

## Effect of Income Risk on Optimal Cropping Pattern (Application of Data Envelopment Analysis Model)

MARZIEH AMINRAVAN<sup>1</sup>, SEYED-MOJTABA MOJAVERIAN<sup>2</sup>,

SEYED ALI HOSSEINI YEKANI<sup>3\*</sup>, RAMTIN JOOLAEI<sup>4</sup>, DAVIDE VIAGGI<sup>5</sup>

1, PhD Student of Agricultural Economics, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

2, 3, Associate Professors of Agricultural Economics, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

4, Associate Professor of Agricultural Economics, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Gorgan, Iran

5, Associate Professor of Agricultural Economics, University of Bologna, Italy

(Received: Nov. 25, 2019- Accepted: Jul. 5, 2020)

### ABSTRACT

Determination of the cropping pattern and optimal combination of crops by diversification of cultivation, as an approach to reduce income risk given the economic issues and resources. Income risk as combination of price and performance risks is one of the most important risks for farmers. In this study optimal cropping pattern of crops was determined to reduce income risk by applying risk and return measures in Gorgan County in 2018. For this purpose, the diversification-consistent DEA model based on directional-distance criterion was used. The results showed that 0.05 and 11 percent decreases, respectively, in the risk measures of the coefficient of variation and conditional value at risk. Also, a 24 percent increase of the expected profit measure in the optimal cropping pattern compared to the current pattern. Furthermore, the share of more profitable crops such as medium and long rice grain with high quality and rapeseed increased in the optimal cropping pattern and share of crops such as wheat and potatoes decreased. Due to the 60 percent share of medium and long rice grain with high quality in the optimal pattern, it is recommended to use tools such as income insurance and compensating for the development of rice cultivation in the region.

**Keywords:** Cropping pattern, Data envelopment analysis, Income risk, Gorgan County.

### Extensive Abstract

#### Objectives

The existence of uncontrollable factors as well as the changing environment of agricultural activities, create numerous risk that influence their managerial decisions in each crop period. Income risk as combination of price and performance risk is one of the most important risks for farmers. Cropping pattern is one of the most flexible risk management tools and study about determining optimal cropping pattern due to decrease of income risk is important. Therefore, this study was determined optimal cropping pattern of crops to reduce income risk in Gorgan County in 2018 and for this purpose, the diversification-consistent DEA model based on directional-distance measures was used.

#### Methods

This study was used the diversification-consistent DEA model based on directional-distance criterion. Data Envelopment Analysis method (DEA), which is one of the nonparametric methods for determining and measuring efficiency, enables to calculate the technical efficiency of different decision making with multiple inputs and outputs. The diversification-consistent DEA model determines the optimal composition and weight of assets in a portfolio. The directional distance is one of the methods used when negative data exists is based on the directional distance function and can be used for positive and negative data without violating the assumption that the variables are

positive in the DEA model. This study we used this method to investigate and determine optimal cropping pattern for agricultural crops. Expected profit index was used as criteria of return and Conditional Value at Risk (CVaR) and Coefficient of Variation (CV) as risk criterias. In order to investigate the effect of income risk, yield, price and production cost in calculating CVaR, it is considered randomly and for this purpose, historical data of these factors are used as scenarios. Another criterion of risk used in this study is the coefficient of variation that measures variability over the expected or average value and provides a better criterion of the variance than the mean. These criterias are calculated endogenously in estimating the optimal pattern. The 12 common crops in the study area were selected as crops.

The required data and information were collected from the Agriculture Bank and the production cost of the Ministry of Agriculture Jihad and the Agricultural Jihad Organization of Golestan Province during the period of 2017-2018. The data about the crop pattern and crop users was prepared from the production cost questionnaires of Gorgan Agricultural Organization in 2017. Other data for this research was obtained from the Iranian Statistical Center database and Water Company of Golestan Province and GAMS software was used to estimate and estimate the optimal cropping pattern.

### Results

In order to estimate the optimal cropping pattern, distance vectors for each of the risk and return criteria were calculated in the model. Therefore, the criterias were optimized according to the limitations of the cropping pattern and the direction vector was estimated by calculating the criterion distance in the current cropping pattern. The optimal value due to the limitations of the cropping pattern is 24923 Rials. Its difference with the expected profit of current crop pattern is 7084 Rials. The calculated directional vector for the CV and the CVaR are 0.11, 1361.2, respectively. It should be noted that the negative values of the CVaR criterion indicate the profitability of the models. Estimation results of optimum crop pattern in Gorgan County indicated that the optimal cropping pattern is crops such as wheat, long rice grain and medium rice grain with high-quality, rapeseed and potatoes. The highest and lowest cultivation lands were for long rice grain and potato, respectively.

### Discussion

According to the optimal cropping pattern, the expected profit pattern will increase by 24 percent and will increase from 17839 Rials in the current pattern to 22128 Rials in the optimal pattern. Comparing the CV and CVaR shows a lower risk of the optimal pattern than the current one. The CV decreased from 0.53 in the current pattern to 0.51 in the optimal pattern that indicate lower risk of optimal cropping pattern. Also comparing the CVaR criterion in the two models showed that with the negative criterion, the minimum possible profitability in the optimal pattern increases by 11 percent over the current pattern. As a result, the optimal model is preferred to the optimal model both in terms of risk reduction and increased profitability.

## اثر ریسک درآمدی بر الگوی کشت بهینه محصولات زراعی (کاربرد مدل تحلیل پوششی داده‌ها)

مرضیه امین‌روان<sup>۱</sup>، سیدمجتبی مجاوریان<sup>۲</sup>، سیدعلی حسینی یکانی<sup>۳\*</sup>، رامتین جولایی<sup>۴</sup>، داوید ویاجی<sup>۵</sup>  
 ۱، دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران  
 ۲، ۳، دانشیاران اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران  
 ۴، دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران  
 ۵، دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه بلونیا، ایتالیا  
 (تاریخ دریافت: ۹۸/۹/۴ - تاریخ تصویب: ۹۹/۴/۱۵)

### چکیده

تعیین الگوی کشت و ترکیب بهینه محصولات از طریق ایجاد تنوع، با توجه به مسائل اقتصادی و فرصت‌ها و منابع موجود، یکی از ابزارهای مقابله با ریسک درآمدی است که به‌عنوان برآیند دو ریسک قیمت و عملکرد، از مهم‌ترین ریسک‌های پیش‌روی کشاورزان است. در پژوهش حاضر الگوی کشت بهینه محصولات زراعی کشاورزان شهرستان گرگان برای سال ۱۳۹۷ در جهت مقابله و کاهش ریسک درآمدی با به‌کارگیری معیارهای ریسک و بازدهی تعیین شد، که برای این منظور از مدل تحلیل پوششی سازگار با تنوع بر مبنای معیار فاصله جهت‌دار استفاده گردید. نتایج برآورد حاکی از کاهش به ترتیب ۰/۰۵ و ۱۱ درصدی در معیارهای ریسک ضریب تغییرات و ارزش در معرض خطر شرطی و افزایش ۲۴ درصدی معیار سود انتظاری در الگوی کشت بهینه نسبت به الگوی فعلی است. همچنین در الگوی کشت بهینه سطح زیرکشت محصولات برنج دانه‌متوسط مرغوب، برنج دانه‌بلند پرمحصول و کلزا افزایش و سطح زیرکشت گندم و سیب‌زمینی کاهش می‌یابد. با توجه به سهم ۶۰ درصدی ارقام برنج دانه‌بلند پرمحصول و دانه‌متوسط مرغوب در الگوی کشت بهینه، اقداماتی نظیر بیمه درآمدی و پرداخت‌های جبرانی به منظور ترویج بیشتر کشت این محصول در منطقه توصیه می‌شوند.

**واژه‌های کلیدی:** الگوی کشت، تحلیل پوششی داده‌ها، ریسک درآمدی، شهرستان گرگان.

### مقدمه

بر افزایش بهره‌وری، منابع طبیعی نیز ماندگار می‌شود. وجود عوامل غیرقابل کنترل و همچنین، محیط متغیر فعالیت‌های کشاورزی، کشاورزان را با منابع ریسک بی‌شماری روبه‌رو می‌سازد که بر تصمیمات مدیریتی آن‌ها در هر دوره کشت تأثیرگذار می‌باشند (Tanaka et al., 2002). این ویژگی‌ها باعث شده است که مدیریت ریسک در کشاورزی از اهمیت شایانی برخوردار باشد (Yaghoobi et al., 2010). از این‌رو، کشاورزان همواره

بخش کشاورزی به‌عنوان اصلی‌ترین منبع تأمین مواد غذایی، با مشکلات متعددی از جمله نارسایی‌های مدیریت و نحوه بهره‌برداری اقتصادی از واحدهای تولیدی مواجه است (Mahmoodi and Saboohi, 2007). داشتن برنامه الگوی کشت متناسب با شرایط اقلیمی، منجر به پایداری تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی می‌شود و با استفاده از پتانسیل هر منطقه علاوه

گندم، سویا، کلزا، برنج، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی می‌باشد. این شهرستان با دارا بودن به ترتیب ۹۱، ۴۳، ۳۳ و ۲۰ درصد از سطح زیرکشت محصولات سیب‌زمینی، سویا، گوجه‌فرنگی و برنج در استان گلستان، از مهم‌ترین تولیدکنندگان این محصولات در این استان است. مجموع این محصولات بیش از ۴۰ درصد از سطح زیرکشت محصولات زراعی شهرستان گرگان را به خود اختصاص داده‌است (Ministry of Agriculture-Jahad, 2017).

از مطالعات داخلی انجام‌شده در زمینه تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی در ایران می‌توان به مطالعه Pishbahar and Khodabakhshi (2015)، اشاره نمود که در آن با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و حداکثر آنتروپی، اثر حذف یارانه نهاده‌های کود، سم و حامل‌های انرژی را بر الگوی کشت محصولات زراعی استان تهران مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که سطح زیرکشت محصولات پنبه، پیاز، خیار و خربزه به تغییرات قیمت نهاده‌ها واکنش بیشتری نشان می‌دهند. نتایج الگوی کشت محصولات زراعی Dourandish and Torabi (2016) در شهرستان چناران، با استفاده از برنامه‌ریزی فازی چند هدفه و تأکید بر محدودیت عرضه آب کشاورزی، حاکی از کاهش مصرف آب در بیشتر گروه‌های زارعین می‌باشد و اعمال محدودیت در عرضه آب موجب تغییر الگوی کشت و کاهش درآمد کشاورزان گردید. نتایج Kashiri Kolaei and Hosseini Yekani (2016)، در تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی استان مازندران، با استفاده از مدل ارزش در معرض خطر شرطی<sup>۱</sup> (CVaR) و تأکید بر ریسک عملکرد نشان داد که مقادیر معیار CVaR محاسبه‌شده در این پژوهش در کلیه سناریوها منفی بوده که نشان می‌دهد الگوی بهینه در کلیه سناریوهای مختلف ریسک‌گریزی سودآور است. Avazyar et al. (2018) در مطالعه‌ای الگوی کشت بهینه اراضی پایاب سد ملاصدرا در استان فارس را باهدف افزایش بازده آبیاری و با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی قطعی

به‌دنبال روش‌هایی برای مقابله با اثرات نامطلوب این ریسک‌های طبیعی و اقتصادی بر نوسانات عملکرد و درآمد می‌باشند. انواع ریسک‌های مؤثر بر درآمد کشاورزان به دو دسته ریسک کسب‌وکار (شامل ریسک شخصی، ریسک نهادی، ریسک تولید و ریسک قیمت یا بازار) و ریسک مالی تقسیم می‌شوند (Bielza et al., 2008). ریسک و نوسانات در قیمت و عملکرد محصولات موجب بروز ریسک درآمدی می‌شود. از مهم‌ترین عوامل ایجادکننده ریسک قیمتی محصولات کشاورزی، می‌توان بی‌ثباتی تولید، تجاری، نوسانات قیمت‌های جهانی و سیاست‌های دولت را نام برد. ریسک عملکرد نیز در نتیجه تغییرات آب و هوایی و نیز، آفات و بیماری‌ها روی می‌دهد که می‌توان به اثر کمبود ریزش‌های جوی و توزیع نامناسب بارش بر نوسانات تولید در ایران اشاره نمود (Tahamipour et al., 2013). با توجه به اهمیت و سهم بالای هر یک از ریسک‌های تولید و قیمت در ریسک کسب‌وکار، می‌توان با استفاده از ریسک درآمدی که برآیند این دو ریسک است به‌طور هم‌زمان اثرات تکی و متقابل آن‌ها برای یکدیگر را مورد بررسی قرار داد.

تعیین الگوی کشت و ترکیب بهینه محصولات از طریق ایجاد تنوع در کشت، با توجه به مسایل اقتصادی و فرصت‌ها و منابع موجود، یکی از انعطاف‌پذیرترین ابزارهای مقابله با ریسک می‌باشد. الگوی بهینه کشت که با توجه به ریسک، عدم قطعیت و منابع در دسترس کشاورز تعیین می‌شود، می‌تواند کشاورزان، مدیران و برنامه‌ریزان اقتصادی را در انتخاب ترکیب و سطح کشت مناسب محصولات یاری داده و ضمن استفاده حداکثری از منابع موجود، کاهش خسارت احتمالی و افزایش سودآوری را در پی داشته باشد (Hazell, 1982). بنابراین، مطالعه در زمینه تعیین الگوی کشت بهینه به‌عنوان ابزاری انعطاف‌پذیر برای مواجهه و مقابله با ریسک درآمدی محصولات کشاورزی، از اهمیت بالایی برخوردار است.

شهرستان گرگان در حدود ۹ درصد از مجموع ۶۴۲ هزار هکتار سطح زیرکشت محصولات و ۱۳ درصد از بهره‌برداران زراعی استان گلستان را دارا می‌باشد (Ministry of Agriculture-Jahad, 2017). مهم‌ترین و متداول‌ترین محصولات زراعی شهرستان گرگان شامل

ریسک و بازدهی به‌طور هم‌زمان از دیگر نوآوری‌های این پژوهش است که از دو معیار ریسک ارزش در معرض خطر شرطی و ضریب تغییرات و معیار بازدهی سود انتظاری استفاده شده است. بنابراین، در پژوهش حاضر الگوی کشت بهینه محصولات زراعی کشاورزان شهرستان گرگان در جهت مقابله و کاهش ریسک درآمدی با به‌کارگیری معیارهای ریسک و بازدهی موردبررسی قرار گرفت که برای این منظور از مدل تحلیل پوششی سازگار با تنوع بر مبنای معیار فاصله جهت‌دار استفاده گردید.

### مواد و روش‌ها

در این مطالعه از مدل تحلیل پوششی داده‌ها به‌منظور تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی استفاده شد. روش تحلیل پوششی داده‌ها که از انواع روش‌های ناپارامتری در تعیین و اندازه‌گیری کارایی است، اولین بار در سال ۱۹۸۷ توسط چارنز، کوپر و رودز<sup>۱</sup> به‌عنوان یک روشی برای انتخاب واحدهای کارا از بین واحدهای تصمیم‌گیری با ساختار یکسان از نهاده‌ها و ستاده‌ها ارائه شد (Branda, 2015). یک مدل DEA، کارایی  $N$  واحد تصمیم‌گیری را با استفاده از  $K$  معیار ورودی و  $J$  معیار خروجی مقایسه کرده و به‌صورت مجموع وزنی ستاده‌ها به مجموع وزنی نهاده‌ها تعریف می‌شود. اگر از معیار ریسک به‌عنوان نهاده یا ورودی و از معیار بازدهی به‌عنوان ستاده یا خروجی در این مدل استفاده شود، نسبت‌های ریسک-بازدهی تولیدشده که برای مقایسه فرصت‌های سرمایه‌گذاری به‌کار می‌روند (Lamb and Tee, 2012).

مدل تحلیل پوششی داده‌های سازگار با تنوع که توسط Lamb and Tee (2012) ارائه شد، ترکیب و وزن بهینه دارایی‌ها را در یک پرتفوی تعیین می‌نماید. اگر  $\rho_i$  بازدهی و  $w_i$  وزن دارایی  $i$ ام باشد، آنگاه یک مجموعه فرصت‌های سرمایه‌گذاری مانند  $Z$  با امکان تنوع کامل از بین  $n$  دارایی را می‌توان به‌صورت رابطه (۱) نشان داد (Branda, 2015):

(DLP) و برنامه‌ریزی خطی با محدودیت‌های تصادفی (CCLP) تعیین نمودند. نتایج نشان داد اگر بازده آبیاری در بلندمدت ۳۰ درصد بیشتر شود، سود ناخالص نیز بیش از ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. از مطالعات خارجی نیز می‌توان به مطالعه Mesfin (2014) اشاره کرد که اثر منابع عمده ریسک بر تغییرات الگوی کشت و ترکیب محصولات زراعی در اتیوپی شرقی را با استفاده از الگوی مواتد مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که ریسک‌های تولید، قیمت و نهادی از مهم‌ترین منابع ریسک هستند. همچنین، به‌کارگیری تنوع در الگوی کشت منجر به کاهش عمده ریسک خواهد شد. Filippi et al. (2015)، الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در ایتالیا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش بر استفاده از مدل CVaR برای کشاورزان ریسک‌گریز تأکید می‌کند. Osama et al. (2017)، در مطالعه‌ای الگوی کشت بهینه محصولات زراعی در مصر را با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی موردبررسی قرار دادند. نتایج حاکی از کاهش سطح زیرکشت محصولاتی نظیر پیاز، جو، سیر و عدس و افزایش سطح زیرکشت محصولات سودآوری نظیر گوجه‌فرنگی در الگوی کشت بهینه است. Zhong et al. (2019)، الگوی کشت بهینه محصولات زراعی دشت هبی<sup>۲</sup> در چین را با هدف کاهش مصرف آب مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که الگوی کشت بهینه گندم و ذرت موجب صرفه‌جویی در مصرف آب و حداقل میزان کاهش در سطح محصول خواهد شد.

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته تاکنون در مطالعات خارجی و داخلی انجام‌شده، از مدل تحلیل پوششی داده‌ها به‌منظور تعیین الگوی کشت بهینه استفاده نشده است که در این مطالعه از این روش برای تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی استفاده گردید. همچنین در مطالعه حاضر ریسک درآمدی که برآیند دو ریسک قیمت و عملکرد است، مورد ارزیابی قرار گرفته که در بیشتر مطالعات تنها یکی از این دو ریسک در نظر گرفته شده است. کاربرد چندین معیار

1. Deterministic Linear Programming
2. Chance constrained Linear Programming
3. Hebei

در معرض خطر ( $Var_{\alpha}$ ) که از ابزارهای اندازه‌گیری ریسک نامطلوب می‌باشد، بیانگر مقدار ضرر احتمالی ( $\alpha$ ) درصد) یک پرتفوی معین در  $n$  دوره آینده است. معیار  $CVaR_{\alpha}$  انتظار شرطی زیان پرتفوی و بزرگ‌تر مساوی  $Var$  است. به عبارت دیگر، این معیار بیان می‌کند اگر زیان در  $n$  روز آینده با احتمال  $\alpha$  درصد از زیان انتظاری  $Var_{\alpha}$  بیشتر باشد، مقدار زیان به‌طور میانگین چقدر خواهد بود (Kashiri Kolaei, et al., 2017). معیار ارزش در معرض خطر شرطی به دو صورت پارامتری و ناپارامتری محاسبه می‌شود. روش ناپارامتری نسبت به روش پارامتری به محاسبات و زمان بیشتری نیاز داشته و در آن برای داده‌ها تابع توزیع خاصی در نظر گرفته نمی‌شود (Heydari Kamalabadi et al., 2017). در این مقاله به منظور محاسبه معیار  $CVaR$  مورد استفاده قرار می‌گیرد. به منظور بررسی اثر ریسک درآمدی، عملکرد، قیمت و هزینه تولید در محاسبه  $CVaR$  به صورت تصادفی در نظر گرفته شده و برای این منظور از داده‌های تاریخی این عوامل به‌عنوان سناریوهای مورد بررسی استفاده شده است. دیگر معیار ریسک مورد استفاده در این مطالعه، معیار ضریب تغییرات است که تغییرپذیری را نسبت به مقدار مورد انتظار یا میانگین اندازه‌گیری نموده و معیار بهتری از پراکندگی متغیر نسبت به میانگین ارائه می‌دهد (D. Kay, 2012). این معیارها به صورت درون‌زا در برآورد الگوی بهینه محاسبه می‌گردند. مدل تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی با به‌کارگیری روش تحلیل پوششی داده‌های سازگار با تنوع بر مبنای معیارهای فاصله جهت‌دار و استفاده از معیار بازدهی سود انتظاری و معیارهای ریسک ضریب تغییرات و  $CVaR_{\alpha}$  در سطح احتمال ۹۵ درصد، به صورت زیر است (Branda, 2015):

$$\theta(X_0) = \min_{\theta, \varphi, X_i} \frac{1-\theta}{1+\varphi} \quad (2)$$

s.t.

$$\varepsilon \left( \sum_{i=1}^n X_i \right) \geq \varepsilon(X_0) + \varphi \cdot \varepsilon(X_0), \quad (3)$$

$$CV \left( \sum_{i=1}^n X_i \right) \leq CV(X_0) - \theta \cdot d_{CV}(X_0), \quad (4)$$

$$Z = \left\{ \sum_{i=1}^n \rho_i w_i : \sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i \geq 0 \right\}, \quad (1)$$

که در آن  $\sum_{i=1}^n \rho_i w_i$  بازده تصادفی پرتفوی یا مجموعه فرصت‌های سرمایه‌گذاری را نشان می‌دهد. استفاده از معیار ریسک به‌عنوان ورودی در مدل‌های DEA متداول، موجب برآورد بیش از حد ریسک پرتفوی نسبت به مدل‌های DEA سازگار با تنوع خواهد شد، زیرا وابستگی بین بازده‌های دارایی‌ها در این مدل‌های DEA متداول در نظر گرفته نمی‌شود. به عبارتی ترکیب خطی ریسک دارایی‌ها با ریسک پرتفوی متشکل از این دارایی‌ها برابر نخواهد بود. بنابراین یک پرتفوی متنوع از دارایی‌های مختلف منجر به کاهش ریسک در مقایسه با یک دارایی یا پرتفوی غیر بهینه می‌شود (Branda, 2015).

در این مطالعه از مدل تحلیل پوششی داده‌های سازگار با تنوع بر مبنای معیار فاصله جهت‌دار که توسط Branda (2015) ارائه شده، استفاده شده است. معیار فاصله جهت‌دار<sup>۱</sup> یکی از روش‌هایی است که در صورت وجود داده‌های منفی مورد استفاده قرار می‌گیرد و اساس آن بر مبنای تابع فاصله جهت‌دار است. معیار فاصله جهت‌دار می‌تواند بدون نقض فرض مثبت بودن متغیرها در مدل DEA، برای داده‌های مثبت و منفی به‌کار رود (Silva Portela et al., 2004). در این مدل، امکان تعیین نقاط کارا در مجموعه امکانات تولید، بهبود شعاعی هم‌زمان در ورودی‌ها و خروجی‌ها و همچنین، دستیابی به نزدیک‌ترین فرصت سرمایه‌گذاری کارا در جهت‌های داده‌شده به‌وسیله بردارهای جهت فراهم شده است (Branda, 2015).

در مطالعه حاضر مدل تحلیل پوششی داده‌های سازگار با تنوع بر مبنای معیار فاصله جهت‌دار به منظور بررسی و تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی شهرستان گرگان استفاده شد. شاخص سود انتظاری به‌عنوان معیار بازدهی و معیارهای ارزش در معرض خطر شرطی ( $CVaR$ ) و ضریب تغییرات ( $CV$ ) به‌عنوان معیارهای ریسک مورد استفاده قرار گرفتند. معیار ارزش

1. Directional Distance Measures
2. Coefficient of Variation

محدودیت‌های تولیدی (روابط ۸، ۹، ۱۱ و ۱۲) محاسبه شده است. رابطه (۱۱) محدودیت‌های الگوی کشت محصولات را نشان می‌دهد که در این مطالعه شامل محدودیت‌های نیروی کار، سرمایه، ماشین‌آلات و آب می‌باشند. همچنین، رابطه (۱۲) نیز محدودیت سطح زیرکشت یا سهم محصولات در یک هکتار است و رابطه (۱۳) معیارهای فاصله جهت‌دار ریسک و بازدهی را نشان می‌دهند. برای محاسبه بردار جهت معیار بازدهی، حداکثرسازی سود انتظاری با توجه به محدودیت‌های الگوی کشت برآورد شده و تفاوت مقدار سود انتظاری بهینه با سود انتظاری الگوی کشت فعلی به‌عنوان پارامتر معیار فاصله جهت‌دار بازدهی برآورد گردید. بردار جهت معیارهای ریسک نیز از حداقل‌سازی معیار ریسک مربوطه با توجه به محدودیت‌های الگوی کشت و تفاوت آن با مقدار معیار ریسک در الگوی کشت فعلی محاسبه گردید.

در این مدل،  $q$  شاخص کارایی معیارهای ریسک و  $\varphi$  شاخص کارایی معیار بازدهی را نشان می‌دهد.  $i$  محصول،  $X_i$  سطح زیرکشت  $i = 1, \dots, n$ ،  $\varepsilon$  معیار سود انتظاری،  $CV$  ضریب تغییرات،  $CVaR_\alpha$  ارزش در معرض خطر شرطی در سطح احتمال  $\alpha$ ،  $\zeta_\alpha$  ارزش در معرض خطر (VaR) در سطح احتمال  $\alpha$ ،  $e$  بردار فاصله جهت‌دار معیار بازدهی،  $d_{CV}$  و  $d_{CVaR}$  بردار فاصله جهت‌دار معیارهای ریسک،  $t = 1, 2, \dots, T$  تعداد سال‌های موردبررسی،  $Z_t$  متغیر کمکی،  $y_{i,t}$ ،  $p_{i,t}$  و  $c_{i,t}$  به ترتیب عملکرد، قیمت و هزینه محصول  $i$  ام در سال  $t$  ام،  $f(x_i, y_{i,t}, p_{i,t}, c_{i,t})$  زیان محصول  $i$  ام در عملکرد، قیمت و هزینه تصادفی،  $a_{ii}$  ضریب فنی محدودیت  $i$  ام یا مقدار نهاده موردنیاز از منبع  $L$  برای تولید هر هکتار محصول  $i$  ام،  $b_l$  موجودی منبع  $L$  ام،  $E[f(x, y, p, c)]$  زیان انتظاری،  $\rho$  سطح زیان انتظاری،  $X$  پرتفوی بهینه و  $X_0$  الگوی کشت فعلی را نشان می‌دهند. ۱۲ محصول زراعی متداول در منطقه مورد مطالعه به‌عنوان محصولات موردبررسی در این پژوهش انتخاب شده‌اند. این محصولات که بیش از ۸۰ درصد از سطح زیرکشت اراضی زراعی شهرستان گرگان را تشکیل می‌دهند، شامل گندم، پنبه، کلزا، سویا بهاره،

$$CVaR_\alpha \left( \sum_{i=1}^n X_i \right) \leq CVaR_\alpha(X_0) - \theta d_{CVaR}(X_0), \quad (5)$$

$$CVaR_\alpha = \zeta_\alpha(f(x, y, p, c)) + \frac{1}{T(1-\alpha)} \sum_{t=1}^T Z_t \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n f(x_i, y_{i,t}, p_{i,t}, c_{i,t}) - \zeta_\alpha(f(x, y, p, c)) \leq Z_t \quad (7)$$

$$f(x_i, y_{i,t}, p_{i,t}, c_{i,t}) = \sum_{i=1}^n c_{i,t} x_i - p_{i,t} y_{i,t} x_i \quad (8)$$

$$E[f(x, y, p, c)] = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n f(x_i, y_{i,t}, p_{i,t}, c_{i,t}) \quad (9)$$

$$E[f(x, y, p, c)] \leq \rho \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n a_{ii} X_i \leq b_l \quad l = 1, \dots, L, \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1, \quad (12)$$

$$X_i, Z_t, \varphi, \theta \geq 0$$

بردارهای جهت نیز به‌صورت رابطه (۱۳) است:

$$d_{CV}(X_0) = CV(X_0) - \min_{X \in Z} CV(X),$$

$$d_{CVaR}(X_0) = CVaR_\alpha(X_0) - \min_{X \in Z} CVaR(X),$$

$$e(X_0) = \max_{X \in Z} \varepsilon(X) - \varepsilon(X_0)$$

(۱۳)

رابطه (۲) تابع هدف حداکثرسازی کارایی مدل نهاده-ستاده‌گرا را نشان می‌دهد روابط (۳)، (۴) و (۵) به ترتیب محدودیت بازدهی و محدودیت‌های ریسک می‌باشند که در آن معیار بازدهی، سود انتظاری و معیارهای ریسک، ضریب تغییرات و ارزش در معرض خطر شرطی است. روابط (۶) تا (۱۰) محاسبه معیار CVaR به روش ناپارامتری است که به‌صورت درون‌زا برآورد گردیده است. روابط (۶) و (۷) مربوط به تعریف CVaR بوده و رابطه (۸) زیان به‌دست‌آمده از کشت محصولات در هر عملکرد، قیمت و هزینه تصادفی را نشان می‌دهد. رابطه (۹) بیانگر زیان انتظاری و رابطه (۱۰) محدودیت زیان مورد انتظار می‌باشد. مقدار زیان مورد انتظار که با  $\rho$  نشان داده شده است، از حداقل‌سازی زیان انتظاری حاصل از کشت محصولات با توجه به

بازدهی موجود در مدل محاسبه شد. از این رو، بهینه‌یابی معیار مورد نظر با توجه به محدودیت‌های الگوی کشت صورت گرفت و بردار جهت از طریق محاسبه فاصله مقدار معیار در الگوی کشت فعلی ( $X_0$ )، با مقدار بهینه برآورد گردید. نتایج برآورد بردارهای جهت در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: نتایج محاسبه بردارهای جهت معیارهای ریسک و بازدهی

معیار	مقدار فعلی	مقدار بهینه	بردار جهت
سود انتظاری (ریال)	۱۷۸۳۹	۲۴۹۲۳	۷۰۸۴
ضریب تغییرات	۰/۵۳	۰/۴۱	۰/۱۱
CVaR (ریال)	-۳۷۳۷/۳	-۵۰۹۸/۵	۱۳۶۱/۲

منبع: یافته‌های پژوهش

لازم به ذکر است به منظور حذف اثر تورم از متغیرها، کلیه قیمت‌ها بر حسب سال پایه ۱۳۹۰ محاسبه و تورم‌زدایی شده‌اند. همانطور که جدول (۱) نشان می‌دهد، مقدار بهینه یا حداکثر سود انتظاری با توجه به محدودیت‌های الگوی کشت ۲۴۹۲۳ ریال در هکتار (به قیمت سال ۱۳۷۶) است که تفاوت آن با مقدار سود انتظاری الگوی کشت فعلی، بردار جهت معیار سود انتظاری، ۷۰۸۴ ریال، می‌باشد. به عبارت دیگر، این بردار حداکثر بهبود ممکن در مقدار سود انتظاری با توجه به محدودیت‌های موجود را نشان می‌دهد. بردار جهت محاسبه شده معیارهای ضریب تغییرات و ارزش در معرض خطر شرطی نیز به ترتیب ۰/۱۱، ۱۳۶۱/۲ می‌باشند. لازم به ذکر است که مقادیر منفی معیار CVaR بیانگر سودآوری الگوها است. برای نمونه مقدار CVaR محاسبه شده در الگوی کشت فعلی نشان می‌دهد که این الگو به احتمال ۹۵ درصد، حداقل به اندازه ۳۷۳۷/۳ ریال سودآوری خواهد داشت. در نهایت، الگوی کشت بهینه محصولات زراعی شهرستان گرگان برای گروه کشاورزان خرده مالک با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های سازگار با تنوع و به کارگیری معیارهای فاصله جهت‌دار برآورد گردید و متغیرهای سود انتظاری،

سویا تابستانه، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی و برنج دانه‌بلند مرغوب، برنج دانه‌بلند پرمحصول، برنج دانه‌متوسط مرغوب، برنج دانه‌متوسط پرمحصول و برنج دانه‌کوتاه پرمحصول می‌باشند.

داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز از بانک زراعت و هزینه تولید وزارت جهاد کشاورزی و سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان در دوره زمانی ۹۶-۱۳۷۷ جمع‌آوری گردید. اطلاعات مربوط به الگوی کشت و بهره‌برداران زراعی از پرسشنامه‌های هزینه تولید سازمان جهاد کشاورزی شهرستان گرگان در سال ۱۳۹۶ تهیه شده است. سایر اطلاعات مورد نیاز این پژوهش نیز از پایگاه مرکز آمار ایران و شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان تأمین گردید و از نرم‌افزار گمز (GAMS23.4) به منظور برآورد و تخمین الگوی کشت بهینه استفاده شد.

## نتایج و بحث

در پژوهش حاضر الگوی کشت بهینه محصولات زراعی شهرستان گرگان برای زارعین خرده‌مالک (اراضی کمتر از پنج هکتار) با به کارگیری روش تحلیل پوششی داده‌های سازگار با تنوع و معیار فاصله جهت‌دار مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از معیارهای ریسک ضریب تغییرات و ارزش در معرض خطر شرطی در سطح احتمال ۹۵ درصد به عنوان متغیرهای ورودی و از معیار بازدهی سود انتظاری به عنوان متغیر خروجی استفاده گردید. در این پژوهش، به منظور تقسیم‌بندی بهره‌برداران زراعی و ایجاد گروه همگن از زارعین خرده‌مالک، از آزمون آماری مقایسه میانگین<sup>۱</sup> و روش خوشه‌بندی دومرحله‌ای در نرم‌افزار SPSS22 استفاده شد. جهت محاسبه معیار ارزش در معرض خطر شرطی، سطح زیان انتظاری ( $p$ ) از حداقل‌سازی زیان انتظاری با توجه به محدودیت‌های الگوی کشت و زیان حاصل از کشت محصولات در سال‌های مختلف محاسبه و مقدار حداکثر زیان قابل قبول به میزان ۹۰ درصد حداقل زیان انتظاری (فرض ریسک‌گریزی متوسط) تعیین شد.

به منظور برآورد الگوی کشت بهینه، ابتدا بردارهای فاصله یا بردارهای جهت هر یک از معیارهای ریسک و



کشت فعلی مقایسه شده است. لازم به ذکر است به دلیل قرار دادن محدودیت وزنی در برآورد الگو، سطوح زیرکشت به صورت سهم محصولات در هکتار بیان شده‌اند.

ضریب تغییرات و ارزش در معرض خطر شرطی به صورت درون‌زا محاسبه شدند. در جدول (۲) نتایج برآورد الگوی کشت بهینه محصولات زراعی شهرستان گرگان با استفاده از روش تحلیل پوششی سازگار با تنوع و کاربرد معیار فاصله جهت‌دار نشان داده شده و نتایج با الگوی

جدول (۲): نتایج برآورد الگوی کشت بهینه محصولات زراعی شهرستان گرگان

متغیر	محصول	الگوی کشت فعلی	الگوی کشت بهینه	تغییرات نسبت به الگوی فعلی
X1	گندم	۰/۱۸	۰/۰۴	-۰/۱۴
X2	پنبه	۰/۰۳	۰/۰۰	-۰/۰۳
X3	برنج دانه بلند مرغوب	۰/۱۰	۰/۰۰	-۰/۱۰
X4	برنج دانه بلند پرمحصول	۰/۲۸	۰/۳۶	+۰/۰۸
X5	برنج دانه متوسط مرغوب	۰/۰۴	۰/۲۴	+۰/۲۰
X6	برنج دانه متوسط پرمحصول	۰/۰۴	۰/۰۰	-۰/۰۴
X7	برنج دانه کوتاه پرمحصول	۰/۰۲	۰/۰۰	-۰/۰۲
X8	کلزا	۰/۰۲	۰/۳۴	+۰/۳۲
X9	سویا بهاره	۰/۰۴	۰/۰۰	-۰/۰۴
X10	سویا تابستانه	۰/۱۷	۰/۰۰	-۰/۱۷
X11	گوجه‌فرنگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰
X12	سیب‌زمینی	۰/۰۹	۰/۰۲	-۰/۰۷
سود انتظاری		۱۷۸۳۹	۲۲۱۲۸	٪ +۲۴
ضریب تغییرات		۰/۵۳	۰/۵۰	٪ -۰/۰۵
ارزش در معرض خطر شرطی (CVaR)		-۳۷۳۷/۳	-۴۱۴۱/۹	٪ -۱۱

منبع: یافته‌های پژوهش

بهینه کاهش یافته که نشان‌دهنده ریسک کمتر الگوی کشت بهینه است. همچنین، مقایسه معیار CVaR در دو الگو نشان می‌دهد که با توجه به منفی بودن این معیار، حداقل سودآوری ممکن در الگوی بهینه ۱۱ درصد نسبت به الگوی فعلی افزایش می‌یابد. در نتیجه الگوی بهینه هم از نظر کاهش ریسک (کاهش به ترتیب ۰/۰۵ و ۱۱ درصدی در معیارهای ضریب تغییرات و ارزش در معرض خطر شرطی) و هم از نظر افزایش سودآوری (افزایش ۲۴ درصدی معیار سود انتظاری) نسبت به الگوی فعلی ترجیح دارد. نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج مطالعات (Kashiri, Mirkarimi et al. (2015)، (Joolaei et al., Kolaei and Hosseini Yekani (2106) (2016) و (Kashiri Kolaei et al. (2017) که از نظر منطقه مورد بررسی و اهداف پژوهش بیشترین شباهت را با پژوهش حاضر دارند، همخوانی دارد.

الگوی کشت بهینه کشاورزان شهرستان گرگان با توجه به معیارهای ریسک و بازدهی محصولات شامل گندم، برنج دانه بلند پرمحصول، برنج دانه متوسط مرغوب، کلزا و سیب‌زمینی است. بیشترین و کم‌ترین تغییر در سطح زیرکشت محصولات به ترتیب مربوط به کلزا و گوجه‌فرنگی می‌باشد. در الگوی بهینه سهم محصولات گندم و سیب‌زمینی کاهش و سهم محصولات کلزا، برنج دانه بلند پرمحصول و برنج دانه متوسط مرغوب افزایش یافته است. سایر محصولات نیز از الگوی کشت بهینه حذف شده‌اند. در صورت اجرای این الگو، سود انتظاری ۲۴ درصد بیشتر شده و از ۱۷۸۳۹ ریال در الگوی فعلی به ۲۲۱۲۸ ریال در الگوی بهینه افزایش خواهد یافت. مقایسه معیارهای ضریب تغییرات و CVaR محاسبه شده نیز ریسک کمتر الگوی بهینه نسبت به الگوی فعلی را نشان می‌دهد. معیار ضریب تغییرات از ۰/۵۳ در الگوی فعلی به ۰/۵۱ در الگوی

## نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این پژوهش، الگوی کشت بهینه محصولات زراعی شهرستان گرگان با توجه به عامل ریسک درآمدی مورد بررسی قرار گرفت. در برآورد الگوی بهینه از روش تحلیل پوششی داده‌های سازگار با تنوع بر مبنای معیارهای فاصله جهت‌دار استفاده شد. برای این منظور، از معیارهای ریسک و بازدهی ضریب تغییرات، ارزش در معرض خطر شرطی و سود انتظاری استفاده گردید. نتایج برآورد الگوی کشت بهینه محصولات زراعی حاکی از افزایش سطح زیرکشت محصولات برنج دانه‌متوسط مرغوب، برنج دانه‌بلند پرمحصول و کلزا و کاهش سطح زیرکشت گندم و سیب‌زمینی در الگوی کشت بهینه می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که الگوی کشت بهینه سودآوری بیشتر و ریسک کمتری نسبت به الگوی فعلی دارد.

با توجه به نتایج، افزایش سطح زیرکشت محصولات کلزا و برنج دانه متوسط مرغوب در الگوی کشت بهینه توصیه می‌گردد. سهم ۶۰ درصدی ارقام برنج دانه‌بلند پرمحصول و دانه‌متوسط مرغوب در الگوی کشت بهینه نشان‌دهنده سودآوری بیشتر و ریسک کمتر این محصولات است. در نتیجه، اقداماتی مانند بیمه درآمدی، پرداخت‌های جبرانی (در صورت کاهش درآمد) و یا صندوق تثبیت درآمد می‌توانند موجب ترویج بیشتر کشت این محصول در منطقه شوند. - با توجه به حذف محصولاتی مانند پنبه و سویا از الگوی کشت بهینه، بازنگری در قیمت‌گذاری این محصولات با در نظر گرفتن هزینه‌های تولید و افزایش سودآوری نسبی، پیشنهاد می‌گردد.

## REFERENCES

1. Avazyar, M.R., Ahmadpour Borazjani, M., & Ziaei, S. (2018). Determine optimal crop pattern with an emphasis on increasing the irrigation efficiency in lands of Mollasadra Dam in Fars province. *Journal of Water Engineering*, 11(36): 21-32. (In Farsi).
2. Bazrafshan, M., Toulabi Nejad, M., & Sadeghi, K. (2017). Analysis of the relationship between sustainable land management and crop yield and evaluating its effects on food security of households in rural eastern Miyankooch (Poldokhtar City). *Journal of Rural Research*, 8(2): 346-363. (In Farsi).
3. Bielza, M., Conte, C., Dittmann, CH., Gallego, J., & Stroblmair, J. (2008). *Agricultural insurance schemes*. Institute for the Protection and Security of the Citizen, Agriculture and Fisheries Unit.
4. Branda, M. (2015). Diversification-consistent data envelopment analysis based on directional-distance measures. *Omega*, 52: 65-76.
5. Dourandish, A., & Torabi, S. (2016). Effects of agricultural water supply constraints on cropping pattern in Chenaran County (Application of fuzzy multi-objective programming with nonlinear membership function). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 47(3): 557-567. (In Farsi).
6. Filippi, C., Mansini, R., & Stevanato, E. (2015). Mixed Integer Linear Programming models for Optimal Crop Selection. *Working paper*. Department of economics and Management University of Brescia Italy.
7. Hazell, P.B.R. (1982). Application of risk preference estimation in farm household and agricultural sector models. *American Journal of Agricultural Economics*, 64: 384-390.
8. Heydari Kamalabadi, R., Hosseini Yekani, A., Mojaverian, M., & Nikouei, A. (2017). Measuring the Future Risk of Crops Yield Using CVaR Method in Zayanderud Agricultural System. *Journal of Economics and Agricultural development*, 31(3): 252-266. (In Farsi).
9. Joolaie, R., Mirkarimi, M., Hasanvand, M. & Shirani Bidabadi, F. (2016). Management of optimum cropping pattern of crops in Mazandaran province using goal programming. *Journal of Agricultural Economics and development*, 24(94): 71-94. (In Farsi).
10. Kashiri Kolaei, F., & Hosseini Yekani, A. (2016). Determination of optimal cropping pattern in Mazandaran province in the context of conditional risk value model. *10th Biennial Conference of Iran's Agricultural Economics*, Iranian agricultural economics society, Kerman, Iran. (In Farsi).
11. Kashiri Kolaei, F., Hosseini Yekani, A., & Karkaboodi, F. (2017). Effect of Agricultural Crop Insurance on the Optimal Cropping Pattern in Mazandaran Province (Application of Conditional Value at Risk Model). *Journal of Agricultural Economics*, 11(1):111-132.
12. Kay, R.D., (2012). *Farm management: Planning, control and implementation*. Arsalanbod, M. Urmia: University of Urmia.

13. Lamb, J.D., & Tee, K.H. (2012). Data envelopment analysis models of investment funds. *European Journal of Operational Research*, 216(3):687–696.
14. Mahmoodi, N., & Saboohi, M. (2007). Effects of income risk on optimal cropping pattern selection (Case study of Jaban village of Damavand). *6th Biennial Conference of Agricultural Economics, Iranian agricultural economics society*, Mashhad, Iran. (In Farsi).
15. Mesfin, W. (2014). Crop mix and resource use pattern under risk: The case of smallholder farmers in eastern highlands of Ethiopia. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7(5): 251-261.
16. Ministry of Agriculture-Jahad, (2017). Statistical information, Agricultural statistics, Crops, from <https://www.maj.ir>
17. Mirkarimi, SH., Joolaie, R; Eshraghi, F. & Shirani Bidabadi, F. (2015). Application of Fuzzy Goal Programming Approach in Determining Optimal Cropping Pattern to Achieve Sustainable Rural Development Goals: Subsector of Farming, Amol County of Iran. *Journal of Village and Development*, 18(3):109-129. (In Farsi).
18. Osama, S., Elkholy, M., & Kansoh R.M. (2017). Optimization of the cropping pattern in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 56: 557–566.
19. Pishbahar, E., & Khodabakhshi, S. (2015). Effects of elimination subsidies of agricultural inputs on crop cultivation pattern in Tehran Province. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 46(3): 551-558. (In Farsi).
20. Silva Portela, M.C.A., Thanassoulis, E., & Simpson, G. (2004). Negative data in DEA: a directional distance approach applied to bank branches. *Journal of the Operational Research Society*, 55(10):1111–1121.
21. Statistical Center of Iran, (2014). Data and statistical information, Agricultural data, from <https://www.amar.org.ir>
22. Tahamipour, M., Salami, H., Yazdani, S., & Chizari A.H. (2013). Determining spatial dependency of systematic risk of dry land wheat yield in Iran: Application of spatial autoregressive models. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 44(3): 343-356. (In Farsi).
23. Tanaka, D.L., Krupinsky, J.M., Liebig, M.A., Merrill, S.D, Ries, R.E., Hendrickson, J.R., Johnson, H.A., & Hanson, J.D. (2002). Dynamic cropping systems: An adaptable approach to crop productions in the Great Plains. *Agronomy Journal*, 94(5): 957-961.
24. Yaghoobi, A., Chizari, M., Feli, S., & Pezeshkirad, Gh. (2010). Factors Affecting Risk Management among Dryland Wheat Farmers in Tafresh City. *Iranian Agricultural Extension and Education Journal*, 6(1): 91-101. (In Farsi).
25. Zhong, H., Suna, L., Fischer, G., Tiand, Zh., & Liang, Zh. (2019). Optimizing regional cropping systems with a dynamic adaptation strategy for water sustainable agriculture in the Hebei Plain. *Journal of Agricultural Systems*, 173: 94–106.