

## بررسی کارایی انرژی در تولید سیب زمینی استان همدان

حامد قادرزاده<sup>۱\*</sup> و زانیار پیرمحمدیانی<sup>۲</sup>

### چکیده

یکی از راههای ارزیابی توسعه پایدار در نواحی کشاورزی، استفاده از روش جریان انرژی است. جریان انرژی در یک سیستم تولیدی کشاورزی، به این صورت است که در عملیات تولید، مصرف انرژی و در محصولات تولیدی، ذخیره انرژی وجود می‌آید. به همین منظور، در این مطالعه به بررسی کارایی انرژی محصول سیب زمینی در استان همدان در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ می‌پردازد. داده‌ها با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌بندی شده از راه مصاحبه و تکمیل پرسش‌نامه گردآوری شد. اندازه نمونه برابر ۱۳۹ مزرعه است. برای تحلیل کارایی انرژی ابتدا کل انرژی ورودی و خروجی محاسبه و سپس شاخص‌های انرژی شامل نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص محاسبه شد. کارایی‌های فنی، فنی خالص و مقیاس با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها و دو مدل BCC و CCR محاسبه شد. مجموع انرژی‌های ورودی در تولید سیب‌زمینی برای سطح یک هکتار در استان همدان ۶۹۲۴۹/۰۲۲۴ مگاژول بدست آمد. انرژی کود شیمیایی با ۳۸/۷۸ درصد از کل انرژی مصرفی بیش‌ترین سهم را در میان انرژی‌های ورودی را به خود اختصاص داده‌اند. نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی و افزوده خالص انرژی برای سیب‌زمینی کاران به ترتیب برابر، ۲/۲۲۴ و ۰/۶۷۱ کیلوگرم بر مگاژول و ۸۴۷۵۱/۸۸۵ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. میانگین کارایی‌های فنی، فنی خالص و مقیاس به ترتیب ۰/۷۴۸، ۰/۹۴۱ و ۰/۹۰۴ برآورد شدند. در استان همدان بیش‌ترین مصرف نادرست مربوط به نهاده‌های کود شیمیایی و بذر می‌باشد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود مقدار مناسب کود، باید با استفاده از آزمون خاک و نظر کارشناسان منطقه تعیین شود و نیز برنامه‌های آموزشی برای سیب زمینی کاران در مورد چگونگی مصرف کودهای شیمیایی تهیه شود.

طبقه‌بندی JEL: Q1, Q4, Q47

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، سیب زمینی، کارایی، همدان.

<sup>۱</sup> - استادیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه کردستان.

<sup>۲</sup> - دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد کشاورزی.

\*- نویسنده مسئول مقاله: Hamedar2002@yahoo.com

### پیشگفتار

در دهه‌های گذشته به دلیل رشد روزافزون جمعیت، افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی، ایجاد اشکال نوین انرژی در بخش کشاورزی و کاربرد نامناسب آنها به دلیل عدم مدیریت صحیح این بخش اقتصادی به یک بخش انرژی محور تبدیل شده و الگوی مصرف انرژی در این بخش اعم از منابع زنده و غیرزنده به شدت افزایش یافته است. کمیابی منابع انرژی از یک سو و افزایش قیمت جهانی انرژی و حامل‌های آن و هشدارهای جهانی و توسعه پایدار از سوی دیگر، سیاست‌گذاران را برآن داشته است تا استراتژی‌هایی را در خصوص مصرف بهینه انرژی در بخش کشاورزی اتخاذ نمایند. برای این منظور لازم است الگوی مصرف انرژی در این بخش اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد تا بهینگی مصرف آن تعیین شود. از جمله معیارهایی که می‌توان براساس آن وضعیت مصرف یک نهاده را مورد بررسی قرار داد، معیارهای کارایی و بهره‌وری هستند (هاتیرلی و همکاران، ۲۰۰۵).

با توجه به بحران انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی تمام تلاش‌ها بر آن است که مصرف انرژی تا حد امکان کاهش یابد بخش کشاورزی نیز از این موضوع مستثنی نیست. بیش‌تر کشورهای پیشرفته و در حال توسعه، انرژی وارد شده در واحد سطح برای تولید محصولات گوناگون کشاورزی را بررسی و با محاسبه شاخص کارایی انرژی سعی کرده‌اند سیستم کشاورزی خود را از نظر مصرف انرژی بهینه کنند (نصیریان و همکاران، ۲۰۰۶). در گذشته کشاورزی عمدتاً متکی به نیروی انسانی و دام بود، در حالی که امروزه تولیدات کشاورزی متکی به مصرف انرژی‌های فسیلی تجدید ناپذیر می‌باشند. مصرف بیش از حد سوخت‌های فسیلی منجر به پیامدهای زیان بار محیطی به واسطه افزایش دی اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای در هوا خواهد شد (گوندوگوموس، ۲۰۰۶). ورود ماشین‌آلات، انرژی‌های فسیلی و الکتروسیته که هم‌زمان با پیشرفت در علم و تکنولوژی بود انقلابی در تولید غذا در سرتاسر دنیا به پا کرد. در واقع مصرف انرژی در کشاورزی در پاسخ به افزایش جمعیت، محدودیت زمین‌های قابل کشت و تمایل به افزایش استانداردهای زندگی افزایش یافت (محمدی و همکاران، ۲۰۰۸).

انرژی‌های مصرفی در حوزه کشاورزی در دو گروه انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم قرار می‌گیرند و در یک تقسیم بندی دیگر به دو صورت انرژی‌های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر تعریف می‌شوند (بهشتی تبار و همکاران، ۲۰۱۰). انرژی‌های مستقیم شامل تمام انرژی‌هایی است که در عملیات کاشت، داشت و برداشت محصولات زراعی به گونه مستقیم در مزرعه مصرف شده (سینگ، ۲۰۰۰) و انرژی‌های غیرمستقیم شامل از انرژی‌های مصرفی در ساخت، بسته بندی و انتقال،

کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، ماشین‌آلات کشاورزی و سایر مواد صنعتی مصرفی در کشاورزی می‌باشد (اوزکان و همکاران، ۲۰۰۴).

در چند دهه اخیر ضرورت استفاده ارقام پرمحصول، نیاز به کودهای شیمیایی جهت تقویت خاک و نیز سموم شیمیایی جهت مبارزه با آفات را افزایش داده است، به گونه‌ای که امروزه کلیه جنبه‌های تولیدات کشاورزی به گونه‌ای فزاینده به تزریق انرژی‌های کمکی وابسته شده است. بدون تردید دسترسی به این انرژی‌ها به گونه نامحدود نخواهد بود و ادامه تامین آن‌ها در سطح کنونی نیز امکان‌پذیر نیست و از سوی دیگر، به علت آلودگی محیط زیست و همچنین، افزایش قیمت این نهاده‌ها در آینده، مصرف آن‌ها از نظر زیست محیطی و اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود (یلماز و همکاران، ۲۰۰۵).

امروزه کشاورزان به دنبال افزایش محصول هستند، ولی اطلاع کافی در مورد تجزیه و تحلیل الگوی مصرف انرژی ندارند. بنابراین انجام تجزیه و تحلیل انرژی ضروری است که به برنامه‌ریزان مزارع و سیاست‌گذاران بمنظور بررسی انرژی مصرفی ارائه شود. تجزیه و تحلیل انرژی ستاده - نهاده‌ای ارتباط نزدیک با روش‌های کشاورزی، مقدار نهاده‌ها، سطح تولید و فاکتورهای زیست محیطی دارد (گیام پیترو، ۱۹۹۲).

سیب زمینی با مجموع تولید حدود ۳۳۰ میلیون تن از سطحی حدود ۱۹/۱ میلیون هکتار، هم‌اکنون پس از گندم، برنج و ذرت در مرتبه چهارم جهانی قرار دارد (کاظمی و همکاران، ۱۳۸۸). در میان گیاهان زراعی، سیب زمینی به عنوان چهارمین محصول مهم دنیا، که در گستره‌ای از عرض‌های جغرافیایی و شرایط اقلیمی کشت و کار می‌شود، اهمیت بسیار زیادی از نظر تولید انرژی دارد. کم‌تر گیاه زراعی پیدا می‌شود که از نظر تولید انرژی و غذا به ازای واحد سطح با سیب زمینی برابری کند (سیزکا و تورناتو، ۱۹۹۳).

در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱، سطح برداشت سیب زمینی کشور حدود ۱۵۹ هزار هکتار و مقدار تولید سیب‌زمینی در کشور حدود ۴/۶ میلیون تن برآورد شده است. استان اردبیل با ۱۶/۸ درصد سهم اراضی سیب زمینی کشور در مقام نخست قرار دارد و استان همدان با سهم ۱۳/۳ درصد از سطح برداشت سیب‌زمینی کشور مقام دوم را به‌خود اختصاص داده است. عملکرد سیب زمینی در اراضی با کشت آبی کشور ۲۹۰۳۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. استان همدان با عملکرد ۴۳۲۷۱ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین عملکرد سیب زمینی آبی کشور را دارا هستند. محصول سیب‌زمینی به عنوان یکی از محصولات عمده‌ی تولیدی استان همدان است. به گونه‌ای که تولید سیب‌زمینی یکی از منابع مهم ایجاد اشتغال و درآمد در استان همدان است. مطابق آمارنامه‌های موجود در سال‌های اخیر این استان از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان محصول سیب‌زمینی در کشور می‌باشد.

شرایط طبیعی و جغرافیایی بسیار مناسب برای تولید و صادرات سیب زمینی در این مناطق اگر همراه با عقلایی کردن فعالیت‌های تولیدی، بازاریابی و بازاریابی باشد این محصول را به برتری نسبی بالایی می‌رساند. در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ استان همدان با سهم ۱۹/۸ درصد از تولید سیب زمینی کشور در رتبه نخست کشور قرار دارد و از نظر عملکرد در واحد سطح استان همدان با عملکرد ۴۳۲۷۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد سیب زمینی آبی کشور را دارا هستند و در رتبه نخست قرار گرفته است (آمارنامه جهاد کشاورزی).

بی گمان در هر نظام تولیدی کارایی بهره‌وری از نهاده‌ها از اصول اولیه بوده و بالا بردن کارایی تولید از اهداف اساسی است. گردش انرژی یکی از مباحث مهم بوم نظام‌های کشاورزی می‌باشد و در نقاط گوناگون جهان نسبت انرژی‌های خروجی و ورودی در بوم نظام‌های گوناگون کشاورزی محاسبه شده است. پژوهشگران شاخص‌ها و روش‌های گوناگونی را برای محاسبه کارایی انرژی در یک بخش اقتصادی و مقایسه آن بین مناطق و کشورهای گوناگون ارائه کرده اند که یکی از آن‌ها بررسی نسبت محصول خروجی به نهاده‌های ورودی از نظر محتوای انرژی مربوط به محصول و نهاده‌های بکار رفته در تولید آن می‌باشد. تجزیه و تحلیل یاد شده رادر اصطلاح، تجزیه و تحلیل ورودی-خروجی انرژی می‌نامند (هاتیرلی و همکارانش، ۲۰۰۶). روش یاد شده به وسیله پژوهشگران در کشورهای گوناگون برای بررسی وضعیت مصرف انرژی در محصولات کشاورزی گوناگون مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد: قوچی بیگ و همکاران (۲۰۱۰)، کارایی انرژی در کشت گلخانه‌ای خیار منطقه تهران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان دادند، ۱۰ واحد از مجموع ۱۸ واحد مورد بررسی کارا بوده و میانگین کارایی واحدهای ناکارا ۹۰ درصد محاسبه شده است به این معنی که ۱۰ درصد از مجموع نهاده‌های مورد استفاده با افزایش کارایی واحدهای ناکارا صرفه جویی می‌شوند. سماواتیان و همکاران (۲۰۱۰)، روش تحلیل پوششی داده‌ها را به منظور ارزیابی مقدار کارایی انرژی در کشت سیر شهرستان بهار استفاده کردند. نتایج نشان دادند، در مدل بازده ثابت به مقیاس ۳۸/۲۹٪ مزارع و در مدل بازده متغیر به مقیاس ۵۵/۳۱٪ مزارع دارای امتیاز کارا بوده‌اند که از این کشاورزان بیشترین تعداد آن‌ها در محدوده ۰/۷۱-۰/۸ قرار داشتند. کارایی‌های روشی، روشی مطلق و مقیاس با مدل‌های بازده ثابت و متغیر برای کشاورزان به ترتیب ۰/۸۳، ۰/۹۴ و ۰/۸۸ بدست آمده است. بیشترین مصرف نادرست انرژی در کود شیمیایی و سوخت دیزل بوده است. بیشترین سهم از کل انرژی ذخیره‌ای مربوط به نهاده کود شیمیایی (۰/۱۴) و سوخت دیزل (۰/۱۲) است و مزارع بالای سه هکتار دارای بیشترین تعداد واحد کارا هستند. بناییان و همکاران (۲۰۱۱)، در پژوهشی به بررسی کارایی گلخانه‌های توت فرنگی در شهر تهران با روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند.

نتایج نشان دادند که با بکارگیری این روش می‌توان حدود ۲۷ درصد در نهاده‌ها صرفه جویی کرد. نتایج بازگشت به مقیاس این گلخانه‌ها نشان داد که تنها تعداد اندکی از گلخانه‌ها با افزایش مقیاس قادر به صرفه‌جویی در هزینه‌ها هستند. موسوی و همکاران (۲۰۱۱)، طی پژوهشی بمنظور تجزیه و تحلیل مقدار انرژی مصرفی و همچنین، تعیین مقدار کارایی مزارع سویا در استان گلستان از تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کردند. نتایج نشان دادند که استفاده از این روش می‌تواند باعث صرفه‌جویی ۲۰ درصدی در میزان نهاده‌ها شود بدون این‌که محصول خروجی کاهش یابد. حسین زاد اول و رضوانی مقدم (۱۳۹۲)، در مطالعه‌ای به تعیین مقدار انرژی ورودی و خروجی در تولید محصول پیاز و انجام آنالیزهای اقتصادی در استان خراسان رضوی پرداختند. نتایج حاکی از آن است که کل انرژی ورودی برای تولید پیاز در استان خراسان رضوی ۹۸۴۷۹ مگاژول بر هکتار بود. حدود ۵۰/۹٪ از این انرژی مربوط به الکتریسیته و ۱۴/۷ درصد از آن مربوط به کود نیتروژن بود. عملکرد پیاز در مزارع تحت آبیاری ۷۳۲۲۷ کیلوگرم بر هکتار است. انرژی خالص و بهره‌وری انرژی به ترتیب ۱۸۶۸۴ مگاژول بر هکتار و ۰/۷۴ کیلوگرم بر مگاژول و نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی ۱/۱۹ بود. ۲۲/۷ درصد از کل انرژی ورودی قابل تجدید (نیروی انسانی، کود دامی، آب آبیاری و بذر مصرفی) و ۷۷/۳ درصد آن انرژی تجدید ناپذیر (ماشین‌های کشاورزی، سوخت گازوئیل، کودهای شیمیایی، سموم و الکتریسیته) بود. کل هزینه تولید یک هکتار تولید پیاز ۷۹۲۶۲۹۰۸ ریال بوده، نسبت فایده به هزینه در این سیستم ۱/۶۵ بدست آمده است. علیپور و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهشی مقدار انرژی‌های ورودی و خروجی و شاخص‌های مربوط به آن در کشت بوم‌های گندم شهرستان ری واقع در استان تهران در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ را مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس نتایج این پژوهش کل انرژی ورودی و خروجی به مزارع گندم این منطقه به ترتیب ۴۷۳۷۷/۶ و ۱۲۴۹۹۰ مگاژول در هکتار بود. در بین نهاده‌های مصرفی بیش‌ترین سهم از کل انرژی ورودی به ترتیب مربوط به کود شیمیایی نیتروژن ۲۱/۱ درصد، سوخت دیزل ۱۹/۹ درصد و ماشین‌های کشاورزی ۱۲/۱ درصد بود. نتایج این پژوهش نشان دادند که کارایی مصرف انرژی این کشت بوم‌ها ۲/۶۲، انرژی خالص تولید شده ۷۷۶۱۱/۶ مگاژول در هکتار و مقدار بهره‌وری انرژی در آن‌ها ۰/۱۱ می‌باشد. از کل انرژی ورودی به این کشت بوم‌ها ۶۲/۱ درصد انرژی غیر مستقیم و همچنین، ۷۲/۲ درصد از کل انرژی ورودی به این سامانه‌ها مربوط به منابع تجدیدناپذیر انرژی بودند. داغستان و همکاران (۲۰۰۹)، کارایی مصرف انرژی در تولید پنبه در ترکیه را ۲/۳۶ برآورد کردند. در این مطالعه مهم‌ترین نهاده‌های انرژی بر به ترتیب کود شیمیایی (۴۰/۲۸ درصد)، آب آبیاری (۲۲/۳۷ درصد) و گازوئیل (۱۷/۰۴ درصد) معرفی شدند. هاتیرلی و همکارانش (۲۰۰۶)، الگوی مصرف انرژی و نیز ارتباط بین انرژی ورودی و عملکرد را برای گل رز

در استان آنتالیا در کشور ترکیه آزمون کردند. به این منظور داده‌های مقطعی از طریق پرکردن پرسش‌نامه به وسیله تولیدکنندگانی که به گونه تصادفی انتخاب شده بودند گردآوری شد. نتایج نشان دادند که سوخت دیزل ۳۴/۳۵ درصد، ماشین‌های کشاورزی ۲۷/۵۹ درصد، انرژی شیمیایی ۱۶/۰۱ نیروی انسانی ۸/۶۴ درصد کل انرژی مصرفی را تشکیل می‌دهند. در مزارع مورد بررسی متوسط عملکرد و مصرف انرژی به ترتیب حدود ۱۶۰۰۰ کیلوگرم درهکتار و ۱۰۶۷۱۶/۲ مگاژول در هکتار بوده است. همچنین، نتایج نشان دادند که ورودی انرژی، خروجی انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب ۱/۲، ۱۲۳۸۰/۳ مگاژول در تن و ۰/۰۹ مگاژول در کیلوگرم بوده است. اردال و همکاران (۲۰۰۷)، در پژوهشی تحت عنوان مصرف انرژی و آنالیز اقتصادی تولید چغندر در ترکیه نشان دادند کل انرژی مصرفی در تولید این محصول ۳۹۶۸۵/۵ مگاژول بر هکتار بوده که از این مقدار سهم کودهای شیمیایی ۴۹/۳ درصد و سوخت‌های فسیلی ۲۴/۱ درصد می‌باشد که بیش‌ترین سهم انرژی را به خود اختصاص داده‌اند. سینگ و همکاران (۲۰۰۷) الگوی مصرف انرژی را برای تولید گندم در سه منطقه غرب پاجستان، پنجاب و آتاپرادش در کشور هند مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده نسبت خروجی به ورودی انرژی را در مناطق پنجاب و آتاپرادش به ترتیب ۵/۲ و ۴/۲ گزارش کرد که بیش‌ترین مقادیر را در بین این مناطق دارا بودند. مصرف انرژی در این مناطق کمینه بوده و مقدار آن به ترتیب ۴/۶ مگاژول بر کیلوگرم برای پنجاب و ۶ مگاژول بر کیلوگرم برای آتاپرادش گزارش شده است. همچنین، نتایج بدست آمده نشان دادند متوسط بهره‌وری محصول گندم در منطقه پنجاب به طور میانگین ۳۱ درصد از میانگین بهره‌وری منطقه بالاتر است. کیزیل اسلان (۲۰۰۸)، نسبت ورودی به خروجی انرژی را برای محصول گیلاس در منطقه توکات واقع در کشور ترکیه مورد ارزیابی قرار داد. نتایج بدست آمده نشان دادند نسبت ورودی به خروجی برای محصول گیلاس در منطقه مذکور برابر با ۰/۹۶ بوده است همچنین، در بین انرژی‌های ورودی بالاترین مقدار مربوط به نهاده کود شیمیایی می‌باشد (۴۲ درصد). پس از آن الکتریسیته و سوخت‌های فسیلی با ۲۲ و ۲۱ درصد در مراتب بعدی قرار دارند. نسبت ورودی به خروجی انرژی برای محصول گیلاس نشان داد که نهاده‌های مصرفی در تولید این محصول در منطقه یاد شده به گونه کارا مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

انجام چنین مطالعاتی برای محاسبه و تخمین میزان انرژی مصرفی در تولید انواع محصولات کشاورزی در مناطق گوناگون در جهت بهینه سازی مصرف انرژی در داخل کشور ضروری می نماید. در حال حاضر به دلیل بحران انرژی در جهان، ضرورت مطالعه بیشتر درباره گلوگاه های مصرف انرژی و یافتن راهکارهایی برای مصرف هدفمند انرژی بیش تر احساس می شود. از این رو، با توجه به جایگاه سیب زمینی در جهان و با توجه به موقعیت ممتاز استان همدان در تولید این محصول راهبردی، شناخت نهاده های گوناگون انرژی و برآورد کارایی مصرف انرژی در این محصول یکی از زمینه های تحقیقاتی ضروری است که می تواند زمینه ساز ارایه راهکارهای مدیریتی و بهینه سازی مصرف انرژی در این محصول باشد.

هدف از این پژوهش تعیین مقدار انرژی ورودی و خروجی به ازای یک هکتار تولید سیب زمینی و محاسبه کارایی مصرف انرژی، تفکیک کشتزارها کارا و ناکارا، درصد ناکارایی کشتزارها ناکارا، تعیین استفاده بی رویه از نهاده های انرژی در واحدهای ناکارا و پیشنهاد مقدار بهینه نهاده های گوناگون که باید به وسیله واحدهای ناکارا از منابع انرژی استفاده شود و نیز تجزیه و تحلیل اقتصادی تولید سیب زمینی است.

## مواد و روش ها

در این پژوهش جمع آوری اطلاعات به روش پرسشنامه از تولیدکنندگان سیب زمینی در سال ۱۳۹۲ انجام شد. حجم نمونه تولیدکنندگان محصول سیب زمینی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از فرمول زیر بدست آمد و مقدار  $p$  و  $q$  در فرمول برابر  $0/5$  در نظر گرفته شده تا بیش ترین نمونه ممکن بدست آید.

$$n = \frac{z^2 pq}{1 + \frac{1}{N} \left[ \frac{z^2 pq}{d^2} - 1 \right]} \quad (1)$$

$N$  جمعیت کشاورزان سیب زمینی کار،  $n$  حجم نمونه،  $Z$  مقدار متغیر نرمال واحد استاندارد که در سطح ۹۵ درصد برابر  $1/96$  می باشد،  $p$  مقدار نسبت صفت موجود در جامعه است. در این مطالعه  $0/5$  در نظر گرفته شد،  $q$  درصد افرادی که فاقد صفت در جامعه هستند این نیز  $0/5$  در نظر گرفته شد و  $d$  مقدار اشتباه مجاز می باشد. بر اساس فرمول تعداد بهره برداران مورد مطالعه بالغ  $139$  نمونه به دست آمد

## محاسبه انرژی مصرفی

انرژی‌های ورودی در تولید سیب‌زمینی شامل انرژی مصرفی کودهای شیمیایی و حیوانی، سموم، آب آبیاری، نیروی انسانی، سوخت، بذر و ماشین‌آلات بودند. محاسبه انرژی مصرفی با استفاده از معادل انرژی مربوط به هر واحد نهاده یا ستاده و ضرب آن در مقدار نهاده مصرف شده یا ستاده تولید شده انجام گرفت. برای محاسبه هم‌ارز انرژی نهاده‌ها و هم‌چنین، محاسبه انرژی خروجی از ضرایب انرژی متناظر با هر یک استفاده شد این ضرایب در جدول ۱ آورده شده است. شاخص‌ها به عنوان ابزاری هستند که امکان مقایسه سیستم‌ها با یکدیگر را فراهم می‌کنند. در مکانیزاسیون کشاورزی ۳ شاخص مهم انرژی وجود دارد که امکان شناخت جامع از وضعیت انرژی در کشاورزی را مهیا می‌کنند (الماسی، ۱۳۸۴). برای ارزیابی جریان انرژی در کشت از چند شاخص مهم شامل کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی و انرژی خالص استفاده گردید. روش محاسبه این شاخص‌ها با فرمول‌های زیر بیان می‌شود:

$$(۲) \quad \text{انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار)} \\ \text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)} = \text{کارایی مصرف انرژی}$$

$$(۳) \quad \text{عملکرد سیب زمینی (کیلوگرم بر هکتار)} \\ \text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)} = \text{بهره‌وری انرژی}$$

انرژی ویژه مصرفی معکوس بهره‌وری انرژی است و نشان دهنده انرژی برای تولید واحد محصول است:

$$(۴) \quad \text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)} \\ \text{عملکرد سیب زمینی (کیلوگرم در هکتار)} = \text{انرژی ویژه}$$

انرژی خالص مبین خالص انرژی خروجی از مزرعه می‌باشد. منفی بودن آن نشان می‌دهد انرژی خروجی از مزرعه به اندازه انرژی وارد شده به آن نبوده است، در نتیجه ناکارایی انرژی وجود دارد.

$$(۵) \quad \text{انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)} - \text{کل انرژی خروجی از مزرعه (مگاژول بر هکتار)} = \text{انرژی خالص}$$

برای محاسبه شاخص‌های انرژی، مقادیر مصرف هر نهاده در هم ارزهای انرژی هر مرحله از عملیات، ضرب شده و انرژی آن نهاده محاسبه شد. با استفاده از انرژی خروجی و با داشتن انرژی‌های ورودی، شاخص نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی و افزوده انرژی خالص تعیین شد که نتایج آن در بخش نتایج و بحث آمده است.



### تحلیل اقتصادی تولید سیب زمینی

بمنظور تجزیه و تحلیل وضعیت اقتصادی کشاورزان در منطقه مورد مطالعه، برخی از شاخص‌های اقتصادی مانند تولید کل ارزش، بازده ناخالص، بازده خالص نسبت به هزینه و بهره‌وری، برای تولید سیب زمینی در منطقه پژوهش محاسبه شدند.

ارزش ناخالص تولید

$$(۶) \quad \text{Rial kg}^{-1} \text{ قیمت} \times (\text{kg ha}^{-1}) \text{ عملکرد} = \text{ارزش تولید کل}$$

### بازگشت ناخالص

بازگشت ناخالص از تفریق هزینه های متغیر تولید از ارزش ناخالص تولید محاسبه می‌شود.

$$(۷) \quad (\text{Rial ha}^{-1}) \text{ هزینه های متغیر تولید} - (\text{Rial ha}^{-1}) \text{ ارزش تولید کل} = \text{بازگشت ناخالص}$$

### بازگشت خالص

بازگشت ناخالص از تفریق هزینه های کل تولید از ارزش ناخالص تولید محاسبه می‌شود.

$$(۸) \quad (\text{Rial ha}^{-1}) \text{ هزینه های کل تولید} - (\text{Rial ha}^{-1}) \text{ ارزش تولید کل} = \text{بازگشت خالص}$$

### نسبت منفعت به هزینه

نسبت فایده به هزینه از تقسیم ارزش ناخالص تولید به کل هزینه های تولید در هکتار بدست می‌آید.

بمنظور بررسی ارتباط انرژی نهاده‌ها و عملکرد محصولات از تابع کاب داگلاس استفاده شده است. تابع کاب داگلاس به این دلیل انتخاب شد که از میان فرم‌های تابعی خطی، شبه لگاریتمی و تابع چند جمله‌ای درجه دوم بهترین فرم تابعی بر اساس معنی‌داری آماره‌ها و علامت‌های مورد انتظار پارامترها می‌باشد. هاتیرلی و همکاران، سینگ و سینگ و همکاران نیز از تابع تولید کاب-داگلاس برای بررسی ارتباط میان انرژی نهاده‌ها و عملکرد استفاده کردند.

$$\text{Ln}Y_i = a + \sum_{j=1}^n a_j \text{Ln}(X_{ij}) + e_i \quad (۹)$$

که در آن  $Y_i$  سطح عملکرد اُمین کشاورز،  $X_{ij}$  بردار انرژی نهاده‌های مصرف شده در تولید،  $\alpha_j$  ضرایب نهاده‌هاست که توسط مدل برآورد می‌شود و  $e_i$  جز خطا است. تحلیل کارایی:

تجزیه و تحلیل داده‌ها با دو مدل بازگشت به مقیاس ثابت و مدل بازگشت به مقیاس متغیر انجام شد. انتخاب مدل DEA مناسب بستگی به میزان کنترل روی نهاده‌ها و ستانده‌ها دارد؛ به این ترتیب که هر کدام بیش‌تر کنترل پذیر باشند، مدل مناسب بر همان اساس انتخاب می‌شود. در این مطالعه چون دستکاری و کم و زیاد کردن نهاده‌ها عملی‌تر است، از مدل  $BCC^1$  و  $CCR^2$  نهاده محور استفاده شد (روابط ۸ و ۹). در هر دو مدل واحدهای کارا و ناکارا مشخص شده و انواع کارایی‌های فنی، مقیاس و فنی خالص محاسبه شد.

$$\begin{aligned} \max E_p &= \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp} & \max E_p \\ &= \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp} + w & \\ \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ip} &= 1 & (10) \quad \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ip} \\ &= 1 & (11) \\ \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp} - \sum_{r=1}^{r=s} V_i X_{ip} &\leq 0 \quad j & \\ &= 1, 2, \dots, n & \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp} - \sum_{r=1}^{r=s} V_i X_{ip} + w \\ &\leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n & \\ V_i \geq \varepsilon, U_r \geq \varepsilon & & V_i \geq \varepsilon, U_r \\ &\geq \varepsilon, w \text{ free} & \end{aligned}$$

در فرمول‌های بالا  $E_p$  نرخ کارایی واحد  $U_r$  وزن ورودی‌ها،  $Y_{rp}$  مقدار خروجی  $r$ ام برای  $DMU_p$  وزن ورودی‌ها،  $V_i$   $DMU_p$  مقدار ورودی  $i$ ام برای  $DMU_p$ ،  $Y_{rp}$  مقدار خروجی  $r$ ام برای  $DMU_p$ ،  $X_{ip}$  مقدار ورودی  $i$ ام برای  $DMU_p$ ،  $X_{ij}$  مقدار ورودی  $i$ ام برای  $DMU_j$ ،  $s=1, 2, \dots, n$ ،  $j=1, 2, \dots, n$ ،  $m$  شمار ورودی‌ها می‌باشد (بانکر و همکاران، ۱۹۸۴).

<sup>1</sup> - Banker, Charnes and Cooper

<sup>2</sup> - Charnes, Cooper and Rhodes

<sup>3</sup> - Decision making units

### رتبه‌بندی واحدهای کارا

آن چه به تجزیه و تحلیل‌ها و تصمیم‌گیری‌ها در مورد کارایی یا عدم کارایی و چگونگی کارکردن واحدهای ناکارا سمت و سو می‌دهد و نتیجه‌گیری‌ها را ثمربخش می‌کند این است که بتوان واحدهای گوناگون را رتبه‌بندی کرد تا اهمیت جایگاه یک واحد در میان سایر واحدها بهتر درک شود. یکی از روش‌های رتبه‌بندی واحدهای کارا شمارش تعداد دفعاتی است که آن واحد کارا در مجموعه مرجع به عنوان واحد هم‌تا برای واحدهای ناکارا ظاهر شده است. برای هر واحد کارا فراوانی در مجموعه مرجع نشانی از کارایی و اهمیت آن واحد کارا دارد (مالانا و مالانو، ۲۰۰۶).

تناسب بین تعداد پارامترهای مدل تحلیل پوششی داده‌ها و تعداد واحدهای تصمیم‌ساز تناسب بین تعداد پارامترهای ورودی و خروجی یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها و تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده که در مدل‌های مورد نظر آن‌ها تحت بررسی قرار می‌گیرند از معیار بسیار مهمی در تحول و ارایه نتایج معتبر می‌باشد. چنانچه در ارزیابی‌هایی که به وسیله مدل‌های استاندارد تحلیل پوششی داده‌ها صورت می‌گیرد تعداد مجموع پارامترهای ورودی و خروجی در مقایسه با تعداد واحد تصمیم‌گیرنده زیاد باشد نتایج بدست آمده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، داده‌های مفیدی را در اختیار ارزیاب قرار نخواهد داد و اغلب واحدها به عنوان واحدهای کارا معرفی می‌شوند.

حداقل تعداد واحدهای تصمیم‌گیری مورد مطالعه برای بالا بردن قابلیت اطمینان و اعتماد به نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده‌ها از رابطه زیر محاسبه شد (محرابیان، ۱۳۷۸):

$$(I+O) \geq 3 \quad (12)$$

O تعداد ستانده و I تعداد نهاده هاست.

در بخش تحلیل‌های انرژی مربوط به این پژوهش با توجه به هفت پارامتر ورودی (انرژی‌های نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی، سوخت، کودشیمیایی، کود حیوانی، سم، آب آبیاری) و یک پارامتر خروجی (انرژی محصول) در کل هشت پارامتر ورودی و خروجی موجود می‌باشد. در نتیجه، برای این که روش تحلیل پوششی داده‌ها به درستی جواب دهد دست‌کم به ۲۴ واحد تولیدی برای بررسی نیاز است، ولی همان‌گونه که گفته شد برای این پژوهش تعداد ۱۳۹ پرسش‌نامه برای تکمیل شد که خیلی فراتر از تعداد مورد نظر است.

رابطه بین کارایی فنی، کارایی فنی خالص (کارایی مدیریتی) و کارایی مقیاس به صورت رابطه (۱۲) تعریف شده است (امامی میبیدی، ۱۳۷۹)

$$\text{کارایی مقیاس} = \frac{\text{کارایی فنی}}{\text{کارایی فنی خالص}} \quad (13)$$

از تحلیل پوششی داده‌ها بمنظور تحقق هدف‌های تفکیک کشتزارهای کارا و ناکارا، تعیین استفاده بی رویه از نهاده‌های انرژی در واحدهای ناکارا و پیشنهاد مقدار بهینه استفاده از نهاده‌های گوناگون به وسیله واحدهای ناکارا استفاده شده است.

## نتایج و بحث

در جدول ۲ مقدار ستاده و نهاده‌های مصرفی و نیز محتوای انرژی آن‌ها برای تولید سیب زمینی در استان همدان آورده شده است. مقدار کل انرژی ورودی در مزارع تولید سیب زمینی همدان ۶۹۲۴۹/۰۲۲۴ مگاژول در هکتار بدست آمده است. کود شیمیایی نخستین نهاده انرژی بر در تولید سیب زمین در شهرستان بهار می‌باشد و ۳۸/۷۸ درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص می‌دهد. کود ازته پرمصرف‌ترین کود شیمیایی مصرفی در مزارع سیب‌زمینی می‌باشد که ۳۱/۸۵ درصد از کل انرژی ورودی و ۸۲ درصد از انرژی کود شیمیایی را به خود اختصاص داده است. یکی از دلایل مصرف زیاد کود ازته در زراعت سیب زمینی مصرف زیاد کود سرک می‌باشد. دلیل این مصرف بالا خارج شدن این کود از دسترس گیاه به وسیله آب آبیاری است. در مطالعه‌ای که توسط ایزدخواه و همکاران (۱۳۸۸) با عنوان کارایی انرژی در مزارع سیب زمینی آذربایجان شرقی انجام شد. نتایج نشان دادند که کل انرژی مصرفی ۶۰۷۸۳/۳۴ مگاژول در هکتار بود که بیشترین انرژی مصرفی مربوط به کود نیتروژن و بذر بوده است. بذر مصرفی برای کشت سیب زمینی از نظر مصرف انرژی پس از کود شیمیایی در رتبه دوم نهاده‌های انرژی بر قرار دارد و ۲۳/۱۳ درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است. انرژی آب آبیاری ۱۲/۳۳ درصد انرژی ورودی درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است. سموم شیمیایی به سه گروه علف‌کش، حشره‌کش و قارچ‌کش تقسیم بندی شد و انرژی معادل هر یک جداگانه محاسبه گردید. در مجموع انرژی مصرفی سموم شیمیایی ۹۴۰/۸۷ مگاژول می‌باشد و ۱/۳۷ درصد از کل انرژی ورودی در تولید سیب‌زمینی را شامل می‌شود و کم‌ترین انرژی مصرفی را در بین نهاده‌ها به خود اختصاص داده است. در استان همدان انرژی مصرفی نیروی انسانی ۱۰۷۸ مگاژول در هکتار می‌باشد که در مراحل گوناگون زراعت سیب‌زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. میانگین نیروی انسانی مورد نیاز در این پژوهش ۵۵۰ ساعت بدست آمده است. با این حال انرژی نیروی انسانی در زراعت سیب‌زمینی ۱/۵۵ درصد از انرژی ورودی را به خود اختصاص داده است. از دلیل پایین بودن آن می‌توان به پایین بودن انرژی معادل نیروی انسانی (۱/۹۶) و استفاده بیش‌تر مزارع از نهاده‌های دیگر اشاره کرد. مقدار سوخت مصرفی ماشین‌های کشاورزی برای کشت یک هکتار سیب زمینی از مرحله تهیه زمین تا مرحله برداشت برای سوخت دیزل ۱۸۴/۴۵ لیتر در هکتار برآورد گردید. همان

گونه که جدول ۲ نشان می‌دهد سوخت پس از کود نیتروژن و بذر بیشترین مقدار انرژی مصرفی (۱۵٪) را در بین نهاده‌های تولیدی به خود اختصاص داده است. دلیل این امر را می‌توان در مکانیزه‌تر شدن روز افزون مراحل گوناگون کاشت، داشت و برداشت جستجو کرد. مقدار تولید سیب‌زمینی در هکتار به طور متوسط برابر با  $42778/03$  کیلوگرم بدست آمد که انرژی معادل آن برابر با  $154000/908$  مگاژول که همان کل انرژی خروجی می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهند که چنانچه کاهش مصرف انرژی در تولید سیب‌زمینی مورد هدف باشد باید روی مصرف مواد شیمیایی ویژه کود شیمیایی نیتروژن که اغلب بدون توجه به اصول صحیح مصرف آن، مورد استفاده قرار می‌گیرد، تجدید نظر کرد.

### محاسبه شاخص‌های انرژی

محاسبه انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها با هدف محاسبه شاخص‌های انرژی انجام می‌گیرد. استفاده از این شاخص‌ها امکان مطالعه و مقایسه سامانه‌های تولید محصولات مشابه در نقاط گوناگون و یا محصولات گوناگون یک منطقه با یکدیگر را فراهم می‌آورند. نسبت انرژی که به عنوان عاملی برای بررسی کارایی انرژی در تولید محصولات به کار می‌رود، برای محصول سیب‌زمینی در استان همدان  $2/224$  بدست آمد. این نسبت نشان می‌دهد که به ازای مصرف یک واحد انرژی  $2/224$  انرژی تولید می‌شود. با افزایش عملکرد یا کاهش انرژی ورودی و یا هر دو مورد می‌توان این شاخص را بهبود بخشید. در شرایط آب و هوایی ایران مقادیر کارایی مصرف انرژی در تولید سیب‌زمینی  $1/25$  (محمدی و همکاران، ۲۰۰۸) و  $0/95$  تا  $1/46$  (زنگنه و همکاران، ۲۰۱۰). اختلاف در مقادیر گزارش شده برای سیب‌زمینی عمدتاً ناشی از اختلاف در عملکرد تولید شده و در نتیجه انرژی خروجی می‌باشد. بهره‌وری انرژی در  $0/617$  مگاژول بر کیلوگرم بدست آمد و این نشان می‌دهد، به ازای هر یک مگاژول در استان همدان حدود  $0/617$  کیلوگرم محصول تولید شده است. مقدار بهره‌وری انرژی در منابع برای گوجه فرنگی یک (اسنگان و همکاران، ۲۰۰۷)، کتان  $0/06$  (یلماز و همکاران، ۲۰۰۵)، چغندر قند  $1/53$  (اردل و همکاران، ۲۰۰۷)، شهرکی و همکاران با بررسی کارایی انرژی زراعت زعفران در خراسان جنوبی انرژی تولیدی به مصرفی این گیاه ارزشمند را  $0/41$  برآورد کردند. انرژی ویژه یا شدت انرژی در این پژوهش  $1/618$  مگاژول بر کیلوگرم به دست آمد است. خالص انرژی در استان همدان نیز  $84751/885$  مگاژول در هکتار بدست آمد و نشان می‌دهد، در تولید محصول سیب‌زمینی انرژی بدست آمده است (جدول ۳).

در جدول ۴ مقدار هر یک از انواع انرژی شامل انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید سیب‌زمینی در استان همدان ارایه شده است. گفتنی است که در این

تحقیق انرژی‌های نیروی انسانی، سوخت گازوئیل و آب آبیاری به عنوان انرژی مستقیم و انرژی نهاده‌های ماشین‌های کشاورزی، کود شیمیایی، کود دامی، سموم و بذر مصرفی به عنوان انرژی غیر مستقیم در نظر گرفته شد. میزان مصرف انرژی‌های مستقیم ۲۰۰۳/۷ مگاژول بر هکتار می‌باشد که ۲۸/۸۹ درصد از کل انرژی مصرفی را شامل می‌شود، که نشان می‌دهد سیب‌زمینی‌کاران وابستگی بیشتر به انرژی‌های مستقیم دارند. در حالی که میزان انرژی‌های غیرمستقیم ۴۹۲۴۵/۳۲۲ مگاژول بر هکتار می‌باشد و ۷۱/۱۱ درصد از انرژی مورد استفاده در مزارع را شامل می‌شود. همان‌گونه که مشخص است سهم انرژی‌های غیرمستقیم در تولید سیب زمینی بیش‌تر از انرژی‌های مستقیم است.

انرژی نهاده‌های نیروی انسانی، آب آبیاری، کود دامی و بذر مصرفی به عنوان انرژی تجدیدپذیر و انرژی نهاده‌های ماشین‌های کشاورزی، سوخت گازوئیل، کود شیمیایی و سموم به عنوان انرژی تجدیدناپذیر در نظر گرفته شد. مقدار مصرف انرژی تجدیدپذیر به ترتیب ۲۹۷۷۷/۲۴۱ مگاژول بر هکتار می‌باشد که ۴۳ درصد از کل انرژی مصرفی را شامل می‌شود در حالی که میزان انرژی‌های تجدیدناپذیر ۳۹۴۷۱/۷۸۱ مگاژول بر هکتار می‌باشد که ۵۷ درصد از انرژی مورد استفاده در مزارع را شامل می‌شود که نشان دهنده آن است که تولیدکنندگان در استان همدان بیش‌تر از انرژی‌های تجدیدناپذیر استفاده می‌کنند و وابستگی بیش‌تری به انرژی‌های تجدیدناپذیر دارند. محمدی و همکاران (۲۰۰۸) نیز سهم انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و غیرتجدید پذیر را در تولید سیب زمینی به ترتیب ۱۷/۶۵، ۸۲/۳۵، ۲۵/۷۳، ۷۴/۲۷ درصد محاسبه کردند. در یک مطالعه دیگر، نشان داده شد که سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید سیب زمینی ۱۶ تا ۱۷ درصد کل انرژی‌های ورودی بود (زنگنه و همکاران، ۲۰۱۰). در چندین مطالعه دیگر نیز نشان داده شده است که سهم انرژی‌های غیرمستقیم و تجدیدناپذیر به ترتیب بالاتر از انرژی‌های مستقیم و تجدیدپذیر می‌باشد (اسنگان و همکاران، ۲۰۰۷).

### برآورد اقتصاد سنجی برای بررسی اثر انرژی‌های مصرفی بر عملکرد

یکی از اهداف این مطالعه بررسی رابطه میان انرژی نهاده‌های مصرفی و عملکرد محصول می‌باشد. بمنظور بررسی تاثیر معنی داری هر یک از انرژی‌های ورودی بر عملکرد سیب زمینی توابع تولید کاب-داگلاس، ترانسندنتال، ترانسلوگ و درجه دوم برآورد شد و تابع تولید برتر از میان توابع تولیدی انتخاب شد، بر اساس نتایج تابع تولید کاب-داگلاس به عنوان تابع تولید برتر انتخاب گردید. یکی از ویژگی‌های این تابع این است که ضرایب بیانگر کشش‌ها می‌باشند. در این تابع

انرژی نیروی کار، انرژی سوخت مصرفی ماشین‌های کشاورزی، کود شیمیایی، کود حیوانی، سموم، بذر و آبیاری به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد و مقدار تولید نیز به عنوان متغیر وابسته تعریف شدند در میان ورودی‌های انرژی به دلیل وجود هم خطی بین انرژی سوخت مصرفی و ماشین‌های کشاورزی، نهاده انرژی ماشین‌های کشاورزی از مدل حذف شد.

برای شهرستان بهار نهاده‌های انرژی آب آبیاری و سم در سطح یک درصد و نهاده بذر در سطح ۵ درصد معنی‌دار شدند. آماره  $R^2$  نیز برابر ۹۲ درصد به دست آمد که بیانگر این است که ۹۲ درصد از تغییرات متغیر وابسته به وسیله متغیرهای مستقل توضیح داده می‌شود. در بین نهاده‌های مصرفی در شهرستان بهار بالاترین اثر مربوط به آب می‌باشد که برابر ۰/۴۳ است به این معنا که افزایش ۱۰ درصد آب مصرفی تولید به اندازه ۴/۳ افزایش می‌یابد.

در تابع کاب داگلاس ضرایب به دست آمده برای نهاده‌ها بیانگر کشش نهاده‌ها می‌باشند. همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌شود تمام ضرایب مثبت بدست آمده غیر از ضریب انرژی کود شیمیایی که منفی می‌باشد که می‌توان این گونه تفسیر کرد که کشاورزان منطقه از نهاده کود شیمیایی بیش از حد استفاده می‌کنند.

### تحلیل اقتصادی تولید سیب زمینی کاران استان همدان

بمنظور بررسی وضعیت اقتصادی کشاورزان درآمد و هزینه‌ها برای سطح یک هکتار محاسبه شد. درآمد کشاورزان از حاصل ضرب مقدار محصول تولیدی در قیمت محصول بدست آمد. هزینه‌ها نیز به دو بخش هزینه‌های ثابت و متغیر تقسیم بندی شد. هزینه کل تولید برای یک هکتار برابر ۱۵۰۱۵۶۸۴۰ ریال می‌باشد.

ارزش ناخالص تولید که از حاصل ضرب قیمت هر کیلو محصول در مقدار تولید محصول تولید شده در هکتار بدست می‌آید برابر ۵۷۲۷۹۷۸۲۲ ریال بدست آمده است، یعنی در یک هکتار سیب زمینی درآمد ناخالص ناشی از فروش محصول برابر ۵۷۲۷۹۷۸۲۲ ریال می‌باشد، اما درآمد خالص کشاورزان که از کم کردن هزینه کل تولید که (هزینه‌های ثابت و متغیر) از ارزش ناخالص تولید بدست می‌آید که برابر ۴۲۲۶۴۰۹۸۰ ریال در هر هکتار می‌باشد. نسبت منفعت به هزینه نیز برابر ۳/۸۱ بدست آمده است که بیانگر این است که کشاورزان ۳/۸۱ برابر هزینه‌ای کلی که برای تولید سیب زمینی در شهرستان بهار می‌کنند درآمد بدست می‌آورند. البته، گفتنی است این نسبت بالای فایده به هزینه به دلیل قیمت بالای محصول سیب زمینی در سال ۱۳۹۲ می‌باشد.

### تحلیل کارایی در مزارع سیب زمینی به کمک مدل‌های BCC و CCR استان همدان

نتایج مدل BCC و CCR در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود از کل ۱۳۹ سیب زمینی کار دشت بهار تعداد ۱۸ مزرعه با استفاده از مدل CCR (۱۳ درصد) کارا شناخته شده‌اند و دارای کارایی فنی برابر یک می‌باشند. همچنین، ۵۴ مزرعه با استفاده از مدل BCC دارای کارایی فنی خالص برابر یک می‌باشند. که نشان می‌دهد ۳۶ کشاورز دارای کارایی فنی خالص برابر یک بوده ولی کارایی فنی کم‌تر از یک داشته‌اند که این به دلیل نامناسب بودن مقیاس تولید برای آن‌ها بوده و در نتیجه کارایی مقیاس کمتر از یک دارند. همچنین، از مزارع ناکارا ۱۱ و ۵۳ مزرعه به ترتیب دارای کارایی فنی و کارایی فنی خالص در محدوده ۰/۹ تا ۱ بوده‌اند.

نتایج بررسی ۱۳۹ سیب زمینی کار استان همدان با مدل بازگشت به مقیاس ثابت و متغیر و روش اندازه‌گیری ورودی محور در جدول ۷ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، میانگین مقادیر کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس برای مزارع به ترتیب برابر ۰/۷۴۸، ۰/۹۴۱ و ۰/۹۰۴ بدست آمده است. بر اساس نتایج بدست آمده حدود ۸۷ درصد سیب زمینی کاران از نظر کارایی فنی و ۶۱ درصد آن‌ها از نظر کارایی فنی خالص ناکارا می‌باشند. همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، بیش‌ترین فراوانی برای کارایی فنی بین ۰/۷-۰/۶ با تعداد ۳۳ واحد می‌باشد و بیش‌ترین فراوانی برای کارایی فنی خالص، مربوط به واحدهای کارا با تعداد ۵۴ واحد می‌باشد.

با توجه به نتایج بدست آمده از جدول ۸، میانگین کارایی فنی کشتزارهای ناکارا در کشت سیب زمینی با مدل CCR ورودی محور، ۶۴ درصد است یعنی با استفاده از ۶۴ درصد نهاده‌ها و با ثابت ماندن همان مقدار خروجی، واحدهای ناکارا می‌توانند به مرز کارایی رسیده و مقدار ۳۶ درصد نهاده‌ها را با افزایش کارایی خود ذخیره کنند. بنابر نتایج این جدول کشتزارهای ۱۹، ۲۳، ۲۴، ۳۵، ۳۶، ۷۱، ۷۴، ۷۵، ۸۴، ۹۰، ۹۷، ۱۰۹، ۱۱۰، ۱۱۳، ۱۱۶، ۱۲۰، ۱۲۳ و ۱۳۴ کارا هستند. مقدار کارایی واحدهای تولیدی به این مفهوم است که هر کدام از واحدها باید بتوانند مقدار مصرف خود را از همه نهاده‌ها به مقدار  $(1-\theta)$  کاهش دهند بدون این‌که مقدار تولید کاهش یابد. برای مثال، کارایی  $\theta=77/19$  درصد کشتزار شماره ۸ به معنای آن است که این واحد باید ۱۲/۸۱ درصد مصرف خود را از همه عامل‌های تولید کاهش دهد (بدون این‌که از مقدار تولیدش کاسته شود) تا بتواند به یک واحد تولید کارا تبدیل شود.



### رتبه بندی واحدهای کارا بر اساس مدل های CCR و BCC

بمنظور رتبه بندی مزارع کار از روش تعداد دفعات ارجاع در مجموعه مرجع استفاده شد و به وسیله آن تعداد دفعاتی که هر یک از مزارع کارا به عنوان مرجع برای مزارع ناکارا برآورد گردید. تعداد دفعات ارجاع برای مزارع که بیشترین تعداد ارجاع را براساس مدل CCR و BCC در جدول (۹) و (۱۰) ارایه شده است. نتایج بر اساس CCR نشان می دهد که مزارع شماره ۱۹، ۹۰ و ۱۲۰ به ترتیب کاراترین شناخته شده اند که تعداد دفعات ارجاع شده به آنها به ترتیب برابر ۸۶، ۶۹ و ۶۵ بار می باشد. با الگو قرار دادن این مزارع، مزارع ناکارا می توانند حدس بزنند چه تغییراتی در الگوی مصرف انرژی لحاظ کنند تا به سطح مدیریت عملیاتی بهتری دست یابند و بتوانند کارایی مصرف انرژی را در تولید افزایش دهند. نتایج بر اساس BCC نیز مزارع شماره ۱۹، ۹۰ و ۳۵ به ترتیب کاراترین شناخته شده اند که تعداد دفعات ارجاع شده به آنها به ترتیب برابر ۷۸، ۶۳ و ۴۷ بار می باشد.

### مقدار نهاده های فیزیکی مصرف شده به وسیله کشاورزان کارا و ناکارا با روش CCR

بمنظور مقایسه کشاورزان کارا و کشاورزان ناکارا، مقادیر فیزیکی نهاده های مصرفی برای کشاورزان کارا و ناکارا با توجه به مدل CCR در جدول ۱۱ نمایش داده شده است. همان گونه که نتایج نشان می دهند به جز نهاده های کود حیوانی و آب آبیاری میزان مصرف تمامی نهاده ها به وسیله کشاورزان ناکارا نسبت به کشاورزان کارا بیش تر بوده است. مصرف نهاده های نیروی انسانی، سموم شیمیایی، کود شیمیایی و بذر به وسیله کشاورزان کارا نسبت به کشاورزان ناکارا به ترتیب برابر با ۲۰/۳۵٪، ۲۰/۲۱٪، ۱۴/۲۸٪ و ۷/۷۲٪ کم تر بوده است.

همچنین، مقدار مصرف نهاده های ماشین های کشاورزی و سوخت دیزل در بین کشاورزان کارا نسبت به کشاورزان ناکارا به ترتیب به اندازه ۱۵/۹۳٪ و ۱۵/۹٪ کم تر بوده است. از سوی دیگر، مقدار مصرف نهاده های کود حیوانی و آب آبیاری در کشاورزان کارا نسبت به کشاورزان ناکارا به ترتیب به مقدار ۱۱/۲۱٪ و ۲/۲۸٪ بیش تر بوده است. مقدار عملکرد محصول نیز به وسیله کشاورزان کارا ۳۷/۴۶٪ بیش تر از عملکرد کشاورزان ناکارا بوده است. در منطقه مورد مطالعه فعالیت های آموزشی و ترویجی وجود نداشته و کشاورزان تنها به تجربیات خودشان اکتفا می کنند و بعضی از آنها باور دارند که مصرف بیش تر نهاده ها باعث افزایش عملکرد می شود. این امر باعث ترغیب برخی از کشاورزان به استفاده بیش از حد نیاز در مصرف آنها می شود، ولی به دلیل وجود بازده به مقیاس نزولی، مقدار عملکرد محصول به همان نسبت افزایش نمی یابد و همچنین، اثرات سوء زیست محیطی را باعث می شود.

### مقادیر مصرف کنونی انرژی، مقدار بهینه مصرفی و درصد ذخیره سازی، در تولید سیب زمینی با روش CC

جدول ۱۲ مقادیر مصرف فعلی انرژی برای هر نهاده، مقدار بهینه‌ای که باید از هر نهاده مصرف شود و درصد ذخیره سازی انرژی هر نهاده در صورتی که مازاد مصرف آن کاهش داده شود را با روش BCC نشان می‌دهد. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهند مقدار کل انرژی ورودی در حالت مصرف بهینه نهاده‌ها ۵۸۴۵۲/۶۸ مگاژول بدست آمده است که انرژی کود شیمیایی، بذر و آب آبیاری و به ترتیب با ۱۸۷۴۱/۱، ۱۴۱۲۷/۵۴ و ۹۱۶۴/۲۹ بیش‌ترین سهم را داشته‌اند. هم‌چنین، انرژی نهاده‌های سوخت، کود حیوانی، ماشین، نیروی انسانی، سموم شیمیایی و بذر به ترتیب برابر ۱۱۸۴/۳۳، ۳۰۲/۳۷۱، ۹۶۲۵/۹۹، ۸۹۲ و ۸۷۶/۸ مگاژول بر هکتار بوده است.

نتایج جدول هم‌چنین، نشان می‌دهند که مقدار ۱۷/۲۵٪ از نیروی کار، ۶/۸٪ از سموم شیمیایی، ۳۰/۲۱٪ از کود شیمیایی، ۷/۲۹٪ از کود حیوانی، ۱۱/۷۵٪ از بذر، ۳/۹۳٪ از آب آبیاری، ۷/۳۲٪ از ماشین‌های کشاورزی و ۸/۰۳٪ از سوخت در کشت سیب زمینی می‌تواند بدون هیچ‌گونه کاهش در عملکرد محصول، کاهش یابد. هم‌چنین، کل انرژی ورودی می‌تواند به اندازه ۱۵/۵۹٪ کاهش یابد که این مقدار برابر ۱۱۷۹۶/۳۴۲ مگاژول می‌باشد. هم‌چنین، با توجه به این جدول مشخص می‌شود که بیش‌ترین تفاوت در حالت مصرف فعلی و مصرف بهینه نهاده‌ها در کود شیمیایی دیده می‌شود؛ این امر نشان می‌دهد تمرکز و برنامه‌ریزی جهت کاهش مصرف این نهاده‌ها می‌تواند مجموع انرژی ورودی در مزارع را به میزان قابل توجه‌ای کاهش داده و سبب بهبود شاخص‌های انرژی شود.

در هر مزرعه به طور میانگین ۱۱۷۹۶/۳۴۲ مگاژول در هکتار قابل ذخیره است. در شکل ۲ سهم ذخیره انرژی به وسیله هر کدام از ورودی‌ها نمایش داده شده است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهند انرژی کود شیمیایی با ۶۹٪ از کل انرژی ذخیره شده بیش‌ترین سهم را به خود اختصاص داده است.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مجموع انرژی‌های ورودی در تولید سیب زمینی در استان همدان ۶۹۲۴۹/۰۲۲۴ مگاژول بدست آمد و نتایج هم‌چنین، نشان دادند که سهم انرژی کود شیمیایی از کل انرژی ورودی در رتبه نخست قرار دارد. انرژی کود شیمیایی با ۲۶۸۵۶/۶۸۵ مگاژول در هکتار ۳۸/۷۸ درصد از کل انرژی مصرفی بیش‌ترین سهم را در میان انرژی‌های ورودی را به خود اختصاص داد. فرایند تولیدی این مواد در سطح جهانی در گروه فرایندهای عمده مصرف‌کننده سوخت‌های فسیلی هستند و لذا کاربرد بی‌رویه این مواد شیمیایی افزون بر مصرف بیش از حد منابع تجدیدناپذیر، آثار جانبی

مخری در سیستم‌های رایج کشاورزی بر جای می‌گذارد که نتیجه آن ناپایداری این سیستم‌ها خواهد بود. بنابراین، لازم است سیاست‌هایی در راستای کاربرد بهینه و مناسب کودهای شیمیایی اتخاذ شود و از آن جمله می‌توان به:

۱- تعیین مقدار مناسب کود، با استفاده از آزمون خاک و نظر کارشناسان منطقه و نیز ارایه برنامه‌های آموزشی برای سیب زمینی کاران در مورد چگونگی مصرف کودهای شیمیایی، باتوجه به اینکه کودهای شیمیایی سهم قابل توجهی از انرژی مصرفی را در تولید دارند، با این کار امکان صرفه جویی در مصرف انرژی و بالا بردن کارایی انرژی فراهم می‌آید. این امر بویژه در مورد کودهای ازته بسیار مهم می‌باشد. چرا که به راحتی دچار آبشویی شده و وارد آب‌های زیرزمینی می‌شود.

۲- آگاهی کشاورزان از روش‌هایی بمنظور کاهش مصرف نهاده‌ها به عنوان نمونه قابلیت تثبیت نیتروژن به وسیله گیاه شبدر که متعلق به خانواده لگومینوز بوده و در صورت کشت آن در فصول پاییز و زمستان در تناوب با محصول سیب زمینی، ضمن کسب منفعت اقتصادی، نیاز زمین به کود نیتروژن در زمان کشت سیب زمینی کاهش می‌یابد.

بر اساس نتایج پژوهش سهم انواع انرژی شامل انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم به ترتیب حدود ۲۰۰۳/۷، ۴۹۲۴۵/۳۲۲ و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر نیز به ترتیب ۲۹۷۷۷/۲۴۱ و ۳۹۴۷۱/۷۸۱ بود که نشان می‌دهد تولید کنونی سیب‌زمینی به لحاظ مصرف انرژی پایدار نیست، زیرا درصد بسیار بالایی از انرژی‌های مصرفی در تولید سیب‌زمینی جزء انرژی‌های تجدیدناپذیرند. نسبت بالای کاربرد انرژی‌های غیرتجدیدپذیر در کشاورزی سبب اثرات منفی روی پایداری تولید خواهد شد. لذا، روی آوردن به منابع انرژی‌های تجدیدپذیر از الزامات آینده کشاورزی خواهد بود. انرژی‌های تجدیدپذیر در کشاورزی سبب ارتقاء اقتصاد مردم روستا، بهبود سلامت محیط و افزایش امنیت انرژی خواهد شد. منابع تجدیدپذیر کود از قبیل کودهای دامی سبب افزایش کیفیت و باروری خاک خواهند شد، در حالی که مصرف نهاده‌های شیمیایی فقط در کوتاه مدت سبب افزایش تولید شده و در بلند مدت سلامت بوم نظام‌های کشاورزی را به خطر خواهند انداخت. جایگزین کردن مدیریت تلفیقی آفات به جای کنترل شیمیایی، استفاده بیش‌تر از کودهای دامی نسبت به کودهای شیمیایی و در نهایت حرکت به سمت کشاورزی دقیق که کشاورزی مبتنی بر مصرف دقیق و به اندازه نهاده هاست راهکارهای مناسبی جهت کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و در نتیجه کاهش وابستگی تولید به انرژی‌های تجدیدناپذیر می‌باشند.

نتایج برآورد تابع تولید کاب داگلاس به منظور بررسی تاثیر انرژی‌های گوناگون ورودی بر روی عملکرد در تولید سیب زمینی در استان همدان نشان داد که انرژی آب آبیاری بیش‌ترین تأثیر را

بر عملکرد داشته است. نتایج تحلیل مدل BCC نشان داد که مقدار  $17/25\%$  از نیروی کار،  $6/8\%$  از سموم شیمیایی،  $30/21\%$  از کود شیمیایی،  $7/29\%$  از کود حیوانی،  $11/75\%$  از بذر،  $3/93\%$  از آب آبیاری،  $7/32\%$  از ماشین‌های کشاورزی و  $8/03\%$  از سوخت در کشت سیب زمینی می‌تواند بدون هیچ‌گونه کاهش در عملکرد محصول، کاهش یابد. به عبارت دیگر کل انرژی ورودی می‌تواند به اندازه‌ی  $15/59\%$  کاهش یابد که این مقدار برابر  $10796/342$  مگاژول می‌باشد بدون این که عملکرد کاهش یابد.

### راهکارهایی برای بهبود کارایی مصرف انرژی

برای افزایش کارایی مصرف انرژی دو راهکار کلی قابل تصور است: افزایش ستانده‌ها شامل عملکرد و کاهش منطقی نهاده‌ها، به گونه‌ای که دستیابی به عملکرد قابل قبول را مختل نسازد. به این ترتیب، با رعایت برخی نکات فنی و توصیه‌های به‌زراعی در عملیات کاشت، داشت و برداشت محصول به شرح زیر می‌توان بهینه‌سازی مصرف انرژی در زراعت سیب زمینی را مدنظر قرار داد. رعایت دقیق راهکارهای فنی در عملیات زراعی موجب افزایش عملکرد و در نتیجه بهبود کارایی مصرف انرژی خواهد شد. این راهکارها شامل آماده‌سازی زمین، انتخاب ارقام مناسب برای مناطق گوناگون کشور، مصرف سموم علفکش پیش از کاشت و ضد عفونی بذر، رعایت توصیه کودی برای نوع، زمان، مقدار و روش کودهای شیمیایی و آلی، کاشت در زمان مطلوب، مصرف مقدار مناسب بذر و تراکم مطلوب بوته، وجین و کنترل علف‌های هرز و مبارزه با آفات در طول فصل زراعی، مدیریت، رعایت زمان و روش دقیق برداشت می‌باشد.

راهکارهای مصرف بهینه انرژی شامل روش‌های مدیریتی کوتاه مدت و دراز مدت می‌باشد. افزون بر آن، تلفیق استفاده از تجهیزات کارآمدتر و بکارگیری فناوری روز با عملیات زراعی با کارایی انرژی بالاتر برای تولید گیاهان زراعی و استفاده از منابع انرژی جایگزین و یا تجدید شونده بمنظور کاهش وابستگی به انرژی سوخت‌های فسیلی نیز پیشنهاد می‌شود. از میان راهکارهای مدیریتی دراز مدت می‌توان، بکارگیری دستاوردهایی نظیر تجهیزاتی با کارایی انرژی بالاتر، تغییر عملیات زراعی در جهت ثبات و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، اتخاذ عملیات کشاورزی دقیق (مانند کنترل خودکار بوم سمپاش و کنترل ردیفکار)، کالیبراسیون دقیق و مناسب در مورد مصرف کودها و آفت‌کش‌ها را برشمرد و از این طریق با کاهش مصرف نهاده‌ها بدون اثر منفی بر ستانده‌ها بهبود کارایی مصرف انرژی را مدنظر قرار داد. از گروه برنامه‌های مدیریتی کوتاه مدت نیز به نظر می‌رسد، با کاهش مصرف سوخت، تغییر عملیات شخم، کاهش مصرف کود و مدیریت مناسب کوددهی می‌توانند در کاهش مصرف انرژی نقش داشته باشند.

افزایش اتکاء به ماشین‌آلات اگرچه در زمان کنونی کاملاً اجتناب ناپذیر است، اما ادامه این روند سبب مهاجرت بیش‌تر جوامع روستایی به شهرها شده و ضمن افزایش نرخ بیکاری معضلات اجتماعی فراوانی را نیز به همراه خواهد داشت. ارایه روش‌هایی که ضمن حفظ تولید کنونی سبب افزایش سهم نیروی انسانی در کشاورزی شود نیز از ضروریات آینده کشاورزی خواهد بود. در این راستا، استفاده از ادوات کشت ترکیبی برای کمینه کردن تردد ماشین‌آلات در زمین و استفاده از سیستم‌های شخم کاهش یافته در برخی از گیاهان راهکار موثری خواهد بود. یکی از مزیت‌های عمده کشاورزی رایج استفاده از فناوری‌های نوین در بخش آبیاری است که با توجه به بحران آب در ایران نقش بسیار زیادی در بهره‌وری کشاورزی خواهند داشت و تداوم آنها در آینده ضروریست. ضمن این‌که تعیین دقیق نیاز آبی گیاهان و ساخت ابزارهایی که به گونه مستقیم در مزرعه وضعیت آبی گیاه را مشخص سازند نیز سبب صرفه‌جویی بیش‌تر در مصرف آب شده که باید مورد توجه کارشناسان امر قرار بگیرد.

### References

- Alam, M.S., Alam, M.R. & Islam, K.K. (2005). Energy flow in agriculture: Bangladesh. *American Journal of Environmental Science* 1(3): 213–220.
- Alipur, AS., Afshar, R., Karimi-nezhad, M., & Mohammadi, h. (2013). Evaluation of the energy flow in the cultivation of wheat canvases Case study: city of Ray, publication of sustainable agricultural production, Volume 23, Number 3
- Almasi, R. (2005). Determine the methods of measurement and classification indices and Asnandardhay energy required, the registration number 1186, the Agricultural Research and Education, 130 pages.
- Banaeian, N., Omid, M., & Ahmadi, H. (2011). Application of data envelopment analysis to evaluate efficiency of commercial greenhouse strawberry, *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 3(3): 185-193.
- Banker, R.D., & Thrall, R.M. (1984). Estimation of Returns to Scale Using Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operational Research*, 62, 74-78.
- Beheshtitabar, I., Keyhan, A., & Rafiee, S.H. (2010). Energy balance in Iran's agronomy (1990-2006) *Renewable Sustainable Energy Reviews* 14: 849–855.
- Dagistan, E., Akcaoz, H., Demirtas, B., & Yilmaz, Y. (2009). Energy usage and benefit - cost analysis of cotton production in Turkey. *African Journal of Agricultural Research* 4(7): 599-604.
- Emami, M. (2005). Principles of measuring performance and productivity, the Institute for Studies and Research Bazrganyry, 128 pages

- Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., & Gunduz, O. (2007). Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy* 32: 35–41.
- Esengun, K., Erdal, G., Gunduz, O., & Erdal, H. (2007). An economic analysis and energy use in stake tomato production in Tokat province of Turkey. *Renewable Energy* 32: 1873–1881.
- Esengun, K., Gunduz, O., & Erdal, G. (2007). Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. *Energy Conversion and Management* 48: 592–598.
- Ghochebeyg, F., Omid, M., Ahmadi, H., & Delshad, D. (2010). Evaluation and improvement of energy consumption for Cucumber Production Using Data Envelopment Analysis (DEA) Technique in Tehran, 6th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, Tehran, Iran (In Farsi).
- Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M., Sanjani, S., Anvarkhah, S., Aghel, H. (2011), A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. *Applied Energy*, 88, 283-288.
- Giampietro, M., Cerretelli, G., & Pimentel, D. (1992). Energy analysis of agricultural ecosystem management: human return and sustainability. *Agriculture Ecosystems and Environment* 38: 219–244.
- Gundogmus, E. (2006). Energy use on organic farming: a comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holdings in turkey. *Energy Conversion and Management* 47:3351-3359.
- Hatirli, S.A., Ozkan, B., & Fert, K. (2005). An econometric analysis of energy inputoutput in Turkish agriculture, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9: 608-623.
- Hossainzadeh, F., & Rezvan-Moghaddam, C. (2013). Evaluation and economic analysis of energy efficiency and the production of onions in the province of Razavi Khrasn, *Journal of Applied Ecology*, Issue 3.
- Kazemi, M., & Nikkhah-Farkhani, Z. (2009). Application of data envelopment analysis to measure and analyze the performance of Khorasan Razavi province in wheat cultivation. *Journal of Agricultural Economics and Development*, Volume 23, Issue 2, Pages 94-87.
- Kizilaslan H. (2008). Input-output analysis of cherries production in Tokat province of Turkey, *Applied Energy* (54).
- Malana N.M., and Malano H.M. (2006). Benchmarking productive efficiency of selected wheat areas in Pakistan and India - Data Envelopment Analysis. *Irrigation and Drainage*, 55: 383-394
- Mehrabian, S. (1999). Computational concepts in data envelopment analysis, dissertations PHD of Mathematical Sciences, Tarbiat Modarres University.

- Mohammadi, A., Tabatabaeefar, A., Shahin, S.H., Rafiee, S.H., & Keyhani, A. (2008). Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. *Energy Conversion and Management* 49: 3566-3570
- Mohammadi A., and Omid M. (2010). Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy* 87: 191-196.
- Mousavi-Avval, SH., Rafiee, S., Jafari, A., & Mohammadi, A. (2011). Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. *Energy*, 36: 2765- 2772.
- Nasirian, N., Almasi, M., Minaee, S., & Bakhoda, H. (2006). Study of energy flow in sugarcane production in an Agro-industry unit in South of Ahwaz, In Proceedings of 4th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, 28-29 Aug, Tabriz University, Tabriz, Iran Management 49: 3566-3570
- Ozkan, B., Akcaoz, H., & Fert, C. (2004). Energy input-output analysis in Turkish agriculture, *Renewable Energy* 29: 39-51.
- Pishgar Komleh, S.H., Keyhani, A., Rafiee, S., & Sefeedpary, P. (2011). Energy use and economic analysis of cornsilage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran, *Energy* 36: 3335-3341.
- Samavatian, N., Rafiei, SH., & Mobli, M. (2010). Study of energy consumption in garlic productivity with Data Envelopment Analyses. 6th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, Tehran, Iran (In Farsi).
- Singh, J.M. (2000). On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Germany :In Beheshtitabar, I., Keyhani, A., & Rafiee, S.H. (2010). Energy balance in Iran's agronomy (1990-2006). *Renewable Sustainable Energy Reviews* 14: 849-855.
- Yilmaz, I., Akcaoz, H. & Ozkan, B. (2005). An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. *Renewable Energy* 30: 145-155.
- Zangeneh, M., Omid, M., & Akram, A. (2010). A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. *Energy* 35: 2927-2933.

## پیوست‌ها

جدول ۱- معادل‌های انرژی برای نهاده‌های ورودی و خروجی در تولید سیب‌زمینی.

منبع	معادل انرژی (MJ)	واحد	مشخصه‌ها
الف) ورودی			
پیشگار و همکاران (۲۰۱۱)	۱/۹۶	ساعت h	نیروی انسانی
قربانی و همکاران (۲۰۱۱)	۶۲/۷	ساعت h	ماشین‌آلات
قربانی و همکاران (۲۰۱۱)	۵۶/۳۱	لیتر L	سوخت دیزلی
کودهای شیمیایی			
محمدی و همکاران (۲۰۱۰)	۶۶/۱۴	کیلوگرم kg	نیترژن
محمدی و همکاران (۲۰۱۰)	۱۲/۴۴	کیلوگرم kg	فسفات
محمدی و همکاران (۲۰۱۰)	۱۱/۱۵	کیلوگرم kg	پتاسیم
اسنگان و همکاران (۲۰۰۷)	۰/۳۰	کیلوگرم kg	کود دامی
سموم شیمیایی			
اسنگان و همکاران (۲۰۰۷)	۲۱۶	لیتر L	قارچ کش
اسنگان و همکاران (۲۰۰۷)	۲۳۸	لیتر L	علف کش
اسنگان و همکاران (۲۰۰۷)	۱۰۱/۲	لیتر L	حشره کش
قربانی و همکاران (۲۰۱۱)	۱/۰۲	مترمکعب m <sup>۳</sup>	آب آبیاری
اسنگان و همکاران (۲۰۰۷)	۳/۶	کیلوگرم kg	بذر
ب) خروجی			
اسنگان و همکاران (۲۰۰۷)	۳/۶	کیلوگرم kg	عملکرد سیب زمینی



جدول ۲- مصرف انرژی و مقادیر ورودی ها و خروجی در تولید سیب زمینی استان همدان.

درصد از کل انرژی ورودی (%)	معدل انرژی کل (مگاژول در هکتار)	مقدار در واحد سطح (هکتار)	نهادها
الف (ورودی‌ها)			
۱/۵۵	۱۰۷۸	۵۵۰	نیروی انسانی (برحسب h)
۱/۸۶	۱۲۸۷/۸۵	۲۱/۲۲	ماشین آلات (برحسب h)
۱۵	۱۰۳۸۶/۳۸	۱۸۴/۴۵	سوخت دیزلی (برحسب L)
			کودهای شیمیایی
۳۱/۸۵	۲۲۰۵۴/۶۹	۳۳۳/۵	نیترژن (برحسب kg)
۴/۳۶	۳۰۲۲/۷۹	۲۴۲/۹۹	فسفات (برحسب kg)
۲/۵۷	۱۷۷۹/۲۰۵	۱۵۹/۵۷	پتاسیم (برحسب kg)
۵/۹۸	۴۱۴۵/۰۰۱	۱۳۸۱۶/۶۷	کود دامی (برحسب kg)
			سموم شیمیایی
۰/۷۱	۴۹۰/۳۲	۲/۲۷	قارچ کش (برحسب L)
۰/۴۲	۲۸۵/۶	۱/۲۰	علف کش (برحسب L)
۰/۲۴	۱۶۴/۹۵	۱/۶۳	حشره کش (برحسب L)
۱۲/۳۳	۹۵۵۹/۳۲	۹۳۷۱/۸۹	آب آبیاری (برحسب m <sup>3</sup> )
۲۳/۱۳	۱۶۰۱۴/۹۲	۴۴۴۸/۵۹	بذر (برحسب kg)
۱۰۰	۶۹۲۴۹/۰۲۲۴		کل انرژی ورودی (برحسب MJ)
ب (خروجی)			
	۱۵۴۰۰۰/۹۰۸	۴۲۷۷۸/۰۳	عملکرد سیب زمینی (برحسب kg)
	۱۵۴۰۰۰/۹۰۸		کل انرژی خروجی (برحسب MJ)

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۳- روابط بین انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید سیب‌زمینی استان همدان.

عنوان	واحد	سیب زمینی
انرژی ورودی	MJ ha <sup>-1</sup>	۶۹۲۴۹/۰۲۲۴
انرژی خروجی	MJ ha <sup>-1</sup>	۱۵۴۰۰۰/۹۰۸
عملکرد	kg ha <sup>-1</sup>	۴۲۷۷۸/۰۳
کارایی مصرف انرژی	-	۲/۲۲۴
بهره‌وری انرژی	kg MJ <sup>-1</sup>	۰/۶۱۷
انرژی ویژه	MJ kg <sup>-1</sup>	۱/۶۱۸
انرژی خالص	MJ ha <sup>-1</sup>	۸۴۷۵۱/۸۸۵

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۴- مقادیر انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و غیرتجدید پذیر در تولید سیب‌زمینی استان همدان.

شکل انرژی	انرژی مصرفی (هکتار/مگاژول)	درصد %
انرژی مستقیم ۱	۲۰۰۰۳/۷	۲۸/۸۹
انرژی غیر مستقیم ۲	۴۹۲۴۵/۳۲۲	۷۱/۱۱
انرژی تجدید پذیر ۳	۲۹۷۷۷/۲۴۱	۴۳
انرژی تجدید ناپذیر ۴	۳۹۴۷۱/۷۸۱	۵۷
کل انرژی ورودی	۶۹۲۴۹/۰۲۲۴	

۱- عبارتست از انرژی نیروی انسانی، سوخت گازوئیل و آب آبیاری

۲- عبارتست از انرژی ماشین‌آلات، کود شیمیایی، کود دامی، سموم و بذر

۳- عبارتست از انرژی نیروی انسانی، کود دامی، آب آبیاری و بذر

۴- عبارتست از انرژی آلات، سوخت گازوئیل، کود شیمیایی و سموم

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۵- نتایج تخمین تابع تولید کاب- داگلاس.

متغیر	ضرایب	آماره t
عرض از مبدا	۱/۵۰	۴/۵۳***
انرژی آب	۰/۴۳	۴/۰۸***
انرژی بذر	۰/۳۱	۲/۴**
انرژی کود حیوانی	۰/۰۵	۰/۸۶
انرژی ماشین آلات	-	-
انرژی کود	-۰/۰۳	-۰/۶۹
شیمیایی		
انرژی نیروی انسانی	۰/۱	۱/۲
انرژی سم	۰/۱۲	۲/۶۴***
انرژی سوخت	۰/۰۶	۰/۹
DW=۲/۱      F=۲۲۰/۹۸      Adjusted R <sup>2</sup> =۰/۹۱      R <sup>2</sup> =۰/۹۲		

منبع: یافته‌های پژوهش \*\*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد و \*\* معنی‌دار در سطح ۵ درصد

جدول ۶- تحلیل اقتصادی تولید اقتصادی سیب زمینی.

اجزای هزینه و بازگشت	واحد	ارزش
عملکرد	کیلوگرم در هکتار	۴۲۷۷۸/۰۳
قیمت فروش	کیلوگرم بر حسب ریال	۱۳۳۹۰
ارزش ناخالص تولید	کیلوگرم بر حسب ریال	۵۷۲۷۹۷۸۲۲
هزینه های متغیر تولید	کیلوگرم بر حسب ریال	۹۶۵۷۶۲۵۰
هزینه های ثابت تولید	کیلوگرم بر حسب ریال	۵۳۵۸۰۵۹۰
کل هزینه های تولید	کیلوگرم بر حسب ریال	۱۵۰۱۵۶۸۴۰
بازگشت ناخالص	کیلوگرم بر حسب ریال	۴۷۶۲۲۱۵۷۲
بازگشت خالص	کیلوگرم بر حسب ریال	۴۲۲۶۴۰۹۸۰
نسبت فایده به هزینه	-	۳/۸۱

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۷- مقادیر میانگین کارایی‌های گوناگون کشاورزان در تولید سیب زمینی.

عنوان	میانگین	حداقل	حداکثر
کارایی فنی	۰/۷۴۸	۰/۳۲۵	۱
کارایی فنی خالص (مدیریتی)	۰/۹۴۱	۰/۷۲۵	۱
کارایی مقیاس	۰/۹۰۴	۰/۳۶۴	۱

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۸- تجزیه انواع کارایی‌ها و بازده به مقیاس در تولید سیب زمینی.

واحد	کارایی فنی %	کارایی فنی خالص %	کارایی مقیاس
۱	۰,۷۶	۰,۸۸	۰,۸۶
۲	۰,۶۸	۰,۸۹	۰,۷۶
۳	۰,۹۱	۰,۹۹	۰,۹۲
۴	۰,۶۷	۰,۹۲	۰,۷۳
۵	۰,۷۲	۰,۹۸	۰,۷۳
۶	۰,۸۹	۱	۰,۸۹
۷	۰,۷۶	۰,۹۱	۰,۸۳
۸	۰,۷۷	۰,۸۹	۰,۸۶
۹	۰,۶۷	۱	۰,۶۷
۱۰	۰,۸۴	۰,۹۹	۰,۸۵
۱۱	۰,۸۸	۰,۹۶	۰,۹۲
۱۲	۰,۸۹	۰,۹۷	۰,۹۲
۱۳	۰,۸۳	۰,۹۷	۰,۸۵
۱۴	۰,۵۷	۰,۸۰	۰,۷۲
۱۵	۰,۶۶	۰,۷۹	۰,۸۳
۱۶	۰,۶۱	۰,۷۹	۰,۷۷
۱۷	۰,۷۷	۱	۰,۷۷
۱۸	۰,۵۶	۰,۹۸	۰,۵۷
۱۹	۱	۱	۱
۲۰	۰,۳۳	۰,۸۹	۰,۳۶
۲۱	۰,۶۸	۰,۸۷	۰,۷۸
۲۲	۰,۷۹	۱	۰,۷۹
۲۳	۱	۱	۱

واحد	کارایی فنی %	کارایی فنی خالص %	کارایی مقیاس
۲۴	۱	۱	۱
۲۵	۰,۷۰	۱	۰,۷۰
۲۶	۰,۵۵	۰,۹۲	۰,۶۰
۲۷	۰,۷۰	۰,۸۱	۰,۸۷
۲۸	۰,۵۶	۰,۸۶	۰,۶۴
۲۹	۰,۹۰	۱	۰,۹۰
۳۰	۰,۶۵	۱	۰,۶۵
۳۱	۰,۵۸	۰,۹۹	۰,۵۹
۳۲	۰,۹۶	۱	۰,۹۶
۳۳	۰,۵۸	۰,۸۴	۰,۶۹
۳۴	۰,۵۰	۰,۷۵	۰,۶۶
۳۵	۱	۱	۱
۳۶	۱	۱	۱
۳۷	۰,۷۵	۰,۹۴	۰,۷۹
۳۸	۰,۷۱	۰,۹۱	۰,۷۸
۳۹	۰,۵۸	۱	۰,۵۸
۴۰	۰,۶۸	۰,۸۶	۰,۷۹
۴۱	۰,۴۶	۰,۷۷	۰,۶۰
۴۲	۰,۶۱	۰,۸۱	۰,۷۵
۴۳	۰,۷۰	۰,۹۳	۰,۷۵
۴۴	۰,۴۹	۰,۹۴	۰,۵۳
۴۵	۰,۵۳	۰,۷۹	۰,۶۷
۴۶	۰,۵۵	۰,۸۴	۰,۶۵
۴۷	۰,۵۵	۰,۹۵	۰,۵۸
۴۸	۰,۷۶	۰,۸۹	۰,۸۶
۴۹	۰,۸۷	۰,۹۴	۰,۹۲
۵۰	۰,۹۳	۱	۰,۹۳
۵۱	۰,۶۶	۱	۰,۶۶
۵۲	۰,۷۵	۰,۹۲	۰,۸۲
۵۳	۰,۸۶	۰,۹۳	۰,۹۲
۵۴	۰,۹۲	۰,۹۲	۰,۹۹
۵۵	۰,۶۵	۰,۹۱	۰,۷۱
۵۶	۰,۶۲	۰,۸۸	۰,۷۰

واحد	کارایی فنی %	کارایی فنی خالص %	کارایی مقیاس
۵۷	۰,۶۹	۰,۹۲	irs ۰,۷۴
۵۸	۰,۷۱	۰,۸۱	drs ۰,۸۸
۵۹	۰,۶۵	۰,۸۱	drs ۰,۸۰
۶۰	۰,۷۹	۰,۹۴	irs ۰,۸۴
۶۱	۰,۸۸	۱	irs ۰,۸۸
۶۲	۰,۶۴	۱	irs ۰,۶۴
۶۳	۰,۷۹	۰,۹۴	drs ۰,۸۴
۶۴	۰,۵۶	۰,۹۵	irs ۰,۵۹
۶۵	۰,۶۷	۰,۸۸	irs ۰,۷۶
۶۶	۰,۶۰	۰,۹۲	irs ۰,۶۵
۶۷	۰,۶۹	۰,۹۶	irs ۰,۷۲
۶۸	۰,۵۸	۰,۹۶	drs ۰,۶۰
۶۹	۰,۷۲	۰,۹۶	irs ۰,۷۵
۷۰	۰,۶۳	۰,۹۶	irs ۰,۶۵
۷۱	۱	۱	- ۱
۷۲	۰,۷۹	۰,۹۲	irs ۰,۸۷
۷۳	۰,۷۹	۱	irs ۰,۷۹
۷۴	۱	۱	- ۱
۷۵	۱	۱	- ۱
۷۶	۰,۹۳	۱	irs ۰,۹۳
۷۷	۰,۸۵	۱	irs ۰,۸۵
۷۸	۰,۵۱	۰,۸۱	irs ۰,۶۳
۷۹	۰,۶۶	۰,۹۵	irs ۰,۷۰
۸۰	۰,۴۷	۰,۹۶	irs ۰,۴۸
۸۱	۰,۶۹	۱	irs ۰,۶۹
۸۲	۰,۷۸	۱	irs ۰,۷۸
۸۳	۰,۹۰	۱	irs ۰,۹۰
۸۴	۱	۱	- ۱
۸۵	۰,۴۷	۰,۹۲	irs ۰,۵۱
۸۶	۰,۸۶	۱	irs ۰,۸۶
۸۷	۰,۶۹	۱	irs ۰,۶۹
۸۸	۰,۷۱	۱	irs ۰,۷۱

واحد	کارایی فنی %	کارایی فنی خالص %	کارایی مقیاس
۸۹	۰,۹۵	۱	۰,۹۵
۹۰	۱	۱	۱
۹۱	۰,۶۴	۰,۸۸	۰,۷۳
۹۲	۰,۶۴	۰,۷۳	۰,۸۹
۹۳	۰,۸۹	۱	۰,۸۹
۹۴	۰,۴۸	۰,۸۵	۰,۵۷
۹۵	۰,۷۰	۰,۸۸	۰,۷۹
۹۶	۰,۷۶	۰,۹۵	۰,۸۰
۹۷	۱	۱	۱
۹۸	۰,۴۹	۰,۷۴	۰,۶۶
۹۹	۰,۵۲	۰,۸۷	۰,۶۰
۱۰۰	۰,۸۲	۱	۰,۸۲
۱۰۱	۰,۹۰	۱	۰,۹۰
۱۰۲	۰,۶۶	۰,۹۳	۰,۷۱
۱۰۳	۰,۸۵	۰,۹۸	۰,۸۷
۱۰۴	۰,۷۹	۱	۰,۷۹
۱۰۵	۰,۵۰	۰,۹۵	۰,۵۲
۱۰۶	۰,۸۹	۱	۰,۸۹
۱۰۷	۰,۶۸	۰,۹۲	۰,۷۳
۱۰۸	۰,۸۲	۱	۰,۸۲
۱۰۹	۱	۱	۱
۱۱۰	۱	۱	۱
۱۱۱	۰,۷۱	۰,۹۰	۰,۷۹
۱۱۲	۰,۷۴	۰,۹۸	۰,۷۵
۱۱۳	۱	۱	۱
۱۱۴	۰,۹۶	۰,۹۸	۰,۹۸
۱۱۵	۰,۸۱	۰,۹۵	۰,۸۵
۱۱۶	۱	۱	۱
۱۱۷	۰,۵۵	۰,۸۱	۰,۶۸
۱۱۸	۰,۵۴	۰,۷۷	۰,۷۱
۱۱۹	۰,۶۱	۰,۸۳	۰,۷۴
۱۲۰	۱	۱	۱
۱۲۱	۰,۵۹	۱	۰,۵۹

واحد	کارایی فنی %	کارایی فنی خالص %	کارایی مقیاس
۱۲۲	۰,۹۲	۰,۹۸	irs ۰,۹۴
۱۲۳	۱	۱	- ۱
۱۲۴	۰,۶۵	۰,۹۲	irs ۰,۷۱
۱۲۵	۰,۸۴	۰,۹۴	irs ۰,۸۹
۱۲۶	۰,۶۰	۱	irs ۰,۶۰
۱۲۷	۰,۹۴	۰,۹۷	- ۰,۹۷
۱۲۸	۰,۸۵	۰,۹۶	drs ۰,۸۹
۱۲۹	۰,۹۵	۰,۹۷	- ۰,۹۷
۱۳۰	۰,۶۲	۱	irs ۰,۶۲
۱۳۱	۰,۸۵	۱	irs ۰,۸۵
۱۳۲	۰,۷۶	۰,۹۷	irs ۰,۷۸
۱۳۳	۰,۷۳	۰,۸۲	irs ۰,۹۰
۱۳۴	۱	۱	- ۱
۱۳۵	۰,۷۷	۱	irs ۰,۷۷
۱۳۶	۰,۷۷	۱	irs ۰,۷۷
۱۳۷	۰,۶۹	۱	irs ۰,۶۹
۱۳۸	۰,۶۹	۰,۰۲	irs ۰,۷۱
۱۳۹	۰,۷۳	۱	irs ۰,۷۳

منبع یافته‌های پژوهش



## جدول ۹-رتبه بندی واحدهای کارا در مدل BCC.

مدل بازگشت به مقیاس متغیر					
رتبه	شماره واحد	تعداد دفعات ارجاع	رتبه	شماره واحد	تعداد دفعات ارجاع
۱	۱۹	۷۸	۱۶	۹۷	۶
۲	۹۰	۶۳	۱۷	۷	۵
۳	۳۵	۴۷	۱۸	۲۰	۵
۴	۱۲۰	۳۹	۱۹	۱۱۶	۵
۵	۱۳۴	۳۵	۲۰	۳۳	۴
۶	۱۲	۳۰	۲۱	۲۵	۳
۷	۱۲۹	۲۱	۲۲	۷۵	۳
۸	۲۴	۱۵	۲۳	۱۳۱	۳
۹	۳۸	۱۵	۲۴	۲۸	۲
۱۰	۱۲۳	۱۲	۲۵	۷۱	۲
۱۱	۵۰	۱۱	۲۶	۸۴	۲
۱۲	۱۲۷	۱۱	۲۷	۱۱۳	۲
۱۳	۱۲۹	۱۰	۲۸	۸	۱
۱۴	۲۳	۶	۲۹	۳۱	۱
۱۵	۳۴	۶	۳۰	۳۲	۱

منبع: یافته‌ها پژوهش

## جدول ۱۰-رتبه بندی واحدهای کارا در مدل CCR.

مدل بازگشت به مقیاس ثابت					
رتبه	شماره واحد	تعداد دفعات ارجاع	رتبه	شماره واحد	تعداد دفعات ارجاع
۱	۱۹	۸۶	۸	۱۲۳	۱۵
۲	۹۰	۶۹	۹	۹۷	۱۱
۳	۱۲۰	۶۵	۱۰	۸۴	۱۰
۴	۱۳۴	۶۳	۱۱	۱۱۶	۸
۵	۳۵	۴۳	۱۲	۲۳	۷
۶	۲۴	۳۳	۱۳	۱۱۰	۱
۷	۱۰۹	۱۸	۱۴	۱۱۳	۱

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۱- مقدار نهاده‌های فیزیکی مصرف شده به وسیله کشاورزان کارا و ناکارا با روش CCR.

اختلاف % (B-A)*100/B	کشاورزان ناکارا (Unit/ha) (B)	کشاورزان کارا (Unit/ha) (A)	نهاده
۲۰/۳۵	۵۶/۵	۴۵	نیروی انسانی
۲۰/۲۱	۵/۵۹	۴/۴۶	سموم شیمیایی
۱۴/۲۸	۷۵۸/۳۷	۶۵۰	کودهای شیمیایی
-۱۱/۲۱	۱۴۰۴۸	۱۵۶۲۳	کود حیوانی
۷/۷۲	۴۵۰۴	۴۱۵۶/۲۵	بذر
-۲/۲۸	۸۱۲۷	۸۳۱۲/۵	آب آبیاری
۱۵/۹۳	۲۰/۲۷	۱۷/۰۴	ماشین‌های کشاورزی
۱۵/۹	۱۷۶/۲۱	۱۴۸/۱۸	سوخت مصرفی
-۳۷/۴۶	۴۱۲۳۵/۷۷	۵۶۶۸۴/۵	عملکرد

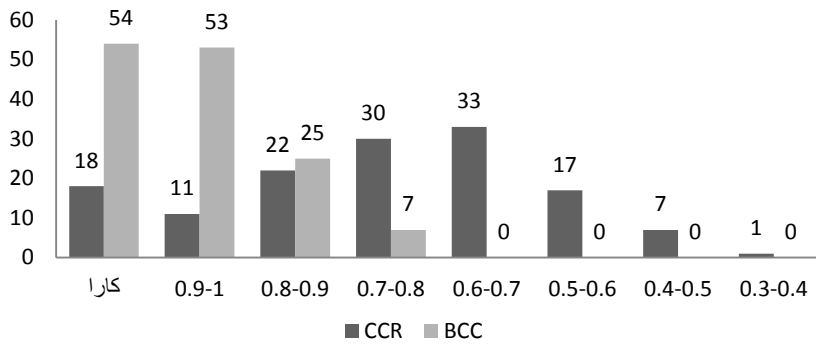
منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۱۲- مقادیر مصرف فعلی انرژی، مقدار بهینه‌ای که باید مصرف شود و درصد ذخیره سازی

## انرژی در مدل BCC.

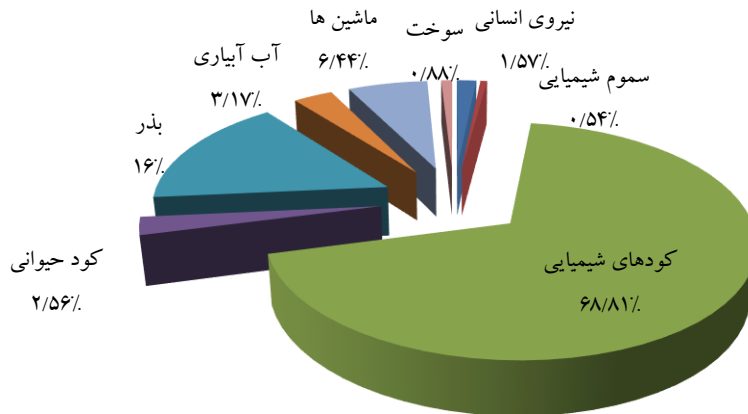
انرژی ذخیره شده %	انرژی ذخیره شده MJ/ha	مقدار بهینه MJ/ha	مصرف فعلی MJ/ha	نهاده‌ها
۱۷/۲۵	۱۸۶	۸۹۲	۱۰۷۸	نیروی انسانی
۶/۸	۶۴/۰۷	۸۷۶/۸	۹۴۰/۸۷	سموم شیمیایی
۳۰/۲۱	۸۱۱۵/۵۸۵	۱۸۷۴/۱	۲۶۸۵۶/۶۸۵	کودهای شیمیایی
۷/۲۹	۳۰۲/۳۷۱	۳۸۴۲/۶۳	۴۱۴۵/۰۰۱	کود حیوانی
۱۱/۷۵	۱۸۸۷/۳۸	۱۴۱۲۷/۵۴	۱۶۰۱۴/۹۲	بذر
۳/۹۳	۳۷۵/۰۳	۹۱۶۴/۲۹	۹۵۳۹/۳۲	آب آبیاری
۷/۳۲	۷۶۰/۳۹	۹۶۲۵/۹۹	۱۰۳۸۶/۳۸	ماشین‌های کشاورزی
۸/۰۳	۱۰۳/۵۲	۱۱۸۴/۳۳	۱۲۸۷/۸۵	سوخت مصرفی
۱۵/۵۹	۱۱۷۹۴/۳۴۲	۵۸۴۵۴/۶۸	۶۹۲۴۹/۰۲۲۴	کل

منبع: یافته‌های پژوهش



شکل ۱- فراوانی سیب زمینی کاران از نظر کارایی فنی و کارایی فنی خالص.

منبع: یافته‌های پژوهش



شکل ۲- سهم ذخیره انرژی هر کدام از ورودی‌ها با روش BCC

منبع: یافته‌های پژوهش

