

## A New Approach to Material and Energy Flow Accounting of Agricultural Systems: A Case Study of Canola in Ardabil Province

MAJID DEKAMIN\*

1. Plant Production and Genetic Engineering, University of Malayer, Malayer, Hamedan.  
(Received: March. 8, 2020- Revised: Dec. 2, 2020- Accepted: Dec. 12, 2020)

### ABSTRACT

Reducing material waste in agricultural production is one of the most important strategies to increase efficiency in the agricultural sector. Accordingly, various methods have been used to measure the economic efficiency and energy of agricultural production. However, most of these methods do not take into account the hidden costs of measuring the efficiency of the production system. Material Flow Cost accounting (MFCA) enables farmers to be aware of the amount of energy and value-added losses that results from material waste. In this study, a new approach (ISO 14,051) was used to measure the economic and energy indicators of canola production in Ardabil province. Data were obtained through face-to-face interviews with 65 farmers in the 2,018. According to the obtained results, the highest amount of input energy is related to fossil fuels and nitrogen fertilizer. Based on energy and economic indicators calculated by two methods of conventional accounting and accounting based on material flow cost accounting, it was found that the total value of canola production according to conventional accounting is equal to 59,055,260 Rials per hectare and in material flow costing is 65,694,700 Rials per hectare. However, in case of reducing material and energy waste (negative production), the benefit-cost ratio in the production process will increase by 0.12 units. Energy efficiency and specific energy were the same in the two accounting approaches because of the non-interference of output energies in their calculation. But net energy in conventional accounting differs by 9,162 megajoules from MFCA. The findings of the present study will help to better understand the issues and challenges related to reducing waste and environmental emissions and optimizing production systems as well as investing in crop production.

**Keywords:** Energy use efficiency, Production cost, ISO 14051, Sustainable agriculture.

## رویکردی جدید در حسابداری جریان مواد و انرژی سامانه‌های کشاورزی: مطالعه موردی کلزا در استان اردبیل

مجید دکامین<sup>\*۱</sup>

استادیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، همدان  
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۸ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۹/۱۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۹/۲۲)

### چکیده

کاهش هدر رفت مواد در تولید محصولات کشاورزی یکی از مهم‌ترین راهبردها برای افزایش کارایی در بخش کشاورزی است. بر همین اساس، روش‌های مختلفی برای سنجش کارایی اقتصادی و انرژی تولید محصولات کشاورزی به کار گرفته شده است. با این حال، اغلب این روش‌ها هزینه‌های پنهان را سنجش کارایی نظام تولیدی لحاظ نمی‌کنند. هزینه‌یابی جریان مواد (MFCA) کشاورزان را قادر می‌سازد تا از میزان انرژی و ارزش افزوده‌ای آگاهی یابند که در نتیجه هدر رفت مواد از حاصل می‌شود. در این پژوهش رویکرد جدیدی به منظور سنجش شاخص‌های اقتصادی و انرژی تولید کلزا در استان اردبیل و در قالب استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱ بکار گرفته شد. داده‌ها از طریق مصاحبه رودررو با ۶۵ کشاورز در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ به دست آمد. بر اساس نتایج به دست آمده بیشترین میزان انرژی نهاده مربوط به سوخت‌های فسیلی و کود نیتروژن است. بر اساس شاخص‌های انرژی و اقتصادی محاسبه شده به دو روش حسابداری رایج و حسابداری بر اساس هزینه‌یابی جریان مواد، مشخص شد که ارزش کل تولید کلزا بر اساس حسابداری رایج برابر با ۵۹۰۰۵۵،۲۶۰ ریال در هکتار و در هزینه‌یابی جریان مواد برابر با ۶۵،۶۹۴،۷۰۰ ریال در هکتار است. این در حالی است که در صورت کاهش هدر رفت مواد و انرژی (تولیدات منفی) نسبت فایده به هزینه در فرایند تولید افزایشی ۰/۱۲ واحدی خواهد داشت. بهره‌وری انرژی و انرژی مخصوص در دو رویکرد حسابداری یکسان بود که دلیل آن عدم دخالت انرژی‌های خروجی در محاسبه آن‌ها است. ولی انرژی خالص در حسابداری رایج با حسابداری بر اساس هزینه‌یابی جریان مواد اختلاف ۹،۱۶۲ مگاژولی دارد. یافته‌های پژوهش حاضر به درک بهتر مسائل و چالش‌های مرتبط با کاهش هدررفت و انتشارهای محیط زیستی و بهینه‌سازی نظام‌های تولید و همچنین سرمایه‌گذاری در تولید گیاهان زراعی کمک خواهد کرد.

**واژه‌های کلیدی:** کارایی مصرف انرژی، هزینه تولید، استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱، کشاورزی پایدار.

### مقدمه

حاضر مکانیزه شده و استفاده از انرژی‌های تجاری افزایش یافته است. تولید محصولات کشاورزی همراه با استفاده مستقیم از سوخت‌های فسیلی و یا الکتریسیته برای استفاده از ماشین‌آلات و ابزارهای کشاورزی است و به صورت غیرمستقیم در تولید کود و سموم شیمیایی و حتی تولید ماشین‌آلات کشاورزی به کار گرفته می‌شود. عملیات زراعی همچون آماده‌سازی بستر بذر، کاشت، داشت، برداشت، حمل‌ونقل، پمپاژ آب و عملیات پس از برداشت نیازمند انرژی هستند. افزایش استفاده از حامل‌های انرژی در کشاورزی باعث دغدغه‌های مالی و محیط زیستی شده است که منجر به افزایش هزینه تولید، مصرف بالای منابع انرژی‌های تجدیدناپذیر، از دست رفتن تنوع زیستی و آلودگی منابع آب با نیتروژن و فسفر می‌شود. این دغدغه‌ها در مقیاس‌های مختلف از سطح یک مزرعه گرفته تا سطح جهانی مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند. استفاده کارآمد از انرژی در تولید محصولات

امروزه تولیدات کشاورزی وابستگی بسیار بالایی به نهاده‌های ورودی دارند، بر همین اساس تولید کارآمد محصول زراعی از اهمیت بالایی برخوردار است. منابع انرژی محدود بوده و علاوه بر این اثرات استفاده بیش از حد از انرژی باعث اثراتی نامطلوب بر محیط‌زیست شده است. استفاده کارآمد از انرژی در بخش کشاورزی یکی از لازمه‌های تولید پایدار محصولات کشاورزی است، چراکه به صرفه‌جویی منابع مالی، حفظ منابع فسیلی و کاهش آلودگی‌های محیط‌زیستی می‌شود. بنابراین، تشخیص عملیات زراعی که منجر به بهینه‌سازی بهره‌وری، استفاده کارآمد از انرژی و کمینه‌سازی اثرات محیط زیستی می‌شود، امری ضروری است.

سرعت رشد استفاده از انرژی در بخش کشاورزی بیشتر از دیگر بخش‌های اقتصادی است، چراکه تولید کشاورزی در حال

برای تولید کلزا محاسبه شد و کود، سوخت دیزل و الکتریسته اصلی ترین مصرف کنندگان انرژی در بین نهاده ها شناخته شده و کارایی مصرف انرژی و بهره وری انرژی به ترتیب ۳/۰۲ و ۰/۱۲ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد (Mousavi-avaal et al., 2011). اما در تمامی این مطالعات اثرات محصولات منفی که باعث اثرات محیط زیستی می شوند در نظر گرفته نشده است. هزینه یابی جریان مواد این خلأ را در تحقیقات گذشته پر می کند و راهی جدید برای برآورد مصرف واقعی انرژی و نهاده ها ارائه می دهد. تنها مطالعه ای که با استفاده از هزینه یابی جریان مواد، به تحلیل انرژی و هزینه تولید گیاه زراعی سویا پرداخته است مطالعه دکامین و برمکی ۲۰۱۹ است (Dekamin & Barmaki, 2019).

هدف از مطالعه حاضر تعیین کل مقدار انرژی های ورودی و خروجی و همچنین هزینه های تولید کلزا در استان اردبیل به عنوان بزرگ ترین تولیدکننده این گیاه زراعی در کشور است تا به وسیله آن بتوان جریان های انرژی و هزینه را در اقدامات مدیریتی به منظور تولید را شناسایی و کارایی استفاده از آن ها را در مقیاس های انرژی و هزینه ای مشخص و راهکارهایی جهت بهبود کارکرد نظام تولید کلزا و پایداری آن در جهت دستیابی به یک نظام اکولوژیک ارائه داد.

## مواد و روش ها

### عملیات زراعی و نهاده های مصرفی

از آنجایی که بذر کلزا ریز است، تهیه بستر بذر مناسب جهت سبز شدن یکنواخت و ایجاد پوشش گیاهی کافی اهمیت ویژه ای دارد. به طور کلی عملیات تهیه زمین در تولید کلزا، شامل شخم، دیسک، تسطیح (لولر) و کاشت بذر با بذرکار است. به طور کلی میزان بذر مورد نیاز پیشنهاد شده برای کلزا در هر هکتار، ۲/۵ تا ۴ کیلوگرم برای ارقام زمستانه و ۴ تا ۶ کیلوگرم برای ارقام بهاره است. متوسط بذر مورد استفاده در منطقه ۶ کیلوگرم در هکتار بود که در ردیف های ۶۰ تا ۷۵ سانتی متر با دو تا سه ردیف روی پشته انجام می شود. در منطقه مورد مطالعه به طور متوسط ۵ دور آبیاری برای کلزا انجام می شود. کشاورزان در صورت بارش زیاد هر ۲۰ تا ۳۰ میلی متر بارندگی را با توجه به شرایط یک نوبت آبیاری محسوب می کنند.

از مهم ترین عناصر ضروری مورد نیاز کلزا نیتروژن، فسفر و پتاس است. مقدار مصرف این کودها بسته به شرایط مزرعه، منطقه و بنیه و بوته ها دارد. به طور متوسط در هر هکتار، ۳۱۸ کیلوگرم نیتروژن به شکل اوره (۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) ۷۵ کیلوگرم در سه مرحله ۳ برگی، ۱۵۸ کیلوگرم در هکتار در مرحله ساقه دهی، ۸۵ کیلوگرم در هکتار در مرحله غنچه دهی

کشاورزی و درعین حال با کمینه مقدار مصرف انرژی، باعث کمینه اثر محیط زیستی، افزایش تاب آوری سوخت های فسیلی و همچنین بهبود پایداری تولید مزارع کشاورزی به عنوان یک نظام تولید اقتصادی می شود. با توجه به افزایش هزینه های تولید بهبود کارایی استفاده از انرژی از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است. تجزیه و تحلیل انرژی بوم نظام های کشاورزی به عنوان رویکردی کاربردی به منظور سنجش مستقیم کارایی استفاده از انرژی و اثرات محیط زیستی و به طور غیرمستقیم در راستای سنجش پایداری تولید کشاورزی به کار گرفته می شود. برقراری رابطه ای کارکردی بین ورودی ها و خروجی های یک نظام تولیدی می تواند در شناخت راهکارهای اصلاحی به منظور پایداری هرچه بیشتر آن نظام راهگشا باشد. در سال های اخیر مطالعات متعددی در خصوص مدل سازی اقتصادی استفاده از انرژی تولید گیاهان زراعی انجام شده است.

استفاده از انرژی و دیگر نهاده های کشاورزی هزینه های مختلفی را بسته به نوع فعالیت کشاورزی، عملیات تولید و منطقه تولید بر کشاورز تحمیل می کند. تجزیه تحلیل هزینه و انرژی ورودی و خروجی به طور معمول به منظور ارزیابی کارایی و اثرات محیط زیستی نظام های تولید توسط محققان مختلفی انجام شده است (Mohammadshirazi et al., 2012; Mousavi-Avval et al., 2011; Pishgar-Komleh et al., 2011; Tabatabaie et al., 2012; Tabatabaie et al., 2013; Unakitan et al., 2010). ارزیابی کارایی مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای تولید کلزا در استان گیلان با استفاده از سه روش خاک ورزی نتایج نشان داد که ترکیب روش خاک ورزی رایج \* نشا \* ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن با ۳۸،۳۸۶ مگاژول در هکتار دارای بیشترین ورودی انرژی است و بیشترین کارایی مصرف انرژی و بهره وری انرژی با استفاده از تیمار بی خاک ورزی \* نشا \* ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد (Rabiee et al., 2020). در مطالعه دیگری تحت عنوان ارزیابی تولید گازهای گلخانه ای و کارایی انرژی تولید کلزا در استان گلستان نتایج نشان داد که کارایی مصرف انرژی و انرژی خالص به ترتیب ۳/۴۴ و ۳۵/۵۳۷ مگاژول در هکتار است و بیشترین سهم مصرف انرژی مربوط به کودهای نیتروژن (۰/۴۲) و سوخت دیزل (۰/۳۹/۸۱) است (Kazemi et al., 2016). در مقایسه استفاده انرژی تولید کلزا در ترکیه و ایران (استان های تراکیا، گلستان و مازندران)، کل انرژی مصرفی برای تولید یک کیلوگرم بیودیزل در این استان ها به ترتیب ۱۴/۷۶، ۲۰/۶۶ و ۳۷/۷۷ مگاژول به دست آمد (Khojastehpour et al., 2014). در مدل سازی جریان انرژی و تحلیل حساسیت نهاده های ورودی برای تولید کلزا در استان گلستان، کل انرژی ۱۷/۷۸۶ مگاژول در هکتار

کامل به طور متوسط به مزارع داده شده است.

۷۵ کیلوگرم فسفر خالص ( $P_2O_5$ ) تقریباً معادل ۱۶۸ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به صورت پایه و ۵۶ کیلوگرم پتاس خالص ( $K_2O$ ) در مزارع مورد استفاده قرار گرفت. استفاده از علف کش ها قبل از کشت و بعد از کشت صورت می پذیرد. پس از انجام عملیات شخم و دیسک، قبل از کاشت، مزارع به صورت متوسط توسط علف کش ترفلان به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار سم پاشی و با دیسک سبک با خاک مخلوط می شود. به طور متوسط بعد از کاشت از علف کش های سوپرگلانت، سلکت سوپر و ... به طور متوسط ۱/۶ لیتر در هکتار مصرف می شود. به منظور کنترل بیماری هایی مثل پوسیدگی سفید ساقه (پوسیدگی اسکروتینیایی) و ساق سیاه (بیماری فوما) که ایجاد خسارت می کنند به میزان ۲/۸ لیتر در هکتار از سموم توصیه شده مانند فولیکور استفاده می شود. کونفیدور (ایمیداکلوپراید) از جمله سموم رایجی است که در منطقه به منظور کنترل آفات به طور متوسط دو لیتر در هکتار مصرف می شود.

#### عناصر اصلی هزینه یابی جریان مواد و انرژی

مرکز کمی<sup>۱</sup>

بر اساس استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱ مرکز کمی بخش یا بخش های انتخاب شده از فرایندی است که درون داده ها و برون داده ها در واحدهای انرژی و پولی کمی می شود (ISO 14051, 2011). مراکز کمی در تولید کلزا بخش هایی از فرایند تولید هستند که مواد در آن ها وارد شده، تغییر وضعیت می دهند و به شکل محصول مثبت و یا منفی مرکز را ترک می کنند. با استفاده از مرکز کمی می توان ورودی و خروجی ها را بر اساس آن تنظیم و در نهایت نقاط داغ برای مصرف نهاده ها در فرایند تولید را مشخص کرد. با تعیین نقاط داغ می توان گفت که تمرکز گروه مدیریتی بر رفع هزینه و انرژی در این مرکز کمی است. بر اساس استاندارد ایزو هزینه و انرژی به چهار بخش اصلی اختصاص پیدا می کند: هزینه های مواد، هزینه های انرژی، هزینه های سیستم و هزینه های مدیریت پسماند. در مطالعه حاضر از آنجا که اقدام خاصی در جهت مدیریت پسماندها انجام نمی شود، فرض بر این است که تمامی کاه و کلش باقی مانده ناشی از برداشت محصول به خاک برگردانده می شود.

#### موازنه جرم و انرژی<sup>۲</sup>

بر اساس استاندارد ایزو، انرژی و ماده ای به محض ورود به سیستم تولیدی در نهایت به دو شکل از سیستم خارج می شود: ۱- به شکل محصول (عملکرد مثبت) ۲- هدر رفت ماده و انرژی (عملکرد منفی). هم کمی سازی جریان های ماده و هم تضمین توازن بین

درون داده ها و برون داده های ماده (برای مثال، هدر رفت محصول و نهاده ها) از الزامات اساسی برای هزینه یابی جریان مواد هستند.

#### محاسبه هزینه و انرژی

تصمیم گیری برای تولید محصولات زراعی مستلزم ملاحظات مالی است. از این رو، برای پشتیبانی از تصمیم گیری ها، داده های جریان مواد بایستی به واحدهای پولی تبدیل شود. برای رسیدن به این مهم، همه هزینه های ایجاد شده به وسیله جریان های مواد و یا همراه با آنکه وارد مرکز کمی می شوند و آنجا را ترک می گویند، بایستی کمی و به جریان های مواد مذکور تخصیص داده شود. بر اساس استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱، مجموع ورودی انرژی/مواد ( $M$ )  $(p_i, w_i(in))$ ، مقدار محصولات مثبت ( $M_{pi(in)}$ ) و منفی ( $M_{wi(in)}$ ) با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد (Mohammadi et al., 2008).  
 (رابطه ۱) 
$$\sum M_{pi,wi(in)} = \sum_{i=1}^p M_{pi(in)} + \sum_{i=1}^w M_{wi(in)}$$
 سهم انرژی و مواد در هر مرکز کمی با استفاده از معادله (۲) محاسبه شد.

$$Cost_i^{SP} = Cost_i^M + Cost_i^{ENGY} + Cost_i^{SYS} \quad (\text{رابطه ۲})$$

در معادله فوق:

$Cost_i^{SP}$ : کل هزینه/انرژی تولید کلزا در فرایند  $i$  است،  
 $Cost_i^M$ : هزینه/انرژی ماده  $m$  که در فرایند  $i$  مورد نیاز است.  
 $Cost_i^M$  بر اساس معادله (۳) محاسبه می شود:

$$Cost_i^{MAT} = \sum_{m=1}^M Cost_{i,m} M_{i,m} \quad (\text{رابطه ۳})$$

در معادله فوق:  $Cost_{i,m}$ : واحد هزینه/انرژی ماده  $m$ ،  
 $M_{i,m}$ : مقدار مورد نیاز از ماده  $m$  در فرایند  $i$  است.  
 به طور مشابه  $Cost_i^{ENGY}$  با استفاده از معادله (۴) محاسبه می شود:

$$Cost_i^{Energy} = \sum_e Cost_{i,e} E_{i,e} \quad (\text{رابطه ۴})$$

در معادله فوق:  $Cost_{i,e}$ : واحد هزینه انرژی نوع  $e$ ، و  $E_{i,e}$ : مقدار انرژی نوع  $e$  که در فرایند  $i$  نیاز است.  
 هزینه نیروی انسانی که با  $Cost_i^{SYM}$  نشان داده می شود با استفاده از معادله (۵) محاسبه می شود:

$$Cost_i^{SYS} = \sum_{l=1}^L Cost_{i,l} L_{i,l} \quad (\text{رابطه ۵})$$

در اینجا  $Cost_{i,l}$  هزینه واحد نیروی انسانی و  $L_{i,l}$  نیروی انسانی مورد نیاز در فرایند  $i$  است.

پس از تعیین معادل انرژی برای نهاده های مورد استفاده در تولید کلزا، به منظور سنجش جریان انرژی، شاخص های مهم کارایی مصرف انرژی، بهره وری انرژی، انرژی مخصوص و انرژی خالص بر اساس معادله های ۶ تا ۹ محاسبه شد.

<sup>۱</sup> Material balance

<sup>۲</sup> Quantity center

(رابطه ۶)

$$\text{Energy use efficiency} = \frac{\text{energy output (MJ ha}^{-1}\text{)}}{\text{energy input (MJ ha}^{-1}\text{)}}$$

(رابطه ۷)

$$\text{Energy productivity} = \frac{\text{Canola output (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{energy input (MJ ha}^{-1}\text{)}}$$

(رابطه ۸)

$$\text{Spesific energy} = \frac{\text{energy input (MJ ha}^{-1}\text{)}}{\text{Canola output (kg ha}^{-1}\text{)}}$$

(رابطه ۹)

$$\text{Net energy} = \text{Energy output (MJ ha}^{-1}\text{)} - \text{Energy input (MJ ha}^{-1}\text{)}$$

شاخص‌های اقتصادی ارزش ناخالص تولید، سود ناخالص و

نسبت سود به هزینه از معادله‌های ۱۰ تا ۱۲ به دست آمد:

(رابطه ۱۰)

ارزش ناخالص تولید = عملکرد محصول زراعی (کیلوگرم در هکتار) × قیمت محصول (ریال در هکتار)

(رابطه ۱۱)

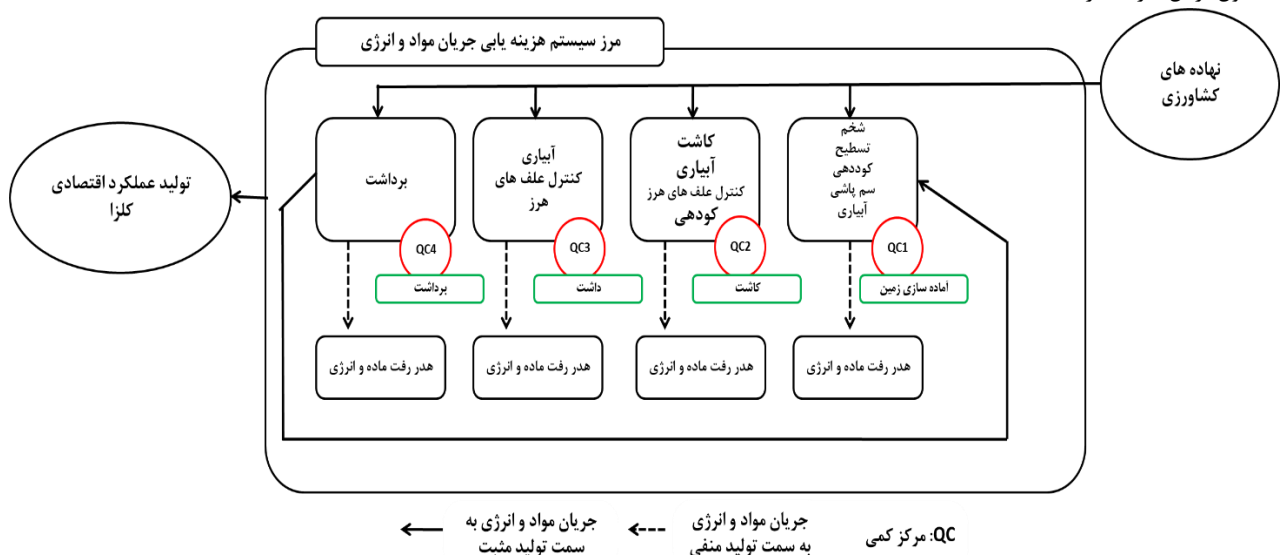
سود ناخالص سود ناخالص = ارزش ناخالص تولید (ریال در هکتار) - هزینه متغیر تولید (دلار در هکتار)

(رابطه ۱۲)

نسبت سود به هزینه = ارزش ناخالص تولید (ریال در هکتار) / هزینه کل تولید (ریال در هکتار)

#### مدل جریان مواد

در هزینه‌یابی جریان مواد، لازم است که مدل جریان مواد تعیین شود تا اتفاقاتی که برای انرژی و مواد ورودی به هر مرکز کمی مشخص شود. چنین مدل جریان موادی، جریان مواد را درون مرزهای انتخابی برای تجزیه و تحلیل‌های هزینه‌یابی جریان مواد نشان می‌دهد. در شکل (۱) مدل هزینه‌یابی جریان مواد به همراه مراکز کمی برای تولید گیاه کلزا نشان داده شده است.



شکل ۱- مدل هزینه‌یابی جریان مواد و مرز سیستم تولید کلزا (Dekamin & Barmaki, 2019)

#### مراحل اجرای هزینه‌یابی جریان مواد

هزینه‌یابی جریان مواد به‌مانند هر ابزار مدیریتی دیگر، نیازمند شماری از مراحل اجرا است. به‌طور کلی مراحل اجرای هزینه‌یابی جریان مواد مطابق چرخه برنامه ریزی-اجرا-بررسی-اقدام است که در شکل (۲) نشان داده شده است.

#### مشخص نمودن مرز و بازه زمانی

بایستی پیش از اجرای هزینه‌یابی جریان مواد، مرز آن مشخص شود. مرز می‌تواند فرایند واحد و یا فرایندهای متعدد تولید یک محصول زراعی را در برگیرد. بعد از مشخص نمودن مرز، بایستی بازه زمانی برای جمع‌آوری داده‌های هزینه‌یابی جریان مواد مشخص شود. پس از مشخص نمودن مرز، بازه زمانی برای جمع‌آوری داده‌های هزینه‌یابی جریان مواد بایستی مشخص شود. در تولید محصولات زراعی بازه زمانی از زمان آماده‌سازی بستر

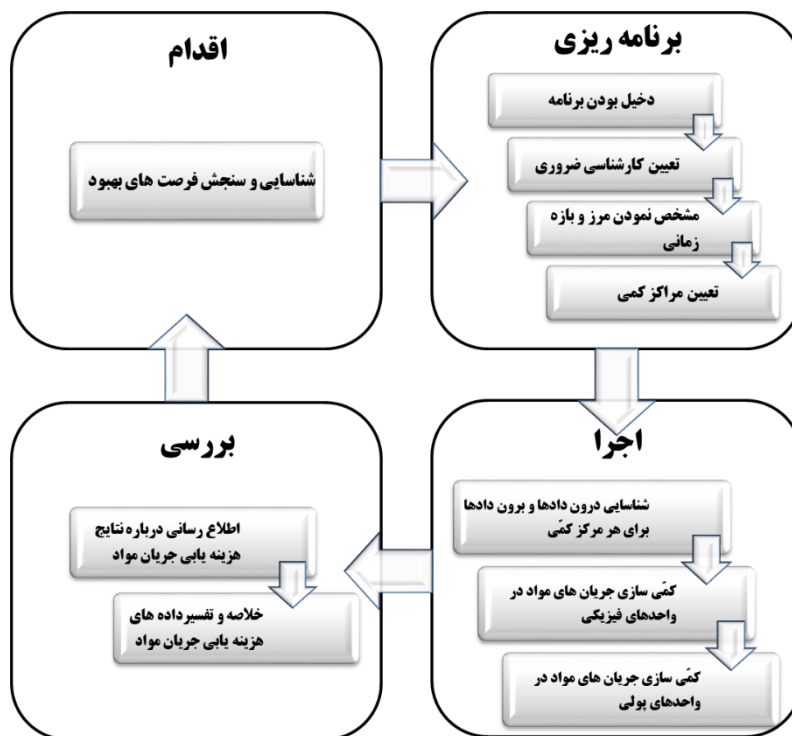
برای کاشت تا زمان آماده‌سازی زمین برای کاشت محصول زراعی دیگر در نظر گرفته می‌شود. داده‌ها در طی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ جمع‌آوری شد.

#### شناسایی درونداها و برونداها برای هر مرکز کمی

برای هر مرکز کمی درون مرز هزینه‌یابی جریان مواد، درونداها و برونداها بایستی شناسایی شود. درونداها انرژی و مواد هستند. برونداها در تولید محصول زراعی به دودسته مثبت و منفی تقسیم‌بندی می‌شوند. برون داد مثبت همان محصول تولیدی است که برای کشاورز ارزش اقتصادی دارد و برون داد منفی شامل هدر رفت محصول (مثلاً در حین برداشت و حمل‌ونقل)، هدر رفت نهاده‌های کشاورزی (مثل هدر رفت آب آبیاری و کود شیمیایی) و هدر رفت انرژی (مثلاً تنظیم نبودن موتور تراکتور) است. روش محاسبه‌ی ساعات کار نیروی انسانی در کشت‌بوم و

مطالعه تفاوتی ندارد که نیروی انسانی کاربردی در کشت بوم، خود کشاورز، خانواده‌ی وی و یا نیروی کارگری استیجاری باشد.

تبدیل آن به معادل انرژی از طریق ضرب کردن در نیروی مصرف شده در هر ساعت کار یک انسان (۱/۹۶ مگاژول) می‌باشد. در این



شکل ۲- چرخه برنامه ریزی-اجرا-بررسی- اقدام برای اجرای هزینه یابی جریان مواد در تولید کلزا (ISO, 2011)

تراکتور (کیلوگرم)  $E$  عددی ثابت و برابر با  $158/3$  برای تراکتور،  $T$  عمر اقتصادی تراکتور و  $Ca$  ظرفیت مؤثر ادوات در مزرعه (ساعت در هکتار) است و از طریق معادله (۱۵) محاسبه می‌شود:

$$C_a = (S \times W \times E_f) / 10 \quad (\text{رابطه ۱۵})$$

که در این معادله؛  $S$  سرعت کار ماشین (کیلومتر بر ساعت)،  $W$  عرض کار وسیله (متر) و  $E_f$  راندمان کار ماشین در مزرعه می‌باشد (Hatirli et al., 2005). تراکتور مسی فرگوسن  $285$  (تراکتور رایج در منطقه)، دارای  $2,800$  کیلوگرم وزن، همراه با عمر اقتصادی  $7,200$  ساعت (۱۰ سال و هر سال  $720$  ساعت کار) در نظر گرفته شد. برای محاسبه‌ی ظرفیت مؤثر مزرعه فرض شد که به‌طور میانگین، سرعت،  $8$  کیلومتر بر ساعت، عرض کار،  $1/75$  متر و راندمان کار،  $70\%$  باشد (Koochaki & Hoseini, 1994). حال با توجه به معادله‌ی بیان شده، انرژی معادل برای هر ساعت کار این تراکتور در مزرعه، برابر با  $62/7$  مگاژول می‌باشد.

برای محاسبه سوخت مصرفی توسط ماشین‌آلات کشاورزی از معادله (۱۶) استفاده شد (Koochaki & Hoseini, 1994):

$$\text{سوخت تراکتور} = \text{قدرت تراکتور در } PTO \times 0/06 \quad (\text{رابطه ۱۶})$$

$PTO$  توان اسمی ماشین است که  $0/8$  توان واقعی آن می‌باشد (Koochaki & Hoseini, 1994). مقدار سوخت مصرفی

انرژی الکتریسیته مصرفی در سیستم‌های کشاورزی از طریق معادله (۱۳) قابل محاسبه می‌باشد (Koochaki & Hoseini, 1994):

$$E = p \times t \times c \quad (\text{رابطه ۱۳})$$

که در آن  $E$  نیروی الکتریسیته مصرفی،  $p$  قدرت الکتروموتور،  $t$  مدت زمان کار الکتروموتور و  $c$  معادل انرژی است. به عبارت دیگر برای تعیین انرژی الکتریکی مصرفی قدرت الکتروموتور (با توجه به توان الکتروموتورهای منطقه توان  $37$  کیلووات ساعت برای منطقه مطالعاتی تعیین گشت) در ساعات کار پمپ در طول فصل زراعی و انرژی معادل هر ساعت کار الکتروموتور ( $3/6$  مگاژول بر کیلو وات ساعت) ضرب شد.

برای محاسبه انرژی غیرمستقیم ماشین‌آلات، وزن ماشین-آلات (بر حسب کیلوگرم) در انرژی معادل آن (بر حسب مگاژول بر کیلوگرم) ضرب شده و بر عمر اقتصادی ماشین‌آلات (بر حسب ساعت) تقسیم می‌شود. عدد بدست آمده معادل انرژی غیرمستقیم یک ساعت کار ماشین در مزرعه است. البته در اصل این عدد بر اساس معادله (۱۴) محاسبه می‌شود:

$$ME = (G \times E) / (T \times C_a) \quad (\text{رابطه ۱۴})$$

که در آن؛  $ME$  انرژی ماشین (مگاژول بر هکتار)،  $G$  وزن

که در این معادله بدست می‌آید بر حسب گالن در ساعت است و برای تبدیل آن به لیتر در ساعت در این مقاله در عدد  $3/78$  ضرب شد. عدد به دست آمده را در ضریب  $56/31$  که ضریب تبدیل هر لیتر گازوئیل به مگاژول است ضرب کرده و انرژی معادل سوخت مصرفی در هر ساعت محاسبه شد.

$$F_{gw} = 1 + 0.2/80 * P_{2O_{5sl}} \quad (\text{رابطه } 20)$$

سیستم آبیاری منطقه مورد مطالعه از ترکیبی از نوع آبیاری بارانی و غرقابی بوده و در این مطالعه مجموع ساعات آبیاری از کاشت تا برداشت محاسبه شد. با ضرب ساعت کار پمپ (در سیستم بارانی) در طول فصل زراعی، در دبی آب خروجی از پمپ (یا منبع آب)، مقدار آب مصرفی در طول فصل زراعی بر حسب متر مکعب محاسبه و در انرژی معادل هر متر مکعب آب آبیاری بر حسب مگاژول ضرب و انرژی معادل آب مصرف شده در آبیاری محاسبه شد.

معادله انتشار آمونیاک از کودهای دامی مایع با استفاده از معادله (۱۷) محاسبه شد (Nemecek et al., 2007):

$$FC(\text{kg/WU}) = mFC(\text{l/h}) * \text{operation time} * \sigma_{\text{diesel}}(\text{kg/l})$$

در معادله فوق FC مصرف سوخت، و  $\sigma_{\text{diesel}}$  وزن ویژه سوخت دیزل ( $0.84$  کیلوگرم بر لیتر) است. میزان هدر رفت بذر  $4/5$  درصد در نظر گرفته شد.

### جمع آوری داده ها

معادله (۱۷) محاسبه شد (Nemecek et al., 2007):

$$NH_{3s} = 17/14 * (-9.5 + 19.4 \text{ TAN} + 1.1 \text{ SD}_m) * (0.214s + 0.358) * A_s$$

در اینجا انتشار آمونیاک از کود دامی مایع بر حسب کیلوگرم آمونیاک در هکتار است. TAN کل آمونیوم در کود دامی بر حسب کیلوگرم در هکتار، S کمیت کود دامی منتشر شده در هکتار بر حسب مترمکعب در هکتار،  $SD_m$  کسری اشباع در ماه m و  $A_s$  نسبت کل سطح پاشش به سطح مزرعه بر حسب درصد است ( $100/\%$ ). لازم به ذکر است که وزن ویژه کود دامی یک تن در مترمکعب در نظر گرفته شد (Nemecek et al., 2007):

$$n = \frac{N \times S^2}{(N-1)S_x^2 + S^2} \quad (\text{رابطه } 22)$$

انتشار کود دامی جامد با استفاده از معادله (۱۸) محاسبه شد (Nemecek et al., 2007):

انتشار کود دامی جامد با استفاده از معادله (۱۸) محاسبه شد (Nemecek et al., 2007):

$$NH_{3m} = 17/14 * (0.787 \text{ TAN} * M + 0.757) * 0.75 * A_m$$

در اینجا  $NH_{3m}$  انتشار آمونیاک از کود دامی جامد، TAN کل محتوای آمونیوم در کود دامی بر حسب کیلوگرم  $(\text{kg } NH_4)$ ، M، N/t میزان کود دامی پخش شده (تن در هکتار از سطح پاشش) و  $A_m$  کسر کل منطقه پاشش بر حسب درصد ( $100/\%$ ). انتشار کودهای آمونیوم نترات ( $2/\%$ )، آمونیوم سولفات ( $8/\%$ )، اوره ( $15/\%$ ) کودهای NPK ( $4/\%$ ) محاسبه شد. آبشویی فسفات بر اساس معادله (۱۹) محاسبه شد (Nemecek et al., 2007):

در این معادله بدست می‌آید بر حسب گالن در ساعت است و برای تبدیل آن به لیتر در ساعت در این مقاله در عدد  $3/78$  ضرب شد. عدد به دست آمده را در ضریب  $56/31$  که ضریب تبدیل هر لیتر گازوئیل به مگاژول است ضرب کرده و انرژی معادل سوخت مصرفی در هر ساعت محاسبه شد.

سیستم آبیاری منطقه مورد مطالعه از ترکیبی از نوع آبیاری بارانی و غرقابی بوده و در این مطالعه مجموع ساعات آبیاری از کاشت تا برداشت محاسبه شد. با ضرب ساعت کار پمپ (در سیستم بارانی) در طول فصل زراعی، در دبی آب خروجی از پمپ (یا منبع آب)، مقدار آب مصرفی در طول فصل زراعی بر حسب متر مکعب محاسبه و در انرژی معادل هر متر مکعب آب آبیاری بر حسب مگاژول ضرب و انرژی معادل آب مصرف شده در آبیاری محاسبه شد.

انتشار کود دامی جامد با استفاده از معادله (۱۸) محاسبه شد (Nemecek et al., 2007):

$$NH_{3m} = 17/14 * (0.787 \text{ TAN} * M + 0.757) * 0.75 * A_m$$

در اینجا  $NH_{3m}$  انتشار آمونیاک از کود دامی جامد، TAN کل محتوای آمونیوم در کود دامی بر حسب کیلوگرم  $(\text{kg } NH_4)$ ، M، N/t میزان کود دامی پخش شده (تن در هکتار از سطح پاشش) و  $A_m$  کسر کل منطقه پاشش بر حسب درصد ( $100/\%$ ). انتشار کودهای آمونیوم نترات ( $2/\%$ )، آمونیوم سولفات ( $8/\%$ )، اوره ( $15/\%$ ) کودهای NPK ( $4/\%$ ) محاسبه شد. آبشویی فسفات بر اساس معادله (۱۹) محاسبه شد (Nemecek et al., 2007):

انتشار کود دامی جامد با استفاده از معادله (۱۸) محاسبه شد (Nemecek et al., 2007):

$$NH_{3m} = 17/14 * (0.787 \text{ TAN} * M + 0.757) * 0.75 * A_m$$

در اینجا  $NH_{3m}$  انتشار آمونیاک از کود دامی جامد، TAN کل محتوای آمونیوم در کود دامی بر حسب کیلوگرم  $(\text{kg } NH_4)$ ، M، N/t میزان کود دامی پخش شده (تن در هکتار از سطح پاشش) و  $A_m$  کسر کل منطقه پاشش بر حسب درصد ( $100/\%$ ).

انتشار کودهای آمونیوم نترات ( $2/\%$ )، آمونیوم سولفات ( $8/\%$ )، اوره ( $15/\%$ ) کودهای NPK ( $4/\%$ ) محاسبه شد. آبشویی فسفات بر اساس معادله (۱۹) محاسبه شد (Nemecek et al., 2007):

$$P_{gw} = P_{gwl} * F_g \quad (\text{رابطه } 19)$$

میزان فسفر آبشویی شده به آب زیرزمینی  $P_{gw}$ ،  $(\text{kg}/(\text{ha} * \text{a}))$  میانگین کمی فسفات آبشویی شده به منابع آب است که برای زمین‌های زراعی این عدد  $0.07 P/(\text{ha} * \text{a})$  است.

در معادله فوق:

n: تعداد نمونه‌های مورد نیاز

N: تعداد کلزار کاران در کل استان

S: انحراف معیار

Sx: انحراف معیار نمونه ( $Sx = d/z$ )

d: دقت نمونه‌گیری در سطح اطمینان ۹۵ درصد

Z: ضریب اطمینان (برابر با  $1/96$  در سطح اطمینان ۹۵ درصد)

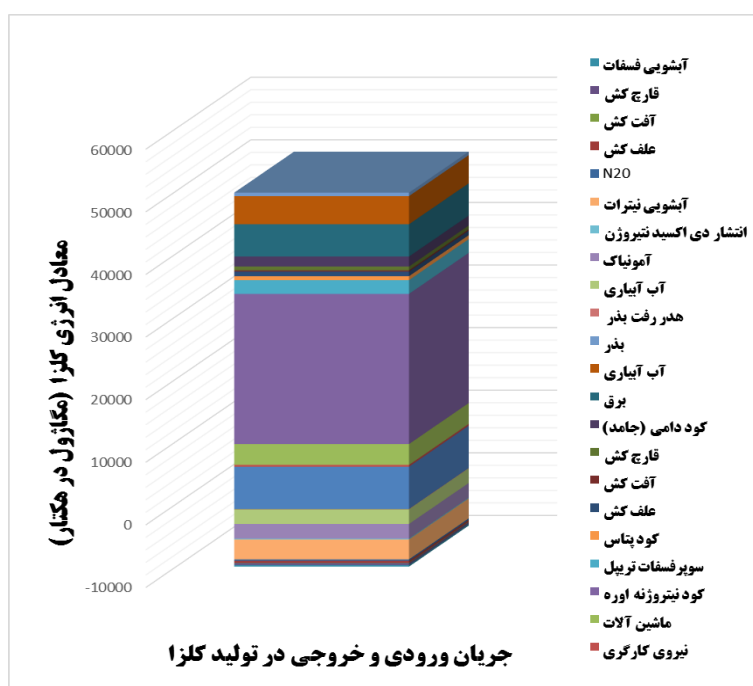
### نتایج و بحث

#### ارزیابی بودجه انرژی

مقدار نهاده‌های ورودی و خروجی و معادل‌های انرژی آن‌ها برای تولید کلزا در شرایط استان اردبیل در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که کود نتیروژن و سوخت فسیلی به ترتیب

آن‌ها نشان می‌دهد که استفاده بیش‌ازحد از کودهای شیمیایی (مخصوصاً کود نیتروژن) در زراعت کانولا باعث افزایش سریع اثرات محیط زیستی و در نتیجه بار محیط زیستی تولید گیاه زراعی می‌شود. هدر رفت آب آبیاری به علت راندمان پایین آبیاری (آبیاری به‌صورت غرقابی) در مزارع مورد بررسی بسیار بالا است و همین امر باعث هدر رفت زیاد آب آبیاری و تولید محصول منفی می‌شود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده (شکل ۳) می‌توان گفت معادل ۱۸ درصد از انرژی ورودی به شکل تولیدات منفی از سیستم خارج می‌شود و به‌عنوان محصول مورد انتظار (یعنی تولید مثبت) مزرعه را ترک نمی‌کند. کارایی مصرف انرژی در حسابداری رایج برابر با ۱/۹۱۷ است و مقدار آن در هزینه‌یابی جریان مواد برابر با ۲/۰۹۸ است. بر اساس نتایج می‌توان نتیجه گرفت که با حداقل رسانی محصولات منفی در محاسبات می‌توان به کارایی مصرف انرژی بیشتری دست‌یافت. به‌طوری‌که اگر محصولات منفی در سیستم حذف شوند ما شاهد افزایش کارایی مصرف انرژی به میزان ۰/۱۸ هستیم. بهره‌وری انرژی و انرژی مخصوص در دو رویکرد حسابداری یکسان بود که دلیل آن عدم دخالت انرژی‌های خروجی در محاسبه آن‌ها است. ولی انرژی خالص در حسابداری رایج با حسابداری بر اساس هزینه‌یابی جریان مواد اختلاف ۹،۱۶۲ مگاژول است. به این معنی که این مقدار انرژی در حسابداری‌ها نشان داده نمی‌شود و کشاورز از ارزش آن بی‌خبر است. در نتیجه هیچ اقدام مدیریتی در جهت تبدیل آن به محصول مثبت انجام نمی‌دهد.

با ۴۷ و ۱۴ درصد بیشترین میزان انرژی ورودی در تولید کلزا را به خود اختصاص داده‌اند. به‌طور متوسط در هر هکتار ۳۱۸ کیلوگرم نیتروژن به شکل اوره به مزارع داده‌شده است. بر اساس مطالعه موسوی اول و همکاران (۲۰۱۱) میزان نیتروژن مصرفی ۱۱۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بوده است (Mousavi-Avval *et al.*, 2011). بیشترین مصرف سوخت فسیلی مربوط به استفاده از ماشین‌آلات به‌منظور کاشت، داشت و برداشت کلزا به میزان ۱۴۲ لیتر سوخت دیزل در هکتار است. مصرف انرژی و معادل‌های آن برای دیگر نهاده‌های ورودی در جدول (۱) نشان داده‌شده است. کل انرژی ورودی محاسبه‌شده در مطالعه حاضر ۵۰،۳۱۲ مگاژول در هکتار محاسبه شد. در مطالعات مرتبط کل انرژی ورودی محاسبه‌شده برای کشت کلزا در استان گلستان ۵۳،۷۹۸ مگاژول در هکتار برآورد شده است (Mousavi-Avval *et al.*, 2011). به‌طور میانگین در مزارع مورد بررسی عملکرد کلزا به میزان ۲،۱۲۲ کیلوگرم در هکتار بوده است که جمع انرژی‌های مثبت برابر با ۱۰۶،۱۰۰ مگاژول در هکتار می‌شود. کل انرژی‌های منفی (شامل هدر رفت بذر، کودها، سموم و غیره) برابر با ۹،۱۶۲ مگاژول در هکتار است (جدول ۱). آبشویی نیترات، هدر رفت آمونیاک و آب آبیاری به ترتیب با ۳۵، ۲۶ و ۲۶ درصد بیشترین سهم را در تولید محصولات منفی کلزا بر عهده داشته‌اند. نتایج هدر رفت حاصل از این پژوهش با یافته‌های دیگر که به بررسی هم‌زمان سه گیاه زراعی روغنی سویا، کلزا و کانولا پرداخته‌اند، مشابهت دارد (Dekamin *et al.*, 2018; Tsoutsos *et al.*, 2010). نتایج



شکل ۳- معادل انرژی برای ورودی‌ها/خروجی‌های مختلف در تولید کلزا



جدول ۱- معادل انرژی برای ورودی‌ها/خروجی‌های مختلف در تولید کلزا

جریان ورودی و خروجی	واحد	انرژی هر واحد (مگاژول به ازای واحد)	تولید کلزا	معادل انرژی کلزا (مگاژول در هکتار)
سوخت	l	۴۷/۸	۱۴۲	۶،۷۸۷
نیروی کارگری	h	۱/۹۵	۱۵۱	۲۹۵
ماشین‌آلات	h	۶۲/۷	۵۳	۳،۳۲۳
نیترژن	kg	۷۵/۴	۳۱۸	۲۳،۹۹۶
فسفات	kg	۱۳/۰۷	۱۶۸	۲،۱۹۵
پتاس	kg	۱۱/۱۵	۵۶	۶۲۴
علف‌کش	kg	۲۳۸	۳/۱	۷۳۷
آفت‌کش	kg	۱۰/۱	۲	۲۰۲
قارچ‌کش	kg	۲۱۶	۲/۸	۶۰۴
کود دامی (جامد)	kg	۰/۳	۵،۳۲۱	۱،۵۹۶
برق	kWh	۳	۱،۴۳۲	۵،۱۵۵
آب آبیاری	m <sup>3</sup>	۱/۰۲	۴،۴۰۶	۴،۴۹۴
بذر	kg/ha	۵۰	۶	۳۰۰
جمع ورودی				۵۰،۳۱۲
خروجی‌های منفی				
بذر	kg/ha	۵۰	۰/۲۷	۱۳/۵
آب آبیاری	m <sup>3</sup>	۵۰	۲،۲۹۱	۲،۳۳۶
آمونیاک	kg/ha	۷۵/۴۶	۳۱	۲،۳۳۹
NO <sub>2</sub>	kg/ha	۷۵/۴۶	۱/۹	۱۴۳
آبشویی نیترات	kg/ha	۷۵/۴۶	۴۲	۳،۱۶۹
N <sub>2</sub> O	kg/ha	۷۵/۴۶	۳/۱۱	۲۳۴
فسفات	kg/ha	۱۳/۰۷	۲۱	۱۴/۴
علف‌کش	kg	۲۳۸	۱/۲۷	۳۰۲
آفت‌کش	kg	۱۰/۱۲	۰/۶۱	۶۲
قارچ‌کش	kg	۲۱۶	۱/۳۳	۲۷۸
جمع خروجی منفی				۹،۱۶۲
خروجی مثبت				
عملکرد	kg	۵۰	۲،۱۲۲	۱۰۶،۱۰۰

جدول ۲- نسبت‌های انرژی در تولید کلزا بر اساس هزینه‌یابی جریان مواد و حسابداری رایج

شاخص‌های انرژی	هزینه‌یابی جریان مواد	حسابداری رایج
انرژی ورودی	۵۰،۵۶۲	۵۰،۵۶۲
انرژی خروجی	۱۱۵،۲۶۲	۱۰۶،۱۰۰
انرژی مثبت	۱۰۶،۱۰۰	۱۰۶،۱۰۰
انرژی منفی	۹،۱۶۲	۰
کارایی مصرف انرژی	۲/۰۹۸	۱/۹۱۷
بهره‌وری انرژی	۰،۰۴۲	۰،۰۴۲
انرژی مخصوص	۲۳/۸۲	۲۰/۸۵
انرژی خالص	۵۵،۵۳۷	۴۶،۳۷۴

### ارزیابی بودجه اقتصادی

تولید کلزا در جدول (۴) نشان داده شده است. هزینه‌یابی جریان مواد، جریان مواد را برحسب واحدهای فیزیکی و واحدهای پولی بیان می‌کند و تأکید آن بر هدر رفت مواد است. آمایش هزینه‌های

هزینه مواد مصرفی در فرایند تولید کشاورزی شامل محصولات مثبت و منفی در جدول (۳) و همچنین شاخص‌های اقتصادی در

بنابراین تفاوت در دو روش رایج و هزینه‌یابی جریان مواد در ارزش خروجی‌ها است. ارزش کل تولید کلزا بر اساس حسابداری رایج برابر با ۵۹،۰۵۵،۲۶۰ ریال در هکتار محاسبه شد، درحالی‌که این عدد در هزینه‌یابی جریان مواد برابر با ۶۵،۶۹۴،۷۰۰ ریال در هکتار محاسبه شد. بالاتر بودن ارزش کل تولید در حسابداری بر اساس هزینه‌یابی جریان مواد به دلیل در نظر گرفتن ارزش تولیدات منفی است که در فرایند تولید کلزا حاصل می‌شود. به‌طوری‌که کلزاکاران می‌توانند با اقدامات مدیریتی اختلاف درآمدی تا سقف ۶،۶۳۹،۴۴۰ داشته باشند که معادل اختلاف درآمد خالص در هزینه‌یابی جریان مواد و حسابداری رایج است. در صورت کاهش تولیدات منفی نسبت فایده به هزینه در فرایند تولید افزایشی ۰/۱۲ خواهد داشت.

هدررفته‌های مواد و ناکارآمدی فرایندها، اصلی‌ترین اختلاف هزینه‌یابی جریان مواد و حسابداری رایج است. در حسابداری رایج، همه هزینه‌های مواد به محصول نهایی (مثبت) تخصیص داده می‌شود. با این حال، هدررفته‌های مواد می‌تواند به‌صورت کاملاً مشخص در حسابداری رایج تشخیص داده شوند، این هزینه‌ها به‌طور جداگانه بررسی نمی‌شوند. این هدر رفت در هزینه‌های محصول مثبت گنجانده شده و یا در هزینه‌های بالاسری پنهان می‌ماند. در این رویکرد هزینه‌های هدررفته‌های مواد و ناکارآمدی‌ها برجسته نمی‌شود. هزینه‌یابی جریان مواد اطلاعاتی در خصوص پس‌اندازهای بالقوه یا کارایی در مورد مواد و انرژی را در اختیار کشاورزان قرار می‌دهد.

ارزش نهاده‌های ورودی برای هر دو روش محاسبه یکسان و برابر با ۵۵،۱۶۳،۶۰۰ ریال در هکتار محاسبه شد (جدول ۲).

جدول ۳- هزینه مواد مصرفی در فرایند تولید کشاورزی شامل محصولات مثبت و منفی در تولید کلزا

معدل هزینه کلزا	هزینه هر واحد	مقدار در واحد سطح کلزا (هکتار)	واحد	جریان ورود ماده و انرژی در تولید کلزا
۱،۳۶۳،۲۰۰	۳،۰۰۰	۱۴۲	l	سوخت
۲۲،۶۵۰،۰۰۰	۱۰۰،۰۰۰	۱۵۱	h	نیروی کارگری
۱۰،۶۰۰،۰۰۰	۲۰۰،۰۰۰	۵۳	h	ماشین‌آلات
۲،۴۱۶،۸۰۰	۷،۷۰۰	۳۱۸	kg	نیتروژن
۱،۸۴۸،۰۰۰	۱۱،۰۰۰	۱۶۸	kg	فسفات
۸۴۰،۰۰۰	۱۵،۰۰۰	۵۶	kg	پتاس
۷۷،۵۰۰	۲۵۰،۰۰۰	۳/۱	kg	علف‌کش
۵۰۰،۰۰۰	۲۵۰،۰۰۰	۲	kg	آفت‌کش
۷۰۰،۰۰۰	۲۵۰،۰۰۰	۲/۸	kg	قارچ‌کش
۳،۱۹۲،۶۰۰	۷،۰۰۰	۵،۳۲۱	kg	کود دامی (جامد)
۸۷۳،۵۲۰	۶۱۴	۱،۴۳۲	kWh	برق
۱۱،۰۱۵،۰۰۰	۱۵،۰۰۰	۴،۴۰۶	m <sup>3</sup>	آب آبیاری
۱۶۶،۹۸۰	۵۵،۰۰۰	۶	kg/ha	بذر
۵۵،۱۶۳،۶۰۰				جمع ورودی
				خروجی‌های منفی
۷،۵۱۴	۲۷،۸۳۰	۰/۲۷	kg/ha	بذر
۵،۷۲۷،۸۰۰	۲۷،۸۳۰	۲،۲۹۱	m <sup>3</sup>	آب آبیاری
۲۳۵،۶۰۰	۱۵،۰۰۰	۳۱	kg/ha	آمونیاک
۱۴،۴۴۰	۷،۷۰۰	۱/۹	kg/ha	NO <sub>2</sub>
۳۱۹،۲۰۰	۱۱،۰۰۰	۴۲	kg/ha	آبشویی نیترات
۲۳،۶۳۶	۱۵،۰۰۰	۳/۱۱	kg/ha	N <sub>2</sub> O
۲۳۱،۰۰۰	۱۱،۰۰۰	۲۱	kg/ha	فسفات
۱۵،۲۵۰	۲۵۰،۰۰۰	۰/۶۱	kg	علف‌کش
۳۳،۲۵۰	۲۵۰،۰۰۰	۱/۳۳	kg	آفت‌کش
۳۱،۷۵۰	۲۵۰،۰۰۰	۱/۲۷	kg	قارچ‌کش
۶،۶۳۹،۴۴۰				جمع هزینه‌های خروجی منفی
				خروجی‌های مثبت
۵۹،۰۵۵،۲۶۰	۲۷،۸۳۰	۲،۱۲۲	kg	عملکرد

جدول ۴- تحلیل اقتصادی تولید کلزا

اجزای هزینه و درآمد	واحد	هزینه‌یابی جریان مواد	حسابداری رایج
ارزش کل تولید	ریال در هکتار	۶۵,۶۹۴,۷۰۰	۵۹,۰۵۵,۲۶۰
تولید مثبت	ریال در هکتار	۵۹,۰۵۵,۲۶۰	
تولید منفی	ریال در هکتار	۶,۶۳۹,۴۴۰	
سود ناخالص	ریال در هکتار	۱۰,۵۳۱,۱۰۰	۳,۸۹۱,۶۶۰
نسبت هزینه/فایده	-	۱/۱۹	۱/۰۷

## نتیجه‌گیری

در این مطالعه، حسابداری جریان مواد و انرژی بر اساس استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱ برای تولید کلزا در استان اردبیل انجام شد. به‌طور کلی می‌توان نتایج زیر را از این مطالعه حاصل کرد.

کود نتیروژن و سوخت فسیلی به ترتیب با ۴۷ و ۱۴ درصد بیشترین میزان انرژی ورودی در تولید کلزا را به خود اختصاص داده‌اند. این امر وابستگی شدید تولید کلزا در شرایط اردبیل را به انرژی‌های تجدید ناپذیر نشان می‌دهد. استفاده از کودهای دامی و زیستی می‌تواند این وابستگی را در تولید کلزا کاهش دهد. وابستگی ۴۷ درصدی به کودهای شیمیایی بیانگر ناپایداری نظام تولید کلزا در اردبیل است. پیشنهاد می‌شود اثر جایگزینی کودهای زیستی و دامی با کودهای شیمیایی از نظر انرژی بررسی شود.

در تولید کلزا در شرایط اردبیل، میزان مصرف انرژی و همچنین هزینه در حسابداری رایج نسبت به حسابداری بر اساس هزینه‌یابی جریان مواد کمتر محاسبه می‌شود. این موضوع به خاطر این است که هدر رفت مواد و انرژی در حسابداری رایج لحاظ نمی‌شود. زمانی که این هدر رفت‌ها که دارای اثرات بالقوه محیط زیستی نیز هستند محاسبه نمی‌شوند کشاورز از وجود آن‌ها اطلاعی ندارد و در نتیجه تلاشی برای ارتقای سیستم در جهت بهره‌برداری هرچه بیشتر از انرژی ورودی انجام نمی‌دهد. مدیریت انرژی در سیستم‌های کشاورزی یک عامل مهم و تاثیرگذار در پایداری نظام تولید است و باعث ثبات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌شود. برای رسیدن به پایداری در نظام‌های تولید، باید تعادل بین انرژی ورودی و خروجی را در نظر داشت، زیرا طبق رابطه کارایی انرژی، مقدار این شاخص با انرژی ورودی رابطه عکس دارد؛ پس هرچه مقدرا انرژی ورودی زیاد

شود، کارایی انرژی کاهش می‌یابد. در این بخش با توجه به مسائلی که در این تحقیق ارائه شد، چند پیشنهاد برای بهبود وضعیت کارایی اقتصادی و انرژی تولید کلزا و جایگزینی آن با نظام رایج ارائه می‌شود:

استفاده‌ی بهینه از مکانیزاسیون در عملیات مختلف از کاشت تا برداشت، مثل استفاده از ماشین‌آلات چندکاره و تلاش برای کاربرد روش‌های شخم حداقل به منظور کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی

استفاده از سیستم‌های آبیاری کارآمد و آزمایش سیستم های جایگزین به منظور صرفه‌جویی در نیروی الکتریسیته و همچنین کاهش هدر روی آب.

طراحی سیستم‌هایی که در آن‌ها روابط اکولوژیک و بیولوژیک موجب ثبات عملکرد در درازمدت، فراهمی بیشتر مواد غذایی و بیومس شده و سیستم بیشتر به منابع درونی خود متکی باشد.

رواج و توسعه سیستم‌های جدید از قبیل استفاده از ضایعات به عنوان منبع انرژی

با بررسی علمی پیشنهادها از نظر علمی و عملی و جایگزینی راهکارهای پیشنهادی می‌توان صرفه‌جویی هزینه‌ای قابل‌توجهی در جهت کاهش محصولات منفی داشت. چراکه هزینه‌یابی جریان مواد هدر رفت ماده و هزینه را تشخیص می‌دهد و با به‌کارگیری آن، کشاورزان از هدررفته‌ای معمول در مزرعه مطلع شده و از اینکه می‌توانند در مزرعه خود فرایندها را اصلاح کنند مطمئن شده و بر اساس یک ارزیابی منطقی کاهش هزینه‌های تولید اتفاق می‌افتد.

**هیچگونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد.**

## REFERENCES

- Dekamin, Majid, & Barmaki, Morteza. (2019). Implementation of material flow cost accounting (MFCA) in soybean production. *Journal of Cleaner Production*, 210, 459-465.
- Dekamin, Majid, Barmaki, Morteza, Kanooni, Amin, & Meshkini, Seyed Reza Mosavi. (2018). Cradle to farm gate life cycle assessment of oilseed crops production in Iran. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 11(4), 178-185.
- Hatirli, S. A., Ozkan, B., & Fert, C. (2005). An econometric analysis of energy input-output in Turkish agriculture. *Renewable and sustainable*

- energy reviews, 9(6), 608-623.
- ISO 1451. (2011). Environmental management — Material flow cost accounting — General framework.
- Nemecek, T., Kägi, T., & Blaser, S. (2007). Life cycle inventories of agricultural production systems. *Final Report Ecoinvent v2.0* No, 15.
- Kazemi, H., Bourkheili, S. H., Kamkar, B., Soltani, A., Gharanjic, K., & Nazari, N. M. (2016). Estimation of greenhouse gas (GHG) emission and energy use efficiency (EUE) analysis in rainfed canola production (case study: Golestan province, Iran). *Energy*, 116, 694-700.
- Khojastehpour, M., Nikkhah, A., & Hashemabadi, D. (2015). A comparative study of energy use and greenhouse gas emissions of canola production. *International Journal of Agricultural Management and Development*, 5(1), 51-58.
- Koocheki, A., & Hosseini, M. (1994). Energy efficiency in agricultural ecosystems. Ferdowsi University.
- Mohammadi, A., Tabatabaefar, A., Shahin, S., Rafiee, S., & Keyhani, A. (2008). Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. *Energy conversion and management*, 49(12), 3566-3570.
- Mohammadshirazi, A., Akram, A., Rafiee, S., Avval, S. H. M., & Kalhor, E. B. (2012). An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield in tangerine production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 4515-4521 .
- Mousavi-Avval, S. H., Rafiee, S., Jafari, A., & Mohammadi, A. (2011). Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in Iran. *Journal of Cleaner Production*, 19(13), 1464-1470.
- Pishgar-Komleh, SH, Sefeedpari P, & Rafiee, Sh. (2011). Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. *Energy*, 36(10), 5824-5831.
- Rabiee, M, Majidian, M, Alizadeh M, & Kavooosi, M. (2020). Evaluation of energy use efficiency and greenhouse gas emission in rapeseed (*Brassica napus* L.) production in paddy fields of Guilan province of Iran. *Energy*, 119,411. (In press): <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119,411>
- Tabatabaie, S. M. H., Rafiee, S., & Keyhani, A. (2012). Energy consumption flow and econometric models of two plum cultivars productions in Tehran province of Iran. *Energy*, 44(1), 211-216.
- Tabatabaie, S. M. H., Rafiee, S., Keyhani, A., & Heidari, M. D. (2013). Energy use pattern and sensitivity analysis of energy inputs and input costs for pear production in Iran. *Renewable Energy*, 51, 7-12.
- Tsoutsos, T., Kouloumpis, V., Zafiris, T., & Foteinis, S. (2010). Life Cycle Assessment for biodiesel production under Greek climate conditions. *Journal of Cleaner Production*, 18(4), 328-335.
- Unakitan, G, Hurma, H, & Yilmaz, F. (2010). An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. *Energy*, 35(9), 3,623-3,627.