Research Article

Agricultural Engineering, 46(4) (2024) 371-389
DOI: 10.22055/agen.2024.45529.1701

ISSN (P): 2588-526X
ISSN (E): 2588-5944

Economic optimization of sugar beet production with Data Envelopment Analysis and application of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for modeling benefit-cost index

M. Namdari[1,*], Sh. Rafiee[2] and S. Hosseinpour[3]

1. Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetic, Faculty of Agriculture, University of Zanjan
2. Professor, Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran
3. Associate Professor, Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran

Received: 13 December 2023 Accepted: 8 January 2024 *Corresponding Author: namdari@znu.ac.ir

Abstract

Introduction: Considering the essential role of the agricultural sector in Iran's economy, it is very important to investigate and identify optimal production methods from an economic point of view. The purpose of this study is to calculate the economic indicators of sugar beet production, using the Data Envelopment Analysis (DEA) method to identify the efficient units, and use of the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) to predict the benefit-cost index based on the input consumption in Hamedan province.

Materials and Methods: The required information including data related to labor, machinery, diesel fuel, electricity, seeds, chemicals, farmyard manure, chemical fertilizers, and irrigation water were collected from 88 farmers of Hamedan province, Iran. The indices of gross revenue, net income, gross income, economical productivity and benefit-cost ratio were calculated using information obtained from farmers. Then technical, pure technical, scale and cross efficiencies were calculated using CCR and BCC models. The benefit-to-cost ratio was considered as the economic index criterion in modeling with ANFIS. In this modeling, value of various inputs used for sugar beet production were selected as input variables. Various membership functions such as Triangular, Trapezoidal, Gaussian, Logarithmic and Gbell functions were tested. Also, different configurations were examined to provide the best configuration that predicts the model. In order to measure the accuracy of ANFIS models for estimating the observed values some quality parameters including the coefficient of determination (R^2), root mean square error (RMSE) the mean relative error (RME) between the observed and the predicted values were applied to evaluate the performance of different models with different configurations.

Results and Discussion: Variable costs account for 84% and fixed costs account for 16% of the total costs of sugar beet production. Cost of labor, water consumption, and land rent have the largest share of costs among all fixed and variable costs. The indexes of gross income, net income and benefit-cost ratio were obtained as 1188.99 ha^{-1}, 694.28 ha^{-1} and 1.34, respectively .

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

The results of data envelopment analysis showed that 19 and 55 farmers were technically and pure technically efficient, respectively. In other words, the farmers who are identified with the BCC model are more efficient than the farmers who are identified with the CCR model. Average technical efficiency, net technical efficiency, and scale efficiency were obtained as 0.73, 0.94 and 0.77, respectively.

Data envelopment analysis indicates that farmers should focus on increasing the degree of mechanization of production by reducing the cost of human labor. The saving percentage of total input costs in the CCR model is higher than that of the BCC model. By optimization of input consumption in sugar beet farming, the production cost can be decreased by 51.64% in the CCR model and by 28.27% in the BCC model. To predict the economic performance using inputs in sugar beet production, the three-layer arrangement with seven parameters obtained the best results. The modeled ANFIS is able to predict economic performance values with R^2 of 0.96. This prediction is acceptable due to its high coefficient of determination and can be used in modeling.

Conclusion: Considering the high share of variable costs compared to fixed costs, it can be concluded that by applying appropriate management methods, the total costs of sugar beet production in Hamadan province can be significantly reduced. By mechanizing farms, the variable costs of farms can be reduced significantly. If the cultivated land does not have a problem with weeds, the use of conventional seeds can also reduce production costs. The DEA results showed that based on the CCR model, about 78.4% of farmers produce outside the efficiency and by providing management solutions taken from efficient DMUs (the recommendations of this study), they can reduce consumption costs by keeping product yield constant. The results of multi-level ANFIS implementation showed that the three-level ANFIS structure including four ANFIS models in the first level, two ANFIS models in the second level and a final model in the third level have the best performance for benefit-cost ratio prediction. It is proposed that implementation of multi-level ANFIS is a useful tool in helping to predict the economic indices of agricultural production systems.

Key words: ANFIS, Artificial Intelligence Efficiency, Inputs, Optimization

مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی) جلد ۴۶ شماره۴، زمستان ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

بهینه‌سازی اقتصادی تولید چغندرقند با روش تحلیل پوششی داده‌ها و پیش‌بینی شاخص سود-هزینه با سیستم استنتاج تطبیقی فازی-عصبی

مجید نامداری[۱،*]، شاهین رفیعی[۲] و سلیمان حسین پور[۳]

۱- استادیار مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۲- استاد مکانیک بیوسیستم، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳- دانشیار مکانیک بیوسیستم، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۲/۰۹ /۲۲

پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۱۰/۱۸

کلمات کلیدی:

انفیس،

بهینه‌سازی،

کارایی،

نهاده،

هوش مصنوعی

* عهده دار مکاتبات

Email: namdari@znu.ac.ir

چکیده

با توجه به نقش اساسی بخش کشاورزی در اقتصاد ایران، بررسی و شناسایی راهکارهای تولید بهینه با نگاه اقتصادی و با بهره گیری از روش‌های مدل‌سازی هوشمند از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف این مطالعه مح اسبه شاخص‌های اقتصادی در تولید محصول چغندرقند در استان همدان، به‌کارگیری روش تحلیل پوششی داده‌ها در شناسایی واحدهای کارا، و استفاده از روش انفیس در پیش‌بینی شاخص سود به هزینه از روی مقدار مصرف نهاده‌های تولید می‌باشد. داده‌های این مطالعه از بررسی ۸۸ مزرعه به دست آمد. نتایج نشان داد نیروی انسانی، اجاره زمین و آب مصرفی بیشترین هزینه‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. سهم هزینه متغیر ۸٤ درصد و سهم هزینه ثابت ١٦ درصد از کل هزینه‌ها می‌باشد. براساس نتایج DEA، از تعداد ۸۸ کشاورز مورد مطالعه، تعداد ۱۹ کشاورز با مدل CCR و ٥٥ کشاورز با مدل BCC کارا شناخته شدند. میانگین کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس به ترتیب ۰/۷۳، ۰/۹٤ و ۰/۷۷ به‌دست آمد. با معیار قرار دادن واحدهای کارا و الگوبرداری از آن‌ها، می‌توان با ثابت نگه داشتن عملکرد محصول، به میزان ٥١/٦٤ درصد کاهش هزینه داشت. نتایج مدل‌سازی نشان داد انفیس سه سطحی قادر است شاخص اقتصادی را با ضریب تبیین ۰/۹٦ از روی نهاده‌های مصرفی پیش‌بینی کند. بنابراین انفیس را می‌توان به عنوان ابزاری مفید برای کمک به پیش‌بینی شاخص‌های اقتصادی سیستم‌های تولید کشاورزی پیشنهاد کرد.

مقدمه

میزان تولید محصولات کشاورزی با میزان مصرف نهاده‌ها در فرایند تولید ارتباط تنگاتنگی دارد. عدم مصرف بهینه‌ی نهاده‌ها در فرایند تولید، علاوه بر ضرر اقتصادی، باعث صدمات جبران ناپذیری به منابع طبیعی و آلودگی محیط‌زیست نیز می‌شود. تولید محصولات کشاورزی به صورت فزاینده‌ای به مصرف نهاده‌هایی مانند سوخت‌های فسیلی و کودهای شیمیایی وابسته است که مصرف بی‌رویه آن‌ها باعث ضررهای اقتصادی و آلودگی محیط زیست می‌شود (۳).

تولید محصول به مقدار زیاد و حجم بالا الزاما به معنای تولید با کارایی بالا نیست. کارایی توانایی تولید محصول خروجی با حداقل سطح منابع مورد نیاز می‌باشد. یکی از ابزارهای مناسب و کارآمد در زمینه ارتقای بهره‌وری، تحلیل پوششی داده‌ها[1] (DEA) می‌باشد که به عنوان یک روش غیر پارامتری به منظور محاسبه کارایی واحدهای تصمیم گیرنده استفاده می‌شود (۳).

اخیراً مدل‌های ریاضی به طور گسترده‌ای برای یافتن رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌های یک فرآیند تولیدی به کار گرفته شده‌اند. در بین روش‌های مدل‌سازی، شبکه‌های عصبی مصنوعی[2] (ANN)، تکنیک‌های محاسباتی هستند که برای یافتن رابطه بین ورودی‌ها و خروجی‌ها از طریق یادگیری از نمونه‌ها استفاده می‌کنند و از این رو، نیازی به فرضیات در مورد شکل برازش تابع ندارند؛ بنابراین به عنوان تکنیک‌های مناسب در مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده مانند تولیدات کشاورزی شناخته می‌شوند (۳). شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌عنوان یک ابزار مدل‌سازی قدرتمند قادر به شناسایی روابط پیچیده از داده‌های ورودی-خروجی با استفاده از یک سیستم پردازش داده‌ی الهام‌گرفته از سیستم عصبی بیولوژیکی هستند. شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان بخشی از هوش مصنوعی[3] (AI) برای حل طیف گسترده‌ای از مشکلات، به‌ویژه برای مشکلاتی که روش‌های مدل‌سازی مرسوم با شکست مواجه می‌شوند، استفاده شده است (۱۳). یکی از مزایای مدل‌های ANN نسبت به رویکردهای مدل‌سازی مرسوم مانند رگرسیون، توانایی آن در یادگیری در مورد سیستمی است که می‌تواند بدون دانش قبلی از روابط فرآیند مدل‌سازی شود. همچنین آن‌ها معمولاً از برنامه‌های شبیه‌سازی معمولی یا مدل‌های ریاضی قابل اعتمادتر هستند (۱۲). سیستم استنتاج تطبیقی فازی-عصبی (انفیس)[4] به عنوان یکی دیگر از روش‌های هوش مصنوعی، ترکیبی از ANN و سیستم‌های فازی است و مزایای دو مدل را ارائه می‌کند (۱۹). انفیس یک سیستم استنتاج فازی را تطبیق می‌دهد که چارچوب محاسباتی مفید بر اساس مفاهیم تئوری مجموعه‌های فازی، قوانین اگر-آن‌گاه فازی و استدلال فازی را در چارچوب یک شبکه عصبی پیاده سازی می‌کند. این مدل می‌تواند با روابط پیچیده و غیرخطی بین داده‌های ورودی و خروجی از طریق یک روش یادگیری ترکیبی، پدیده‌های پیچیده و غیرخطی را با قوانین دقیق به درستی توصیف کنند (۱۲ و ۱۶).

بررسی منابع نشان می‌دهد که تولید برخی از محصولات کشاورزی با استفاده از انفیس مدل‌سازی شده است. شیروانی بروجنی و همکاران[5] (۲۴) عملکرد محصول چغندرقند را با استفاده از مدل‌های مختلف هوش مصنوعی نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی و انفیس پیش‌بینی و مدل‌سازی کردند. مطالعه‌ی آن‌ها در استان چهارمحال بختیاری انجام شد و اطلاعات مورد نیاز نیز از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری از میان صاحبان مزارع و مسئولین بخش کشاورزی جمع‌آوری گردید. نبوی پله‌سرایی و همکاران[6] (۱۸) از مدل انفیس

1-Data Envelopment Analysis
2- Artificial Neural Networks

3- Artificial Intelligence
4- Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)
5- ShirvaniBoroujeni *et al.*
6- Nabavi-Pelesaraei *et al.*

برای پیش‌بینی سود اقتصادی، انرژی خروجی و شاخص زیست‌محیطی در فرایند شالی‌کوبی استان گیلان استفاده کردند. داده‌های آن‌ها از ۶۰ کارخانه شالی‌کوبی به‌دست آمد. موسوی اول و همکاران[1] (۱۵) به تحلیل انرژی، اقتصادی و زیست‌محیطی تولید کلزا در استان مازندران پرداختند و سپس سیستم هوشمند سه سطحی انفیس برای پیش‌بینی سه شاخص مذکور را اجرا کردند. مطالعه‌ی آن‌ها حاکی از این بود که پیاده‌سازی انفیس چند سطحی ابزار مفیدی برای کمک به پیش‌بینی شاخص‌های انرژی، اقتصادی و زیست‌محیطی سیستم‌های تولید کشاورزی است.

سفید پری و همکاران[2] (۲۲) مدلسازی عملکرد تولید تخم مرغ را با استفاده از نهاده‌های تولید (خوراک، سوخت، ماشین‌آلات، نیروی کار و برق) بوسیله انفیس مورد تحقیق قرار دادند. آن‌ها نتایج به‌دست آمده از مدل‌سازی انفیس را با نتایج حاصل از مدل‌سازی با شبکه عصبی مصنوعی مورد مقایسه قرار دادند. الهامی و همکاران[3] (۸) به مدل‌سازی انرژی و اقتصادی تولید عدس و نخود در استان اصفهان با استفاده از انفیس و رگرسیون خطی پرداختند. داده‌های آن‌ها با مصاحبه و بازدید از ۱۴۰ مزرعه عدس و ۱۱۰ مزرعه نخود جمع آوری شد. مطالعه‌ی آن‌ها نشان داد که مدل انفیس بهتر از مدل رگرسیون خطی می‌تواند خروجی انرژی و اقتصادی را پیش‌بینی کند. خوشنویسان و همکاران[4] (۱۱) در مدل‌سازی تولید گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای، روش انفیس را در مقایسه با شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد مقایسه و بررسی قرار دادند. در مطالعه‌ای دیگر، خوشنویسان و همکارن (۱۲) از انفیس چندلایه برای پیش‌بینی عملکرد سیب‌زمینی با استفاده از نهاده‌های انرژی استفاده کردند. کیسی و شیری[5] (۱۴) نیز مدل‌های ANN و انفیس را برای پیش‌بینی دمای هوای بلند مدت ماهانه با استفاده از ورودی‌های جغرافیایی مقایسه کردند. در مطالعه‌ی دیگری که توسط پورعلی بابا و همکاران[6] (۲۰) انجام شد، مدل‌های انفیس برای تخمین تبخیر و تعرق مرجع روزانه با استفاده از داده‌های آب و هوایی موجود توسعه داده شد. فهیمی راد و همکاران[7] (۱۰) از انفیس برای پیش‌بینی سری‌های زمانی اقتصادی در تولید محصولات کشاورزی استفاده کرد.

بررسی متون نشان می‌دهد که هیچ مطالعه جامعی در مورد کاربرد انفیس چند سطحی در تولید چغندرقند و پیش‌بینی شاخص‌های اقتصادی انجام نشده است. در این مطالعه همچنین با توجه به اهمیت تولید بهینه محصول، از روش تحلیل پوششی داده‌ها در ارایه مدل بهینه تولید استفاده شده است. بر این اساس، اهداف اصلی این مطالعه عبارتند از: (۱) برآورد شاخص‌های اقتصادی در تولید چغندرقند (۲) ارایه مدل بهینه تولید با روش تحلیل پوششی داده‌ها (۳) توسعه یک مدل انفیس چند سطحی برای پیش بینی شاخص اقتصادی.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری و جمع آوری اطلاعات

این پژوهش در استان همدان به عنوان یکی از تولیدکنندگان عمده چغندرقند در کشور صورت گرفته است. باتوجه به وابستگی عملکرد محصول به شرایط سال زراعی، جهت برطرف کردن این مشکل، اطلاعات این پژوهش میانگین داده‌های سال‌های ۱۳۹۲، ۱۳۹۷ و ۱۴۰۱ می‌باشد. شهرستان‌های نهاوند، اسدآباد، فامنین و رزن بیشترین تولید محصول در استان را دارا بودند که اطلاعات از کشاورزان این شهرستان‌ها به‌دست آمد. به‌منظور برآورد شاخص‌ها و مدل‌سازی تعداد ۸۸ فرم از طریق کشاورزان استان تکمیل شد. با توجه به نوع زراعت محصول چغندرقند، کشاورزان خرده‌پا عموما وارد عرصه تولید این

1- Mousavi-Avval *et al.*
2- Sefeedpari *et al.*
3- Elhami *et al.*
4- Khoshnevisan *et al.*
5- Kisi and Shiri
6- Pour-Ali Baba *et al.*
7- Fahimifard *et al.*

محصول نمی‌شوند. تعداد کشاورزان مورد مطالعه از رابطه کوکران محاسبه شد[1] (۵):

$$n = \frac{Ns^2t^2}{Nd^2 + s^2t^2} \quad (۱)$$

که در آن N اندازه جامعه آماری، t ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t استیودنت به دست می آید، s^2 برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه، d دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و n حجم نمونه است.

محاسبه شاخص‌های اقتصادی

برای محاسبه شاخص‌های اقتصادی نیاز به مشخص کردن قیمت نهاده‌ها و ستانده‌ها می‌باشد. قیمت هر یک از نهاده‌ها و ستانده‌ها براساس قیمت خرید یا فروش در بازار مشخص گردید. اطلاعات این قیمت‌ها از کشاورزان یا تامین‌کننده‌های کالا یا خدمات اخذ شد. یکی از نهاده‌های مهم درتولید محصولات کشاورزی، آب مصرفی می‌باشد. در ایران در محاسبه قیمت نهایی محصولات کشاورزی قیمت آب به درستی اعمال نمی‌شود. کشاورزان در صورت تملک چاه آب، مبلغ ناچیزی بابت بهای آب به وزارت نیرو پرداخت می‌کنند. در نقطه مقابل، اگر کشاورزی فاقد چاه آب یا سهم آب باشد، باید برای زمین خود آب خریداری کند. آب خریداری شده در جامعه کشاورزی و عرف کشاورزان قیمت مشخصی دارد که این قیمت به مراتب بیشتر از مبلغی است که صاحبان چاه‌ها به دولت پرداخت می‌کنند. لذا در این مطالعه قیمت عرف آب که در بین کشاورزان خرید و فروش می‌شد در نظر گرفته شد تا هزینه‌های محاسبه شده، هزینه‌های دقیق‌تری باشد.

شاخص‌های اقتصادی مورد مطالعه در این پژوهش شامل درآمد کل، سود ناخالص، سود خالص، بهره‌وری و نسبت فایده به هزینه می‌باشند. هزینه‌های تولید شامل هزینه‌های ثابت و هزینه‌های متغیر می‌باشد. شاخص‌های اقتصادی با استفاده از روابط زیر به‌دست آمدند (۹):

$$GR = Y \times P \quad (۱)$$

$$GI = GR - VC \quad (۲)$$

$$NI = GR - TC \quad (۳)$$

$$PR = Y / TC \quad (۴)$$

$$BC\ Ratio = GR / TC \quad (۵)$$

که در روابط فوق، GR درآمد کل بر حسب دلار بر هکتار، Y عملکرد بر حسب کیلوگرم بر هکتار، P قیمت محصول بر حسب دلار بر کیلوگرم، GI سود ناخالص بر حسب دلار بر هکتار، VC هزینه‌های متغیر تولید بر حسب دلار بر هکتار، NI سود خالص بر حسب دلار بر هکتار، TC کل هزینه‌های تولید بر حسب دلار بر هکتار، PR بهره‌وری بر حسب کیلوگرم بر دلار، و BC Ratio نسبت فایده به هزینه می‌باشد که فاقد واحد می‌باشد. به‌منظور قابل مقایسه کردن نتایج این مطالعه با نتایج دیگر مطالعات و تقلیل اثر نوسانات قیمت در بازار ایران، واحد محاسبه قیمت‌ها برحسب دلار در نظر گرفته شد. مبنای قیمت دلار نیز براساس قیمت بازار دلار در شهریور و مهرماه ۱۴۰۱ با میانگین تقریبی ۳۱۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. دلیل انتخاب ماه‌های شهریور و مهر به خاطر این است که اکثر داد و ستدهای کشاورزان در این دو ماه رخ می‌دهد.

روش تحلیل پوششی داده‌ها برای اندازه گیری کارایی

تحلیل پوششی داده‌ها یک روش برنامه‌ریزی ریاضی برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ای[2] (DMUs) است که چندین ورودی و چندین خروجی دارند (۱۷). در این مطالعه هر مزرعه یک DMU در نظر گرفته می‌شود. تحلیل پوششی، کارایی را در سه تعریف متفاوت ارایه می‌دهد که شامل کارایی فنی، کارایی فنی مطلق و کارایی مقیاس است. کارایی فنی به وسیله واحدهای ارزیابی شده برای عملکردشان که وابسته به دیگر واحدهاست، اندازه‌گیری می‌شود. کارایی فنی مطلق

1- Chohran

2- Decision Making Units

نوعی کارایی فنی است که متاثر از جابجایی کارایی مقیاس می باشد. کارایی مقیاس نیز از تقسیم کارایی فنی بر کارایی فنی مطلق حاصل می‌شود (۳).

الگوهای DEA به طور کلی شامل دو الگوی CCR (چارنز، کوپر، رودز[1]) و الگوی BCC (بنکر، چارنز و کوپر[2]) می‌باشد (حروف اول نام پدید آورندگانشان). در مدل CCR فرض بر بازدهی ثابت نسبت به مقیاس است ولی در مدل BCC فرض بر بازدهی متغیر نسبت به مقیاس می‌باشد. در مطالعه حاضر از روش ورودی-محور استفاده گردید و برای تعیین بالاترین نسبت کارایی و دخالت دادن میزان نهاده‌ها و ستاده‌های سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده در تعیین اوزان بهینه برای واحد تحت بررسی، مدل پایه زیر پیشنهاد شد (۱ و ۱۷):

$$maximize\ \theta = \sum_{r=1}^{n} u_r y_{rj}$$

$$subjected\ to \sum_{r=1}^{n} u_r y_{rj} - \sum_{s=1}^{m} v_s x_{sj} \leq 0 \quad (۱)$$

$$\sum_{s=1}^{m} v_s x_{sj} = 1$$

$$u_r \geq 0, v_s \geq 0, and\ (i\ and\ j = 1, 2, 3, \& k)$$

که در آن θ کارایی فنی، u وزن خروجی‌ها، y خروجی‌ها، v وزن ورودی‌ها، x ورودی‌ها، n تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده، r تعداد ورودی‌ها، s تعداد خروجی‌ها و m تعداد نهاده‌ها می‌باشد.

همچنین برای محاسبه کارایی فنی مطلق از مدل برنامه‌ریزی خطی زیر استفاده شد (۱۷):

$$\begin{aligned} &Maximize\ z = uy_i - u_i \\ &Subjected\ to\ vx_i = 1 \\ &-vX + uY - u_0 e \leq 0 \\ &v \geq 0, u \geq 0\ and\ u_0\ free\ in\ sign \end{aligned} \quad (۲)$$

به‌منظور انجام تحلیل‌ها از نرم‌افزار EMS نسخه 1.3 استفاده شد.

مدل‌سازی با سیستم استنتاج تطبیقی فازی-عصبی

در این پژوهش از سیستم استنتاج تطبیقی فازی-عصبی به منظور پیش‌بینی نسبت سود به هزینه استفاده گردیده است. سیگنال‌های ورودی در تدوین تمام مدل‌سازی‌های موردنظر، میزان نهاه‌ها بودند. مقدار ورودی شامل نهاده‌های نیروی کارگری، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، آب آبیاری، بذر چغندرقند، تجهیزات و ماشین‌های کشاورزی و الکتریسیته بودند. برای به‌دست آوردن بهترین پیش‌بینی، توابع عضویت مختلف نظیر تابع عضویت مثلثی، ذوزنقه‌ای، گوسی، لگاریتمی و زنگوله‌ای مورد آزمون قرار گرفت. همچنین آرایش‌های مختلفی نیز بررسی شد تا بهترین آرایشی که مدل را پیش‌بینی می‌کند ارایه گردد. قواعد فازی مختلفی برای نگاشت فضای ورودی به خروجی وجود دارد که یکی از مناسب‌ترین آن‌ها مدل فازی TSK[3] می‌باشد (۱۲).

در اجرای سیستم‌های تطبیقی فازی-عصبی محدودیتی در تعداد ورودی‌های منتخب وجود دارد. تعداد این ورودی‌ها نمی‌تواند بیشتر از پنج ورودی باشد. اگر تعداد مشاهدات کمتر از ۴۰ مورد باشد این شرایط بحرانی‌تر خواهد شد. دلیل این موضوع کافی نبودن تعداد داده‌ها به علت بالا بودن قوانین فازی مورد استفاده و زمان بالای آموزش می‌باشد. در این مطالعه همان‌گونه که در بالا اشاره شده، تعداد ورودی‌ها بیشتر از پنج مورد می‌باشد. برای مقابله با این مشکل، آرایش‌های مختلف انفیس مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت تا بهترین نتایج انتخاب شود (۱۲).

به‌منظور ارزیابی دقت مدل‌های پیش‌بینی از معیارهای ضریب همبستگی (R)، میانگین درصد خطای نسبی[4] (RME) و ریشه میانگین مربعات خطا[5] (RMSE) استفاده

1- Charnes- Cooper-Rhodes
2- Banker, Charns and Cooper

3- Takagi–Sugeno–Kang (TSK) fuzzy models
4- Mean Relative Error
5- Root Mean Square Error (RMSE)

گردید. این معیارها از روابط زیر قابل محاسبه می‌باشند (۲۳):

$$R = \sqrt{1 - \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} \hat{y}_i^{\,2}}} \quad (۳)$$

$$RME = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \times 100 \quad (۴)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)} \quad (۵)$$

که در این رابطه n تعداد ارقام پیش‌بینی شده، y_i مقادیر مشاهده شده شاخص و $\hat{y}_i$ عدد پیش‌بینی شده و n تعداد مشاهدات می‌باشد. تمامی مدل‌ها در برنامه MATLAB کدنویسی و اجرا شده است.

نتایج و بحث

نتایج در سه بخش شامل نتایج مربوط به محاسبه شاخص‌های اقتصادی، نتایج مربوط تحلیل پوششی داده‌ها و نتایج مربوط به مدل‌سازی با انفیس به شرح زیر ارایه شده است:

ارزیابی شاخص‌های اقتصادی

جدول۱ ارزش اقتصادی هر کدام از نهاده‌ها در تولید چغندرقند را نشان می‌دهد. در این جدول همچنین سهم هر کدام از نهاده‌ها در هزینه‌های ثابت، هزینه‌های متغیر و هزینه‌ی کل نشان داده شده است. همان‌گونه که ازجدول۱ مشخص است غالب هزینه‌های تولید، در دسته‌ی هزینه‌های متغیر دسته‌بندی شده‌اند. هزینه‌های متغیر ۸۴ درصد و هزینه‌های ثابت ۱۶ درصد هزینه‌های کل تولید چغندرقند را به خود اختصاص داده‌اند. از این مسئله می‌توان به این نتیجه رسید که با اعمال روش‌های مدیریتی مناسب، می‌توان به‌مقدار چشم‌گیری از هزینه‌های کل تولید محصول کاست.

همان‌گونه که از جدول۱ برمی‌آید، نیروی انسانی بیشترین سهم هزینه را در بین تمام هزینه‌های ثابت و متغیر به خود اختصاص داده است. سهم نیروی انسانی از هزینه‌های متغیر و کل هزینه‌ها به ترتیب ۴۵ و ۳۸ درصد می‌باشد.رحیمیان[1] (۲۱) نیز گزارش کرد که بیشترین هزینه تولید چغندرقند در استان آذربایجان غربی مربوط به نیروی کارگری می‌باشد. آن مطالعه نشان می‌داد که سهم نیروی کارگری از کل هزینه‌های تولید ۳۲/۱۷ درصد می‌باشد. تولید چغندقند به دلیل نیاز این محصول به عملیات وجین (حداقل سالی دوبار) از محصولاتی می‌باشد که نیروی انسانی زیادی را طلب می‌کند. نیروی انسانی برای عملیات آبیاری نیز از دیگر مواردی است که باعث نیاز بالای این محصول به نیروی کارگری شده است. سیستم آبیاری غالب مزارع به صورت سیستم جویچه‌ای می‌باشد. با استفاده از ماشین‌های مناسب عملیات داشت چغندرقند، نظیر ماشین‌های وجین و سله‌شکنی، سمپاشی و کوددهی سهم قابل توجهی از نیاز نیروی کارگری کاهش خواهد یافت. استفاده از روش آبیاری بارانی به جای سیستم آبیاری جویچه‌ای نیز نیاز به نیروی کارگری را کاهش خواهد داد. نیاز بیشتر نیروی انسانی در سیستم آبیاری جویچه‌ای نسبت به سیستم آبیاری بارانی در مطالعات متعددی گزارش شده است (۴، ۶ و۷). در برخی از مزارع عملیات برداشت با استفاده از نیروی کارگری و به صورت دستی صورت می‌گیرد. البته اکثر مزارع به صورت نیمه مکانیزه عملیات برداشت را انجام می‌دهند. در این مزارع عملیات برداشت به این صورت است که بعد از سرزنی شاخ و برگ‌های گیاه، غده‌ها توسط گاوآهن یا ماشین غده‌کنی کششی روی زمین ریخته شده و سپس غده‌ها جداگانه بار زده می‌شوند. عملیات برداشت چغندرقند علاوه بر نیاز به نیروی کارگری زیاد، به‌دلیل تداخل با روزهای سرد پاییزی و بعضا بارندگی در آن روزها، از عملیات دشوار کشاورزی به شمار می‌رود. هرچند براساس مشاهدات میدانی، برداشت دستی در مزارع محدودی انجام می‌گرفت، ولی به دلیل در دسترس نبودن ماشین مناسب عملیات برداشت،

1- Rahimyan

این عملیات همچنان نیروی انسانی قابل توجهی را به خود اختصاص داده است. کشت محصول در زمین با مساحت بالا نیز استفاده از ماشین‌های کشاورزی در مزارع را راحت‌تر و مقرون به صرفه‌تر خواهد کرد. با توجه به قیمت بالای ماشین‌های برداشت چغندرقند، حمایت دولت یا کارخانجات قند در تامین این ماشین ضروری می‌باشد.

سهم بعدی از هزینه‌های تولید به صورت مشترک مربوط به اجاره‌ی زمین و آب مصرفی می‌باشد. علی‌رغم این‌که آب دومین نهاده از نظر هزینه در تولید محصول چغندرقند می‌باشد، با این حال، غالبا در محاسبات مربوط به هزینه‌ی تمام شده‌ی محصول توسط کشاورزان مغفول می‌ماند. دلیل آن هم این است که عموما کشاورزان برای آب مصرفی خود بهای واقعی را پرداخت نمی‌کنند. همین امر باعث عدم توجه و هدر دادن این نهاده ارزشمند توسط کشاورزان شده است.

هزینه‌ی بعدی مربوط به هزینه‌ی بذر می‌باشد. حدود هشت درصد از هزینه‌های تولید مربوط به هزینه‌ی خرید بذر می‌باشد. طیف وسیعی از رقم‌های بذر نظیر پرفکتا ، پیرولا، ایزابلا، توربا‌تا و فراز در بین کشاورزان مورد استفاده قرار می‌گرفت که در یک تقسیم‌بندی متعارف بین کشاورزان به بذر خارجی و بذر ایرانی تقسیم‌بندی می‌شود. بذرهای خارجی قیمتی حدود هشت برابر قیمت بذر ایرانی دارد. قیمت‌ها براساس قیمت‌های سال ۱۴۰۱ در نظر گرفته شده است. براساس نتایج به‌دست آمده و اظهارات کشاورزان، گرچه عملکرد محصول بذر خارجی با بذر داخلی تفاوتی ندارد، ولی به دلیل این‌که بوته‌های حاصل از بذرهای ایرانی، در برابر آفات، بیماری و قارچ‌ها حساس‌تر می‌باشد، کشاورزان حاضر هستند با پرداخت حدود هشت برابر بیشتر از هزینه‌ی بذر ایرانی، بذرهای خارجی را تامین نمایند. در مناطقی از استان که زمین برای زراعت چغندرقند بکر بود و گیاه تحت تاثیر آفات و بیماری‌ها قرار نمی‌گرفت، کشاورزان با استفاده از بذرهای ایرانی، علاوه بر پرداخت مبلغ پایین‌تر، عملکرد بیشتری نیز به دست آوردند.

هزینه‌ی تهیه‌ی کودهای شیمیایی و تهیه یا اجاره ماشین‌های کشاورزی نیز هر کدام با سهم هفت درصدی از هزینه‌های تولید، رتبه‌های بعدی از هزینه‌ها را به خود اختصاص داده‌اند(جدول۱). سهم بقیه‌ی نهاده‌ها از هزینه‌ی تولید، یعنی هزینه‌ی سموم شیمیایی و کودهای ریزمغذی، کود حیوانی، تعمیر و نگهداری ماشین‌ها، استهلاک ماشین‌ها، الکتریسیته و سوخت دیزل تقریبا کمتر از دو درصد بوده است.

جدول۲ شاخص‌های اقتصادی در تولید چغندرقند را نشان می‌دهد. کشاورزان بعد از پرداخت هزینه‌های مربوط به نهاده‌ها، عموما محصول خود را به کارخانه قند همدان می‌فروشند. کارخانه تفاله‌ی حاصل از این غده‌ها را به خود کشاورزان برگشت می‌دهد که کشاورزانی که به این تفاله‌ها نیازی ندارند، آن را به خود کارخانه می‌فروشند. عموما کارخانه به ازای هر تن چغندرقند تحویلی، ۲۰ کیلوگرم تفاله به کشاورزان عودت می‌دهد. بنابراین برای محاسبه درآمد کشاورزان در زراعت چغندرقند، بایستی هم فروش غده و هم فروش تفاله لحاظ گردد.

جدول۲ نشان می‌دهد که نسبت فایده به هزینه در تولید چغندرقند همدان ۱/۳۴ می‌باشد.اصغری‌پور و همکاران[1] (۲) در استان خراسان رضوی در تولید چغندرقند نسبت فایده به هزینه را ۱/۳ گزارش کرد. رحیمیان (۲۱) در استان آذربایجان غربی نسبت فایده به هزینه را برای چغندرقند ۳/۸۸ گزارش کرد. اردال و همکاران[2] (۹) در ترکیه نسبت فایده به هزینه‌ی تولید چغندرقند را ۱/۱۷ به‌دست آورد. نتایج این مطالعه در هماهنگی با نتایج مطالعات ذکر شده می‌باشد؛ البته در مطالعات اصغری‌پور و همکاران (۲) و اردال و همکاران (۹) تنها درآمد حاصل از فروش غده‌ها در محاسبات اعمال شده و از درآمد حاصل از فروش تفاله صرف‌نظر شده بود.

1- Asgharipour *et al.*
2- Erdal *et al.*

تحلیل پوششی داده‌ها برای هزینه‌های تولید چغندرقند

با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و با دو مدل BCC و CCR ورودی محور به بهینه‌سازی اقتصادی نهاده‌های تولید چغندرقند در منطقه‌ی مورد مطالعه پرداخته شد. ورودی‌ها شامل هزینه‌ی نیروی کارگری، سوخت دیزل، کود شیمیایی (شامل انواع کودها نیتروژنه، پتاسه، فسفاته و ریزمغذی‌ها)، کود حیوانی، ماشین (شامل هزینه‌ی بهره‌برداری یا اجاره، استهلاک و نگهداری و تعمیرات)، سموم شیمیایی (شامل انواع قارچ‌کش، علف‌کش و آفت‌کش)، بذر، الکتریسیته، آب آبیاری و هزینه‌ی اجاره‌ی زمین بر حسب دلار بر هکتار ($/ha) و خروجی عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم بر هکتار (kg/ha) است. نتایج مربوط به کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس به صورت درجدول۳ گزارش شده است.

جدول (۱) شرح هزینه‌های تولید در مزارع چغندرقند
Table (1) Items of costs in sugar beet production

نوع هزینه‌ها Cost items	مقدار هزینه‌ها (دلار بر هکتار) Amount of Costs ($ ha^{-1})	درصد از هزینه‌های ثابت (٪) Percentage of fixed costs (%)	درصد از هزینه‌های متغیر (٪) Percentage of variable costs (٪)	درصد از کل هزینه‌ها (٪) Percentage of total costs (٪)
الف) هزینه‌های متغیر - Variable costs				
کودهای شیمیایی Chemical Fertilizers	194.45	0	8	7
ریزمغذی‌ها Micro Fertilizers	47.81	0	2	2
کودحیوانی Manure	27.61	0	1	1
سموم شیمیایی Chemicals	50.20	0	2	2
بذر Seed	234.29	0	10	8
سوخت دیزل Diesel Fuel	8.21	0	0	0
برق Electricity	39.66	0	2	1
کارگر فصلی Labor	1105.52	0	45	38
آب آبیاری Water for Irrigation	466.10	0	19	16
بهره‌برداری یا اجاره ماشین‌های کشاورزی Machinery	215.84	0	9	7
تعمیر و نگهداری ماشین‌ها Repair and Maintenance of Machinery	42.41	0	2	2
کل هزینه‌های متغیر Total Variable Cost	2432.10	0	100	84
ب) هزینه‌های ثابت Fix Costs				
استهلاک ماشین‌ها Depreciation	41.55	8	0	1
اجاره بهای زمین Land Rent	453.16	92	0	15
مجموع هزینه‌های ثابت Total Fix Costs	494.71	100	0	16
ج) مجموع کل هزینه‌های تولید Total Costs	2926.81			100

جدول(۲) شاخص‌های اقتصادی در تولید چغندرقند در استان همدان

Table (2) Economic indicators in sugar beet production in Hamadan province

شاخص (Items)	واحد (Unit)	مقدار(Value)
عملکرد چغندرقند Yield	kg ha^{-1}	53466
میانگین قیمت فروش Average selling price	$ kg^{-1}	0.06
مقدار تفاله The amount of pulp	kg ha^{-1}	1069
میانگین قیمت فروش تفاله The average sale price of pulp	$ kg^{-1}	0.19
درآمد کل gross revenue	$ ha^{-1}	3621.06
کل هزینه‌های تولید Total production costs	$ ha^{-1}	2926.81
کل هزینه‌های تولید Total production costs	$ kg^{-1}	0.05
سود ناخالص Gross income	$ ha^{-1}	1188.99
سود خالص Net income	$ ha^{-1}	694.28
نسبت فایده به هزینه Benefit-Cost ratio	-	1.34
بهره‌وری Productivity	kg $\$^{-1}$	18.26

جدول (۳) دسته‌بندی مقادیر کارایی فنی، فنی خالص و مقیاس در تولید چغندرقند

Table (3) Frequency distribution of technical, pure technical and scale efficiency of sugar beet farmers

شاخص Item	< 0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	0.6-0.7	0.7-0.8	0.8-0.9	0.9-1	> 1
کارایی فنی Technical efficiency	1	1	5	7	9	21	10	5	10	19
کارایی‌فنی‌خالص Pure technical efficiency	0	0	0	1	0	4	5	9	14	55
کارایی مقیاس Scale efficiency	1	0	3	6	6	16	14	11	12	19

جدول۳ نشان می‌دهد؛ تعداد کشاورزانی که با استفاده از مدل‌های CCR و BCC کارا شناخته شده‌اند به ترتیب ۱۹ و ۵۵ کشاورز می‌باشد. به عبارتی کشاورزانی که با مدل BCC کارا شناخته شده‌اند، بیشتر از کشاورزانی هستند که با مدل CCR کار شناخته شده‌اند.

شکل۱ نیز به مقایسه دسته‌بندی امتیاز کارایی‌های کشاورزان پرداخته است. این شکل به وضوح نشان می‌دهد که کارایی فنی خالص تعداد بیشتری از مزارع بزرگتر یا مساوی یک بوده است.

در جدول۴ برخی از شاخص‌های آماری انواع مختلف کارایی‌ها گزارش شده است. این جدول نشان می‌دهد که میانگین کارایی فنی، کارایی فنی خالص، کارایی مقیاس به ترتیب ۰/۷۳، ۰/۹۴ و ۰/۷۷ می‌باشد.

براساس تحلیل کارایی، مزارعی که دارای کارایی کمتری هستند، برای بهره‌وری بهتر می‌باید کشاورزانی که مزارع آن‌ها کارا شناخته شده است را مورد الگوی خود قرار دهند. افزایش درجه مکانیزاسیون تولید محصول، به دلیل کاهش هزینه‌های مربوط به نیروی انسانی، یکی از موارد مهمی است که کشاورزان باید آن را مورد توجه

قرار دهند. براساس نتایج، تولید در مقیاس مناسب نیز یکی از موارد بسیار مهمی می‌باشد که لازم است صورت بگیرد. در تحلیل‌های پوششی داده‌ها، به کمک نرم‌افزار تمام کشاورزان رتبه‌بندی می‌شوند. درجدول۵ پنج کشاورزی که رتبه‌های برتر و تعداد ارجاع‌های بیشتری را براساس مدل‌های CCR و BCC به خود اختصاص داده‌اند آورده شده است.

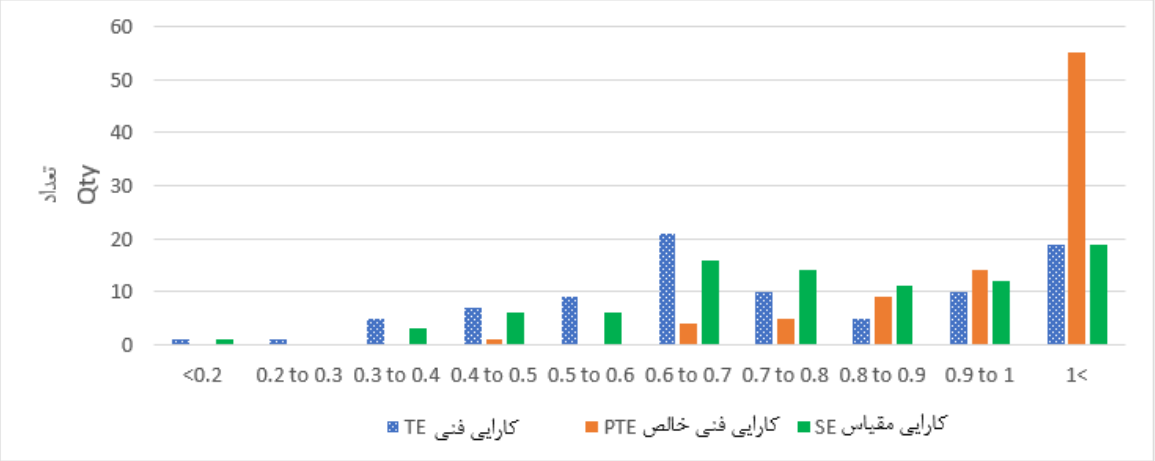
با تاملی در جدول۵ می‌توان جایگاه کشاورزان شماره ۷۴، ۳۳ و ۸۳ را در بین پنج کشاورز برتر توسط هر دو مدل مشاهده کرد.

استفاده از ماشین‌های مناسب و افزایش درجه مکانیزاسیون برای عملیات مختلف اصلی‌ترین عامل افزایش کارایی اقتصادی در مزارع نمونه بود. واضح است چنانچه از نهاده‌ها به میزان مناسب و مطلوبی استفاده نشده و میزان مصرف آن‌ها بیشتر از مقدار مورد مطلوب باشد، علاوه براینکه تاثیر در افزایش عملکرد نخواهد داشت، بلکه هزینه‌های تولید را نیز افزایش خواهد داد. لذا در صورت استفاده از میزان مطلوب نهاده‌ها، مقداری از هزینه‌های مربوط به هر کدام از نهاده‌ها صرفه‌جویی خواهد شد. میزان این صرفه‌جویی در هزینه‌ی نهاده‌ها، به شرط ثابت بودن عملکرد محصول درجدول۶ آورده شده است. جدول۶ نشان می‌دهد که درصد صرفه‌جویی کل هزینه‌های نهاده‌ها در مدل CCR نسبت به مدل BCC مقدار بیشتری دارد. در مدل CCR مقدار ۵۱/۶۴ درصد و در مدل BCC مقدار ۲۸/۲۷ درصد کاهش در هزینه‌ها مشاهده شد. یزدانی و رحیمی[1] (۲۵) در مطالعه‌ای در دشت قزوین برای تولید چغندرقند بیان داشتند که کشاورزان در میزان مصرف نهاده‌ها زیاده‌روی داشته و قادر هستند با کاهش ۵۹ درصدی درمصرف نهاده‌هایی نظیر کودهای شیمیایی، عملکرد محصول را ثابت نگه دارند.

در شکل۲ هر دو روش CCR و BCC از لحاظ میزان صرفه‌جویی اقتصادی تمام نهاده‌ها در تولید چغندرقند مقایسه شده است. در این شکل مشخص است که در اکثر شاخص‌ها، مدل CCR بهینه‌سازی بیشتری را نسبت به مدل BCC داشته است. در مدل CCR بیشترین صرفه‌جویی مربوط به سموم شیمیایی و در مدل BCC بیشترین صرفه‌جویی مربوط به نهاده‌ی کود حیوانی می‌باشد.

بنابراین براساس نتایج تحلیل پوششی داده‌ها، با الگو قرار دادن کشاورزان شناسایی شده به راحتی می‌توان با ثابت نگه داشتن مقدار تولید، ۵۱/۶۴ درصد در هزینه‌ها صرفه‌جویی کرد که عدد قابل توجهی می‌باشد.

1- Yazdani and Rahimi



شکل (۱) دسته‌بندی کشاورزان براساس امتیاز کارایی فنی، فنی خالص و مقیاس

Figure (1) Classification of farmers based on technical, net technical and scale efficiency parameters

جدول(٤) شاخص‌های آماری انواع کارایی در تولید چغندرقند

Table (4) Statistical indicators of different efficiencies in sugar beet production

بیشینه مقدار Max	کمینه مقدار Min	انحراف معیار Standard Deviation	میانگین Average	عنوان (Item)
1	0.15	0.22	0.73	کارایی فنی Technical efficiency
1	0.41	0.11	0.94	کارایی فنی خالص Pure technical efficiency
1	0.18	0.20	0.77	کارایی مقیاس Scale efficiency

جدول (۵) رتبه‌بندی کشاورزان براساس کارایی با دو مدل CCR و BCC

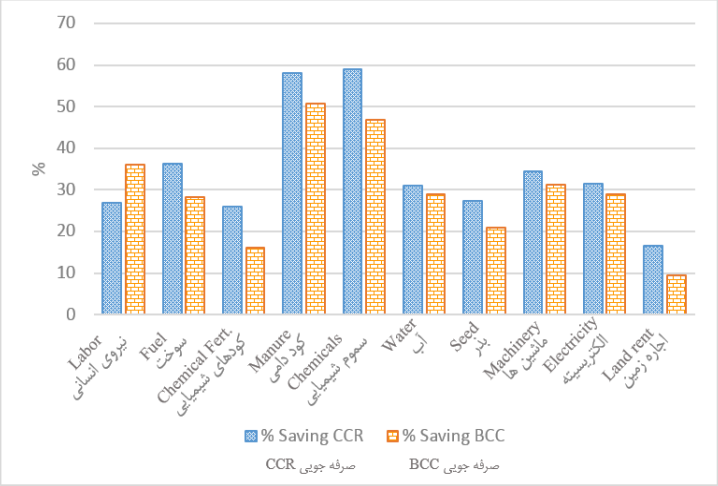
Table (5) Ranking of farmers based on efficiency with two CCR and BCC models

مدل BCC				مدل CCR			
رتبه Rank	تعداد دفعات ارجاع Frequency in referent set	امتیاز Score	شماره کشاورز Farmer No.	رتبه Rank	تعداد دفعات ارجاع Frequency in referent set	امتیاز Score	شماره کشاورز Farmer No.
1	13	1	84	1	48	1	75
2	3	1	53	2	17	1	33
3	3	1	74	3	17	1	67
4	1	1	83	4	5	1	74
5	0	1	33	5	3	1	83

جدول (٦) میزان صرفه جویی اقتصادی در مدل‌های CCR و BCC در تولید چغندرقند

Table (6) The amount of cost savings in CCR and BCC models in sugar beet production

نهاده‌ها inputs	مدل CCR			مدل BCC		
	مقدار بهینه مصرف Optimal value ($ ha^{-1})	مقدار ذخیره شده Saving value ($ ha^{-1})	درصد ذخیره شده Saving percentage (%)	مقدار بهینه مصرف Optimal value ($ ha^{-1})	مقدار ذخیره شده Saving value ($ ha^{-1})	درصد ذخیره شده Saving percentage (%)
نیروی کارگری Labor	808.39	171.65	26.88	707.27	295.38	36.02
سوخت دیزل Diesel fuel	5.23	1.87	36.24	5.89	3.20	28.25
کود شیمیایی Chemical fertilizer	179.48	37.24	25.91	203.21	19.96	16.12
کود حیوانی Manure	11.60	14.7	57.97	13.58	15.01	50.82
سموم شیمیایی Chemicals	20.61	20.03	58.94	26.66	33.78	46.89
آب آبیاری Water for irrigation	321.89	86.69	30.94	330.78	77.84	29.03
بذر Seed	170.05	39.74	27.42	185.39	31.84	20.87
ماشین‌ها Machinery	196.64	69.36	34.41	205.84	68.26	31.34
الکتریسیته Electricity	27.14	8.59	31.57	28.14	5.47	29.04
اجاره زمین Lant rent	37.80	29.29	15.59	410.41	16.39	9.43
کل هزینه‌ی نهاده Total cost	2119	479.17	51.64	2117.17	567.13	28.27



شکل (۲) مقایسه دو روش CCR و BCC در صرفه‌جویی اقتصادی نهاده‌ها

Figure (2) Comparison of two CCR and BCC methods in cost saving of inputs

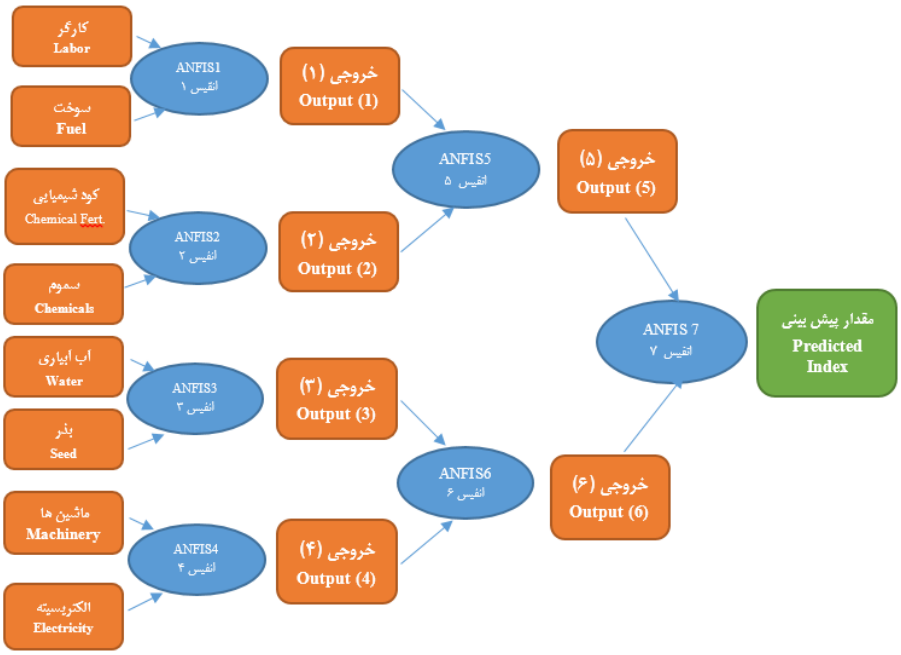
پیش‌بینی عملکرد اقتصادی (نسبت سود به هزینه) با سیستم استنتاج تطبیقی فازی-عصبی

ورودی‌های سیستم شامل مقدار نهاده‌های نیروی انسانی، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، آب آبیاری، بذر، ماشین‌ها و الکتریسیته می‌باشد که این ورودی‌ها به چهار دسته تقسیم و هر گروه به عنوان ورودی‌های انفیس یک تا چهار انتخاب شده است. در پیش‌بینی این مدل، نهاده‌ی کودحیوانی به دلیل تاثیر کمتری که داشت حذف گردید. خروجی انفیس یک و دو به‌عنوان ورودی‌های انفیس پنجم و خروجی‌های انفیس سوم و چهارم به عنوان ورودی‌های انفیس ششم انتخاب شده و بازهم خروجی‌های انفیس پنج و شش به‌عنوان ورودی انفیس هفتم درنظر گرفته شده و خروجی انفیس هفتم به‌عنوان شاخص پیش‌بینی شده می‌باشد. خروجی در این سیستم نسبت سود به هزینه تولید محصول چغندرقند می‌باشد.شکل۳ نشان دهنده آرایش انفیس مورد استفاده می‌باشد.

بنابراین برای پیش‌بینی عملکرد اقتصادی با استفاده از نهاده‌های ورودی در تولید چغندرقند، از آرایشی سه لایه با هفت انفیس استفاده شد. برای پیش‌بینی دقیق‌تر، از ترکیبات مختلف توابع عضویت در توسعه مدل استفاده شد. در آرایش مورد استفاده هفت انفیس وجود دارد که هر کدام از این انفیس‌ها با دقتی مشخصی پیش‌بینی‌ها را انجام می‌دهند. مشخصات انفیس‌های مورد استفاده شامل ضریب همبستگی، خطای نسبی و ریشه میانگین مربعات خطا درجدول۷ آورده شده است. این جدول نشان می‌دهد که ضریب همبستگی برای انفیس‌های اول تا هفتم مقادیر مختلفی بوده که کمترین آن در انفیس دوم با مقدار ۰/۶۲ و بیشترین آن در انفیس هفتم با ۰/۹۸ می‌باشد.

جدول۷ نشان می‌دهد که انفیس هفتم توانایی آن را دارد که با استفاده از ورودی‌ها، که در این‌جا مقادیر مصرف برای نهاده‌ها می‌باشد، عملکرد اقتصادی را با دقت بیشتر (۰/۹۸) و خطای نسبی کمتری (۰/۰۷) نسبت به انفیس‌های دیگر پیش‌بینی کند. مقدار ریشه میانگین مربعات خطا در این انفیس برابر با ۰/۱۸ می‌باشد که نسبت به دیگر انفیس‌ها، از مقدار کوچکتری برخوردار می‌باشد. با توجه به نتایج مطلوب‌تر انفیس هفتم نمودار نیکویی این انفیس بر پیش‌بینی مقادیر عملکرد اقتصادی در مقایسه با مقادیر واقعی آن درشکل۴ رسم شده است. نمودارهای نیکویی برازش برای هر کدام از این انفیس‌ها نیز قابل رسم است که تنها به رسم نمودار انفیس هفتم که خروجی را پیش‌بینی می‌کند بسنده شد(شکل۴).

شکل۴ نشان می‌دهد نشان می‌دهد پراکنش مقادیر پیش‌بینی شده‌ی عملکرد اقتصادی با انفیس هفتم، در مقایسه با مقادیر واقعی آن، از پراکندگی کمتری برخوردار بوده و این بدین معنی است که این مدل قادر است با ضریب تبیینی حدود ۰/۹۶ مقادیر عملکرد اقتصادی را پیش‌بینی نماید. این پیش‌بینی با توجه به ضریب تبیین بالای آن، قابل قبول بوده و در مدل‌سازی‌ها قابلیت به‌کارگیری را دارا می‌باشد. نتایج حاکی از کارایی مطلوب هوش مصنوعی در پیش‌بینی و مدل‌سازی‌های اقتصادی حوزه تولیدات کشاورزی می‌باشد. در مطالعه‌ای که موسوی اول و همکاران (۱۶) برای مدل‌سازی شاخص‌های انرژی خروجی، نسبت سود به هزینه و انتشارات زیست محیطی در تولید کلزا انجام داده بودند، به ترتیب ضریب تبیینی برابر با ۰/۹۰، ۰/۸۷ و ۰/۹۲ گزارش شده است. نبوی پله سرایی و همکاران (۱۸) در تولید برنج ضریب تبیین شاخص‌های انرژی، سود اقتصادی و انتشارات زیست محیطی، مقادیر ۰/۹۱۱، ۰/۹۷۸ و ۰/۹۶۴ را گزارش کرده‌اند. نتایج این مطالعات در تطابق کامل با نتایج مطالعه حاضر می‌باشد.



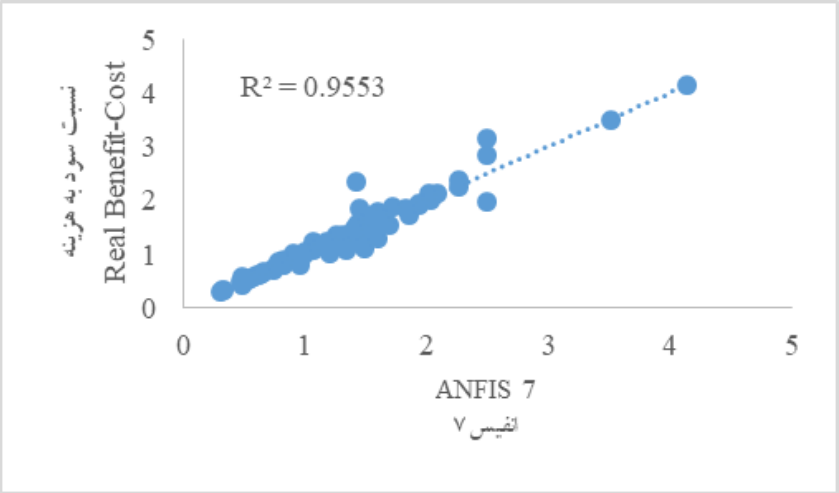
شکل(۳) آرایش انفیس سه لایه برای پیش‌بینی عملکرد اقتصادی با استفاده از نهاده‌های ورودی

Figure (3) Three level ANFIS structure to predict economical productivity of sugar beet production

جدول (۷) مشخصات انفیس سه لایه مورد استفاده برای پیش‌بینی عملکرد اقتصادی

Table (7) Error parameters for prediction of economical productivity of sugar beet by applying three-level ANFIS.

ریشه میانگین مربعات خطا RMSE	میانگین درصد خطای نسبی RME	R	نوع تابع عضویت Type of MF		عنوان Item
			خروجی Output	ورودی Input	
0.40	0.26	0.73	لگاریتمی Logarithmic	مثلثی Triangular	انفیس۱ ANFIS 1
0.53	0.31	0.62	لگاریتمی Logarithmic	مثلثی Triangular	انفیس۲ ANFIS 2
0.35	0.22	0.81	لگاریتمی Logarithmic	مثلثی Triangular	انفیس۳ ANFIS 3
0.25	0.13	0.92	لگاریتمی Logarithmic	مثلثی Triangular	انفیس۴ ANFIS 4
0.28	0.15	0.90	لگاریتمی Logarithmic	مثلثی Triangular	انفیس۵ ANFIS 5
0.22	0.11	0.95	لگاریتمی Logarithmic	مثلثی Triangular	انفیس۶ ANFIS 6
0.18	0.07	0.98	لگاریتمی Logarithmic	مثلثی Triangular	انفیس۷ ANFIS 7



شکل(٤) همبستگی مقادیر پیش بینی شده و مشاهده شده برای بهره‌وری اقتصادی تولید چغندرقند

Figure (4) Cross-correlation of predicted and observed values for economical productivity of sugar beet production

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که حدود ۸۴ درصد از هزینه‌های تولید چغندرقند مربوط به هزینه‌های متغیر می‌باشد. هزینه‌های متغیر را می‌توان با راهکارهای مدیریتی کنترل کرد. مکانیزاسیون کشاورزی و بهره‌گیری از ماشین‌های مناسب، علاوه بر کاستن از سختی کار کشاورزان، هزینه‌های تولید را کاهش می‌دهد. قیمت‌گذاری نهاده‌ی آب نیز در بهینه‌سازی مصرف آن توسط کشاورزان نقش خواهد داشت. استفاده از بذر ایرانی در زمین‌هایی که مشکل علف هرز ندارند، در جهت کاهش هزینه‌های تولید و افزایش درآمد کشاورزان قابل توصیه می‌باشد. تحلیل پوششی داده‌ها قابلیت بهینه‌سازی اقتصادی نهاده‌های تولید چغندرقند را دارا می‌باشد. نتایج DEA نشان داد که براساس مدل CCR حدود ۷۸/۴ درصد از کشاورزان خارج از مرزهای کارایی تولید می‌کنند و با ارایه راهکارهای مدیریتی برگرفته از واحدهای کارا، می‌توانند با ثابت نگه داشتن عملکرد محصول، هزینه‌های مصرفی را کاهش دهند. سیستم استنتاج تطبیقی فازی–عصبی برای پیش‌بینی نسبت سود به هزینه از روی نهاده‌های نیروی انسانی، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، آب آبیاری، بذر، ماشین‌ها و الکتریسیته نتایج خوبی را نشان داد. نتایج اجرای چند سطحی انفیس نشان داد که ساختار انفیس سه سطحی شامل چهار مدل انفیس در سطح اول، دو مدل انفیس در سطح دوم و یک مدل نهایی در سطح سوم بهترین عملکرد را برای پیش‌بینی سود به هزینه دارند. با قدرت بالای این مدل‌ها می‌توان در تصمیم‌گیری‌های اقتصادی بهره‌ی زیادی را گرفت.

References

1. Akram, A., Khanali, M., Golchein, S., and Hosseinzadeh Bndbafha, H. 2017. Optimization of energy consumption in the production of warm water fish using the data envelopment analysis and genetic algorithm. Journal of Fisheries, 69(4): 431-442. (In Persian)

2. Asgharipour, M.R., Mondani, F., and Riahinia, S. 2012. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. Energy, 44: 1078-1084.

3. Banaeian, N., Zangeneh, M., and Omid, M. 2010. Energy use efficiency for walnut producers using data envelopment analysis (DEA). Australian Journal of Crop Science, 4(5): 359-362.

4. Brouwer, C., Prins, K., Kay, M., and Heibloem, M. 1988. Irrigation water management: irrigation methods. Training manual, 9(5): 5-7.

5. Cochran, W.G. 1977. Sampling Techniques. John Wiley and Sons. New York. pp: 203.

6. Darouich, H.M., Pedras, C.M., Gonçalves, J.M., and Pereira, L.S. 2014. Drip vs. surface irrigation: A comparison focussing on water saving and economic returns using multicriteria analysis applied to cotton. Biosystems Engineering, 122: 74-90.

7. Darouich, H., Cameira, M.R., Gonçalves, J.M., Paredes, P., and Pereira, L.S. 2017. Comparing sprinkler and surface irrigation for wheat using multi-criteria analysis: water saving vs. economic returns. Water, 9(1): 50.

8. Elhami, B., Akram, A., Khanali, M., and Mousavi-Avval, S.H. 2016. Application of ANFIS and linear regression models to analyze the energy and economics of lentil and chickpea production in Iran. Energy Equipment and Systems, 4(2): 255-270.

9. Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., and Gunduz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy, 32: 35-41.

10. Fahimifard, S.M., Salarpour, M., Sabouhi, M., and Shirzady, S. 2009. Application of ANFIS to agricultural economic variables forecasting case study: poultry retail price. Journal of Artificial Intelligence, 2(2): 65-72.

11. Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Iqbal, J., Shamshirband, S., Omid, M., Badrul, A.N., and Abdul, W.A. 2015. A comparative study between artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference systems for modeling energy consumption in greenhouse tomato production: A case study in Isfahan province. Journal of Agricultural Science and Technology, 17: 49-62

12. Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M. and Mousazadeh, H. 2014. Prediction of potato yield based on energy inputs using multi-layer adaptive neuro-fuzzy inference system. Measurement, 47: 521–530.

13. Kiani, M.K.D., Ghobadian, B., Tavakoli, T., Nikbakht, A.M., and Najafi, G. 2010. Application of artificial neural networks for the prediction of performance and exhaust emissions in SI engine using ethanol-gasoline blends. Energy, 35(1): 65-69.

14. Kisi, O., and Shiri, J. 2014. Prediction of long-term monthly air temperature using geographical inputs. International Journal of Climatology, 34(1): 179-186.

15. Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Sharifi, M., Hosseinpour, S., and Shah, A. 2017a. Combined application of life cycle assessment and adaptive neuro-fuzzy inference system for modeling energy and environmental emissions of oilseed production. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 78: 807-820.

16. Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Sharifi, M., Hosseinpour, S., Notarnicola, B., Tassielli, G., and Renzulli, P.A. 2017b. Application of multi-objective genetic algorithms for optimization of energy, economics and environmental life cycle assessment in oilseed production. Journal of Cleaner Production, 140: 804-815.

17. Nabavi-Pelesaraei, A., Abdi, R., Rafiee, S., and Mobtaker, H.G. 2014. Optimization of energy required and greenhouse gas emissions analysis for orange producers using data envelopment analysis approach. Journal of Cleaner Production, 65: 311–317.

18. Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., and Chau, K.W. 2019. Comprehensive model of energy, environmental impacts and economic in rice milling factories by coupling adaptive neuro-fuzzy inference system and life cycle assessment. Journal of cleaner production, 217: 742-756.

19. Naderloo, L., Alimardani, R., Omid, M., Sarmadian, F., Javadikia, P., Torabi, M.Y., and Alimardani, F. 2012. Application of ANFIS to predict crop yield based on different energy inputs. Measurement, 45(6): 1406-1413.

20. Pour-Ali Baba, A., Shiri, J., Kisi, O., Fard, A.F., Kim, S., and Amini, R. 2013. Estimating daily reference evapotranspiration using available and estimated climatic data by adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) and artificial neural network (ANN). Hydrology Research, 44(1): 131-146.

21. Rahimyan, B. 2015. Determination of economic, energy and environmental indicators of some crops (sugar beet, wheat and pea) in West Azarbaijan Provine (Boukan Region) using computional intelligence techniques. Faculty of Agricultural Engineering and Technology. University of Tehran, Tehran, Iran. (in Persian)

22. Sefeedpari, P., Rafiee, S., Akram, A., Chau, K.W., and Pishgar-Komleh, S.H. 2016. Prophesying egg production based on energy consumption using multi-layered adaptive neural fuzzy inference system approach. Computers and Electronics in Agriculture, 131: 10-19.

23. Shahbazi, A., Khaliqi Sygarodi, S., Malekian, A., and Salajegheh, A. 2014. Selection of the best empirical formula to estimate time of concentration in urban watersheds (Case study: Mahdasht town). Journal of Range and Watershed Management, 67(3): 419-435. (In Persian)

24. ShirvaniBoroujeni, M., Soleimani M., and Zaki Dizaji H. 2020. Evaluation of environmental impacts and energy use of sugar beet production and predicting the yield using ANN and ANFIS in Chaharmahal and Bakhtiari province of Iran. Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery, 9(2): 107-118. (In Persian)

25. Yazdani, S., and Rahimi, R. 2013. Evaluation the Efficiency of Sugar beet Production in Qazvin Plain. Journal of Sugar Beet, 28(2): 221-209. (In Persian with English abstract)