، از الگوی برنامه‌ریزی آرمانی فازی استفاده و کلیه برآوردها در نرم‌افزار GAMS انجام شد؛ همچنین، از رهیافت CVaR به‌منظور ورود مخاطره در الگو استفاده شد. نتایج برآوردها نشان داد که الگوی آرمانی فازی، با در نظر گرفتن هر سه هدف، نسبت به الگوی بدون مخاطره، نتایجی بهینه‌تر به‌دست می‌دهد، زیرا الگوی به‌دست‌آمده به شرایط واقعی نزدیک‌تر است. با توجه به نتایج مطالعه، پیشنهاد می‌شود که الگوی مورد نظر برای هر کدام از محصولات به‌طور جداگانه و بر اساس اطلاعات هر محصول برآورد شود تا اهداف مورد بررسی به‌صورت منحصربه‌فرد برای آن محصول مشخص شود.

۱- نویسندهٔ مسئول و دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
(fateme.mojtahedi87@yahoo.com)

۲- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

کلیدواژه‌ها: *الگوی برنامه‌ریزی آرمانی فازی (FGP)، حداقل‌سازی کود، حداقل‌سازی سم، CVaR، مازندران (استان).*

طبقه‌بندی JEL : C02, C61, Q52, D81

مقدمه

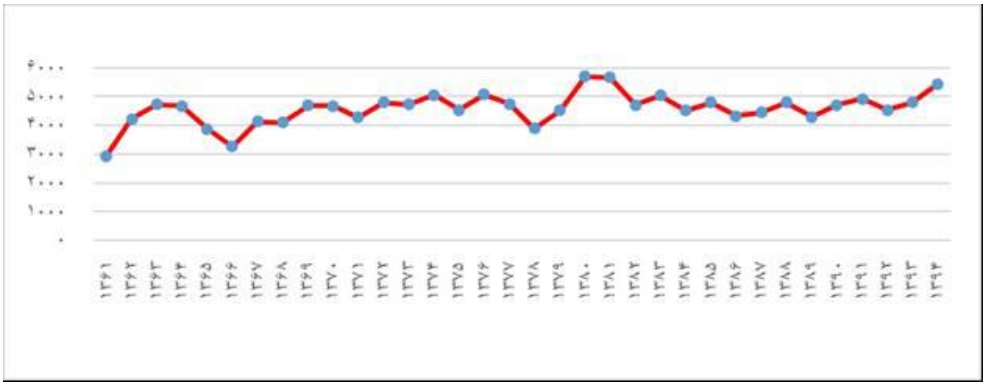
کشاورزی به‌عنوان یکی از محورهای اساسی توسعه نقش اساسی در توسعه اقتصادی کشورها دارد. به‌منظور توسعه این بخش، سیاست‌ها و برنامه‌های مناسب و قابل پذیرش برای کشاورزان مورد نیاز است. توجه بدین نکته ضروری است که امروزه، کشاورزی نه‌تنها اهداف اقتصادی را در نظر می‌گیرد، بلکه به‌عنوان یک منبع آسیب‌رسان در مناطق مختلف، نیاز است که مسائل زیست‌محیطی مربوط بدن حوزه نیز مورد بررسی قرار گیرد (Halkidis & Papadimos, 2007)، چراکه یکی از عناصر اصلی سیاست‌های جهانی در عصر حاضر محیط زیست است، که می‌تواند بر سایر مؤلفه‌ها اثر بگذارد. در واقع، استفاده از سموم و کودهای شیمیایی که به‌منظور افزایش تولید و بهره‌وری محصولات توسط کشاورزان مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌تواند از طریق آلوده کردن خاک و به‌دنبال آن، محیط زیست بر سلامت جامعه اثر منفی داشته باشند. به دیگر سخن، از آنجا که کشاورزان از این نهاده‌ها برای افزایش تولید خود استفاده می‌کنند، استفاده بیش از حد و مدیریت‌نشده از این نهاده‌ها می‌تواند تهدیدی برای سلامت جامعه محسوب شود (Aktar et al., 2009). از این‌رو، دستیابی به الگوی کشتی که در کنار در نظر گرفتن مسائل اقتصادی، مصرف این دو نهاده را تا حد ممکن کاهش دهد، می‌تواتد درخور اهمیت باشد، زیرا استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی با هدف افزایش تولید و همچنین، مصرف بی‌رویه سموم شیمیایی برای افزایش عملکرد می‌توانند آسیب‌ها و پیامدهای جدی را برای محیط زیست و سلامت انسان در پی داشته باشند.

در ادامهٔ مسائل پیش‌گفته، باید به موضوعی مهم‌تر در بخش کشاورزی نیز توجه داشت. کشاورزی فعالیتی همراه با مخاطره (ریسک) است. کشاورزان با مخاطره زندگی می‌کنند و تصمیماتی می‌گیرند که بر عملکرد کشاورزی اثر می‌گذارد. بسیاری از مسائلی که بر تصمیمات کشاورزان اثر می‌گذارند، تا صد سال آینده، قابل پیش‌بینی نیستند (Kahan, 2013). به‌طور کلی، وجود مخاطره و عدم قطعیت همواره برای تصمیم‌گیران کشاورزی مسائلی ثابت و مهم به‌شمار می‌روند. در حقیقت، هیچ بخشی در اقتصاد وجود ندارد که با چنین سطحی از نوسان‌های مخاطره‌آمیز مواجه باشد (Kaiser and Messer, 2011). کشاورزان و فعالان در بخش کشاورزی با ابعاد گوناگون مخاطره

ازجمله مخاطرات تولید، بازار، مالی، نهادی و انسانی مواجه‌اند. در مخاطره تولید که به‌عنوان یک منبع مهم مخاطره شناخته می‌شود، عملکرد محصولات به فعالیت‌های زیست‌شناختی بستگی دارد که می‌تواند از آب‌وهوا، آفات و بیماری‌ها تاثیر بپذیرد. از یک سو، باران کم و خشکسالی ممکن است منجر به عملکرد پایین محصولات شود و از سوی دیگر، باران زیاد می‌تواند به محصولات آسیب بزند و یا آنها را از بین ببرد. همچنین، انتشار آفات و بیماری‌ها می‌تواند سطح وسیعی از عملکرد محصولات را از بین ببرد. برای نمونه، زمانی‌که کشاورز کشت محصولی را شروع می‌کند، نمی‌داند که آیا در ارتباط با آفات و بیماری‌ها مشکلی پدید خواهد آمد یا خیر، که این همان مخاطره تولید (عملکرد) است. در واقع، کشاورزان بدون هرگونه اطلاعات کامل در مورد اینکه در آینده، چه پیش خواهد آمد، تولید را شروع می‌کنند (Kahan, 2013). نوسان‌های قیمت محصولات یا نهاده‌ها منشأ مهم مخاطره بازار در بخش کشاورزی به‌شمار می‌روند (World Bank, 2005). در ارتباط با مخاطره مالی، یکی از دلایل وجود این مخاطره می‌تواند عدم اطمینان از نرخ بهره در آینده باشد (Kahan, 2013). همچنین، مخاطره نهادی منشأ دیگری از مخاطره بخش کشاورزی است که می‌تواند از تغییرات غیرمنتظره در قوانینی ناشی شود که بر فعالیت‌های تولید اثر می‌گذارد (World Bank, 2005). در نهایت، مخاطره انسانیعبارت است از مخاطره‌ای که به‌دنبال بیماری، مرگ و یا مشکلات شخصی خانواده کشاورز، بر فعالیت کشاورزی تاثیر می‌گذارد. از این‌رو، با توجه به وجود زمینه‌های مختلف ایجاد مخاطره و نااطمینانی در بخش کشاورزی، مدیریت مخاطره و در نظر گرفتن آن در تصمیمات مربوط بدین بخش می‌تواند به‌عنوان مسئله‌ای مهم مورد توجه و بررسی قرار گیرد. کشاورزانی که در راستای مدیریت مخاطره تلاش می‌کنند، نیاز به شناسایی زمینه‌های احتمالی وقوع مخاطره دارند. همان‌گونه که گفته شد، یکی از زمینه‌های مخاطره در بخش کشاورزی مخاطره تولید است که به‌دنبال عدم اطمینان از شرایط آب‌وهوایی، حمله ناگهانی آفات و بیماری‌ها و ... حاصل شده، منجر به کاهش عملکرد محصولات می‌شود. به دیگر سخن، مخاطره تولید از عدم اطمینان در مورد عواملی ناشی می‌شود که بر کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی اثر می‌گذارند (Kahan, 2013). با توجه به اهمیت تولید محصولات در بخش کشاورزی به‌عنوان بخشی مهم در تأمین نیازهای غذایی بشر، در مطالعهٔ حاضر، این نوع مخاطره مورد بررسی قرار می‌گیرد.

از آنجا که استان مازندران دارای شرایط آب‌وهوایی مناسب است و به‌عنوان یک استان مهم در زمینه تولید محصولات کشاورزی شناخته می‌شود در مطالعهٔ حاضر، این استان مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، از جمله محصولات مهم و مورد استفاده در ایران برنج است که مازندران یکی از

استان‌های مهم در این زمینه به‌شمار می‌رود، به‌پونه‌ای که بر اساس گزارش‌های اقتصادی استان مازندران، این استان در تولید برخی محصولات مهم کشاورزی از جمله برنج رتبه اول را داراست. بر همین اساس، نمودار ۱ نوسان‌های عملکرد برنج را به‌منظور یادآوری نمونه‌ای از شرایط نامطمئن تولید برای کشاورزان نشان می‌دهد. چنین نوسان‌هایی می‌تواند سبب شود که کشاورز پیش‌بینی درستی از عملکرد محصولات در آینده نداشته باشد و نتواند برای رسیدن به اهداف مورد نظر خود تصمیم درستی بگیرد که این نیز می‌تواند اهمیت ورود مخاطره به الگو (مدل) را نشان دهد.



مأخذ: وزارت جهاد کشاورزی (MAJ, 2018)

نمودار ۱- نوسان‌های عملکرد برنج- تن

در پی، پاره‌ای از پژوهش‌های پیشین در زمینه مسائل مرتبط با موضوع مطالعهٔ حاضر یادآوری می‌شود. میرکریمی و همکاران (Mirkarimi et al., 2016)، با در نظر گرفتن مسائل زیست‌محیطی، به بررسی مدیریت الگوی کشت با استفاده از مدل آرمانی[1] پرداختند و نتایج برآوردها حاکی از برتری مدل آرمانی نسبت به مدل‌های خطی در رسیدن به آرمان‌های مطرح‌شده بود. در مطالعهٔ آق‌ارکاکلی و همکاران (Agh-Arkakoli et al., 2015)، تعیین الگوی کشت با در نظر گرفتن سیاست‌های کاهش کود و آب بررسی شده و بدین منظور، از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت[2] برای رسیدن به اهداف مورد نظر استفاده شده است. حسین‌زاد و همکاران (Hosseinzad et al., 2014)، با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی کسری[3] با اهداف چندگانه، به برآورد یک الگوی کشت بر اساس برخی اهداف

1. Goal Programming
2. Positive Mathematical Programming (PMP)
3. Fractional programming

مهم کشاورزی پایدار پرداختند، که در نظر گرفتن میزان کود و سموم شیمیایی مصرفی از جمله این اهداف بود. نتایج این مطالعه حداقل‌سازی مصرف دو نهاده کود و سم با به‌کارگیری برنامه‌ریزی کسری را نشان داد. میرزایی و ضیایی (Mirzaei and Ziaei, 2016)، افراخته و همکاران (Afrakhteh et al., 2015) و محمودی و صبوحی (Mahmoudi and Sabouhi, 2007) نیز به بررسی کاهش دو نهاده سم و کود و حفظ محیط زیست پرداختند. همچنین، محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2012) اثر مخاطره درآمدی بر الگوی کشت را بررسی کردند. در این مطالعه، از مدل برنامه‌ریزی درجه دو برای ورود مخاطره به مدل استفاده شد و مدل در دو حالت بدون مخاطره و ورود مخاطره مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج واکنش الگو به مخاطره را نشان داد. همچنین، وان و همکاران (Wan et al., 2013)، سایپرین انه (Cyprian Eneh, 2011) و اکتر و همکاران (Aktar et al., 2009) به بررسی مسئله حفاظت محیط زیست، کاهش و مزایا یا منفعت استفاده از کود و سموم شیمیایی پرداختند. تمامی مطالعات یادشده اهمیت توجه به کاهش مصرف کود و سموم شیمیایی در بخش کشاورزی را نشان می‌دهند. لازم به ذکر است که در ارتباط با اهمیت ورود مخاطره در تصمیمات مربوط به بخش کشاورزی مطالعات زیادی صورت نگرفته است. در این زمینه، می‌توان به مطالعهٔ حسینی یکانی و کشیری کلایی (Hosseini Yekani and Kashiri Kolaei, 2017) اشاره کرد که با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی مثبت یا اثباتی (PNP)، اثر نوسان قیمت محصولات کشاورزی بر انتخاب الگوی کشت در شهرستان ساری را مورد بررسی قرار دادند؛ نتایج نشان داد که با توجه به درجه مخاطره‌گریزی، نسبت مخاطره به بازدهی محصولات و ماهیت داده‌ها، نوسان قیمت می‌تواند اثرات متفاوت بر سطح کشت محصولات داشته باشد. افزون بر این، عمادزاده و همکاران (Emadzadeh et al., 2009) و حسن‌شریفی (Hassan Shahi, 2007) نیز به بررسی اهمیت مخاطره در تعیین الگوی بهینه پرداختند.

سرانجام، مطالب پیش‌گفته در ارتباط با مخاطره‌های موجود در بخش کشاورزی و اهمیت توجه بدین مخاطره‌ها نشان می‌دهد که بهتر است مخاطره در تصمیمات کشاورزان در نظر گرفته شود. بر این اساس، اهداف مطالعه حاضر شامل کاهش هم‌زمان مصرف کود و سموم شیمیایی همراه با کاهش مخاطره عملکرد (تولید) است، زیرا توجه به تعیین الگویی که همه این مسائل را همراه با هم در نظر گیرد، ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

برای دستیابی به اهداف اصلی مطالعه، از مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی[1] استفاده شده است. محصولاتی که در مطالعهٔ، مورد بررسی قرار می‌گیرند، عبارت‌اند از گندم آبی و دیم، جو آبی و دیم، شلتوک، ذرت آبی، نخود دیم، عدس آبی و دیم، آفتابگردان آبی و دیم، سیب‌زمینی آبی، پیاز آبی، کلزا آبی و دیم و سویا آبی و دیم.

در ارتباط با محیط فازی، برنامه‌ریزی آرمانی را می‌توان به‌صورت برنامه‌ریزی آرمانی فازی (FGP) ارائه کرد که شامل سه نوع آرمان فازی در قالب رابطه (۱) است:

$$
\begin{aligned}
&find\ x\\
&subject\ to\ \ f_i(x) \tilde{\geq} a_i \qquad i = 1, \ldots, m\\
&\qquad\qquad f_i(x) \tilde{\leq} a_i \qquad i = \mathrm{m}+1, \ldots, n\\
&\qquad\qquad f_i(x) \cong a_i \qquad i = n+1, \ldots, l\\
&x \geq 0
\end{aligned}
\qquad (۱)
$$

که در آن، علامت ~ فازی بودن مقدار آرمان را نشان می‌دهد. همچنین، در مسائل برنامه‌ریزی ریاضی فازی، برای تبدیل مسئله به مدل برنامه‌ریزی خطی به‌منظور استفاده از روش‌های کلاسیک (مانند برنامه‌ریزی خطی) برای حل کردن، توابع عضویت مناسب باید طراحی شوند و سپس، یک عمل‌گر سازگار برای یکنواخت کردن این توابع انتخاب شود. در مطالعهٔ حاضر، از توابع عضویت زیمرمن (۱۹۸۳–۱۹۷۸) استفاده شده است.

از آنجا که در مدل، هر سه هدف حداقل‌سازی مخاطره، مصرف کود و مصرف سم با هم در نظر گرفته می‌شوند، به‌منظور تأمین اهداف، متغیر درجه عضویت تعریف می‌شود که حداکثرسازی آن در مدل به معنی حداقل‌سازی نتایج مدل از آرمان‌های تعیین‌شده است؛ و مدل نهایی به‌صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود (Mojtahedi, 2014):

1. Fuzzy Goal Programming (FGP)

$$
\begin{aligned}
&Max \quad \lambda \\
&s.t. \\
&\sum K_i X_i \le U_k - [(U_k - L_k)\lambda] \\
&\sum S_i X_i \le U_s - [(U_s - L_s)\lambda] \\
&\sum R_i X_i \le U_r - [(U_r - L_r)\lambda] \\
&\sum f_i X_i \le F
\end{aligned}
\qquad (۲)
$$

که در آن، Uها سطوح بالا و Lها سطوح پایین آرمان‌ها و λ نیز درجه عضویت را نشان می‌دهند. محدودیت‌ها، به‌ترتیب، مربوط به آرمان‌های کود، سم و مخاطره است؛ همچنین، محدودیت آخر مجموعه‌ای از سایر محدودیت‌های مدل شامل ماشین‌آلات، هزینه آبیاری، زمین، نیروی کار، ماشین‌آلات و سرمایه است.

برای تعیین سطوح آرمان‌ها، ابتدا مدل خطی جداگانه‌ای برای هر کدام از اهداف مطالعه برآورد شد. برای نمونه، یک مدل با هدف حداقل‌سازی مصرف کود برآورد شد و سپس، با تغییر سمت راست هر کدام از محدودیت‌ها در بازه مشخص (با این فرض که میزان منابع در اختیار در بازهی مشخص قابل تغییر است) مدل مجدداً برآورد شد و جواب‌های بهینه به‌عنوان سطوح آرمان‌ها در نظر گرفته شدند. به همین ترتیب، برای دو هدف دیگر، سطوح آرمان‌ها تعیین شدند. برای نمونه، سطوح آرمان‌ها برای کود، نخست، با برآورد مدل ارائه‌شده در رابطه (۳) تعیین شد:

$$
\begin{aligned}
&Min \quad T = \sum K_i X_i \\
&s.t. \\
&\sum f_i X_i \le F \\
&X_i \ge 0
\end{aligned}
\qquad (۳)
$$

که در آن، T مجموع کل کود مصرفی برای هر کدام از محصولات است. سپس، مقدار F در بازه مشخص‌شده ۰/۵ درصد تغییر کرد و سطح هر آرمان تعیین شد. سطح بهینه سود با برآورد یک مدل برنامه‌ریزی خطی بدون در نظر گرفتن مخاطره تعیین شد و به‌عنوان یک محدودیت مهم در تمام

مدل‌های خطی با تک هـدف و همچنـین، در مـدل نهـایی وارد شـد، زیـرا در نظـر گـرفتن بـازدهی کشاورزان به‌عنوان یک منبع مهم تأمین درآمد برای آنها بسیار مهم است.

همان‌گونه که گفته شد، در مطالعهٔ حاضر، حداقل‌سازی مخاطره نیز یکی از اهداف مورد بررسـی بوده که برای ورود مخاطره به مدل، از ارزش در معرض خطر شرطی[1] بـا رویکـرد ناپارامتریـک اسـتفاده شده است. برای توضیح مدل ارزش در معرض خطر شرطی (CVaR)، ابتدا بـه تعریفـی کوتـاه از مـدل ارزش در معرض خطر[2] پرداخته می‌شود. در سطح احتمال β، β-VaR یک پرتفـوی کمتـرین مقـدار α است، به‌گونه‌ای که در سطح احتمال β، میزان زیان بیشتر از α نخواهـد شـد، در حـالی کـه β-CVaR بیان‌کننده انتظارات شرطی زیان‌های بیشتر از α اسـت (Rockafellar and Uryasev, 2000). بـه بیان ساده‌تر، اگر ارزش در معرض خطر (VaR) بیان کند که در سطح احتمال β، میـزان زیـان یـک پرتفوی در n روز آینده بیشتر از α نخواهد شد، CVaR نشان می‌دهد که اگـر زیـان در n روز آینـده بیشتر از زیان مورد انتظار VaR باشد، میزان زیان به‌طور میانگین چـه مقـدار خواهـد بـود. زیـان، در اینجا، از کسر کردن درآمد حاصل از فروش محصولات از هزینه‌های تولید آنها بـه‌دسـت می‌آیـد و از آنجا که عملکرد محصولات یک متغیر تصـادفی در نظـر گرفتـه شـده اسـت، زیـان ناشـی از کشـت محصولات در هر حالت محاسبه شده، به‌عنوان زیان انتظاری در مدل وارد می‌شود.

زیان برآوردی عبارت است از:

$$f(x,y) = C_i X_i - P_i Y_i \qquad (۴)$$

که در آن، C_i هزینه تولید هر محصول، X_i هـر کـدام از محصـولات، P_i قیمـت هـر محصـول و Y_i عملکرد هر محصول است.

زیان انتظاری نیز به‌صورت رابطه (۵) تعریف می‌شود:

$$E\left[f(x,y)\right] = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} f(x,y) \qquad (۵)$$

که در آن، N تعداد سال‌های مورد بررسی است.

1. Conditional Value at Risk (CVaR)
2. Value at Risk (VaR)

ارزش در معرض خطر شرطی (CVaR) در مدل برآوردی به‌صورت رابطه (۶) بیان می‌شود (Rockafellar and Uryasev, 2000):

$$\begin{aligned} \min \quad & CVaR = VaR + \frac{1}{N(1-\alpha)} \sum Z_t \\ & s.t. \\ & f(x,y) - VaR \le Z_t \\ & E[f(x,y)] \le \rho \\ & \Sigma f_i x_i \le F \\ & Z_t \ge 0 \end{aligned} \qquad (۶)$$

که در آن، ρ سطح زیان انتظاری است که مقدار آن، با برآورد یک مدل حداقل‌کننده زیان انتظاری محاسبه می‌شود.

مطالعهٔ حاضر به‌دنبال دستیابی به حداقل سطح ممکن برای دو نهاده کود و سم با لحاظ مخاطره عملکرد موجود در بخش کشاورزی در استان مازندران، به‌عنوان یکی از استان‌های مهم تولید محصولات کشاورزی در کشور، است. طبق آمار وزارت جهاد کشاورزی بیش از بیست نوع محصول زراعی در استان مازندران کشت می‌شود که از عمده محصولات کشت‌شده در این استان می‌توان برنج، گندم، جو، سویا، کلزا و آفتابگردن را نام برد. در مطالعهٔ حاضر، کلیه اطلاعات مربوط به هزینه، قیمت فروش و عملکرد محصولات منتخب در مطالعه از بانک هزینه تولید و زراعت وزارت جهاد کشاورزی برای سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ استخراج شده و کلیه برآوردها با استفاده از نرم‌افزار GAMS صورت گرفته است.

نتایج

همان‌گونه که گفته شد، مطالعهٔ حاضر به‌دنبال حداقل‌سازی میزان مخاطره در کنار حداقل‌سازی کود و سموم شیمیایی به‌طور هم‌زمان است. برای برآورد مدل آرمانی فازی در هر دو حالت، در گام اول، آرمان‌های مدل برآورد شدند. در این مرحله، هر کدام از اهداف در مدل‌هایی جداگانه برآورد شده و سپس، با در نظر گرفتن سطوح نوسانی مشخص برای میزان موجودی نهاده‌های به‌کارگرفته‌شده، سطوح بالا و پایین آرمان‌های مورد نظر برای هر کدام از اهداف مشخص شده، که نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- تعیین سطوح آرمان‌های هر کدام از اهداف

	آرمان سم	آرمان CVaR	آرمان کود
سطح پایه	$۳/۱۰۵۷\times۱۰^{۶}$	-۰/۰۱۲	$۶/۳۴۲۲\times۱۰^{۷}$
کم کردن RHS	$۳/۲۱۱۰\times۱۰^{۶}$	-۰/۰۰۹	$۶/۵۴۲۷\times۱۰^{۷}$
اضافه کردن RHS	$۲/۵۷۹۴\times۱۰^{۶}$	-۰/۰۱۳	$۵/۳۳۹۶\times۱۰^{۷}$

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در ادامه، ابتدا مدل آرمانی فازی تنها با لحاظ اهداف زیست‌محیطی برآورد شد. در واقع، این مرحله به‌دنبال حداقل‌سازی هم‌زمان مصرف کود و سم است، چراکه این دو نهاده، علاوه بر بهبود عملکرد محصولات کشاورزی، می‌توانند اثرات جبران‌ناپذیر بر محیط زیست داشته باشند. نتایج جدول ۲ در مقایسه با حالت فعلی و نتایج مدل‌های تک‌هدفه نشان داد که در نظر گرفتن دو هدف حداقل‌سازی کود و سم با هم میزان مصرف این دو نهاده را در مدل نهایی کاهش می‌دهد، چراکه مدل به‌سوی ایجاد الگوی کشتی سوق می‌یابد که هر دو هدف با هم تأمین شوند. در اینجا، درجه عضویت ۰/۸۳۳ است (جدول ۲) که میزان نوسان از آرمان‌های تعریف‌شده را نشان می‌دهد و با توجه به یکسان بودن وزن اهداف تعریف‌شده، میزان این متغیر برای هر دو هدف برابر است. شایان یادآوری است که با توجه به در نظر گرفته شدن میزان سود بهینه کشاورز به‌عنوان یک محدودیت در مدل آرمانی فازی و مدل‌های تک‌هدفه، نتایج با در نظر گرفتن بالاترین بازدهی برای کشاورز به‌دست آمده است، زیرا برای کشاورز میزان بازدهی محصولاتش همواره می‌تواند بالاترین اهمیت را داشته باشد. از طرف دیگر، با در نظر گرفتن این نکته، می‌توان گفت که چه‌بسا الگوی حاصل از مدل آرمانی فازی نسبت به مدل‌های تک‌هدفه مناسب‌تر باشد، زیرا با تعریف محدودیت‌های مشابه، میزان مصرف کود و سم را نسبت به مدل‌های تک‌هدفه و شرایط فعلی منطقه کاهش می‌دهد. بر اساس جدول ۲، میزان مصرف سم در الگوی حاصل‌شده ۱۴/۵ درصد نسبت به الگوی فعلی و ۰/۰۰۵۷ درصد نسبت به الگوی خطی با هدف حداقل‌سازی سم کاهش داشته است. همچنین، میزان مصرف کود، به‌ترتیب، ۳۱/۵ و ۰/۰۰۶۵درصد نسبت به دو حالت فعلی و بهینه با تک‌هدف کاهش یافته است. اگرچه بر اساس همین جدول، میزان کاهش مصرف دو نهاده کود و سم نسبت به مدل‌های با در نظر گرفتن تک‌هدف برای این دو نهاده کم

به‌نظر می‌رسد، نکته مهم این است که در مدل آرمانی فازی، مصرف هر دو در حال بهینه شدن است و از این نظر، می‌تواند بر الگوهای با در نظر گرفتن تک‌هدف برتری داشته باشد.

جدول ۲- مقایسه نتایج مدل آرمانی فازی با شرایط فعلی و مدل‌های خطی با تک‌هدف

	درجه عضویت	سم	کود
حالت فعلی	-	۳۶۳۴۵۸۰/۷۳	۹۲۶۹۷۰۰۶/۹۸
نتایج مدل آرمانی فازی بدون مخاطره	۰/۸۳۳	۳۱۰۵۵۲۲/۸	۶۳۴۱۷۸۲۳
نتایج مدل‌های بهینه با تک‌هدف	-	۳۱۰۵۷۰۰	۶۳۴۲۲۰۰۰
میزان کاهش نسبت به حالت فعلی (درصد)	-	۱۴/۵	۳۱/۵
میزان کاهش نسبت به حالت بهینه با تک‌هدف (درصد)	-	۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۶۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در مرحله بعد، هدف حداقل‌سازی مخاطره به‌عنوان یک عامل مهم در مدل آرمانی فازی وارد شد و در این حالت، مدل مبتنی بر سه هدف حداقل‌سازی کود و سموم و نیز هدف حداقل‌سازی مخاطره به‌طور هم‌زمان برآورد شد. هدف از انجام این کار رسیدن به الگویی بود که با توجه به شرایط بد کشاورزی مخاطره حاصل را کم کند و از طرف دیگر، برای نیل به اهداف زیست‌محیطی مصرف سموم و کود شیمیایی را کاهش دهد. نتایج حاصل از مدل نشان می‌دهد که در نظر گرفتن هر سه هدف با توجه به آرمان‌های تعریف‌شده، از یک سو، میزان مصرف کود و سم را در الگوی نهایی نسبت به سایر مدل‌ها و وضعیت موجود کاهش داده و از سوی دیگر، الگویی با مخاطره کمتر ایجاد کرده است. شاید، نخست، این‌گونه به‌نظر برسد که بر اساس اصول برنامه‌ریزی مخاطره‌ای، مدل با مخاطره کمتر بازدهی کمتری نیز به‌دنبال دارد، اما باید گفت که همانند قبل، از یک سو، بازده انتظاری مدل همواره به‌عنوان یک محدودیت در مدل در نظر گرفته شده است و از سوی دیگر، کاهش بازده می‌تواند به‌دنبال کاهش ایجادشده در مصرف دو نهاده کود و سم که به معنی نیاز کمتر به خرید این دو نهاده توسط کشاورز است، جبران شود.

جدول ۳- مدل آرمانی فازی با لحاظ مخاطره

VaR مدل آرمانی فازی با در نظر گرفتن مخاطره	**-۰/۰۱۰**
درجه عضویت مدل آرمانی فازی با در نظر گرفتن مخاطره	**۰/۶۶۸**

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۴- مقایسه نتایج حاصل از مدل آرمانی فازی با لحاظ مخاطره با مدل بدون لحاظ مخاطره و مدل خطی مخاطره‌ای با تک‌هدف

	سم	کود	CVaR
نتایج مدل آرمانی فازی با در نظر گرفتن مخاطره	۳۰۰۱۳۰۸/۸	۶۱۴۳۲۷۰۸	-۰/۰۱۰۳۲۸
میزان کاهش نسبت به مدل بدون مخاطره (درصد)	۳/۳۵	۳/۱	-
میزان کاهش نسبت به حالت فعلی (درصد)	۱۷/۴	۳۳/۷	-
میزان کاهش نسبت به حالت بهینه با تک‌هدف (درصد)	۳/۳۶	۳/۱۳	۱۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش

مطابق جدول ۴، میزان مصرف دو نهاده کود و سم نسبت به حالت فعلی و نیز نسبت به مدل تک‌هدفه و مدل آرمانی فازی بدون در نظر گرفتن مخاطره کاهش داشته است. از این‌رو، می‌توان گفت که بهتر است به‌جای برآورد مدل‌های جداگانه با اهداف تعریف‌شده که در نهایت، الگوهایی متفاوت با دنبال کردن تنها یک هدف حاصل می‌کنند، می‌توان مدلی را طراحی کرد که هر سه هدف را با توجه به اهمیتی که در بخش کشاورزی دارند، تأمین کند. در واقع، نکته قابل توجه برای برتری این مدل در نظر گرفتن سه هدف حداقل‌سازی مخاطره و نیز کود و سم است که هر کدام به‌نوبهٔ خود اهمیت قابل توجهی در کشاورزی دارند.

همچنین، بر مبنای VaR و CVaR، کاهش این دو متغیر به معنی کاهش مخاطره مورد انتظار در آینده است. از این‌رو، مقدار ۰/۰۱ در مدل نهایی برای VaR که در جدول ۳ گزارش شده، بدین معنی است که در سطح اطمینان ۹۵ درصد در یک دوره آینده، میزان زیان مورد انتظار برای کشاورزان از این مقدار بیشتر نخواهد شد؛ و بر اساس CVaR محاسبه‌شده، اگر میزان زیان افزایش داشته باشد، این افزایش تا ۰/۰۱۰۳ درصد خواهد بود. همچنین، کاهش CVaR در مدل نهایی نسبت به مدل تک‌هدفه مخاطره بیان‌کننده درصد افزایش کمتری در زیان مورد انتظار کشاورز بر اساس VaR محاسبه‌شده در مدل نهایی است. درجه عضویت محاسبه در این حالت مطابق جدول ۰/۶۶۸ است، که میزان نوسان از آرمان‌های مدل را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مطالعهٔ حاضر، کاهش مخاطره عملکرد محصولات در کنار دو هدف کاهش مصرف کود و سموم شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت. مدیریت مصرف مواد شیمیایی در راستای حفاظت از گیاه می‌تواند با کاهش خطر برای کشاورزان، مصرف‌کنندگان و محیط زیست همراه باشد که این مسئله در

مطالعهٔ حاضر بررسی شده است. از سوی دیگر، کشاورزی فعالیتی توأم با مخاطره است و زمینه‌های گوناگون ایجاد مخاطره نیز در همین بخش مشاهده می‌شوند. یکی از مهم‌ترین زمینه‌های مخاطره که بخش کشاورزی بیش از سایر بخش‌ها با آن مواجه است، مخاطره تولید (عملکرد) است، چراکه عوامل غیرقابل پیش‌بینی همانند تغییرات آب‌وهوایی و حمله آفات یا بیماری‌ها بر این بخش بیش از هر بخش دیگری در اقتصاد اثرگذار است. مدل آرمانی فازی تعریف‌شده بر اساس حداقل‌سازی مصرف کود و سموم، در اینجا، کاهش مصرف این دو نهاده در الگوی حاصل را نشان داد که این کاهش برای هدف کود و سم، به‌ترتیب، برابر با ۳۱ و ۱۴ درصد نسبت به شرایط فعلی برآورد شده است. سپس، هدف کاهش مخاطره به مدل آرمانی فازی اضافه شد و مدل بر اساس حداقل‌سازی کود، سم و مخاطره تخمین زده شد. نتایج این برآورد الگویی با شرایط بهینه بهتر نسبت به حالت قبل را نشان داد، که می‌تواند حاکی از برتری مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی (FGP) با لحاظ مخاطره است. از این‌رو، از آنجا که سلامت محیط زیست موضوع مهمی در تمامی جوامع است و با در نظر گرفتن این نکته که مخاطره عنصری جدایی‌ناپذیر در بخش کشاورزی است و با توجه به بهینه‌تر بودن نتایج حاصل از مدل نهایی همراه با سه هدف، بهتر است برنامه‌ریزان بخش کشاورزی الگوهایی را در نظر گیرند که تمام این موارد را مورد بررسی قرار دهند. لازم به ذکر است که میرزایی و ضیایی (Mirzaei AND Ziaei, 2016)، پرهیزکاری و همکاران (Parhizkari et al., 2015) و همچنین، آق‌ارکاکلی و همکاران (Agh-Arkakoli et al., 2015) نیز در مطالعات خود، به کاهش مصرف کود و سم اشاره کرده و الگویی که این کاهش را در نظر گرفته است، پیشنهاد داده‌اند.

در ادامه، با توجه به اهمیت مسائل مطرح‌شده و برتری مدل FGP، انجام مطالعاتی شبیه پژوهش حاضر در سایر مناطق کشور پیشنهاد می‌شود. لازم به ذکر است که افراد می‌توانند معیارهای دیگری از جمله ارزش در معرض خطر (VaR) را برای اندازه‌گیری مخاطره مورد استفاده قرار دهند؛ همچنین، شایسته است محدودیت‌های دیگری که شرایط تولید را به دنیای واقعی نزدیک‌تر کند، در نظر گرفته شود. در نهایت، توصیه می‌شود که مدل برای هر کدام از محصولات به‌طور جداگانه و بر اساس اطلاعات سری زمانی آن محصول برآورد شود تا اهداف مورد بررسی به‌صورت منحصربه‌فرد برای آن محصول مشخص شوند.

منابع

- Afrakhteh, H., Hajipour, M., & Roumiani, A. (2015). Optimizing patterns for cultivating agricultural products toward sustainable development (case

study: Sahlabad Plain). *Journal of Research and Rural Planning, 1*(9), 41-56. [In Persian]

- Agh-Arkakoli, M., Joulayei, R., Keramatzadeh, A., & Shirani Bidabadi, F. (2015). Determining the cropping pattern with emphasis on reducing fertilizer and water consumption policies in Mazandaran province (case study: Behshahr County). *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 5(3), 247-259. [In Persian]
- Aktar, M. W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Journal of Interdisciplinary Toxicology, 2*(1), 1-12. DOI: 10.2478/v10102-009-0001-7.
- Cyprian Eneh, O. (2011). Enhancing Africa's environmental management: integrated pest management for minimization of agricultural pesticides pollution. *Research Journal of Environmental Sciences*, *5*(6), 521-529.
- Emadzadeh, M., Zahedi Keyvan, M., & Aghaei, K. (2009). Determination of optimal cropping pattern of farm crops in risk and uncertainty conditions using a linear planning program. *Journal of Agricultural Economics and Development*, *17*, 73-92. [In Persian]
- Halkidis, I., & Papadimos, D. (2007). Technical report of life environment project: ecosystem based water resources management to minimize environmental impacts from agriculture using state of the art modeling tools in Strymonas basin. Greek Biotope/Wetland Centre (EKBY).
- Hassan Shahi, M. (2007). Effect of risk on cropping pattern and farmer's income (case study of agricultural part in Arsanjan). *Journal of Research and Construction [Pajouhesh Va Sazandegi], 20*(4), 2-9. [In Persian]
- Hosseini Yekani, S. A., & Kashiri Kolaei, F. (2017). Investigating the effect of crop price fluctuations on the optimal cropping pattern in Sari. *Journal of Agricultural Economics and Development*, *11*(2), 75-94. [In Persian]
- Hosseinzad, J., Namvar, A., Hayati, B., & Pishbahar, S. (2014). Determination of crop pattern with emphasis on sustainable agriculture in

the lands below the Alavian dam and its network. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 2*, 41-54. [In Persian]

- Kahan, D. (2013). Managing risk in farming. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations Organization (FAO).
- Kaiser, H. M., & Messer, K. D. (2011). Mathematical programming for agricultural, environmental, and resource economics. New York: Wiley and Son.
- Mahmoudi, N., & Sabouhi, M. (2007). effect of income risk on selection of optimal cropping pattern (case study: Jaban village of Damavand). Paper Presented at the Sixth Iranian Agricultural Economics Conference. [In Persian]
- MAJ (2018). Fluctuations in rice yields. Ministry of Agriculture-Jahad (MAJ). Available at https://www.maj.ir. [In Persian]
- Mirkarimi, S., Joolaie, R., Eshraghi, F., & Shirani Bidabadi, F. (2016). Cropping pattern management of crops with emphasis on environmental considerations (case study: Amol Tonship). *Journal of Environmental Science and Technology*, *3*(18), 253- 263. [In Persian]
- Mirzaei, K., & Ziaei, S. (2016). Determination of agro-economic program of cropping pattern for sustainability and preservation of the environment using a priority goal programming model (case study: Western Rudbar Alamut). *Journal of Agricultural Economics Research*, *8*(29), 161-175. [In Persian]
- Mohammadi, H., Bostani, F., & Kafilzadeh, F. (2012). Optimal cropping pattern using a multi-objectives fuzzy non-linear optimization algorithm: a case study. *Journal of Water and Wastewater*, 4, 43-55. [In Persian]
- Mojtahedi, F. (2014). The cropping patterns determination to the minimum amount usage of chemical fertilizers and pesticides: (case study: Kerva, Qaemshahr County). Master Dissertation. Tarbiat Modares University, Iran. [In Persian]
- Parhizkari, A., Mozafari, M. M., & Hosseini Khodadadi, M. (2015). Optimizing the cropping pattern for protection and sustainability of

environment in Alamut western region (an approach of lexicographic goal programming). *Journal of Natural Environment, 68*(3), 373-385. [In Persian]

- Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2000). Optimization of Conditional Value-at-Risk. *Journal of Risk*, *2*(3), 21-41.
- Wan, N., Ji, X., Jiang, J., Qiao, H., & Huang, K. (2013). A methodological approach to assess the combined reduction of chemical pesticides and chemical fertilizers for low-carbon agriculture. *Journal of Ecological Indicators*, *24*, 344-352.
- World Bank (2005). Managing agricultural production risk, innovation in developing countries. Agriculture and Rural Development Department.