

## کاربرد تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی کارایی انرژی واحدهای تولید مرغ گوشتی (مطالعه موردی: منطقه آزاد ماکو)

- اعظم رضایی (نویسنده مسئول)  
استادیار گروه اقتصاد کشاورزی-دانشکده مدیریت کشاورزی- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- علی اسماعیلزاده  
دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مدیریت کشاورزی، واحد ماکو، دانشگاه آزاد اسلامی، ماکو، ایران.

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۶

شماره تماس نویسنده مسئول: ۰۱۷۳۲۴۲۶۹۴۲

Email: arezaee@gau.ac.ir

### چکیده

با افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش تقاضا و ارتقای استاندارد سطح زندگی، کاربری انرژی در صنعت مرغداری رو به افزایش است. با توجه به اهمیت انرژی به عنوان نهاده‌ای مؤثر در مرغداری، تحقیق حاضر به منظور تحلیل کارایی انرژی و شاخص‌های مدیریتی واحدهای تولیدی مرغ گوشتی در منطقه آزاد ماکو انجام گرفت. اطلاعات مورد نیاز از ۲۱ واحد مرغداری با تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری در دوره جوجه‌ریزی آبان، آذر و دی ماه ۱۳۹۴ جمع آوری شد. کارایی انرژی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها با مدل‌های بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس بر اساس ۵ نهاده انرژی شامل جوجه، دان مصرفی، سوخت، الکتریسیته و کارگر و ۲ ستانده انرژی شامل گوشت مرغ و کود مرغی محاسبه شد. بر اساس مدل بازده ثابت نسبت به مقیاس، از ۲۱ واحد مرغداری مورد بررسی، ۱۳ مرغداری (۶۱/۹٪) دارای امتیاز کارا و ۸ مرغداری (۳۸/۱٪) دارای امتیاز ناکارا بوده‌اند. همچنین بر اساس مدل بازده متغیر نسبت به مقیاس، ۱۵ واحد (۷۱/۴۲٪) کارا و ۶ واحد (۲۸/۵۷٪) ناکارا بوده‌اند. به علاوه، بیشترین و کمترین مصرف انرژی از کل انرژی مصرف شده به ترتیب مربوط به سوخت گازوئیل (۶۶/۲ درصد) و نیروی کار (۰/۰۷ درصد) می‌باشد. همچنین، مرغداران در مصرف سوخت بیشترین میزان ناکارایی و در مصرف جوجه کمترین میزان ناکارایی را داشته‌اند. ناکارایی مصرف گازوئیل به دلیل همزمانی دوره جوجه‌ریزی مورد بررسی با دوره سرما، عدم مدیریت صحیح مصرف به ویژه در سیستم گرمایشی سالن‌ها و استفاده از گازوئیل بعنوان سوخت گرمایشی خانه‌های کارگری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، شاخص‌های انرژی، مرغ گوشتی، کارایی

Animal Science Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 117 pp: 27-40

### Application of Data Envelopment Analysis to Evaluation Energy Efficiency in Broiler Production Farms (Case Study: Maku Free Zone)

By: Azam Rezaee\*<sup>1</sup>, Ali Esmailzadeh<sup>2</sup>

1: Assistant Professor of Agricultural Economics, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural resources. arezaee@gau.ac.ir

2: MSc student of agricultural management, Islamic Azad University, Maku Branch, Iran

Received: October 2016

Accepted: May 2017

As population grows and consequently the increase of application and the elevation of people's lives, energy use has increased in poultry production industry. Regarding the importance of energy as an effective input in poultry, this research is done for efficiency analysis and index management of Broiler production in Maku Free Zone. The required data are gathered by the questionnaire and interview in 21 units of poultry during November, December and January 2015 in incubation period. Energy efficiency is calculated using Data Envelopment Analysis by constant and variable return to scale model relating to scale for 5 energy inputs including chicks, seeds, fuel, electricity, labor and 2 outputs like chicken and manure. According to the constant return to scale model it is observed that considering 21 units of poultry, 13 poultries (61.9%) had efficiency scores and 8 poultries (38.1%) had non-efficiency scores. Also according to constant return to scale model, 15 units (7.42) were efficient and 6 units (28.57%) were non-efficient. In addition the highest and the lowest fuel consumption were for gasoline (66.2%) and labors (0.07%). Poultries were the most non-efficient in fuel consumption and were the least non-efficient in chick consumption. The non-efficient use of gasoline is because of the simultaneity of incubation time and cold season, incorrect use management especially in halls and consuming gasoline as a fuel for labors' houses.

**Key words:** Data Envelopment Analysis, Energy Indices, Broiler Production, Efficiency

#### مقدمه

آزاد ماکو دارای ۵۸ واحد مرغداری با ظرفیت ۱۰۳۵۵۰۰ قطعه می‌باشد (جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی، ۱۳۹۴). کارایی فنی<sup>۱</sup> عبارت است از به دست آوردن حداکثر محصول با استفاده از مقدار مشخصی از عوامل تولید و یا حداقل سازی میزان استفاده از عوامل تولید برای سطح معینی از محصول. مطالعات مختلفی به بررسی کارایی فنی در صنعت طیور پرداخته‌اند. فطرس و سلگی (۱۳۸۶) به اندازه‌گیری کارایی اقتصادی و تعیین میزان سوددهی واحدهای پرورش جوجه گوشتی استان همدان با استفاده از روش DEA پرداختند که میانگین کارایی ۵۴ درصد بود. محمدی (۲۰۰۸) در استان فارس کارایی ۳۵ واحد تولیدی طیور را با

هدف از تحلیل انرژی، جایگزینی نهاده‌های با انرژی مصرفی بالا با منابع تجدیدپذیر و انرژی مصرفی پایین تر می‌باشد. اندازه‌گیری منظم کارایی باعث استفاده بهینه از منابع و جلوگیری از افزایش نامتعادل مصرف انرژی خواهد شد (Sainz, ۲۰۰۳). با افزایش جمعیت و افزایش تقاضا برای گوشت سفید، گسترش صنعت مرغداری برای تأمین نیازهای پروتئینی ضروری به نظر می‌رسد (Heidari و همکاران، ۲۰۱۲). در سال ۱۳۹۳ تعداد ۱۷۸۷۷ واحد مرغداری گوشتی دارای پروانه بهره‌برداری با ظرفیت ۳۵۴۱۸۶ قطعه در ایران موجود بوده است. استان آذربایجان غربی دارای ۶۹۳ واحد مرغداری با ظرفیت ۱۳۹۶۶۲۳۰ قطعه است و منطقه

انرژی واحدهای تولید مرغ گوشتی در منطقه آزاد ماکو انجام شده است و اهداف اختصاصی عبارتند از: (۱) تعیین شاخص‌های تحلیل انرژی واحدهای مرغ گوشتی (۲) تعیین میزان کارایی واحدهای مرغ گوشتی.

### مواد و روش‌ها

در منطقه آزاد ماکو ۵۸ واحد مرغداری گوشتی وجود دارد که ۵۵ واحد آن فعال می باشد. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق از ۲۱ مرغداری منطقه آزاد ماکو که در آبان - آذر و دی ماه ۱۳۹۴ جوجه‌ریزی کرده‌اند از طریق مصاحبه حضوری با مرغداران و تکمیل پرسشنامه جمع‌آوری شد. اطلاعات از مرحله آماده‌سازی مرغداری جهت جوجه‌ریزی یعنی ضد عفونی کردن سالن‌ها آغاز و تا آخرین مرحله یعنی فروش محصول بدست آمده است. برای دستیابی به اطلاعات مورد نیاز پرسش‌نامه‌هایی طراحی شد که شامل هفت قسمت بود: (۱) اطلاعات ساختمان و سالن پرورش (مساحت کل زمین، مساحت سالن‌های پرورش، نوع سالن، تعداد سالن، عمر ساختمان و...). (۲) اطلاعات مربوط به جوجه (تاریخ جوجه‌ریزی، نژاد جوجه‌ها، نام شرکت مرغ مادر، تعداد جوجه در ابتدای دوره، تعداد کل تلفات، تاریخ بارگیری مرغ و...). (۳) اطلاعات مربوط به تاسیسات و تجهیزات (آسیاب تهیه خوراک، نوع دانخوری، نوع آبخوری (اتوماتیک/دستی) و تعداد آن‌ها، نوع سیستم تهویه، نوع سیستم گرمایش و...). (۴) اطلاعات مربوط به خوراک مصرفی (نوع ترکیب جیره، مقدار کل خوراک مصرفی و...). (۵) اطلاعات مربوط به کارگر، سوخت، برق و آب مصرفی (تعداد کارگر ثابت، تعداد کارگر اضافه، مقدار کل سوخت مصرفی، و...). (۶) اطلاعات مربوط به دارو و مواد شیمیایی مصرفی (تعداد دفعات مصرف دارو، نوع و مقدار دارو و واکسن مصرفی، مقدار مواد شیمیایی مصرف شده برای ضد عفونی سالن و...). (۷) اطلاعات مربوط به محصول (طول دوره، تعداد و وزن کل در انتهای دوره، نام و آدرس خریدار، نوع بستر، وزن بستر، مقدار کل کود تولیدی، نحوه جمع‌آوری بستر و...).

استفاده از روش DEA اندازه‌گیری کرد. بر اساس نتایج، سه واحد دارای کارایی ۱۰۰٪ معرفی شدند و بقیه، درجاتی از عدم کارایی داشتند. در مطالعه بگوم و همکاران (۲۰۰۹) کارایی مرغداری‌های گوشتی در بنگلادش با استفاده از روش DEA محاسبه گردید. ورودی‌ها شامل نیروی کار، جوجه و میزان دان مصرفی و خروجی میزان وزن مرغ بود. در نهایت با استفاده از روش توبیت<sup>۳</sup> مشخص شد که مرغداران تحصیل کرده، با تجربه و آموزش دیده کارایی بیشتری دارند. همچنین اتیتجو و آرنه (۲۰۱۰) بیان کردند که افزایش اندازه واحدهای مرغداری اثر مثبتی بر کارایی انرژی آنها دارد. بررسی‌های قطبی و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که میزان مصرف نهاده‌ها با افزایش واحدهای مرغداری کاهش می‌یابد. بر اساس مطالعه سفیدپری و همکاران (۲۰۱۲) با روش DEA، سوخت فسیلی و الکتریسیته بیشترین عامل ناکارایی بوده‌اند که صرفه‌جویی در این موارد باعث کارا شدن واحدها شده است. امینی و همکاران (۲۰۱۵) به ارزیابی مصرف انرژی بین واحدهای سنتی و صنعتی پرورش مرغ گوشتی در استان مازندران پرداختند. کارایی انرژی واحدهای سنتی و صنعتی به ترتیب ۰/۱۶ و ۰/۱۷ به دست آمد. خوکار و همکاران (۲۰۱۵)، کارایی انرژی را در واحدهای مرغ گوشتی پاکستان بررسی کردند و نتیجه گرفتند برای ماندن در بازار رقابتی به انرژی اقتصادی و پایدار زیست‌محیطی نیاز است. اسکندر اوغلی و همکاران در استان اردبیل (۱۳۹۴) با استفاده از مدل برنامه ریزی خطی و روش DEA به بررسی فنی، اقتصادی و انرژی مصرفی مرغداری‌های گوشتی پرداختند. بالاترین سهم از میزان انرژی نهاده‌ها، متعلق به سوخت دیزل بود که ۵۱/۵۸ درصد از کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص داد. کیلیک و همکاران (۲۰۱۶)، به ارزیابی کارایی انرژی در منطقه بورسای ترکیه بین مرغداری‌های تخمگذار و گوشتی پرداختند. بر اساس نتایج انرژی خروجی مرغ گوشتی و تخمگذار به ترتیب ۲۵۰ و ۳۸۴ مگاژول به دست آمد. مرور مطالعاتی نشان می‌دهد که میزان مصرف انرژی در نقاط مختلف متفاوت است و معمولاً سوخت و الکتریسیته بیشترین مصرف انرژی را داشته‌اند. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی کارایی

## موقعیت منطقه مطالعاتی

منطقه آزاد ماکو شامل شهرستان‌های شوط، پلدشت و ماکو در شمال استان آذربایجان غربی با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۲۱ دقیقه و مساحت ۲۴۰۰ کیلومتر واقع شده است. این منطقه از دو ناحیه کوهستانی و جلگه‌ای تشکیل شده است که از ناحیه غرب به شرق و جنوب به شمال از ارتفاع آن کاسته می‌شود. آب و هوای منطقه سرد و معتدل بوده و میزان بارندگی آن ۳۰۰-۲۷۰ میلی متر می‌باشد.

## شاخص‌های انرژی

در تحلیل مصرف انرژی در بخش کشاورزی از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود که مهم‌ترین آنها عبارتند از: راندمان انرژی: برابر است با نسبت مجموع انرژی‌های خروجی به مجموع انرژی‌های ورودی. افزوده خالص انرژی: معادل انرژی‌های تولیدی منهای انرژی‌های ورودی است. بهره‌وری انرژی: مقدار محصول تولید شده تقسیم بر کل انرژی ورودی و یا مقدار محصول تولیدی به ازای هر واحد انرژی مصرفی است (جدول ۱).

## جدول ۱- شاخص‌های انرژی منتخب

نام شاخص	فرمول
Energy Ratio (Energy use efficiency)	انرژی خروجی (مگاژول بر ۱۰۰۰ قطعه) انرژی ورودی (مگاژول بر ۱۰۰۰ قطعه)
Energy Productivity	عملکرد (کیلوگرم بر ۱۰۰۰ قطعه) انرژی ورودی (مگاژول بر ۱۰۰۰ قطعه)
Net Energy gain	انرژی خروجی - انرژی ورودی

## جدول ۲- هم‌ارز انرژی نهاده‌های مصرف شده در تولید مرغ گوشتی

هم‌ارز انرژی (مگاژول)	واحد	نهاده
۱۰/۳۳	کیلوگرم (kg)	جوجه
۴۷/۸	لیتر (L)	سوخت دیزل
۱/۹۶	ساعت (h)	نیروی کار
۱۱/۹۳	کیلو وات ساعت KWh	الکتریسیته
۷/۹	کیلوگرم (kg)	ذرت
۱۲/۶	کیلوگرم (kg)	سویا
۱۳/۷	کیلوگرم (kg)	گندم
۱۰	کیلوگرم (kg)	دی کلسیم فسفات
۱/۵۹	کیلوگرم (kg)	ویتامین و مواد معدنی
۳۷	کیلوگرم (kg)	اسید چرب
۱۰/۳۳	کیلوگرم (kg)	گوشت مرغ
۰/۳	کیلوگرم (kg)	کود مرغ

مأخذ: حیدری و همکاران (۲۰۱۲)

مگاژول؛  $F_{consumption}$ ، میزان سوخت مصرفی بر حسب لیتر؛  
 $ec_{fuel}$ ، محتوی انرژی سوخت دیزل بر حسب مگاژول بر لیتر.

$$ec_{fuel} \times F_{consumption} = E_{fuel} \quad (2)$$

### انرژی الکتریسته مصرفی

در مرغداری‌های گوشتی این نهاد برای انتقال آب، به حرکت درآوردن تهویه‌ها و... مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس رابطه (۳)،  $E_{el}$ ، انرژی معادل الکتریسته مصرفی بر حسب مگاژول؛  
 $e_{lconsumption}$ ، میزان الکتریسته مصرفی بر حسب کیلو وات ساعت؛  
 $ec_{el}$ ، محتوی انرژی الکتریسته بر حسب مگاژول بر کیلو وات ساعت. انرژی معادل با توجه به جدول (۲)، ۱۱/۹۳ مگاژول بر کیلووات ساعت در نظر گرفته شد.

$$ec_{el} \times e_{lconsumption} = E_{el} \quad (3)$$

### انرژی مصرفی نیروی انسانی

در برخی عملیات مانند تهیه دان، حمل دان، تقسیم دان در دانخوری‌ها و... از نیروی انسانی استفاده می‌شود. لذا با مشخص بودن میزان نفر ساعت در هر عملیات و معین بودن میزان انرژی مصرفی هر نفر ساعت که معادل ۱/۹۶ مگاژول می‌باشد، میزان انرژی این نهاد از ضرب کردن ساعات کارکرد نیروی انسانی در معادل انرژی محاسبه می‌شود. بر اساس رابطه (۴)،  $E_{la}$ ، انرژی معادل کارگر بر حسب مگاژول؛  
 $n_{la}$ ، تعداد کارگر؛  
 $n_d$ ، تعداد روزهای دوره جوجه‌ریزی؛  
 $h$ ، ساعت کاری کارگرها در روز؛  
 $ec_{la}$ ، محتوی انرژی کار کارگری بر حسب مگاژول بر ساعت. شیفت کاری کارگرهای مرغداری دوازده ساعته است اما به دلیل آنکه کارگرها در تمام شیفت کاری مشغول به کار نمی‌باشند برای هر کارگر هشت ساعت کار در هر شبانه روز در نظر گرفته شد. تعداد روزهای کاری هر دوره جوجه‌ریزی با استفاده از تاریخ شروع و پایان دوره جوجه‌ریزی محاسبه شد.

$$ec_{la} \times h \times n_d \times n_{la} = E_{la} \quad (4)$$

برای محاسبه شاخص‌های انرژی نیاز به محاسبه انرژی‌های ورودی و خروجی می‌باشد. انرژی ورودی به نهاده‌های انرژی مصرفی مستقیم و غیرمستقیم تقسیم‌بندی می‌شود: الف- نهاده‌های انرژی مصرفی مستقیم: سوخت، الکتریسته، نیروی انسانی؛ ب- نهاده‌های انرژی غیر مستقیم: جوجه گوشتی (یک روزه)، تغذیه، بهداشت و درمان، ماشین آلات، سوخت: با توجه به فصل پرورش، سوخت مصرفی در مرغداری‌ها مورد محاسبه قرار می‌گیرد. الکتریسته: در مورد میزان انرژی الکتریکی مصرفی، تغییرات شاخص کنتور از ابتدا تا انتهای دوره ثبت شد و با هماهنگی به عمل آمده با تولیدکننده از مصرف غیرضروری انرژی جلوگیری بعمل آمد. نیروی انسانی: ابتدا تعداد و ساعات کار این نهاد در هر عملیات محاسبه می‌شود، سپس با اعمال ضریب انرژی مصرفی هر نفر ساعت در تعداد و ساعات کار نیز اندازه‌گیری خواهد شد. برای محاسبه هم‌ارز انرژی نهاده‌ها، محاسبه انرژی مصرفی و خروجی از هم‌ارزهایی که در جدول (۲) ذکر شده است، استفاده گردید.

### جوجه یک روزه گوشتی

روش استاندارد برای محاسبه وزن جوجه وجود ندارد. برای این منظور ابتدا میانگین وزنی جوجه‌ها تعیین شد، سپس با اعمال ضریب انرژی موجود در هر جوجه یک‌روزه در میانگین وزنی جوجه‌ها به دست آمد. بر اساس رابطه (۱)،  $E_{ch}$ ، انرژی معادل جوجه بر حسب مگاژول؛  
 $W_{ch}$ ، وزن هر جوجه بر حسب کیلوگرم؛  
 $n_{ch}$ ، تعداد جوجه؛  
 $ec_{ch}$ ، محتوی انرژی جوجه بر حسب مگاژول بر هر قطعه جوجه. هر جوجه یک‌روزه با توجه به سن گله مادر بین ۴۵ تا ۵۰ گرم وزن دارد و میزان وزن جوجه برابر میانگین آن (۴۷/۵ گرم) در نظر گرفته شد.

$$ec_{ch} \times W_{ch} \times n_{ch} = E_{ch} \quad (1)$$

### انرژی مصرفی سوخت

برای محاسبه انرژی معادل سوخت مرغداری‌ها از رابطه (۲) استفاده شد.  $E_{fuel}$ ، انرژی معادل سوخت مصرفی بر حسب

## انرژی دان مصرفی

مرغداران با توجه به سن گله از سه رژیم غذایی استفاده می کنند که این رژیم ها با نام های پیش دان، میان دان و پس دان معروف است. انرژی معادل پیش دان، میان دان و پس دان فرمول دان کارخانه دان آماده به ترتیب برابر ۱۰/۶۸، ۱۰/۷۳ و ۱۰/۸۳ مگاژول محاسبه گردید. توصیه کارخانه دان آماده بدین قرار است؛ هر جوجه با فرض مصرف ۵ کیلوگرم دان در طول دوره باید ۰/۹۴ گرم پیش دان، ۱/۴۱ گرم میان دان و ۲/۶۵ گرم پس دان مصرف کند. به دلیل تصمیمات مختلفی که مرغدار در زمان پرورش در رابطه با تعداد روزهای نگهداری مرغ در سالن می گیرد میزان مصرف پس دان با توجه به میزان کل دان مصرف شده متغیر است، اما مقدار پیش دان و میان دان با توجه به پیشنهاد کارخانه رعایت می شود. با استفاده از فرمول دان و میزان کلی دان مصرفی هر گله، در قالب رابطه (۵)، انرژی معادل دان محاسبه شد.

$$(5) \quad +(\text{Fe}-\text{Fe}_1-\text{Fe}_2) \times \text{ec}_{\text{Fe}3}$$

$$n_{\text{ch}}\text{E}_{\text{fe}} = [0/94 \times \text{ec}_{\text{Fe}1} + 1/41 \times \text{ec}_{\text{Fe}2}]$$

که در این رابطه،  $\text{E}_{\text{fe}}$ ، انرژی معادل دان بر حسب مگاژول،  $\text{ec}_{\text{Fe}1}$ ، محتوی انرژی پیش دان بر حسب مگاژول بر کیلوگرم؛  $\text{ec}_{\text{Fe}2}$ ، محتوی انرژی میان دان بر حسب مگاژول بر کیلوگرم؛  $\text{ec}_{\text{Fe}3}$ ، محتوی انرژی پس دان بر حسب مگاژول بر کیلوگرم؛  $\text{Fe}$ ، میزان کل مصرف دان بر حسب کیلوگرم؛  $\text{Fe}_1$ ، میزان مصرف پیش دان بر حسب کیلوگرم؛  $\text{Fe}_2$ ، میزان مصرف میان دان بر حسب کیلوگرم.

## انرژی ستانده

انرژی ستانده، انرژی ذخیره شده در بافت مرغ های گوشتی و انرژی حاصل از بستر مرغداری ها می باشد که برای محاسبه آن از روش وزنی استفاده می شود. با محاسبه وزن زنده مرغ ها هنگام فروش ۷۰٪ وزن آنها به عنوان وزن لاشه در نظر گرفته خواهد شد. انرژی مرغ تولید شده عبارت است از:

$$(6) \quad \text{ec}_{\text{ou}} \times \text{E}_{\text{ou}} = \text{W}_{\text{ou}}$$

$\text{E}_{\text{ou}}$  = انرژی معادل گوشت مرغ تولید شده بر حسب مگاژول،

$\text{W}_{\text{ou}}$  = وزن گوشت مرغ تولید شده بر حسب کیلوگرم،  $\text{ec}_{\text{ou}}$  = محتوی انرژی گوشت مرغ بر حسب مگاژول بر کیلوگرم است.

همچنین انرژی بستر تولید شده با استفاده از رابطه (۷) محاسبه شد.

$$(7) \quad \text{ecmn} \times \text{Emn} = \text{wmn}$$

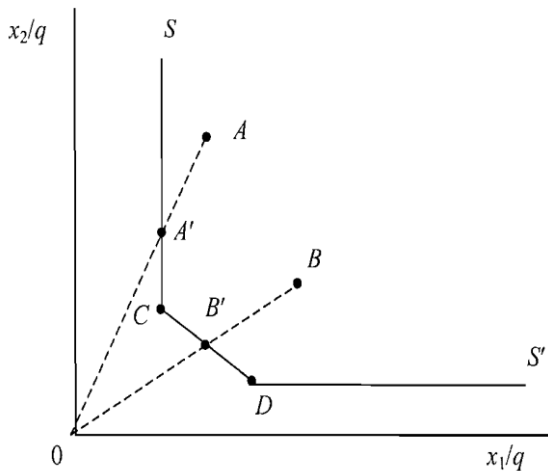
که در این رابطه؛  $\text{Emn}$  = انرژی معادل بستر تولید شده بر حسب مگاژول،  $\text{Wmn}$  = وزن بستر تولید شده بر حسب کیلوگرم،  $\text{ecmn}$  = محتوی انرژی بستر بر حسب مگاژول بر کیلوگرم است.

## تحلیل پوششی داده ها

کارایی فنی نشان دهنده میزان توانایی یک واحد تولیدی برای حداکثرسازی تولید با توجه به نهاده های مصرفی و میزان تولید می باشد. اندازه گیری کارایی فنی به دو روش تحلیل تصادفی مرزی (SFA)<sup>۴</sup> که روش اقتصادسنجی است و تحلیل پوششی داده ها که روشی بر پایه برنامه ریزی خطی است، انجام می شود. در این تحقیق از تکنیک تحلیل پوششی داده ها برای ارزیابی کارایی انرژی استفاده می شود. تحلیل پوششی داده ها امکان نگرش جدید به فعالیت هایی را که قبلاً به روش دیگر ارزیابی شده اند، فراهم می کند. برای تعیین میزان عدم کارایی یک بنگاه یا شرکت تولیدی، باید از شاخصی به عنوان ملاک مقایسه استفاده نمود. فارل (۱۹۵۷)، پیشنهاد نمود که مناسب تر است که عملکرد یک واحد تولیدی با عملکرد بهترین واحد موجود در آن صنعت مورد مقایسه قرار گیرد. در روش DEA از برنامه ریزی ریاضی استفاده می شود و امکان به کارگیری تعداد زیادی متغیر و قیود به وجود می آید و محدودیت کم بودن تعداد ورودی و خروجی موجود در سایر روش ها وجود ندارد.

در یک صنعت اگر تولید کنندگانی قادر باشند با مقدار حداقلی از عوامل تولید مقدار معینی از محصول را تولید نمایند و یا اینکه با مقدار معینی از عوامل تولید، حداکثر ممکن از محصولات مختلف را تولید نمایند، سایر تولید کنندگان این صنعت در صورتی کارا خواهند بود که بتوانند مشابه این تولید کنندگان عمل نمایند. کلیه ی واحدهای تولیدی کارا بر روی منحنی تابع تولید مرزی قرار

تحلیل کارایی در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس (CRS)<sup>۵</sup> را می‌توان به عنوان هدف کوتاه مدت و در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس (VRS)<sup>۶</sup> را به عنوان هدف بلندمدت برای واحدهای غیر کارا در نظر گرفت.



شکل (۱) - مرز کارایی برای واحدهایی با دو ورودی و یک خروجی در اندازه‌گیری ورودی محور

برای اندازه‌گیری کارایی دو مدل بازده ثابت و متغیر به مقیاس ورودی محور در روابط (۹) و (۱۰) نشان داده شده است که با حداقل سازی انحرافات، میزان کارایی را برآورد می‌کند.

$$\theta \text{ Min} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t} \\ -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ \theta X_i - X\lambda \geq 0 \\ \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

بازده متغیر نسبت به مقیاس - ورودی محور:

$$\theta \text{ Min} \quad (10) \text{St:}$$

$$\begin{aligned} -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ \theta X_i - X\lambda \geq 0 \\ \lambda \geq 0 \\ N1'\lambda = 1 \end{aligned}$$

در اینجا  $\lambda$ ، بردار  $N \times 1$  ضرایبی است که میزان ناکارایی هر واحد تولیدی در مقایسه با یک واحد کارآ را نشان می‌دهد و  $N$

دارند. در روش DEA برای هر یک از واحدهای غیر کارا، یک واحد کارا یا ترکیبی از دو یا چند واحد کارا به عنوان مرجع و الگو معرفی می‌گردند. از آنجا که این واحد مرکب (ترکیب دو یا چند واحد کارا) ضرورتاً در صنعت وجود نخواهد داشت، به عنوان یک واحد مجازی کارا شناخته می‌شود. یکی از مزایای DEA، یافتن بهترین واحد مجازی کارا برای هر واحد واقعی (چه کارا و چه غیر کارا) می‌باشد. چنانچه واحدی کارا باشد، مجموعه مرجع آن (واحد مجازی کارا) خود این واحد خواهد بود. سهم هر یک از واحدهای کارا در تشکیل واحد مجازی کارا (الگوی مرجع) برای یک واحد غیر کارا بستگی به وزن  $\lambda$  (،،2λ1λ... nλ) دارد که توسط روش DEA برای هر یک از بنگاه‌های کارا محاسبه و ارائه می‌شود (Farrell, 1957). در شکل (۱)، A و B غیر کارا هستند. B' تصویر B روی مرز کارایی است، که بین دو واحد D و C قرار گرفته است. واحد B' را می‌توان از ترکیب وزنی دو واحد واقعی D و C به دست آورد. بنابراین B' یک واحد مجازی و واحد مرجع B خواهد بود. برای به دست آوردن میزان ورودی‌های کارا از ضرایب  $\lambda$  استفاده می‌شود. با استفاده از ضرایب  $\lambda$  میزان مصرف ورودی‌ها برای واحدهای ناکارا جهت رسیدن به مرز کارایی بدست می‌آید. رابطه (۸)، برای محاسبه ورودی‌های ناکارا می‌باشد. هر طرف از رابطه میزان ورودی کارا شده واحد ناکارا را نشان می‌دهد.  $\theta^*$  امتیاز کارایی واحد ناکارا،  $X_0$  ورودی مورد نظر واحد ناکارا،  $X_n$  ورودی مورد نظر واحد  $n$  ام مرجع و  $S^-$  مازاد ورودی مورد نظر واحد ناکارا می‌باشد. مدل CCR پس از تعیین منحنی مرز کارا، مشخص می‌کند که واحدهای تصمیم‌ساز در کجای این مرز قرار دارند و برای رسیدن به مرز کارایی چه ترکیبی از نهاده‌ها و ستانده‌ها را می‌بایست انتخاب کرد، که این امر به وسیله مشخص کردن ضرایب نهاده‌ها و ستانده‌ها برای هر واحد میسر می‌شود. نقطه عطف مدل CCR این است که می‌تواند با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی ضرایب ذکر شده را محاسبه کند (Heidari و همکاران، ۲۰۱۲)

$$\theta^* x_0 - S^- = X_n \lambda_n \quad (8)$$

### تعیین میزان انرژی

انرژی‌های ورودی: پس از بررسی نهاده‌های مصرفی با توجه به کمیت هر نهاده و معادل انرژی آن مصرف کل انرژی به دست آمد (جدول ۳). بیشترین مصرف انرژی مربوط به سوخت گازوئیل بوده که به ازای هر ۱۰۰۰ قطعه مرغ ۲۷۲۷/۳ لیتر مصرف شده که حاوی ۱۳۰۳۶۴/۹۴ مگاژول انرژی بوده که حدود ۶۶/۲ درصد کل انرژی را شامل می‌شود. مصرف بیشتر گازوئیل به دلیل همزمان شدن دوره جوجه ریزی مورد بررسی با دوره سرما در منطقه می‌باشد. دومین میزان مصرف مربوط به جیره غذایی می‌باشد که ۵۵۱۱/۹ کیلوگرم برای ۱۰۰۰ قطعه مرغ بوده و حاوی ۵۹۲۷۹/۱ مگاژول انرژی می‌باشد که حدود ۳۰/۱ درصد کل انرژی مصرفی را شامل می‌شود. کمترین میزان انرژی مربوط به نیروی کار است. عدم استفاده مرغداری‌ها از سیستم‌های مصرف بهینه و تکنولوژی روز، عدم عایق‌بندی سالن‌های تولید، استفاده از سوخت در امور جانبی مرغداری از جمله سیستم‌های گرمایشی اتاق کارگری و آبگرمکن‌ها میزان مصرف سوخت را در دوره مورد نظر افزایش داده است. همچنین، عدم استفاده از تکنولوژی جدید دانخوری‌ها و هدر رفت دان در اوایل دوره پرورش، افزایش طول دوره پرورش به دلیل نوسان قیمت و عدم تحویل به موقع توسط کشتارگاه منجر به استفاده بیشتر غذا می‌شود.

تعداد واحدهاست.  $Y$  بردار  $N \times 1$  دربرگیرنده محصول واحدهای تولیدی و  $X$  ماتریس مقدار نهاده‌های آن‌هاست.  $y_i$  و  $x_i$  به ترتیب محصول و نهاده‌های واحد  $i$  ام را نشان می‌دهند. مقدار عددی کارایی برآورد شده بین صفر و یک متغیر است، به طوری که عدد یک نشان‌دهنده کارایی کامل و عدد صفر نشان‌دهنده ناکارایی کامل است. در واقع در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها با دیدگاه ورودی محور، به دنبال دستیابی به نسبت ناکارایی فنی هستیم که بایستی در ورودی‌ها کاهش داده شود تا بدون تغییر در میزان خروجی‌ها، واحد در مرز کارایی قرار گیرد. اما در دیدگاه خروجی محور، به دنبال نسبتی هستیم که بایستی خروجی‌ها افزایش یابند تا بدون تغییر در میزان ورودی‌ها، واحد به مرز کارایی برسد. در این مقاله به دلیل عملی‌تر بودن کنترل نهاده‌ها از الگوی ورودی محور استفاده شده است.

### نتایج و بحث

اطلاعات به دست آمده پس از کدگذاری در نرم افزار اکسل ثبت شد و سپس شاخص‌های انرژی از محاسبه گردید. کارایی واحدهای مرغداری با استفاد از روش DEA و نرم‌افزار DEA-Solver با مدل‌های CRS و VRS تجزیه و تحلیل شد. همچنین ۲۱ واحد مرغداری، با توجه به ۵ ورودی و ۲ خروجی مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۳- میزان نهاده‌های و ستانده‌ها در پرورش مرغ گوشتی و محتوی انرژی آنها

درصد %	محتوی انرژی (مگاژول در ۱۰۰۰ قطعه مرغ)	مقدار به ازای ۱۰۰۰ قطعه مرغ	واحد	نهاده و ستانده
۰/۲۴	۴۹۰/۶۷۵	۴۷/۵	kg	جوجه
۶۶/۲	۱۳۰۳۶۴/۹۴	۲۷۲۷/۳	L	سوخت
۳۰/۱	۵۹۲۷۹/۱	۵۵۱۱/۹	kg	دان
۰/۰۷	۱۵۳/۹	۷۸/۵۵	h	نیروی کار
۳/۳	۶۵۲۳/۵	۵۴۶/۸۲	kwh	الکتریسته
۹۷/۹	۲۷۴۹۶/۶	۲۶۶۱/۸۲	kg	گوشت مرغ
۲	۵۷۷/۱	۱۹۲۳/۶	kg	کود مرغ

ماخذ: یافته‌های تحقیق



از نظر ورودی جوجه در هیچ یک از واحدها مازاد ورودی مشاهده نگردید و کمترین میزان ناکارایی در مصرف نهاده‌ها مربوط به جوجه و دان مصرفی می‌باشد و مرگذاران در مصرف آنها بیشترین دقت را به داشته‌اند. مصرف بهینه جوجه به دلیل ثابت بودن مصرف آن و کمتر بودن دخالت مرگذار در میزان آن طبیعی می‌باشد. بیشترین میزان ناکارایی نهاده‌ها مربوط به مازاد سوخت می‌باشد که احتمالاً به دلیل همزمانی دوره پرورشی با فصل سرما، عدم عایق‌بندی سالن‌ها و ... می‌باشد. بر اساس جدول (۵)، ورودی سوخت واحد ۱ برای کارا شدن از میزان ۲۸۴۴۱۰۰ باید به ۱۶/۲۴۶۵۵۶۲ مگاژول کاهش یابد. همچنین در واحد ۳ میزان دان مصرفی بایستی از ۶۴۷۰۶۲/۲ به ۵۳۹۰۸۱/۰۹ مگاژول کاهش یابد. همچنین در خروجی‌ها (بستر و گوشت) همه واحدها کارا عمل کرده‌اند (بجز واحد ۷ که مقدار واقعی و بهینه بستر به اندازه ۲۹/۳۵ مگاژول فاصله دارد). بر اساس جدول (۶)، برای کارا شدن واحد ۹ در ورودی سوخت بایستی میزان انرژی از ۱۷۶۸۶۰۰ به ۱۴۲۰۸۷۹/۹۷ مگاژول کاهش پیدا کند. واحدهای ۵، ۷، ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱ در تمامی نهاده‌ها کارا بودند. همچنین تمامی واحدها به جز واحد ۳ در خروجی بستر کارا عمل کرده‌اند.

**انرژی‌های خروجی:** میزان انرژی حاصل از فرآیند مرگذاری که به دو صورت انرژی لاشه مرغ و همچنین انرژی بستر مرگذاری محاسبه شد. میزان گوشت تولیدی به ازای ۱۰۰۰ قطعه مرغ ۲۶۶۱/۸۲ کیلوگرم و میزان کود تولیدی نیز به ازای هر ۱۰۰۰ قطعه مرغ ۱۹۲۳/۶ کیلوگرم است. حیدری و همکاران (۲۰۱۱) نیز میزان گوشت تولیدی را ۲۶۰۱/۸۲ کیلوگرم به دست آوردند که علت تفاوت موجود در میزان گوشت تولیدی در منطقه احتمالاً طولانی بودن دوره و افزایش مصرف غذا می‌باشد (جدول ۳).

### تعیین شاخص‌های انرژی

بر پایه معادل‌های انرژی داده شده شاخص‌ها محاسبه شدند. در حالت جریان طولی تمام هواکش‌های خروجی در ابتدا و تمام دریچه‌های ورودی هوا در انتهای سالن قرار می‌گیرند که در همه واحدها، از سیستم طولی استفاده شده است. هر چه میزان نسبت انرژی بیشتر باشد، نشان دهنده کارایی انرژی بالاتر می‌باشد. بر اساس جدول ۴ مرگذاری با سطح جوجه‌ریزی V (۲۲۰۰۰ قطعه) بیشترین نسبت انرژی را دارد که نشان دهنده مدیریت مناسب به ویژه در مصرف خوراک می‌باشد. بر اساس شاخص بهره‌وری انرژی مرگذاری نیز واحد V بیشترین بهره‌وری انرژی را داشته و برای بهبود این شاخص در سایر واحدها می‌توان عملکرد را بالا برد یا انرژی ورودی را کاهش داد یا هر دو. در مورد شاخص انرژی ویژه، میزان آن هر چه کمتر باشد، کارا تر است که واحد V کارا ترین واحد می‌باشد.

تجزیه و تحلیل کارایی واحدهای مرگذاری با استفاده از مدل‌های بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس بر اساس مدل CRS، از ۲۱ واحد مرگذاری مورد بررسی، ۱۳ مرگذاری (۶۱/۹٪) دارای امتیاز کارا و ۸ مرگذاری (۳۸/۱٪) دارای امتیاز ناکارا بوده‌اند. به علاوه، بر اساس مدل VRS، ۱۵ واحد (۷۱/۴۲٪) کارا و ۶ واحد (۲۸/۵۷٪) ناکارا بوده‌اند. بر اساس نتایج ۷ واحد مازاد ورودی در نیروی کار داشتند. مازاد ورودی در الکتروسیته ۶ واحد و سوخت در ۸ واحد مشاهده می‌شود.

## جدول ۴- شاخص‌های انرژی در تولید مرغ گوشتی منطقه آزاد ماکو

تعداد جوجه ریزی (قطعه)	نسبت انرژی (مگاژول بر ۱۰۰۰ قطعه)	بهره وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)	انرژی ویژه (مگاژول بر ۱۰۰۰ قطعه)
A (۲۱۰۰۰)	۰/۱۳۳	۰/۰۱۹	۵۱/۸۸
B (۳۰۳۰۰)	۰/۱۵	۰/۰۲۳	۴۲/۴۹
C (۱۰۰۰۰)	۰/۱۲	۰/۰۱۷	۵۷/۸۵
D (۱۸۰۰۰)	۰/۱۱	۰/۰۱۶	۶۰/۲۹
E (۹۵۰۰)	۰/۱۱	۰/۰۱۷	۵۵/۸۸
F (۱۳۹۴۹)	۰/۱۴	۰/۰۲۰	۴۷/۸۳
H (۱۱۰۰۰)	۰/۱۴	۰/۰۲۰	۴۹/۰۷
J (۲۷۱۰۰)	۰/۱۴	۰/۰۲۴	۴۱/۷
K (۱۰۵۵۰)	۰/۱۱۷	۰/۰۱۹	۵۱/۷۲
L (۱۰۰۰۰)	۰/۱۳	۰/۰۲۴	۴۱/۲
M (۲۸۰۰۰)	۰/۱۸۳	۰/۰۳۰	۳۲/۳۳
N (۱۰۰۰۰)	۰/۱۵۲	۰/۰۲۳	۴۳
O (۱۹۰۰۰)	۰/۱۵۱	۰/۰۲۰	۴۷/۶
P (۲۰۰۰۰)	۰/۱۱۸	۰/۰۱۸	۵۴/۳
Q (۲۰۸۰۰)	۰/۱۳۷	۰/۰۲۱	۴۶/۱
R (۲۶۵۰۰)	۰/۱۲۸	۰/۰۲۰	۴۸/۵
S (۲۴۶۰۰)	۰/۱۱۸	۰/۰۱۸	۵۴/۴۵
T (۱۶۰۰۰)	۰/۱۶	۰/۰۲۳	۴۲/۸
U (۲۸۰۰۰)	۰/۱۶۴	۰/۰۲۳	۴۲/۲۲
V (۲۲۰۰۰)	۰/۲۳۳	۰/۰۳۳	۲۹/۷۷
W (۱۰۲۰۰)	۰/۱۴۱	۰/۰۲۳	۴۲/۳۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۵- مقادیر ورودی و خروجی واقعی و بهینه در واحدهای مرغداری منطقه آزاد ماکو در حالت بازده ثابت نسبت به مقیاس

گوشت	بستر	جوجه	سوخت	الکتریسته	کارگر	دان	واقعی	
۵۳۵۲۸/۲۹	۹۰۰	۱۰۳۰۴/۱۷۵	۲۸۴۴۱۰۰	۱۲۲۰۴۳/۹	۲۹۹۴/۸۸	۱۱۰۹۸۹۲/۹	واقعی	۱
۵۳۵۲۸/۲۹	۹۰۰	۹۱۴۵/۸۷۱	۲۴۶۵۵۶۲/۱۶۵	۱۰۵۶۳۶/۲۱۶	۲۶۵۸/۲۲۲	۹۸۵۱۲۸/۵۷۳	بهینه	
۷۱۷۱۰۸/۶	۱۳۵۰	۱۴۸۶۷/۴۵۲	۳۱۵۴۸۰۰	۱۴۰۷۵۰/۱۴	۱۶۹۳/۴۴	۱۵۰۷۶۵۵/۴	واقعی	۲
۷۱۷۱۰۸/۶	۱۳۵۰	۱۴۸۶۷/۴۵۲	۳۱۵۴۸۰۰	۱۴۰۷۵۰/۱۴	۱۶۹۳/۴۴	۱۵۰۷۶۵۵/۴	بهینه	
۲۶۱۳۴۹	۴۵۰	۴۹۰۶/۷۵	۱۴۳۴۰۰۰	۱۲۶۵۸۹/۲۳	۳۲۱۴/۴	۶۴۷۰۶۲/۲۵	واقعی	۳
۲۶۱۳۴۹	۴۵۰	۴۰۸۷/۹۱۶	۱۰۵۲۴۵۴/۵۷۹	۴۴۹۸۶/۵۶۲	۹۹۱/۱۳۹	۵۳۹۰۸۱/۰۹۶	بهینه	
۴۵۹۶۸۵	۹۰۰	۸۸۳۲/۱۵	۳۰۵۹۲۰۰	۱۷۹۰۲۱/۵۸	۳۷۷۸/۸۸	۹۶۹۶۲۴	واقعی	۴
۴۵۹۶۸۵	۹۰۰	۷۹۱۱/۶۷۵	۲۳۷۴۱۹۱/۵۴۷	۶۳۳۴۷/۶۷۹	۳۱۵۵/۳۳۶	۸۶۸۵۷۱/۰۸۱	بهینه	
۲۳۲۴۲۵	۵۲۵	۴۶۶۱/۴۱۲	۱۴۳۴۰۰۰	۸۹۵۱۰/۷۹	۲۶۰۲/۸۸	۵۹۲۹۷۱	واقعی	۵
۲۳۲۴۲۵	۵۲۵	۳۸۲۵/۳۴۱	۹۹۱۷۴۹/۳۷۴	۵۳۶۹۳/۴۱۹	۱۴۲۲/۷۶۶	۴۸۶۶۱۵/۷۱۵	بهینه	
۳۹۷۷۰۵	۶۹۰	۶۸۴۴/۴۲۵	۲۰۵۵۴۰۰	۴۸۵۱۹/۳	۲۶۸۱/۲۸	۷۰۸۸۹۷/۶۳۶	واقعی	۶
۳۹۷۷۰۵	۶۹۰	۶۸۴۴/۴۲۵	۲۰۵۵۴۰۰	۴۸۵۱۹/۳	۲۶۸۱/۲۸	۷۰۷۸۹۷/۶۳۶	بهینه	
۳۴۵۶۴۱/۸	۵۴۰	۵۳۹۷/۴۲۵	۱۶۱۵۶۴۰	۱۱۶۷۹۴/۷	۱۹۷۵/۸۶	۷۱۱۶۷۸	واقعی	۷
۳۴۵۶۴۱/۸	۵۴۲۹/۳۴۷	۵۳۶۶/۲۱۴	۱۴۳۶۸۱۱/۷۶۳	۵۷۰۴۳/۱۵۴	۱۱۱۰/۵۷۲	۷۰۷۵۶۲/۶۰۷	بهینه	
۶۵۵۹۵۵	۱۵۰۰	۱۳۲۹۷/۲۹۲	۲۹۱۵۸۰۰	۱۴۷۹۲۰/۰۷	۲۴۷۷/۴۴	۱۴۸۶۸۹۷/۸	واقعی	۸
۶۵۵۹۵۵	۱۵۰۰	۱۳۲۹۷/۲۹۲	۲۹۱۵۸۰۰	۱۴۷۹۲۰/۰۷	۲۴۷۷/۴۴	۱۴۸۶۸۹۷/۸	بهینه	
۲۹۴۴۰۵	۷۲۰	۵۱۷۶/۶۲۱	۱۷۶۸۶۰۰	۷۱۸۹۰/۱۸	۲۷۷۵/۳۶	۷۱۱۸۰۴/۸۹۵	واقعی	۹
۲۹۴۴۰۵	۷۲۰	۴۷۴۴/۲۰۸	۱۱۳۸۳۸۹/۶۷۹	۶۵۸۸۵/۰۵۵	۱۸۰۲/۵۹۳	۶۵۲۳۴۶/۴۶۴	بهینه	
۲۸۴۰۷۵	۹۰۰	۴۹۰۶/۷۵	۱۴۸۱۸۰۰	۵۵۵۹۳/۸	۲۱۹۵/۲	۷۰۱۲۲۸/۷	واقعی	۱۰
۲۸۴۰۷۵	۹۰۰	۴۹۰۶/۷۵	۱۴۸۱۸۰۰	۵۵۵۹۳/۸	۲۱۹۵/۲	۷۰۱۲۲۸/۷	بهینه	
۸۸۸۳۸۰	۲۱۶۰	۱۳۷۳۸/۹	۲۷۷۲۴۰۰	۱۵۴۸۳۹/۴۷	۵۳۱۵/۵۲	۲۰۱۷۵۹۶	واقعی	۱۱
۸۸۸۳۸۰	۲۱۶۰	۱۳۷۳۸/۹	۲۷۷۲۴۰۰	۱۵۴۸۳۹/۴۷	۵۳۱۵/۵۲	۲۰۱۷۵۹۶	بهینه	
۲۸۹۲۴۰	۶۰۰	۴۹۰۶/۷۵	۱۳۰۴۹۴۰	۵۶۳۶۹/۲۵	۱۸۶۵/۹۲	۵۷۱۱۹۵/۳۸	واقعی	۱۲
۲۸۹۲۴۰	۶۰۰	۴۹۰۶/۷۵	۱۳۰۴۹۴۰	۵۶۳۶۹/۲۵	۱۸۶۵/۹۲	۵۷۱۱۹۵/۸۳	بهینه	
۵۶۸۱۵۰	۸۴۰	۹۳۲۲/۸۲۵	۲۶۲۹۰۰۰	۱۱۴۷۰۶/۹۵	۲۰۲۲/۷۲	۱۰۵۶۱۶۵/۳	واقعی	۱۳
۵۶۸۱۵۰	۸۴۰	۹۳۲۲/۸۲۵	۲۶۲۹۰۰۰	۱۱۴۷۰۶/۹۵	۲۰۲۲/۷۲	۱۰۵۶۱۶۵/۳	بهینه	
۵۱۱۳۳۵	۱۰۸۰	۹۸۱۳/۵	۳۲۲۶۵۰۰	۶۴۰۷۶/۰۳	۵۶۵۳/۴۴	۱۰۹۹۵۱۳/۵	واقعی	۱۴
۵۱۱۳۳۵	۱۰۸۰	۹۸۱۳/۵	۳۲۲۶۵۰۰	۶۴۰۷۶/۰۳	۵۶۵۳/۴۴	۱۰۹۹۵۱۳/۵	بهینه	
۵۴۷۴۹۰	۱۲۰۰	۱۰۲۰۶/۰۴	۲۷۲۴۶۰۰	۱۸۹۸۷۷/۸۸	۱۸۰۳/۲	۱۱۵۳۱۹۸/۲	واقعی	۱۵
۵۴۷۴۹۰	۱۲۰۰	۱۰۲۰۶/۰۴	۲۷۲۴۶۰۰	۱۸۹۸۷۷/۸۸	۱۸۰۳/۲	۱۱۵۳۱۹۸/۲	بهینه	
۷۰۲۴۴۰	۱۵۰۰	۱۳۰۰۲/۸۸	۳۸۲۴۰۰۰	۱۵۷۵۴۷/۵۸	۵۲۵۲/۸	۱۵۸۴۸۸۹/۵	واقعی	۱۶
۷۰۲۴۴۰	۱۵۰۰	۱۱۶۶۲/۳۵۴	۳۱۲۰۲۰۹/۸۴۹	۱۴۱۳۰۵/۲۸۴	۴۴۰۵/۰۶۲	۱۴۲۱۴۹۶/۰۳۵	بهینه	
۶۷۱۴۵۰	۱۳۸۰	۱۲۰۷۰/۶	۴۰۶۳۰۰۰	۲۱۰۲۰۶/۶	۴۷۰۴	۱۵۰۹۴۰۳/۸	واقعی	۱۷
۶۷۱۴۵۰	۱۳۸۰	۱۰۹۱۸/۰۱	۲۷۴۹۳۱۰/۳۷۴	۱۰۴۸۴۹/۰۱۷	۴۰۵۵/۸۱۵	۱۳۶۵۲۷۴/۸۳۵	بهینه	
۴۴۴۱۹۰	۷۸۰	۷۸۵۰/۸	۱۹۱۲۰۰۰	۹۴۳۱۸/۵۸	۲۳۵۲	۸۰۷۸۹۴	واقعی	۱۸
۴۴۴۱۹۰	۷۸۰	۷۸۵۰/۸	۱۹۱۲۰۰۰	۹۴۳۱۸/۵۸	۲۳۵۲	۸۰۷۸۹۴	بهینه	
۹۱۹۳۷۰	۱۵۰۰	۱۳۷۳۸/۹	۳۵۳۷۲۰۰	۱۲۹۴۲۸/۵۷	۲۷۴۴	۱۱۹۵۸۶۵/۵	واقعی	۱۹
۹۱۹۳۷۰	۱۵۰۰	۱۳۷۳۸/۹	۳۵۳۷۲۰۰	۱۲۹۴۲۸/۵۷	۲۷۴۴	۱۹۹۵۸۶۵/۵	بهینه	
۶۰۴۳۰۵	۹۹۰	۱۰۷۹۴/۸۵	۱۲۴۲۸۰۰	۱۳۹۰۲۰/۲۹	۲۶۸۱/۲۸	۱۲۳۹۵۲۸	واقعی	۲۰
۶۰۴۳۰۵	۹۹۰	۱۰۷۹۴/۸۵	۱۲۴۲۸۰۰	۱۳۹۰۲۰/۲۹	۲۶۸۱/۲۸	۱۲۳۹۵۲۸	بهینه	
۲۹۷۵۰۴	۷۵۰	۵۰۰۴/۸۸۵	۱۳۸۶۲۰۰	۱۱۲۳۳۲/۸۸	۱۷۰۹/۱۲	۶۴۷۰۶۴/۹	واقعی	۲۱
۲۹۷۵۰۴	۷۵۰	۵۰۰۴/۸۸۵	۱۳۸۶۲۰۰	۱۱۲۳۳۲/۸۸	۱۷۰۹/۱۲	۶۴۷۰۶۴/۹	بهینه	

جدول ۶- مقادیر ورودی و خروجی واقعی و بهینه در واحدهای مرغداری منطقه آزاد ماکو در حالت بازده متغیر نسبت به مقیاس

گاو	بستر	جوجه	سوخت	الکتریسته	کارگر	دان	واقعی	بهینه
۵۳۵۲۸/۲۹	۹۰۰	۱۰۳۰۴/۱۷۵	۲۸۴۴۱۰۰	۱۲۲۰۴۳/۹	۲۹۹۴/۸۸	۱۱۰۹۸۹۲/۹	واقعی	۱
۵۳۵۲۸/۲۹	۹۰۰	۸۹۷۱/۸۵۸	۲۳۲۷۱۹۳/۴۶۷	۱۰۸۴۷۴/۹۴۵	۲۳۸۰/۲۴۲	۱۰۱۱۰۹/۳۸۱	بهینه	
۷۱۷۱۰/۸/۶	۱۳۵۰۰	۱۴۸۶۷/۴۵۲	۳۱۵۴۸۰۰	۱۰۰۷۵۰/۱۴	۱۶۹۳/۴۴	۱۵۰۷۶۵۵/۴	واقعی	۲
۷۱۷۱۰/۸/۶	۱۳۵۰۰	۱۴۸۶۷/۴۵۲	۳۱۵۴۸۰۰	۱۴۰۷۵۰/۱۴	۱۶۹۳/۴۴	۱۵۰۷۶۵۵/۴	بهینه	
۲۶۱۳۴۹	۴۵۰۰	۴۹۰۶/۷۵	۱۴۳۴۰۰۰	۱۲۶۵۸۹/۲۳	۳۲۱۴/۴	۶۴۷۰۶۲/۲۵	واقعی	۳
۲۶۱۳۴۹	۵۶۳۱/۸۱۸	۴۷۸۶/۳۱۱	۱۶۸۱۲۹۶/۷۲۷	۷۳۶۳۸/۷۳۳	۲۲۲۷/۷	۵۸۱۸۸۵/۲۳	بهینه	
۴۵۹۶۸۵	۹۰۰۰	۸۸۳۲/۱۵	۳۰۵۹۲۰۰	۱۷۹۰۲۱/۵۸	۳۷۷۸/۸۸	۹۶۹۶۲۴	واقعی	۴
۴۵۹۶۸۵	۹۰۰۰	۷۷۰۰/۲۳۹	۲۱۲۷۹۶۳/۸۵۵	۶۳۳۴۹/۴۴۲	۳۰۱۹/۵۰۲	۸۸۷۲۵۶/۶۱۶	بهینه	
۲۳۲۴۲۵	۵۲۵۰	۴۶۶۱/۴۱۲	۱۴۳۴۰۰۰	۸۹۵۱۰/۷۸	۲۶۰۲/۸۸	۵۹۲۹۷۱	واقعی	۵
۲۳۲۴۲۵	۵۲۵۰	۴۶۶۱/۴۱۲	۱۴۳۴۰۰۰	۸۹۵۱۰/۷۹	۲۶۰۲/۸۸	۵۹۲۹۷۱	بهینه	
۳۹۷۷۰۵	۶۹۰۰	۶۸۴۴/۴۲۵	۲۰۵۵۴۰۰	۴۸۵۱۹/۳	۲۶۸۱/۲۸		واقعی	۶
۳۹۷۷۰۵	۶۹۰۰	۶۸۴۴/۴۲۵	۲۰۵۵۴۰۰	۴۸۵۱۹/۳	۲۶۸۱/۲۸	۷۰۸۸۹۷/۶۳۶	بهینه	
۳۴۵۶۴۱/۸	۵۴۰۰	۵۳۹۷/۴۲۵	۱۶۱۵۶۴۰	۱۱۶۷۹۴/۷	۱۹۷۵/۶۸	۷۱۱۶۷۸	واقعی	۷
۳۴۵۶۴۱/۸	۵۴۰۰	۵۳۹۷/۴۲۵	۱۶۱۵۶۴۰	۱۱۶۷۹۴/۷	۱۹۷۵/۶۸	۷۱۱۶۷۸	بهینه	
۶۵۵۹۵۵	۱۵۰۰۰	۱۳۲۹۷/۲۹۲	۲۹۱۵۸۰۰	۱۴۷۹۲۰/۰۷	۲۷۴۴/۴۴	۱۴۸۶۸۹۷/۸	واقعی	۸
۶۵۵۹۵۵	۱۵۰۰۰	۱۳۲۹۷/۲۹۲	۲۹۱۵۸۰۰	۱۴۷۹۲۰/۰۷	۲۴۷۷/۴۴	۱۴۸۶۸۹۷/۸	بهینه	
۲۹۴۴۰۵	۷۲۰۰	۵۱۷۶/۶۲۱	۱۷۶۸۶۰۰	۷۱۸۹۰/۱۸	۲۷۷۵/۳۶	۷۱۱۸۰۴/۸۹۵	واقعی	۹
۲۹۴۴۰۵	۷۲۰۰	۴۹۷۰/۸۳۱	۱۴۲۰۸۷۹/۹۷	۶۳۹۳۰/۱۹۹	۲۰۲۰/۵۶۷	۶۴۴۹۵۱/۷۱۲	بهینه	
۲۸۴۰۷۵	۹۰۰۰	۴۹۰۶/۷۵	۱۴۸۱۸۰۰	۵۵۵۹۳/۸	۲۱۹۵/۲	۷۰۱۲۲۸/۷	واقعی	۱۰
۲۸۴۰۷۵	۹۰۰۰	۴۹۰۶/۷۵	۱۴۸۱۸۰۰	۵۵۵۹۳/۸	۲۱۹۵/۲	۷۰۱۲۲۸/۷	بهینه	
۸۸۸۳۸۰	۲۱۶۰۰	۱۳۷۳۸/۹	۲۷۷۲۴۰۰	۱۵۴۸۳۹/۴۷	۵۳۱۵/۵۲	۲۰۱۷۵۹۶	واقعی	۱۱
۸۸۸۳۸۰	۲۱۶۰۰	۱۳۷۳۸/۹	۲۷۷۲۴۰۰	۱۵۴۸۳۹/۴۷	۵۳۱۵/۵۲	۲۰۱۷۵۹۶	بهینه	
۲۸۹۲۴۰	۶۰۰۰	۴۹۰۶/۷۵	۱۳۰۴۹۴۰	۵۶۳۶۹/۲۵	۱۸۶۵/۹۲	۵۷۱۱۹۵/۳۸	واقعی	۱۲
۲۸۹۲۴۰	۶۰۰۰	۴۹۰۶/۷۵	۱۳۰۴۹۴۰	۵۶۳۶۹/۲۵	۱۸۶۵/۹۲	۵۷۱۱۹۵/۳۸	بهینه	
۵۶۸۱۵۰	۸۴۰۰	۹۳۲۲/۸۲۵	۲۶۲۹۰۰۰	۱۱۴۷۰۶/۹۵	۲۰۲۲/۷۲	۱۰۵۶۱۶۵/۳	واقعی	۱۳
۵۶۸۱۵۰	۸۴۰۰	۹۳۲۲/۸۲۵	۲۶۲۹۰۰۰	۱۱۴۷۰۶/۹۵	۲۰۲۲/۷۲	۱۰۵۶۱۶۵/۳	بهینه	
۵۱۱۳۳۵	۱۰۸۰۰	۹۸۱۳/۵	۳۲۲۶۵۰۰	۶۴۰۷۶/۰۳	۵۶۵۳/۴۴	۱۰۹۲۵۱۳/۵	واقعی	۱۴
۵۱۱۳۳۵	۱۰۸۰۰	۹۸۱۳/۵	۳۲۲۶۵۰۰	۶۴۰۷۶/۰۳	۵۶۵۳/۴۴	۱۰۹۹۵۱۳/۵	بهینه	
۵۴۷۴۹۰	۱۲۰۰۰	۱۰۲۰۶/۰۴	۲۷۲۴۶۰۰	۱۸۹۸۷۷/۸۸	۱۸۰۳/۲	۱۱۵۳۱۹۸/۲	واقعی	۱۵
۵۴۷۴۹۰	۱۲۰۰۰	۱۰۲۰۶/۰۴	۲۷۲۴۶۰۰	۱۸۹۸۷۷/۸۸	۱۸۰۳/۲	۱۱۵۳۱۹۸/۲	بهینه	
۷۰۲۴۴۰	۱۵۰۰۰	۱۳۰۰۸/۸۸	۳۸۲۴۰۰۰	۱۵۷۵۴۷/۵۸	۵۲۵۲/۸	۱۵۸۴۸۸۹/۵	واقعی	۱۶
۷۰۲۴۴۰	۱۵۰۰۰	۱۰۲۳۰/۷۷۲	۲۵۳۲۹۸۹/۷	۱۳۰۳۹۱/۱۱۱	۳۷۸۲/۱۷۸	۱۴۸۸۵۹۱/۶۱۷	بهینه	
۶۷۱۴۵۰	۱۳۸۰۰	۱۲۰۷۰/۶	۴۰۶۳۰۰۰	۲۱۰۲۰۶/۶	۴۷۰۴	۱۵۰۹۴۰۳/۸	واقعی	۱۷
۶۷۱۴۵۰	۱۳۸۰۰	۱۰۸۰۷/۴۸۵	۲۵۰۷۷۵۶/۲۲۳	۰۰۲۱۲۶۴۲۴	۳۴۹۱/۰۵۴	۱۳۹۷۶۷۶/۸۹۶	بهینه	
۴۴۴۱۹۰	۷۸۰۰	۷۸۵۰/۸	۱۹۱۲۰۰۰	۹۴۳۱۸/۵۸	۲۳۵۲	۸۰۷۸۹۴	واقعی	۱۸
۴۴۴۱۹۰	۷۸۰۰	۷۸۵۰/۸	۱۹۱۲۰۰۰	۹۴۳۱۸/۵۸	۲۳۵۲	۸۰۷۸۹۴	بهینه	
۹۱۹۳۷۰	۱۵۰۰۰	۱۳۷۳۸/۹	۳۵۳۷۲۰۰	۱۲۹۴۲۸/۵۷	۲۷۴۴	۱۹۹۵۸۶۵/۵	واقعی	۱۹
۹۱۹۳۷۰	۱۵۰۰۰	۱۳۷۳۸/۹	۳۵۳۷۲۰۰	۱۲۹۴۲۸/۵۷	۲۷۴۴	۱۹۹۵۸۶۵/۵	بهینه	
۶۰۴۳۰۵	۹۹۰۰	۱۰۷۹۴/۸۵	۱۲۴۲۸۰۰	۱۳۹۰۲۰/۲۹	۲۶۸۱/۲۸	۱۲۳۹۵۲۸	واقعی	۲۰
۶۰۴۳۰۵	۹۹۰۰	۱۰۷۹۴/۸۵	۱۲۴۲۸۰۰	۱۳۹۰۲۰/۲۹	۲۶۸۱/۲۸	۱۲۳۹۵۲۸	بهینه	
۲۹۷۵۰۴	۷۵۰۰	۵۰۰۴/۸۸۵	۱۳۸۶۲۰۰	۱۱۲۳۳۲/۸۸	۱۷۰۹/۱۲	۶۴۷۰۶۴/۹	واقعی	۲۱
۲۹۷۵۰۴	۷۵۰۰	۵۰۰۴/۸۸۵	۱۳۸۶۲۰۰	۱۱۲۳۳۲/۸۸	۱۷۰۹/۱۲	۶۴۷۰۶۴/۹	بهینه	

مأخذ: یافته‌های تحقیق



