

## Investigating the Pattern of Energy Consumption, Sensitivity Analysis and Economic Performance of Plum Production in Khansar Township, Isfahan, Iran

GOLMOHAMMAD KHOOB-BAKHT<sup>1</sup>, ASADOLLAH AKRAM<sup>2\*</sup>

1. Department of Agricultural Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

2. Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: Apr. 10, 2019- Revised: Dec. 25, 2019- Accepted: Jan. 6, 2020)

### ABSTRACT

The purposes of this study were to determine energy use pattern and study the relationships between energy inputs and yield, costs and revenue for plum production in Khansar Township. In this research, the required information was collected by questionnaire and face-to-face interview with gardeners. The inputs included labor, machinery, diesel fuel, chemical and organic fertilizers, irrigation water and electricity. The Cobb-Douglas model and sensitivity analysis were used to investigate the effect of input energy on performance. In this study the total energy used to produce plum was 56721.19 MJ/ha, and the electricity input with 66.25% was as the most common source of energy in plum production. The share of renewable energy for this product was 3.36%. The results of the Cobb Douglas function showed that the energy inputs of human labor, electricity, chemical fertilizer had a significant effect on performance. The results of sensitivity analysis showed that among the energy inputs, human labor energy had the highest marginal physical productivity (MPP) and the energy of human labor had the highest effect (0.87) compared with other sources in the production of plums. Energy efficiency for plum production was 0.46 and the human labor accounted for the highest production cost with 70.75%. Also, the benefit to cost ratio in the production of plum was calculated as 1.9.

**Keywords:** Input energy, Cobb Douglas, Energy efficiency, Cost

## بررسی الگوی مصرف انرژی، آنالیز حساسیت و عملکرد اقتصادی تولید آبی بخارا در شهرستان خوانسار

گل محمد خوب بخت<sup>۱</sup>، اسداله اکرم<sup>۲\*</sup>

۱. استادیار، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲. گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی

دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۲۱ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۰/۱۴ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۱۰/۱۶)

### چکیده

هدف از این پژوهش تعیین الگوی مصرف انرژی و بررسی رابطه بین انرژی ورودی و عملکرد، هزینه‌ها و درآمد برای تولید آبی در شهرستان خوانسار می‌باشد. در این تحقیق، اطلاعات مورد نیاز به وسیله پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری با باغ‌داران جمع‌آوری شد. نهادهای مورد بررسی شامل نیروی کارگری، ماشین، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی و آبی، آب آبیاری و الکتریسیته بودند. برای بررسی اثر انرژی‌های ورودی بر عملکرد، از مدل کاب داگلاس و تحلیل حساسیت استفاده شد. در این تحقیق کل انرژی مصرفی برای تولید محصول آبی ۵۶۷۲۱/۱۹ مگا ژول در هکتار به‌دست آمد و نهاده برق با ۶۶/۲۵ درصد، پرمصرف‌ترین نهاده در تولید آبی بود. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید این محصول ۳/۳۶ درصد بود. نتایج حاصل از تابع کاب داگلاس نشان داد که انرژی نهاده‌های نیروی انسانی، برق و کود شیمیایی تاثیر معنی‌داری بر روی عملکرد داشتند. همچنین نتایج حاصل از تحلیل حساسیت نشان داد که از بین انرژی‌های ورودی، انرژی نیروی انسانی بیشترین مقدار بهره‌وری فیزیکی حاشیه‌ای (MPP) را به خود اختصاص داد، همچنین انرژی نیروی انسانی بیشترین اثر (۰/۸۷) در مقایسه با سایر منابع در تولید آبی داشت. بازده انرژی برای تولید آبی ۰/۴۶ به‌دست آمد و نیروی کارگری با ۷۰/۷۵ درصد، بیشترین هزینه تولید را به خود اختصاص داد. همچنین نسبت فایده به هزینه در تولید محصولات آبی، ۱/۹ به‌دست آمد.

**واژه‌های کلیدی:** انرژی ورودی، کاب داگلاس، بازده انرژی، هزینه

### مقدمه

است که برای تولید محصول مطلوب، نیاز به انرژی کافی به شکل صحیح و در زمان مناسب است (Safa and Tabatabaefar, 2002). افزایش بهره‌وری در کشاورزی بدون استفاده مناسب، عاقلانه و زمان‌بندی شده از نهاده‌هایی چون الکتریسیته، سوخت، بذر، کودهای شیمیایی و آب، ممکن نیست. به این ترتیب ضروری است ابتدا نهاده‌ها را شناسایی کرد تا بتوان روش‌های موثری برای کنترل آن‌ها پیش‌بینی نمود. در راستای توسعه سامانه‌های کارآیی تولید محصول، آگاهی از منابع انرژی روستایی و الگوهای مصرف آن‌ها، در تدوین سیاست‌های مناسب بخش انرژی، به‌خصوص در کشورهای پرجمعیت و در حال توسعه، اهمیت ویژه‌ای دارد (Mani et al., 2007). بیان انرژی یک ابزار مناسب برای تخمین شدت و مقبولیت محیطی محصولات تولیدی با توجه به مصرف نهاده‌ها و تخمین انرژی برگشتی محصولات می‌باشد.

در مطالعه‌ای انرژی موردنیاز و تحلیل اقتصادی تولید مرکبات (پرتقال، لیموترش و نارنگی) در ترکیه مورد بررسی قرار گرفت. پژوهشگران به این نتایج دست یافتند که بیشترین میزان

آبی زرد خوانساری جزو میوه‌های هسته‌دار و پاییزی شهرستان خوانسار می‌باشد که از دیرباز در این شهرستان کشت می‌شود. این درخت در آب و هوای کوهستانی و سردسیری به‌خوبی رشد می‌کند و نیاز به خاک رسی و شنی و نیز آب فراوان دارد و خوانسار به دلیل دارا بودن تمام این ویژگی‌ها بستر مناسبی برای رشد و باردهی فراوان این گونه‌ی درختی شده است. این درخت با روش پاجوش به تکثیر خود می‌پردازد و نهال آن معمولاً از سال چهارم به بعد به بار می‌نشیند. متوسط عمر مفید این درخت در شرایط ایده‌آل معمولاً بیست و پنج تا سی و پنج سال است. از ۲۱۰۰ هکتار باغستان‌های شهرستان، حدود ۱۷۰ هکتار آن به کشت این میوه اختصاص دارد و روز به روز استقبال از کشت و پرورش آن در میان کشاورزان خوانساری بالاتر می‌رود (Anonymous, 2015).

میزان عملکرد محصولات و تولید موادغذایی موردنیاز مصرف‌کنندگان مستقیماً به انرژی وابسته است. این به آن معنی

نتایج همچنین نشان داد که تاثیر انرژی های مستقیم، غیر مستقیم و تجدید پذیر و غیر قابل تجدید، به ترتیب ۰/۱۱، ۰/۲۱، ۰/۱۰ و ۰/۳۲ بر روی عملکرد بود. نسبت فایده به هزینه ۱/۹ و سود خالص اقتصادی ۵۶۹۹/۹۷ دلار در هکتار به دست آمد.

## مواد و روش‌ها

### روش‌های جمع‌آوری اطلاعات

این مطالعه در سال ۹۷-۱۳۹۶ در شهرستان خوانسار انجام شد. اطلاعات مورد نیاز از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه حضوری از باغ‌داران جمع‌آوری گردید. پرسشنامه حاوی سوالاتی در مورد نهاده‌های ورودی و خروجی مورد نیاز برای تولید محصول آلو بود. جهت تکمیل آمار و اطلاعات مربوط به تولید محصولات کشاورزی در منطقه مورد مطالعه، سعی گردید در مراحل مختلف تحقیق، با کارشناسان مرتبط با موضوع در مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان خوانسار، مصاحبه به عمل آید و نظرات آن‌ها نیز لحاظ گردد.

### حجم نمونه و روش نمونه‌گیری

در این تحقیق از روش نمونه‌گیری تصادفی با انتساب متناسب استفاده شده است. لذا جهت تعیین حجم نمونه از فرمول کوکران (معادله ۱) استفاده گردید (Mansour Far, 1997):

$$n = \frac{Nt^2S^2}{Nd^2 + t^2S^2} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن  $N$ ، اندازه جامعه آماری،  $t$  ضریب اطمینان قابل قبول،  $S^2$  برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه،  $d$  دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و  $n$  حجم نمونه است. در این تحقیق تعداد افراد مورد مطالعه با توجه به رابطه کوکران ۵۳ نفر تعیین شد.

### جریان انرژی در تولید محصولات کشاورزی

نهاده‌های مورد استفاده در تولید محصولات، در منطقه مورد نظر شامل نیروی کارگری، ماشین‌های کشاورزی (تراکتور، گاوآهن، کولتیواتور، سمپاش)، سوخت دیزل، آبیاری، کودهای شیمیایی (نیترژن، فسفات و پتاسیم)، کود دامی و برق می‌باشد. برای تعیین میزان انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده‌ها از ضرایب انرژی متناظر با هر یک استفاده شد. ضرایب انرژی برای نهاده‌ها و ستانده‌ها در جدول ۱ ارائه شده‌اند. بنابراین انرژی معادل هر یک از نهاده‌ها از ضرب میزان مصرف هر یک از آن‌ها در ضریب انرژی ویژه آن نهاده به دست آمد.

انرژی نهاده به ترتیب برای تولید لیموترش، پرتقال و نارنگی مصرف شده و بالاترین نسبت انرژی نیز به ترتیب برای تولید پرتقال (۱/۲۵)، نارنگی (۱/۱۷) و لیموترش (۱/۰۶) به دست آمده است؛ همچنین سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر و تجدیدپذیر به ترتیب برابر ۹۰/۹۵٪ و ۳/۷۴٪ بوده است و پرتقال، لیموترش و نارنگی به ترتیب بالاترین نسبت سود به هزینه را داشته‌اند (Ozkan *et al.*, 2004).

مطالعه دیگری توسط Pimentel (1999) به منظور تولید بیودیزل از آفتابگردان و سویا در ایالات متحده انجام شد. در این تحقیق کل انرژی مورد نیاز برای تولید دو محصول سویا و آفتابگردان به ترتیب ۳۷۴۶ و ۶۱۱۹ هزار کیلوکالری در هکتار به دست آمد که نهاده‌های کود شیمیایی و سوخت بیشترین سهم را از کل انرژی ورودی به خود اختصاص داده بودند. همچنین هزینه‌های تولید برای دو محصول به ترتیب برابر ۵۳۷/۲۲ و ۶۰۱/۶۱ دلار در هکتار تخمین زده شد. نتایج مطالعه (2009) Samavatian در تولید سیر در استان همدان نشان داد که کل انرژی مصرفی در تولید سیر برابر ۴۰/۳۰۷ GJ/ha بوده است که کودهای شیمیایی و سوخت به ترتیب با نسبت‌های ۴۱/۷۳٪ و ۱۳/۷۴٪ بیشترین سهم را از کل انرژی ورودی داشته‌اند. همچنین هزینه تولید یک هکتار سیر برابر ۶۹۶۹۱۱۰۰ ریال و نسبت سود به هزینه برابر ۱/۳۷ به دست آمده است.

(Banaeian & Zangeneh (2011) با هدف مشخص کردن الگوی مصرف انرژی در جهت به دست آوردن رابطه بین نهاده‌های انرژی و عملکرد و همچنین انجام تحلیل‌های اقتصادی در زمینه کشت گردو در شهر همدان، پژوهشی انجام دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که کل مصرف انرژی در تولید گردو MJ/ha ۱۵۱۹۶/۱ بوده و کودهای شیمیایی با سهم ۴۱ درصدی، بیشترین سهم در مصرف انرژی را به خود اختصاص داده‌اند. نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی و انرژی ویژه در کشت گردو، به ترتیب ۲/۹، ۰/۳ و ۳/۴ مگاژول بر کیلوگرم، محاسبه شد. در نتایج برآوردهای اقتصادی، نسبت سود به هزینه، بازگشت خالص سرمایه و بهره‌وری اقتصادی به ترتیب ۲/۱، ۲۰۴۳/۷ \$/ha و ۰/۳ Kg/\$ به دست آمد.

(Mohammadi *et al.* (2010) در مطالعه‌ای به بررسی مصرف انرژی در تولید کیوی و رابطه بین ورودی‌های انرژی و عملکرد در استان مازندران پرداختند. نتایج نشان داد که حدود ۷۰ درصد از کل منابع انرژی مورد استفاده در تولید کیوی، غیر مستقیم بود. در میان نهاده‌ها انرژی نیروی انسانی با ۰/۱۷ بیشترین تاثیر را در میان سایر نهاده‌ها بر روی عملکرد داشت.

جدول ۱- محتوای انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید آلو

مرجع	محتوای انرژی (MJ/Unit)	منبع انرژی (واحد)
<b>نهاده‌ها</b>		
Singh, 2002	۱/۹۶	نیروی کارگری(ساعت)
Ozkan et al., 2011	۶۲/۷	ماشین‌ها و ادوات(ساعت)
Emadi et al., 2015	۵۶/۳۱	سوخت دیزل(لیتر)
Ozkan et al., 2011	۶۶/۱۴	نیترژن (کیلوگرم)
Ozkan et al., 2011	۱۱/۱	فسفر (کیلوگرم)
Ozkan et al., 2011	۱۱/۱۵	پتاسیم (کیلوگرم)
Ozkan et al., 2011	۰/۳	کود حیوانی(کیلوگرم)
Singh and Mittal, 1992	۱۲۰	سموم دفع آفات(کیلوگرم)
Singh, 2002	۱۲۰	سموم شیمیایی(لیتر)
Acaroglu, 1998	۱/۰۲	آب آبیاری (متر مکعب)
Gundogmus, 2006	۳/۶	الکتریسته (کیلو وات)
<b>ستانده‌ها</b>		
Singh and Mittal, 1992	۱/۹	آلو(کیلوگرم)

$$DE = \frac{\rho g H Q}{\eta_1 \eta_2} \quad (\text{رابطه ۳})$$

در این رابطه، DE انرژی مصرفی مستقیم برحسب ژول در هکتار،  $\rho$  چگالی آب ( $1000 \text{ kg/m}^3$ )، g شتاب جاذبه ( $9/8 \text{ m/s}^2$ )، H کل ارتفاع دینامیکی به علاوه افت اصطکاکی فشار (m)، Q دبی کل آب مصرفی در فصل زراعی برحسب مترمکعب در ساعت،  $\eta_1$  بازده پمپ به صورت اعشار (تابع ارتفاع عمودی بالا، بر سرعت و جریان آب که معمولاً برابر ۰/۷-۰/۹ در نظر گرفته می‌شود) و  $\eta_2$  بازدهی کل تبدیل انرژی و توان به صورت اعشار است که برای پمپ‌های برقی معمولاً برابر ۰/۱۸-۰/۲۰ در نظر گرفته می‌شود (Kitani, 1999). انرژی غیرمستقیم آبیاری شامل انرژی تجهیزات مورد استفاده در عملیات پمپاژ آب، آبیاری و حفر چاه و به‌طور کلی شامل انرژی موادخام مصرفی و همچنین ساخت و انتقال کلیه عواملی که در آبیاری دخالت دارند، می‌باشد که به دلیل پیچیدگی محاسبات به‌صورت درصدی از انرژی مستقیم در نظر گرفته می‌شود که معمولاً ۲۰ درصد در نظر گرفته می‌شود (Kitani, 1999). به دلیل آن‌که تولید آلو در یک سال زراعی در نظر گرفته شده و تولید این محصولات از بذر کاشته شده در سال‌های پیشین است، انرژی معادل بذر آلو در محاسبات لحاظ نشده است.

#### شاخص‌های انرژی

مهم‌ترین شاخص‌های انرژی شامل راندمان مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، خالص انرژی حاصله، شدت انرژی و ارزش شدت انرژی با استفاده از معادلات ۴ تا ۷ محاسبه می‌شود

میزان انرژی این نهاده از ضرب کردن ساعات کارکرد نیروی انسانی در معادل انرژی محاسبه می‌شود. برای برآورد مقدار انرژی ماشین (مگا ژول بر هکتار) باید انرژی معادل هر واحد ماشین (مگا ژول بر کیلوگرم) را در جرم ماشین (کیلوگرم) و نیز در ساعات استفاده از ماشین در واحد سطح (ساعت در هکتار) ضرب کرده و در نهایت بر عمر مفید ماشین (برحسب ساعت) تقسیم نمود.

$$EM = \frac{E.M.T}{N} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن:

EM : انرژی مصرفی ناشی از به‌کارگیری ماشین بر حسب

مگاژول بر هکتار

E : انرژی هر واحد ماشین بر حسب مگاژول بر کیلوگرم

M : جرم ماشین بر حسب کیلوگرم

T : ساعات استفاده از ماشین برحسب ساعت بر هکتار

N : عمر مفید ماشین برحسب ساعت

انرژی کودهای شیمیایی شامل انرژی صرف شده در مراحل تولید، خشک کردن، گرانول کردن، بسته‌بندی، انتقال و کاربرد است. انرژی کودهای دامی بر اساس میزان ازت، فسفر و پتاسیمی که دارند، در نظر گرفته می‌شود (Kitani, 1999). انرژی مصرفی برای تامین آب مورد نیاز برای آبیاری در طی فصل رشد، شامل انرژی مستقیم (DE) و انرژی غیر مستقیم (IE) می‌باشد. انرژی مستقیم شامل مصرف انرژی جهت بالا آوردن و ایجاد فشار متناسب با نیاز سیستم آبیاری می‌باشد که از رابطه ۳ محاسبه می‌شود (Kitani, 1999).

نهاده نشان می‌دهد که با افزایش در ورودی، تولید نیز افزایش خواهد یافت. مقدار منفی MPP عوامل ورودی نشان دهنده این است که هر واحد اضافه ورودی موجب کاهش عملکرد می‌شود. MPP از طریق رابطه ۱۱ محاسبه می‌شود.

$$MPP_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_{ij})} \times \alpha_{ij}$$

در این رابطه  $MPP_{xj}$  مقدار بهره وری فیزیکی حاشیه ای به ازای نهاده زام،  $\alpha_{ij}$  ضریب رگرسیون نهاده،  $GM(Y)$  میانگین هندسی عملکرد محصول در هکتار و  $GM(X_{ij})$  میانگین هندسی نهاده انرژی ورودی است (Royan et al., 2012).

#### شاخص‌های اقتصادی

برای محاسبه شاخص‌های اقتصادی از روابط زیر استفاده شد (Ozkan et al., 2011).

$$(رابطه ۱۲) \quad \text{سود خالص اقتصادی} = \text{درآمد کل} - \text{هزینه کل}$$

$$(رابطه ۱۳)$$

$$\frac{\text{درآمد کل}}{\text{هزینه کل}} = \text{نسبت فایده به هزینه}$$

$$(رابطه ۱۴)$$

$$\frac{\text{عملکرد محصول}}{\text{هزینه}} = \text{بهره‌وری اقتصادی}$$

#### نتایج و بحث

##### تحلیل انرژی نهاده - ستانده در تولید محصولات کشاورزی

جدول ۲ میزان انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در منطقه موردنظر را نشان می‌دهد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، مقدار نیروی کارگری در تولید آلو ۱۹۲۷/۴۳ ساعت در هکتار بوده و نیروی کارگری بیشتر برای آماده‌سازی زمین با بیل دستی و آبیاری استفاده می‌شد. از طرف دیگر میزان عملکرد محصول در تولید آلو ۱۳۷۶۶/۳۲ کیلوگرم در هکتار، برآورد گردید.

با توجه به جدول ۲ میزان انرژی نهاده‌ها برای تولید آلو ۵۶۷۲۱/۱۹ مگاژول در هکتار می‌باشد. بالا بودن میزان انرژی ورودی در تولید این محصول عمدتاً به دلیل بالا بودن انرژی الکتریسته مصرفی در استحصال آب و سایر موارد مصرف انرژی الکتریسته می‌باشد. به‌طوری‌که در حدود ۶۰ درصد انرژی نهاده‌ها مربوط به انرژی الکتریسته می‌باشد. نتایج همچنین نشان می‌دهند که میزان انرژی ستانده در تولید محصول آلو ۲۶۱۵۶/۰۱ مگاژول در هکتار می‌باشد.

سهم نهاده‌های مختلف از کل انرژی ورودی در تولید محصول آلو در شکل ۱ نشان داده شده است. عمده کودهای مورد

(Mohammadshirazi et al., 2012).

$$(رابطه ۴) \quad \frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}} = \text{بازده انرژی}$$

$$(رابطه ۵) \quad \frac{\text{عملکرد}}{\text{انرژی ورودی}} = \text{بهره‌وری انرژی}$$

$$(رابطه ۶) \quad \text{انرژی ورودی} - \text{انرژی خروجی} = \text{خالص انرژی}$$

$$(رابطه ۷) \quad \frac{\text{انرژی ورودی}}{\text{عملکرد}} = \text{ارزش شدت انرژی}$$

که در معادلات فوق انرژی خروجی و ورودی بر حسب مگاژول بر هکتار و عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم بر هکتار می‌باشد. انرژی ورودی به شکل‌های مستقیم و غیر مستقیم و تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر تقسیم‌بندی می‌شوند. انرژی غیرمستقیم شامل کودهای شیمیایی، کودهای حیوانی و ماشین‌ها هستند. درحالی‌که انرژی مستقیم شامل نیروی انسانی، سوخت دیزل و جریان الکتریسته در فرآیند تولید می‌باشد. انرژی غیرتجدیدپذیر شامل سوخت دیزل، سموم و کودهای شیمیایی، ماشین‌ها و انرژی تجدیدپذیر شامل نیروی انسانی و کود حیوانی می‌باشد.

#### مدل سازی انرژی

در این پژوهش برای تعیین اثر انرژی‌های ورودی بر عملکرد از مدل کاب داگلاس استفاده شد. شکل کلی مدل بصورت رابطه ۸ می‌باشد (Nikkhah et al., 2014).

$$(رابطه ۸) \quad y = F(x)\exp(u)$$

این تابع را می‌توان همچنین بصورت زیر نوشت:

$$(رابطه ۹) \quad \ln y_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j \ln(X_{ij}) + e_i \quad i = 1, 2, \dots, 53$$

که در آن  $y_i$  بیانگر عملکرد کشاورز  $i$  ام،  $X_{ij}$  مشخصه ورودی‌های استفاده شده در فرآیند تولید،  $\alpha_j$  ضرایب رگرسیونی نهاده‌های انرژی ورودی،  $\alpha_0$  و  $e_i$  به ترتیب ضریب ثابت و ضریب خطا هستند. با فرض اینکه عملکرد، یک تابع برحسب انرژی‌های ورودی است و با استفاده از رابطه ۹، معادله ۱۰ را می‌توان نوشت.

$$(رابطه ۱۰)$$

$$\ln y_i = \alpha_0 + \alpha_1 \ln x_1 + \alpha_2 \ln x_2 + \alpha_3 \ln x_3 + \dots + \alpha_7 \ln x_7 + e_i$$

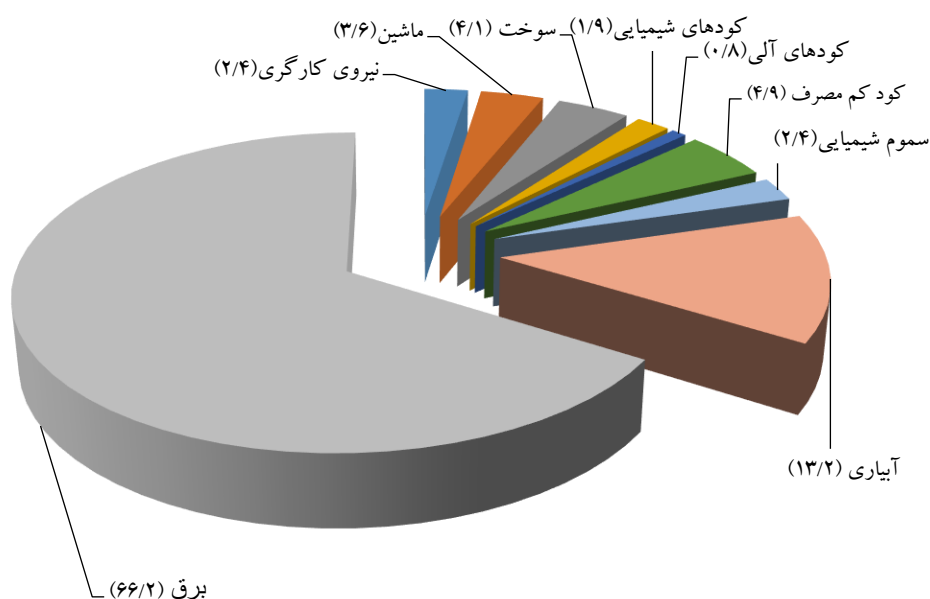
که در آن  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7$  به ترتیب نیروی انسانی، ماشین، سوخت دیزل، کود شیمیایی، سم، آب آبیاری و الکتریسته می‌باشند (Shaghozayi and nadi, 2016).

روش بهره‌وری فیزیکی حاشیه‌ای ( $MPP^1$ ) برای تحلیل حساسیت نهاده‌های انرژی ورودی در تولید آلو در شهرستان خوانسار استفاده شد. این روش نشان می‌دهد که با افزایش یک واحد در یکی از نهاده‌های انرژی، با ثابت بودن سایر عوامل تولید، میزان تغییر در عملکرد چه میزان است. مقدار مثبت MPP هر

جدول ۲- مقدار مصرف و میزان انرژی نهاده‌ها و ستانده در تولید محصولات

عنوان	مقدار مصرف (Unit/ha)	انرژی معادل (MJ/ha)
الف: نهاده‌ها		
۱. نیروی کارگری (h)	۱۹۲۷/۴۳	۳۷۷۷/۷۶۳
۲. ماشین‌ها (h)	۸۷/۳۸	۵۴۷۸/۷۲۶
۳. سوخت دیزل (l)	۱۱۲/۳۳	۶۳۲۵/۳۰۲
۴. کودهای شیمیایی (kg)		
الف) نیتروژن (N)	۳۵/۲۶	۲۳۳۲/۰۹۶
ب) فسفات ( $P_2O_5$ )	۳۲/۱۳	۳۹۹/۶۹۷۲
ج) پتاس ( $P_2O_5$ )	۲۰/۷۴	۲۳۱/۲۵۱
د) سموم دفع آفات (kg)	۶۳/۱۴	۷۵۷۶/۸
۵. کود آلی (kg)	۴۴۵۵	۱۳۳۶/۵
۶. سموم شیمیایی	۳۰/۷۶	۳۶۹۱/۲
۷. آب آبیاری ( $m^3$ )	۱۸۰۶/۴	۱۸۴۲/۵۲۸
۸. الکتریسته (kWh)	۶۵۹۱/۴۸	۲۳۷۲۹/۳۳
ب: ستانده		
عملکرد محصول (kg)	۱۳۷۶۶/۳۲	۲۶۱۵۶/۰۱

استفاده در منطقه برای کشت محصولات زراعی و باغی عبارتند از: کودهای ازته، فسفات و کود آلی. در منطقه مورد بررسی برای تولید درختان آلو از کودهای ازته و دامی استفاده می‌شود. کود ازته به دلیل دارا بودن ضریب انرژی بالاتر، نسبت به سایر کودها نقش بیشتری در مصرف انرژی دارد و کودهای فسفات و دامی نیز بعد از آن قرار دارند. پس از انرژی نهاده الکتریسته در تولید آلو، انرژی مربوط به مصرف سوخت دیزل، کودهای کم مصرف و کود ازته، ماشین و نیروی کارگری بیشترین سهم از انرژی را به خود اختصاص داده‌اند. این در حالی است که نهاده‌های کود آلی و کودهای فسفات و پتاس کمترین سهم از انرژی ورودی در منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. به دلیل آن که بررسی مربوطه برای یک سال زراعی انجام شده است، نهاده بذر در پرورش محصولات باغی دخالتی نداشته و مقدار انرژی مربوط به آن صفر در نظر گرفته شده است.



شکل ۱- سهم نهاده‌های مختلف از کل انرژی ورودی در تولید محصول آلو

جدول ۳- شاخص‌های انرژی در تولید محصولات آلو

عنوان	واحد	آلو
نسبت انرژی	-	۰/۴۶
بهره‌وری انرژی	$kg.MJ^{-1}$	۰/۲۴
شدت انرژی	$MJ.kg^{-1}$	۴/۱۲
افزوده خالص انرژی	$MJ.kg^{-1}$	-۲۷۹۱۴/۹

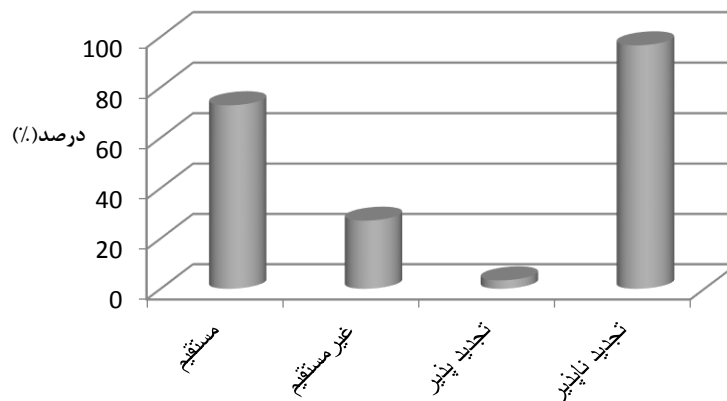
### تحلیل شاخص‌های انرژی در تولید محصولات کشاورزی

جدول ۳ شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی در تولید آلو را نشان می‌دهد. نتایج بررسی‌های انجام شده در منطقه مورد مطالعه نشان داد که میزان بازده انرژی برای آلو ۰/۴۶ می‌باشد.

### تحلیل حساسیت نهاده های انرژی

نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که در محدوده‌ی مورد بررسی در این مطالعه، با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی نهاده های نیروی انسانی، ماشین های کشاورزی، سوخت دیزل، سموم شیمیایی و الکتریسته عملکرد به ترتیب معادل ۰/۴، ۰/۱۴، ۰/۰۳۷، ۰/۲۳، ۰/۰۶۴، ۰/۱۹۸- و ۰/۲۴ کیلوگرم بر هکتار افزایش یافت و با افزایش یک مگاژول در انرژی نهاده انرژی کودهای شیمیایی و آب آبیاری به ترتیب ۰/۲۳- و ۰/۱۹۸- کیلوگرم بر هکتار کاهش یافت. همانطور که از جدول ۴ مشاهده می شود نیروی انسانی، الکتریسته، کود شیمیایی و آب آبیاری تاثیر معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر روی عملکرد داشتند و انرژی نیروی انسانی بیشترین اثر (۰/۹۵) در مقایسه با سایر منابع در تولید آلو داشت.

تقسیم بندی انرژی ورودی شامل انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید محصول باغی آلو در شکل ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که در تولید این محصول، نسبت انرژی های مستقیم بیشتر از انرژی های غیرمستقیم می باشد. بر اساس تحقیقات انجام شده، در تولید برخی از محصولات کشاورزی، سهم انرژی های غیرمستقیم بیشتر از سهم انرژی های مستقیم بوده است (Ozkan et al., 2011). همچنین مطالعات دیگری، سهم انرژی های مستقیم را بیشتر از سهم انرژی های غیرمستقیم در تولید محصولات کشاورزی گزارش کرده اند (Kizilaslan, 2009). نتایج همچنین نشان می دهد که نسبت انرژی های تجدیدناپذیر در تولید این محصول، بیشتر از سهم انرژی های تجدیدپذیر بوده است که نشان دهنده وابستگی تولید محصولات به منابع انرژی فسیلی می باشد. نتایج مشابهی در تحقیقات قبلی گزارش شده است (Ozkan et al., 2011; Moore, 2010).



شکل ۲- سهم انرژی های مستقیم و غیر مستقیم، تجدید پذیر و تجدید ناپذیر در تولید محصول آلو

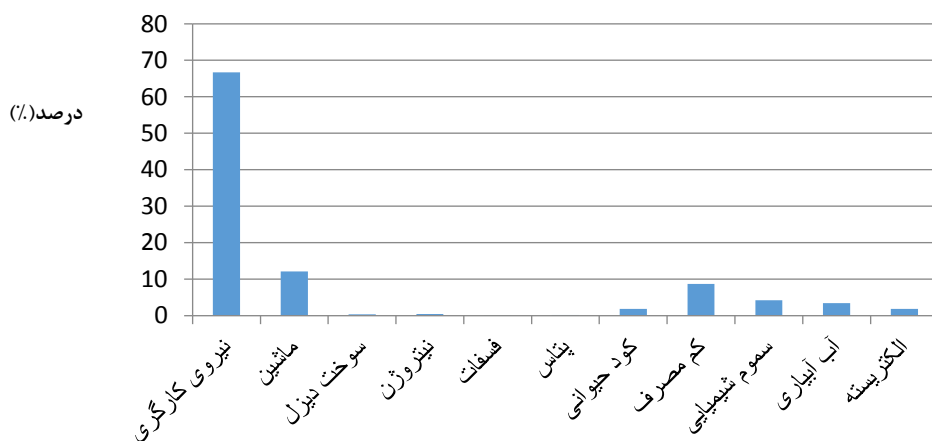
جدول ۴- اثر انرژی های ورودی بر عملکرد و تحلیل حساسیت انرژی مصرفی برای تولید آلو

متغیرها	ضریب رگرسیونی	t-Ratio	MPP
نیروی کارگری(ساعت)	۰/۸۷	۳/۴۳*	۰/۴۰۱۱۸۶
ماشین ها و ادوات(ساعت)	۰/۳۱	۱/۱۳*	۰/۱۴۲۹۵۱
سوخت دیزل(لیتر)	۰/۰۸۱	۰/۶۴	۰/۰۳۷۳۵۲
کودهای شیمیایی	-۰/۵۲	۲/۶۷*	-۰/۲۳۹۷۹
سموم شیمیایی	۰/۱۴	۰/۷۳	۰/۰۶۴۵۵۹
آب آبیاری( $m^3$ )	-۰/۴۳	۱/۹۶*	-۰/۱۹۸۲۹
الکتریسته(kW)	۰/۵۴	۲/۰۷	۰/۲۴۹۰۱۲
$R^2$	۰/۸۶		
دوربین واتسون	۱/۹۷		
نرخ بازگشت به مقیاس	۱/۳۷		

### تحلیل شاخص‌های اقتصادی در تولید محصولات کشاورزی

کل هزینه‌های مربوط به نهاده‌های مورد استفاده در تولید محصول آلو در جدول ۵، برحسب میلیون ریال در هکتار، می‌باشد. با توجه به اطلاعات موجود در جدول ۴ و شکل ۳، هزینه کل در هر هکتار کشت آلو، ۱۸۰/۶۷۵۱ میلیون ریال می‌باشد و نهاده نیروی کارگری با ۶۶/۶۷ درصد بیشترین مقدار هزینه را به خود اختصاص داده‌است. با توجه به جدول ۶، درآمد کل حاصل از تولید آلو، با توجه به قیمت فروش و عملکرد محصولات در هکتار، ۳۴۴/۱۵۸ میلیون ریال در هکتار برآورد شده است. همچنین سود خالص اقتصادی برای محصول آلو، ۱۶۳/۴۸۲۹ میلیون ریال در هکتار می‌باشد. نسبت فایده به هزینه در تولید محصولات آلو، ۱/۹ به‌دست آمد که نشان‌دهنده این است که مزارع و باغات شهر خوانسار از نظر اقتصادی در وضعیت مناسبی قرار دارند.

نهاده	میلیون ریال در هکتار
۱. نیروی کارگری	۱۲۰/۴۶۴۴
۲. ماشین‌ها	۲۱/۸۴۵
۳. سوخت دیزل	۰/۶۷۳۹
۴. کودهای شیمیایی	
الف) نیتروژن (N)	۰/۸۴۶۲۴
ب) فسفات (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	۰/۱۵۴۲۲۴
ج) پتاس	۰/۳۱۱۱
د) کم مصرف	۱۵/۷۸۵
۵. کود آلی	۳/۳۴۱۲۵
۶. سموم شیمیایی	۷/۶۹
۷. آب آبیاری	۶/۲۶۸۲۰۸
۸. الکتریسته	۳/۲۹۵۷۴
کل هزینه نهاده	۱۸۰/۶۷۵۱



شکل ۳- سهم هزینه‌ها در تولید محصول آلو

جدول ۶- شاخص‌های اقتصادی در تولید محصولات آلو

شاخص	واحد	مقدار
عملکرد	کیلوگرم در هکتار	۱۳۷۶۶/۳۲
قیمت فروش	ریال بر کیلوگرم	۲۵۰۰۰
هزینه کل	میلیون ریال در هکتار	۱۸۰/۶۷۵۱
هزینه تولید هر کیلوگرم	ریال بر کیلوگرم	۱۳۱۲۴/۴۳
درآمد کل	میلیون ریال در هکتار	۳۴۴/۱۵۸
سود خالص اقتصادی	میلیون ریال در هکتار	۱۶۳/۴۸۲۹
نسبت فایده به هزینه	-	۱/۹
بهره‌وری اقتصادی	کیلوگرم بر میلیون ریال	۱۶۷/۹۰

منطقه به سمت کاهش مصرف انرژی برق از طریق استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر اقدام شود. با توجه به اینکه این منطقه رودخانه‌های پر آب و فعالی دارد همچنین اختلاف ارتفاع بالادست رودخانه نسبت به پایین دست رودخانه زیاد می‌باشد و می‌توان با احداث سد و یا سیل بند از انرژی پتانسیل آب برای تولید انرژی

نتایج این تحقیق نشان داد که نهاده الکتریسته به عنوان پرمصرف‌ترین منابع انرژی در تولید محصولات آلو شناخته شد و سهم انرژی‌های تجدید پذیر برای این محصول نسبت به انرژی‌های تجدید ناپذیر ۱ به ۱۰ بود. بنابراین برای صرفه جویی در مصرف انرژی‌های ورودی و افزایش بازده انرژی نیاز است که در این



محصول آلو در شهرستان خوانسار نهاده الکتريسته به عنوان پرمصرف ترين منبع انرژی می باشد. بنابراین برای کاهش مصرف انرژی الکتريسته پیشنهاد می شود که این منبع از طریق منابع انرژی تجدیدپذیری مانند انرژی خورشیدی و انرژی آبی که پتانسیل خوبی در این منطقه دارد تامین شود. بازده انرژی برای تولید آلو ۰/۴۶ به- دست آمد و برای افزایش این بازده یا باید عملکرد محصول را افزایش داد و یا از انرژی نهاده‌های ورودی استفاده بهینه نمود. سهم انرژیهای تجدید پذیر نسبت به انرژیهای تجدید ناپذیر برای تولید محصول آلو بسیار ناچیز بود. نیروی کارگری بیشترین مقدار هزینه تولید را به خود اختصاص داد به همین دلیل مکانیزه نمودن فرآیند تولید این محصول جزو ضروریات برای بهره وری بهتر چه از لحاظ اقتصادی و چه از لحاظ مصرف انرژی می باشد. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت نشان داد که از بین انرژی های ورودی انرژی نیروی انسانی بیشترین مقدار MPP را به خود اختصاص داد. همچنین انرژی نیروی انسانی بیشترین اثر (۰/۸۷) در مقایسه با سایر منابع در تولید آلو داشت و نسبت فایده به هزینه در تولید محصولات آلو، ۱/۹ به دست آمد.

الکتريسته استفاده نمود. همچنین به دلیل بالا بودن هزینه‌های کارگری سالانه هزینه هنگفتی برای برداشت محصولات پرداخت می شود از طرف دیگر به دلیل عدم ثبات قیمت محصول در بعضی از سالها سود خالص منفی می شود و میوه‌ها برداشت نمی شود و روی درختان می ماند بنابراین باید به سمت مکانیزه کردن مراحل مختلف عملیات‌های داشت و برداشت این محصول قدم برداشته شود تا سود خالص اقتصادی افزایش پیدا کند. البته در تحقیق حاضر نسبت فایده به هزینه بزرگتر از یک بود که نشان از سود اقتصادی می باشد که سود خالص برای هر هکتار تقریباً ۱۶۳۴۸۲۹۰۰ ریال می باشد که با کاهش هزینه‌های تولید بویژه هزینه کارگری این مقدار افزایش می یابد. از طرف دیگر باید امکانات و تجهیزات لازم برای فرآوری این محصول تهیه شود تا بتوان علاوه بر خشک شده محصول از سایر مصارف آن استفاده شود.

## نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که در بین نهاده های مورد نیاز برای تولید

## REFERENCES

- Acaroglu, M. (1998). Energy from biomass, and applications, Graduate school of natural and applied sciences. University of Selcuk; Textbook.
- Anonymous, (2015). <http://nabie.blog.ir>
- Banaeian, N. and Zangeneh, M. (2011). Modelling energy flow and economic analysis for walnut production in Iran. Research Journal of Applied Sciences, *Engineering and Technology*, 3(3), 194-201.
- Emadi, B., Nikkhah, A., Khojastehpour, M. and Payman, S.H. (2015). Effect of farm size on energy consumption and input costs of peanut production in Guilan province, Iran. *Agricultural Machinery*, 5 (1), 217-227.
- Gundogmus, E. (2006). Energy use on organic farming: A comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holding in Turkey. *Energy Conversion and Management*, 47: 3351-3355.
- Kitani, O. (1999). CIGR handbook of agricultural engineering, Volume 5: Energy and biomass engineering. ASAE Publications, St Joseph, MI
- Kizilaslan, H. (2009). Input-output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. *Applied Energy* 86, 1354-1358
- Mani, I., Kumar, P., Panwar, J.S. and Kant, K., (2007). Variation in energy consumption in production of wheat-maize with varying altitudes in hilly regions of Himachal Pradesh, India. *Energy*, 32, 2336-2339.
- Mansour Far, K. 1997. Statistical Methods. Tehran University Press. (In Farsi).
- Mohammadshirazi, A., Akram, A., Rafiee, S., Mousavi Avval, S.H. and Bagheri, E. (2012). An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield in tangerine production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 4515-4521.
- Moore, S.R. (2010). Energy efficiency in small-scale biointensive organic onion production in Pennsylvania, USA. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25, 181-188
- Mohammadi, A., Rafiee, Sh., Mohtasebi., Rafiee, H. (2010). Energy inputs – yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. *Renewable Energy*, 35, 1071-1075.
- Nikkhah, A., Emadi, B., Shabanian, F. and Hamzeh-Kalkenari, H., (2014). Energy sensitivity analysis and greenhouse gas emissions for tea production in guilan province, Iran. *Agroecology*. 6 , 622-633.
- Ozkan, B., Akcaoz, H. and Karadeniz, F. (2004). Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. *Energy Conversion and Management*, 45, 1821-1830
- Ozkan, B., Ceylan, R. F. and Kizilay, H. (2011). Comparison of energy inputs in glasshouse double crop (fall and summer crops) tomato production. *Renewable Energy*, 36: 1639-1644.
- Pimentel, D., (1999). Energy inputs in production agriculture, In: R.C. Fluck (Ed), *Energy in Farm Production*, Elsevier, Amsterdam, 13 - 29.
- Royan, M., Khojastehpour, M., Emadi, B. and Ghasemi Mobtakr, H., (2012). Investigation of energy inputs for peach production using sensitivity analysis in Iran. *Energy Conversion and Management*. 64, 441-446.
- Safa, M. and Tabatabaeefar, A., (2002). Energy consumption in wheat production in irrigated and dry land farming. In: Proc. Intl. Agric. Eng. Conf.,

Wuxi, China, November, 28-30.

Samavatian, N. (2009). Study on the Mechanization of Garlic Production Case Study: Hamedan and Bahar in Hamedan Province. Master's thesis of Tehran University. (In Farsi).

Shaghozayi, S. and Nadi, F., (2015). Energy modeling of plum production in Golestan province. Iranian

journal of Biosystem Engineering. 47, 541- 549.

Singh, J.M. (2002). On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Germany: Master of Science, International Institute of Management, University of Flensburg.

Singh, S. and Mittal, J.P. (1992). Energy in production agriculture. Mittal Publications