

## بررسی بعدهای اقتصادی و زیست‌محیطی موازنه انرژی در

### تولید چغندر قند در ایران

افسانه نیکوکار<sup>۱</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۲۵

#### چکیده

استفاده بهینه از نهاده‌های انرژی و افزایش بهره‌وری انرژی منجر به کاهش هزینه‌های تولید، انتشار کمتر گازهای گلخانه‌ای و کاهش اثرگذاری منفی نهاده‌های تولید کشاورزی بر محیط‌زیست می‌شود. این بررسی با هدف ارزیابی موازنه انرژی در تولید چغندر قند در ایران و مقایسه بعدهای اقتصادی و زیست‌محیطی گسترش تولید این محصول انجام گرفته است. بدین منظور تابع تولید چغندر قند با استفاده از داده‌های تابلویی پنج استان آذربایجان غربی، خراسان رضوی، کرمانشاه، فارس و همدان در دوره زمانی ۱۳۹۴-۱۳۷۹ برآورد شد. نتایج نشان داد که بیشترین ورودی انرژی به ترتیب مربوط به نهاده‌های کود شیمیایی، ماشین‌های کشاورزی و نیروی انسانی است. همچنین با خالص انرژی در حدود ۶۴۳ گیگاژول، کارایی انرژی ۲۳/۵۳ و بهره‌وری انرژی ۱/۴ مگاژول بر کیلوگرم، افزایش تولید این محصول از نظر موازنه انرژی مطلوب است. برآورد تابع تولید کاب-داگلاس نشان داد که تنها نهاده‌های ماشین‌های کشاورزی و کود دامی در محدوده اقتصادی استفاده می‌شوند و دیگر نهاده‌ها بیش از حد اقتصادی مصرف می‌شوند. تولید نهایی دو نهاده ماشین‌های کشاورزی و کود دامی از دیگر نهاده‌ها بیشتر است و افزایش عملکرد چغندر قند با استفاده از این دو نهاده، دی‌اکسید کربن کمتری منتشر می‌کند. ضریب معنی‌دار متغیر مجازی نشان داد که عملکرد چغندر قند در استان‌های خراسان رضوی و فارس کمتر از دیگر استان‌هاست. مجموع ضریب‌های معنی‌دار نیز نشان داد که بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس تولید وجود دارد. با توجه به نتایج این بررسی، پیشنهاد می‌شود ترویج و گسترش کشت بهینه بذرها، کاهش یارانه‌ها و واقعی کردن قیمت کودهای شیمیایی به منظور کاهش مصرف این نهاده و گسترش مکانیزاسیون کشت چغندر قند مورد توجه قرار گیرد.

طبقه بندی JEL: Q15، Q47، Q51

واژگان کلیدی: بهره‌وری انرژی، خالص انرژی، گازهای گلخانه‌ای، تابع تولید، داده‌های تابلویی

<sup>۱</sup> دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران Email: anikoukar57@gmail.com

## مقدمه

بحث‌های مربوط به موازنه انرژی، با آگاهی از بحران جهانی انرژی و محدود بودن منابع‌های انرژی فسیلی، آغاز شد و تلاش برای برآورد میزان مصرف انرژی در بخش‌های مختلف، به منظور برنامه‌ریزی بهتر مصرف، فزونی گرفت (Platis et al., 2019). از سوی دیگر، جهان امروز به دنبال افزایش بهره‌وری انرژی و صرفه‌جویی در استفاده از سوخت‌های فسیلی، به منظور کاهش اثرگذاری‌های منفی آن بر محیط‌زیست است. وابستگی شدید بخش کشاورزی به سوخت‌های فسیلی و همچنین منابع‌های محدود انرژی باعث شده است تا پژوهشگران، کارایی مصرف انرژی محصولات گوناگون را در منطقه‌های مختلف، ارزیابی کنند. با این تفکر که استفاده کارتر از نهاده‌های انرژی منجر به تولید کمتر گازهای گلخانه‌ای، کاهش زیان‌های زیست‌محیطی و نظام‌های پایدارتر تولید مواد غذایی می‌شود (Houshyar et al., 2015).

وابستگی بخش کشاورزی به مصرف انرژی، همگام با گسترش مکانیزاسیون کشاورزی و استفاده از روش‌های نوین تولید در این بخش، رو به افزایش است (Ghorbani et al., 2011). استفاده از رقم‌های پرمحصول، سامانه‌های کشت فشرده، افزایش مصرف کودها و سم‌های شیمیایی و سطح بالای مکانیزاسیون کشاورزی، سبب افزایش مصرف انرژی در کشاورزی مدرن شده است (Singh et al., 2004). به گونه‌ای که انرژی ورودی مورد استفاده در سامانه‌های نوین کشاورزی در مقایسه با سامانه‌های سنتی کشاورزی، بسیار زیاد است. در واکنش به استفاده بی‌رویه از انرژی ورودی، الگوی مصرف انرژی در فرآیندهای تولید کشاورزی به طور مؤثری اصلاح شده است. به ویژه آنکه، افزایش مصرف انرژی ورودی به منظور به دست آوردن بیشترین محصول ممکن است به دلیل هزینه‌های فزاینده تولید، به بیشترین سود منجر نشود (Erdal et al., 2007). اما برخی از بررسی‌های انجام شده در ایران نشان می‌دهد که مصرف انرژی در بخش کشاورزی، در دهه‌های اخیر، روندی افزایشی داشته است و نسبت انرژی خروجی به ورودی سیر کاهشی داشته است (Gholami & Sharafi, 2006). هر چند نتایج برخی بررسی‌ها نشان می‌دهد که همراه با افزایش انرژی ورودی، انرژی خروجی، رشد بیشتری داشته و شاخص‌های کارایی و بهره‌وری مصرف انرژی دارای روند افزایشی بوده و نسبت انرژی افزایش یافته است (Kardoni et al., 2018).

استفاده بهینه از منابع و نهاده‌ها یکی از نخستین و اساسی‌ترین هدف‌های کشاورزی پایدار به شمار می‌رود (Vafabakhsh & Mohammadzadeh, 2019). مصرف بهینه انرژی نیز به عنوان یکی از نهاده‌های مهم کشاورزی، هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست‌محیطی، برای تولید پایدار در این بخش اهمیت ویژه ای دارد. یکی از راه‌های ارزیابی توسعه پایدار در بخش کشاورزی، استفاده از روش جریان انرژی است (Ghaderzadeh & Pirmohamadyani, 2019). بررسی‌های

### بررسی بعد های اقتصادی...۱۲۱

بسیاری در ایران در دهه اخیر به ارزیابی سیر انرژی در تولید محصول های کشاورزی و چالش های زیست محیطی مرتبط با آن اختصاص یافته است. از آن جمله می توان به بررسی های Pishgar Komleh et al. (2013) درباره مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از تولید خیار گلخانه ای در استان یزد، Rostami et al. (2013) درباره مصرف انرژی برای تولید خیار در شهرستان بروجن، Zarei Shahamat et al. (2013)، Taghinezhad et al. (2013) و Sefeedpari et al. (2014) درباره جریان انرژی در تولید نیشکر در استان خوزستان، Houshyar et al. (2015) درباره بررسی رابطه های بین ورودی ها و خروجی های انرژی و روند تغییر انتشار گازهای گلخانه ای در نتیجه تغییر سطح استفاده از نهاده ها با استفاده از برآورد تابع تولید گوجه فرنگی، اشاره کرد. همچنین Amiri & Rezvani (2016) کارایی مصرف انرژی، بهره وری انرژی و انرژی خالص را در تولید پسته و Feyzbakhsh et al. (2019) سیر انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید گندم و جو در زمین های شمالی دشت گرگان و در محدوده شهرستان آق قلا را بررسی کرده اند. در بررسی های گذشته، ارزیابی جریان انرژی و محاسبه شاخص های کارایی و بهره وری انرژی و همچنین اندازه گیری پتانسیل گرمایش جهانی و پیش بینی مقدار این شاخص ها در آینده و یا بر اثر تغییر شرایط، با استفاده از چهار روش صورت گرفته است: ۱- بررسی هایی که با توجه به مقدار متوسط نهاده های مصرفی و عملکرد محصول، شاخص های مورد نظر را محاسبه کرده اند که از آن جمله می توان به (Qasemi et al. (2013)، Sefeedpari et al. (2014)، Yousefi et al. (2014)، Nikkhah et al. (2015)، Amiri & Rezvani (2016) و Vafabakhsh & Mohammadzadeh (2019)، Feyzbakhsh et al. (2019)، Yelmen et al. (2019) و Rao & Gangwar (2019)، Oguz et al. (2019) و Cozer et al. (2019) اشاره کرد. ۲- بررسی های Ebrahimi & Salehi (2015)، Mohammadi & Mehry (2015) و Nabavi et al. (2016) که با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها کارایی انرژی را محاسبه کرده اند. ۳- بررسی هایی مانند (Khoshnevisan et al. (2014)، Mardani & Taghavifar (2016) و Thaghavifar & Mardani (2015) که پس از محاسبه کارایی انرژی، با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی، پیش بینی هایی صورت داده اند. ۴- بررسی هایی که با استفاده از برآورد تابع تولید، شاخص های کارایی و بهره وری مصرف انرژی را محاسبه کرده اند و پیامدهای زیست محیطی مصرف انرژی به مقدار بهینه اقتصادی را ارزیابی کرده اند. از جمله این بررسی ها می توان به (Taghinezhad et al. (2011)، Mehrabi & Esmaeili (2011) و Houshyar et al. (2015)، Moradi et al. (2015) و Mohammadi et al. (2016) اشاره کرد. (Kardoni et al. (2015) و (Kardoni et al. (2018) اشاره کرد.

بررسی ادبیات موضوع نشان می دهد که مسئله و بحث درباره مصرف انرژی و تولید گازهای

گلخانه‌ای در فرآیند تولید محصول‌های مختلف کشاورزی، در پژوهش‌های گذشته بررسی شده است. در بین پژوهش‌های انجام شده، (Yousefi et al. (2014) انرژی ورودی و خروجی و مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید چغندر قند را در استان کرمانشاه بررسی کرده‌اند. اما با وجود اهمیت چغندر قند در اقتصاد کشاورزی ایران، پژوهشی که هم بخش بزرگی از تولید چغندر قند را پوشش دهد و محدود به منطقه‌ای خاص نباشد، و هم به بررسی همزمان بعدهای زیست‌محیطی و اقتصادی تولید این محصول بپردازد، تاکنون انجام نشده است. از سوی دیگر، در شمار اندکی از پژوهش‌های انجام‌شده، از رهیافت برآورد تابع تولید استفاده شده است. در حالی که برآورد تابع تولید، معیار مناسبی برای محاسبه بهره‌وری و کارایی هر یک از نهاده‌ها به دست می‌دهد. همچنین برآورد و مقایسه کشت‌های جزئی نهاده‌ها، برآوردی از نقش هر یک از نهاده‌ها در ایجاد انرژی خروجی و پتانسیل گرمایش جهانی فراهم می‌آورد. از سوی دیگر، این روش، بررسی پیامدهای اقتصادی و زیست‌محیطی افزایش به‌کارگیری نهاده‌ها برای تولید بیشتر را امکان‌پذیر می‌سازد. از این رو، در این بررسی از رهیافت برآورد تابع تولید چغندر قند برای بررسی جریان انرژی در تولید این محصول استفاده می‌شود. با بررسی جریان انرژی، می‌توان راهکارهایی برای افزایش تولید چغندر قند، با کمترین آلودگی زیست‌محیطی ارائه کرد.

چغندر قند یکی از محصول‌های کشاورزی است که به دلیل نیاز به عملیات بیشتر، به‌ویژه در مرحله داشت، انرژی زیادی مصرف می‌کند. استفاده از فناوری‌های گذشته ماشین‌های کشاورزی و در دسترس نبودن امکانات فنی باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید چغندر قند می‌گردد، همچنین امروزه کشاورزان برای افزایش عملکرد، از منابع‌های مختلف انرژی استفاده می‌کنند که این امر ممکن است انتشار کربن را افزایش دهد. از سوی دیگر، افزایش سطح زیرکشت نیز مسئله استفاده از نهاده‌های انرژی و پیامدهای زیست‌محیطی آن را تشدید می‌کند. بررسی آمارها نشان می‌دهد که سطح زیرکشت چغندر قند در ایران در سه دهه اخیر با نوسان‌های چشمگیری روبه‌رو بوده است و از بیش از ۱۶۸ هزار هکتار در سال زراعی ۶۲-۱۳۶۱ به ۹۷ هزار هکتار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ رسیده و در این دوره، سطح زیرکشت‌های حدود ۲۰۵ هزار هکتاری در سال ۷۱-۱۳۷۰ و حدود ۵۱ هزار هکتاری در سال ۸۷-۱۳۸۶ را نیز تجربه کرده است. مهم‌ترین دلیل کاهش سطح زیرکشت در سالهای ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷، سیاست‌های نامناسب تجاری دولت؛ شامل آزادسازی واردات شکر و نبود حمایت تعرفه‌ای از تولیدکنندگان داخلی در سال ۱۳۸۵ بود که منجر به کاهش شدید قیمت داخلی چغندر قند و تغییر الگوی کشت به سود دیگر محصول‌های زراعی شد. اما در همین دوره سه‌ساله، ورود بذر منورم به عرصه تولید چغندر قند و فراگیری کشت مکانیزه چغندر قند به بیش از ۷۰ درصد سطح زیر کشت این

### بررسی بعد های اقتصادی...۱۲۳

محصول، باعث شد که عملکرد چغندر قند با نوسان های کمتری، روندی کمابیش افزایشی را طی کند و از حدود ۲۲ تن به حدود ۴۹ تن در هکتار افزایش یابد (Ministry of Agriculture- (Jahad (Retrieved July 2018).

مهم ترین فراورده تولیدی از چغندر قند، قند و شکر است. قند و شکر به عنوان یکی از منابع های تأمین انرژی، در سبد کالاهای اساسی خانوار ایرانی جای دارد. چغندر قند افزون بر منبع تولید قند و شکر مورد نیاز انسان، منبعی برای تولید غذای دام و همچنین نهاده ای برای تولید اتانول در صنعت به شمار می رود. ایران از نظر شرایط اقلیمی مانند دمای محیط در فصل رشد، شدت تابش نور خورشید و اختلاف دمای شب و روز در فصل ذخیره سازی قند، از مستعدترین مناطق جهان برای کشت چغندر قند است. به طوری که بر مبنای آخرین آمار منتشر شده (تا زمان انجام مطالعه)، در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ مقدار تولید چغندر قند در ایران در حدود ۶ میلیون تن بوده است که از این مقدار، استان آذربایجان غربی با حدود ۳۲ درصد، استان خراسان رضوی با بیش از ۲۰ درصد، استان های کرمانشاه و فارس با حدود ۱۰ درصد، و استان همدان با بیش از ۵ درصد سهم، بزرگترین تولیدکنندگان چغندر قند کشور بوده اند و در سال های مختلف بیش از ۸۰ درصد تولید چغندر قند کشور به این استان ها اختصاص داشته است (Ministry of Agriculture- (Jahad (Retrieved July 2018)).

با توجه به سطح زیر کشت شایان توجه چغندر قند در کشور و نیاز چشمگیر تولید این محصول به عملیات زراعی به ویژه در مرحله داشت، که میزان ورودی انرژی به سامانه کشت و تولید چغندر قند را به شدت افزایش می دهد، بررسی موازنه انرژی های ورودی و خروجی در تولید این محصول اهمیت می یابد. لذا این بررسی به دنبال پاسخی برای این پرسش هاست: کدام نهاده های تولید چغندر قند، سهم بیشتری در موازنه انرژی دارند؟ خالص انرژی در سامانه کشت و تولید چغندر قند ایران چقدر است؟ شاخص های بهره وری و کارایی انرژی تولید چغندر قند چقدر هستند؟ هر یک از نهاده های تولید چغندر قند چه اندازه در انتشار دی اکسید کربن نقش دارند و با تغییر هر یک، تا چه حد سودمندی های اقتصادی و زیست محیطی تغییر می کنند؟ آیا پیامدهای برنامه ریزی برای افزایش تولید یا سطح زیر کشت چغندر قند در ایران، از نظر اقتصادی و زیست محیطی همسو هستند؟ و آیا افزایش تولید از طریق افزایش مقدار استفاده از نهاده ها، از نظر اقتصادی و زیست محیطی، معقول و قابل توصیه هستند؟ برای پاسخ به این پرسش ها، این بررسی با هدف ارزیابی موازنه انرژی در فرآیند تولید چغندر قند در ایران انجام می شود. با توجه به اینکه پنج استان آذربایجان غربی، خراسان رضوی، کرمانشاه، فارس و همدان بیش از ۸۰ درصد تولید چغندر قند کشور را به خود اختصاص داده اند، این بررسی با استفاده از داده های تابلویی این

پنج استان برای دوره ۹۴-۱۳۷۹ (آخرین داده‌های در دسترس در سامانه هزینه تولید محصولات کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی) انجام می‌شود.

### روش تحقیق

بر مبنای تعریف، تابع تولید رابطه فنی و فیزیکی بین مقادیر نهاده‌ها و ستاده را نشان می‌دهد. اما از آنجا که موضوع مورد بحث در این بررسی، مقایسه ورودی و خروجی انرژی و برآورد شاخص‌های کارایی و بهره‌وری انرژی در تولید چغندر قند است، همانند بررسی‌های گذشته، به جای مقدار فیزیکی نهاده‌ها و ستاده، هم‌ارزهای انرژی هر یک از نهاده‌ها و ستاده در تابع تولید قرار داده می‌شود. جدول (۱) هم‌ارزهای انرژی ستاده (محصول چغندر قند) و هر یک از نهاده‌های تولید کشاورزی را در واحد سطح نشان می‌دهد. این مقادیر، از بررسی‌های گذشته استخراج شده‌اند و برای تبدیل مقدار هر نهاده و محصول به واحدهای انرژی (مگاژول/هکتار)، از این هم‌ارزهای استاندارد انرژی استفاده می‌شود. البته بررسی‌ها نشان می‌دهد که از سال ۱۹۹۵ تاکنون در همه پژوهش‌های گذشته از هم‌ارزهای کمابیش یکسانی برای تبدیل مقدار فیزیکی نهاده‌ها به مقدار انرژی استفاده شده است. به همین دلیل اعداد جدول (۱) اگرچه همان مقادیرهای به‌کار گرفته‌شده در همه پژوهش‌های گذشته است ولی از آنجا که پژوهش‌های Erdal et al. (2007) و Yousefi et al. (2014) بر روی چغندر قند انجام شده است، هم‌ارزهای انرژی، بیشتر از این دو پژوهش نقل شده‌اند.

#### جدول (۱) هم‌ارزهای ورودی و خروجی انرژی در تولید چغندر قند

Table (1) Input and Output Energy Equivalents in Sugar Beet Production

منبع Reference	هم‌ارز انرژی Energy Equivalent (MJ)	ورودی و خروجی Input & Output
ورودی‌ها Inputs		
Yousefi et al. (2014)	1.96	نیروی کار (labor hour)
Yousefi et al. (2014)	62.70	ماشین‌های کشاورزی (Machinery hour)
Erdal et al. (2007)	66.14	کود نیترات (Nitrogen (kg))
Erdal et al. (2007)	11.15	کود پتاس (Potassium (kg))
Erdal et al. (2007)	12.44	کود فسفات (Phosphorus (kg))
Yousefi et al. (2014)	0.30	کود دامی (Farmyard Manure (kg))
Ghaderzadeh & Pirmohamadyani (2019)	238	علف‌کش (Herbicide (kg))
Ghaderzadeh & Pirmohamadyani (2019)	101.2	حشره‌کش (Insecticide (kg))
Ghaderzadeh & Pirmohamadyani (2019)	115	قارچ‌کش (Fungicide (kg))
Ghaderzadeh & Pirmohamadyani (2019)	50	بذر (Sugar Beet Seed (kg))
خروجی Output		
Erdal et al. (2007)	16.80	محصول چغندر قند (Sugar Beet Yield (kg))

### بررسی بعد های اقتصادی... ۱۲۵

پس از تبدیل مقدار نهاده ها و ستاده تولید به هم ارزهای انرژی، تابع تولید برآورد می شود. در این بررسی، شکل های تابعی کاب- داگلاس، ترانسندنتال و ترانسلوگ که ماهیت فرآیند تولید کشاورزی از جمله محصول چغندر قند را به خوبی بیان می کنند، برای برآورد تابع تولید، انتخاب شده اند. شکل کلی تابع تولید برای چغندر قند به صورت رابطه (۱) تعریف می شود:

$$Y_{it} = f(l_{it}, m_{it}, s_{it}, ch_{it}, f_{it}, p_{it}, w_{it}) \quad (1)$$

در این رابطه،  $Y_{it}$  هم ارز انرژی مقدار تولید چغندر قند در هر هکتار (هم ارز انرژی عملکرد چغندر قند) برای استان  $i$  در زمان  $t$  است. همانگونه که پیش تر اشاره شد، این بررسی با استفاده از داده های تابلویی پنج استان آذربایجان غربی، خراسان رضوی، کرمانشاه، فارس و همدان برای دوره زمانی ۹۴-۱۳۷۹ انجام می شود.  $l_{it}$ ،  $m_{it}$ ،  $s_{it}$ ،  $ch_{it}$ ،  $f_{it}$  و  $p_{it}$  به ترتیب هم ارز انرژی مقدار هر یک از نهاده های نیروی انسانی، ماشین های کشاورزی، بذر، کودشیمیایی، کود دامی و سم ها در هکتار برای استان  $i$  در زمان  $t$  هستند. داده های مورد نیاز برای برآورد این تابع، از بانک اطلاعات هزینه تولید محصولات کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی استخراج شده است. در آمار ارائه شده در وبگاه این وزارت خانه، مقدار میانگین مصرف هر یک از نهاده ها در هکتار به تفکیک محصول و استان برای سال های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۴ (آخرین آمار در دسترس) گزارش شده است. اما برای نهاده آب، تنها آمار مربوط به هزینه آب مصرفی ارائه شده است. به دلیل پرشماری منابع های مورد استفاده برای آبیاری و نامشخص بودن دبی هر یک از این منابع، اندازه گیری میانگین مقدار آب مصرفی در فعالیت های کشاورزی ایران، چالش برانگیز است. به ویژه آنکه وزارت جهاد کشاورزی هر ساله با تکمیل پرسشنامه از منطقه های مختلف یک استان، میانگین مقدار مصرف نهاده ها را برآورد می کند. لذا تنوع منطقه ای در یک استان نیز مسئله تنوع منابع های آب را تشدید می کند. از این رو، اطلاعات منتشر شده توسط وزارت جهاد کشاورزی تنها هزینه آبیاری هر یک از محصول های زراعی را در استان ها نشان می دهد. از سوی دیگر قیمت آب حاصل از هر یک از منابع تأمین آب مانند چاه، قنات، رودخانه و سد، بسته به عرف منطقه و نوع منبع، متفاوت است. بنابراین به دست آوردن مقدار آب مصرفی از تقسیم هزینه های آبیاری بر قیمت تعیین شده برای آب کشاورزی از سوی وزارت نیرو، دقیق نیست. البته از آنجا که هزینه تأمین هر نهاده، رابطه مستقیم با مقادیر مصرف نهاده دارد، هزینه آبیاری در هر استان، شاخص مناسبی از مقادیر آب مصرفی است. لذا در این مطالعه  $W_{it}$  هزینه آبیاری را نشان می دهد.

از آنجا که آمار وزارت جهاد کشاورزی، شامل شمار ساعات‌های استفاده از ماشین‌های کشاورزی نیست و تنها درصد استفاده از ماشین‌های کشاورزی را برای هر یک از عملیات زراعی در واحد سطح نشان می‌دهد، باید شمار ساعات‌های کار ماشینی در هر هکتار محاسبه شود. به این منظور، در آغاز با استفاده از نتایج بررسی‌های گذشته از جمله ( Moghimian & Rismanchian 2018) و Rohani (1994) و مشورت با کارشناسان زراعی، ساعات‌های مورد نیاز کار با ماشین‌های کشاورزی برای انجام هر یک از مرحله‌های عملیات زراعی در هکتار به دست آمد که در جدول (۲) گزارش شده است. سپس اعداد جدول (۲) در درصد استفاده از ماشین‌های کشاورزی ضرب شد تا ساعات‌های استفاده از ماشین‌های کشاورزی برای انجام هر مرحله از عملیات زراعی به دست آید. برای محاسبه کل ساعات‌های کار ماشینی نیز، ساعات‌های کار ماشینی در همه مرحله‌ها با هم جمع شد. در نهایت با استفاده از جدول (۱) هم‌ارز انرژی ساعات‌های کار ماشین‌های کشاورزی در هکتار به دست آمد.

جدول (۲) ساعات‌های کار ماشینی مورد نیاز برای هر یک از عملیات کشت چغندر قند در هکتار  
**Table (2) Working Hours of Agricultural Machines for Cultivation Operations of Sugar Beet**

ساعت کار در هکتار Working hours per hectare	عملیات Operation	ساعت کار در هکتار Working hours per hectare	عملیات Operation
2.5	کود پاشی (کودشیمیایی) Fertilizing Chemical Fertilizer	4	تسطیح Leveling
8.5	وجین و سله شکنی Weeding & Breaking the Crust	2.5	دیسک Disc
1.5	سمپاشی Spraying	3.5	شخم Tillage
14.5	برداشت با کمباین Harvest by Combine	1.5	کرت بندی Sown Plot
7	برداشت با دروگر Harvest by Harvester	5	بذرپاشی Planting
10	دیگر عملیات برداشت و حمل Harvest & Transportation	3.5	کودپاشی (کود حیوانی) Fertilizing Farnyard Manure

منبع: Moghimian & Rismanchian (2018) و Rohani (1994) و یافته‌های تحقیق

برای محاسبه انرژی ورودی کودهای شیمیایی، مقادیر هر یک از کودهای نیترات، فسفات و پتاس در مقدار انرژی معادل هر کیلوگرم همان کود ضرب و حاصل هر سه مورد، با یکدیگر جمع شد تا مقدار انرژی ورودی کودهای شیمیایی به دست آید. برای محاسبه انرژی سم‌ها نیز همانند نهاده کودشیمیایی عمل شد. برای محاسبه انرژی نیروی کار نیز شمار نفر روز کارهای



### بررسی بعد های اقتصادی... ۱۲۷

مورد استفاده در عملیات مختلف کشاورزی با هم جمع و حاصل در ۸ ساعت ضرب شد تا تعداد ساعت های کار به دست آید. سپس در معادل انرژی هر ساعت نیروی کار ضرب شد. برای ارزیابی کارایی انرژی های ورودی، با بهره گیری از پژوهش های گذشته از جمله Houshyar et al. (2015) از چهار شاخص اصلی به صورت زیر استفاده می شود:

$$(۲) \quad \text{نسبت انرژی}^۱ = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول/هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول/هکتار)}} \quad (\text{بدون واحد})$$
$$\text{انرژی مخصوص}^۲ = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول/هکتار)}}{\text{عملکرد خروجی محصول (کیلوگرم/هکتار)}} \quad (\text{مگاژول/کیلوگرم})$$
$$\text{بهره وری انرژی}^۳ = \frac{\text{عملکرد خروجی محصول (کیلوگرم/هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول/هکتار)}} \quad (\text{کیلوگرم/مگاژول})$$

خالص انرژی حاصله<sup>۴</sup> = انرژی خروجی - انرژی ورودی (مگاژول/هکتار)

این شاخص ها کارایی انرژی مورد استفاده در یک سامانه را نشان می دهند. افزون بر این شاخص ها، شاخص دیگری محاسبه می شود که میزان دی اکسید کربن منتشر شده به ازای هر کیلوگرم عملکرد را اندازه می گیرد (Houshyar et al., 2015):

$$(۳) \quad (I_{GHG})_A = \frac{\sum_{j=1}^n CI}{Y}$$

در این رابطه،  $\sum_{j=1}^n CI$  کل دی اکسید کربن ورودی های انرژی است.  $Y$  متوسط عملکرد و  $n$  شمار نهاده ها را نشان می دهد.  $(I_{GHG})_A$  شاخص میانگین دی اکسید کربن منتشر شده (کیلوگرم) در هر کیلوگرم عملکرد است. به بیان دیگر این شاخص نشان می دهد که برای تولید هر کیلوگرم چغندر قند، چقدر دی اکسید کربن تولید می شود.

برای پیدا کردن حساسیت خروجی به ورودی های انرژی، همانند بررسی Houshyar et al. (2015)، از معادله بهره وری نهایی فیزیکی یا همان تولید نهایی فیزیکی هر نهاده ( $MPP$ ) استفاده می شود که به عنوان مثال؛ برای تابع تولید کاب - داگلاس به صورت رابطه (۴) است:

$$(۴) \quad MPP_{x_j} = \alpha_j * \frac{M_Y}{M_{x_j}}$$

<sup>۱</sup> Energy Ratio

<sup>۲</sup> Specific Energy

<sup>۳</sup> Energy Productivity

<sup>۴</sup> Net Energy Gain

در این رابطه؛  $M_Y$  میانگین مقدار عملکرد چغندر قند،  $M_{X_j}$  میانگین میزان انرژی زمین نهاده (ورودی انرژی) و  $\alpha_j$  کشش زمین نهاده (ورودی انرژی) است.  $MPP_{X_j}$  بهره‌وری نهایی فیزیکی زمین نهاده (ورودی انرژی) است و تغییر در مقدار عملکرد چغندر قند به ازای یک واحد تغییر در مقدار زمین ورودی انرژی را در صورت ثابت بودن دیگر نهاده‌ها نشان می‌دهد. با محاسبه این شاخص می‌توان سودمندی‌های اقتصادی ناشی از افزایش نهاده‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد.

رابطه (۴) تنها بعد اقتصادی تغییر مقدار نهاده‌ها را مد نظر قرار می‌دهد اما پرسشی که مطرح می‌شود این است که افزودن یا کاستن از یک نهاده با هدف دستیابی به عملکرد اقتصادی بالاتر، آیا از نظر زیست‌محیطی پذیرفتنی است؟ برای پاسخ به این پرسش، همانند بررسی Houshyar et al. (2015) شاخص دیگری محاسبه می‌شود که تغییر در میزان دی‌اکسید کربن آزاد شده به ازای یک واحد تغییر در هر نهاده را به شکل رابطه (۵) نشان می‌دهد:

$$\Delta(I_{GHG})_j = \left[ \frac{(I_{GHG})_j - (I_{GHG})_A}{(I_{GHG})_A} \right] * 100(\%) \quad (5)$$

در این رابطه  $\Delta(I_{GHG})_j$  تغییر در شاخص انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی‌اکسید کربن) پس از افزایش زمین نهاده انرژی و عملکرد چغندر قند است. مثبت یا منفی بودن این شاخص، به ترتیب افزایش یا کاهش در انتشار گازهای گلخانه‌ای را نسبت به میانگین انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان می‌دهد.  $(I_{GHG})_A$  میانگین شاخص انتشار گازهای گلخانه‌ای و  $(I_{GHG})_j$  شاخص انتشار گازهای گلخانه‌ای برای زمین نهاده انرژی افزایش یافته است و از رابطه (۶) محاسبه می‌شود:

$$(I_{GHG})_j = \frac{CI_j}{Y_j} \quad (6)$$

در این رابطه،  $CI_j$  میزان هم‌ارز دی‌اکسید کربن جدید زمین نهاده انرژی افزایش یافته بر حسب کیلوگرم بر هکتار است و  $Y_j$  میانگین عملکرد مورد انتظار چغندر قند پس از تغییر سطح نهاده بر حسب کیلوگرم بر هکتار است. به بیان دیگر، این شاخص نشان می‌دهد که اگر قرار باشد با استفاده از افزایش به‌کارگیری زمین نهاده، یک کیلوگرم چغندر قند بیشتر تولید شود، چه مقدار دی‌اکسید کربن تولید خواهد شد. با محاسبه و مقایسه رابطه‌های (۴) و (۵) همسویی پیامدهای اقتصادی و زیست‌محیطی برنامه‌ریزی برای افزایش تولید یا سطح زیر کشت چغندر قند بررسی می‌شود.

برای پاسخ به پرسش‌های این بررسی و دستیابی به هدف‌های پژوهش، تابع تولید چغندر قند

### بررسی بعد های اقتصادی...۱۲۹

رابطه (۱)) بر مبنای جدول (۱) و با استفاده از داده‌های مقدار مصرف نهاده‌ها و تولید چغندر قند در هکتار، برای پنج استان آذربایجان غربی، خراسان رضوی، کرمانشاه، فارس و همدان در دوره ۹۴-۱۳۷۹ برآورد می‌شود. پس از برآورد الگو، شاخص‌های مطرح شده در رابطه‌های (۲) تا (۵) برای بررسی بعدهای اقتصادی و زیست‌محیطی تولید چغندر قند در ایران محاسبه و تحلیل می‌شوند. داده‌های مورد نیاز مطالعه، از نتایج پرسشنامه‌های هزینه تولید و آمارنامه‌های کشاورزی که هر ساله توسط وزارت جهاد کشاورزی برای محصولات زراعی و به تفکیک استان تهیه و تکمیل می‌شوند، و در وبگاه این وزارت‌خانه در دسترس هستند، استفاده می‌شود. برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Excel2010 و برآورد الگوی پژوهش از نرم‌افزار Eviews10 بهره گرفته می‌شود.

### نتایج و بحث

پیش از برآورد الگوی پژوهش به منظور جلوگیری از به وجود آمدن رگرسیون کاذب، مانایی متغیرها با استفاده از آزمون ریشه واحد و همجمعی داده‌های تابلویی بررسی شد. برای بررسی مانایی، از آزمون لوین، لین و چو<sup>۱</sup> (LLC) استفاده شد. فرضیه صفر آزمون، بیانگر نامانایی متغیرهاست. نتایج این آزمون در جدول (۳) گزارش شده است.

#### جدول (۳) نتایج آزمون لوین، لین و چو

Table(3) Results of Levin, Lin & Chu Test

نتیجه Result	آماره آزمون statistics	نام متغیر Name	متغیر Variable
-	-0.397	$LY_{it}$	عملکرد چغندر قند Sugar Beet Yeild
I(1)	-9.602***	$LY_{it}(1)$	تفاضل اول عملکرد چغندر قند D Sugar Beet Yeild
-	0.34	$Ll_{it}$	نیروی کار Labor
I(1)	-10.032***	$Ll_{it}(1)$	تفاضل اول نیروی کار D Labor
I(0)	-2.035**	$Lm_{it}$	ماشین‌های کشاورزی Machinery
-	-1.454*	$LS_{it}$	بذر Sugar Beet Seed
I(1)	-4.845***	$LS_{it}(1)$	تفاضل اول بذر D Sugar Beet Seed
I(0)	-6.669***	$Lch_{it}$	کود شیمیایی Chemical Fertilizer
I(0)	-7.094***	$Lf_{it}$	کود دامی Farmyard Manure
I(0)	-6.068***	$Lp_{it}$	سمها Pesticides
-	1.549	$Lw_{it}$	آب Water
I(1)	-6.248***	$Lw_{it}(1)$	تفاضل اول آب D Water

منبع: یافته‌های تحقیق

<sup>۱</sup> Levin, Lin & Chu

نتیجه آزمون لوین، لین و چو نشان می‌دهد برای متغیرهای ماشین‌های کشاورزی، کودشیمیایی، کود دامی و سم‌ها، فرضیه صفر مبنی بر اینکه این متغیرها دارای ریشه واحد هستند، در سطح معنی‌داری کمتر از پنج درصد پذیرفته نمی‌شود و متغیرها در سطح مانا هستند. فرضیه صفر مبنی بر اینکه متغیرهای عملکرد چغندر قند، نیروی کار، بذر و آب دارای ریشه واحد هستند، رد نمی‌شود و با یک بار تفاضل‌گیری مانا می‌شوند.

با توجه به مانایی متغیرهای الگو در سطح‌های مختلف، برای برآورد الگوی رگرسیونی باید وجود ارتباط بلندمدت بین متغیرها اثبات شود. برای تأیید ارتباط بلندمدت بین متغیرهای الگو، از آزمون هم‌انباشتگی استفاده می‌شود. همانند سری‌های زمانی، بررسی وجود هم‌انباشتگی متغیرها در داده‌های تابلویی نیز مهم است. آزمون‌های هم‌انباشتگی تابلویی دارای قدرت و اعتبار بیشتری نسبت به آزمون‌های هم‌انباشتگی برای هر مقطع به صورت جداگانه هستند. این آزمون‌ها حتی در شرایطی که دوره زمانی، کوتاه مدت و اندازه نمونه نیز کوچک است، قابلیت استفاده دارند (Baltaji, 2006). آزمون هم‌انباشتگی کائو، آزمونی است که برای بررسی هم‌انباشتگی متغیرها در داده‌های تابلویی به کار رفته است. مقدار آماره آزمون کائو برای داده‌های این بررسی،  $3/649$  و از مقادیر بحرانی بیشتر است و فرضیه صفر مبنی بر نبود هم‌انباشتگی، در سطح خطای کمتر از یک درصد پذیرفته نمی‌شود. بنابراین می‌توان وجود رابطه هم‌انباشتگی میان متغیرها در استان‌های مورد بررسی را تأیید کرد.

پرسشی که اغلب در پژوهش‌های کاربردی مطرح می‌شود این است که آیا شواهدی دال بر قابلیت ادغام شدن داده‌ها وجود دارد یا اینکه الگو برای همه واحدهای مقطعی متفاوت است. لذا باید در آغاز بررسی شود که آیا بین مقطع‌ها، ناهمگنی یا تفاوت‌های فردی وجود دارد یا خیر؟ در صورت وجود ناهمگنی، از روش داده‌های تابلویی و در غیر این صورت، از روش داده‌های تلفیقی با رویکرد حداقل مربعات معمولی برای برآورد الگو استفاده می‌شود. البته این پرسش برای زمان نیز مطرح می‌شود و ممکن است اثرهای ثابت زمانی نیز وجود داشته باشد. آزمون  $F$  لیمر (چاو)، آزمونی برای بررسی نوع داده‌ها است که برای داده‌های این پژوهش انجام شد و نتایج آن در جدول (۴) گزارش شده است. همان‌گونه که مقدار آماره‌های این آزمون نشان می‌دهد وجود هر دو اثر ثابت زمانی و مقطعی، رد نمی‌شود.

جدول (۴) آزمون وجود اثرهای ثابت زمانی و مقطعی

Table (4) Cross Section and Period Fixed Effects Test

سطح معنی داری Level of Significance	مقدار آماره آزمون Test Statistics	نوع آزمون test
0.00	4.03***	آزمون $F$ برای وجود اثر ثابت مقطعی Cross-section F
0.00	21.35***	آزمون $\chi^2$ برای وجود اثر ثابت مقطعی Cross-section Chi-square
0.05	1.83**	آزمون $F$ برای وجود اثر ثابت زمانی Period F
0.00	33.34***	آزمون $\chi^2$ برای وجود اثر ثابت زمانی Period Chi-square
0.00	2.43***	آزمون $F$ برای وجود اثر ثابت مقطعی و زمانی Cross-Section/Period F
0.00	50.17***	آزمون $\chi^2$ برای وجود اثر ثابت مقطعی و زمانی Cross-Section/Period Chi-square

منبع: یافته‌های تحقیق

پس از انجام آزمون  $F$  لیمر (چاو)، از آزمون هاسمن برای بررسی این موضوع که آیا مقطع‌ها دارای اثرهای ثابت هستند یا اثرهای تصادفی، استفاده می‌شود. اما برای انجام آزمون باید شمار مقطع‌ها از شمار ضریب‌های برآوردی الگو بیشتر باشد. بنابراین امکان انجام این آزمون فراهم نشد. البته به طور معمول زمانی که الگوی داده‌های تابلویی به صورت متوازن است (یعنی شامل همه داده‌های مقطعی موجود است)، انتظار می‌رود الگوی اثرهای ثابت، کارکرد بهتری داشته باشد (Baltaji, 2006). با وجود معنادار بودن اثرهای ثابت مقطعی و زمانی، تابع تولید برآورد شد اما با تنها دو متغیر معنادار، که احتمال دارد به دلیل بروز هم‌خطی ناشی از شمار زیاد متغیرهای مجازی بوده است، نتایج خوبی ارائه نکرد. لذا با بررسی میانگین عملکرد چغندر قند بین استان‌های مختلف و همچنین بین دوره‌های زمانی مختلف، الگوهایی با متغیرهای مجازی دو استان فارس و خراسان و نیز متغیرهای مجازی سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۳، ۱۳۸۴، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ (بر مبنای فرازونشیب‌های تولید و سطح زیرکشت چغندر قند در نتیجه تغییر سیاست‌های دولت و خشکسالی در دوره مورد بررسی)، برآورد و نتایج همه الگوها از نظر شمار ضریب‌های معنادار، آماره‌های خوبی برآزش از جمله ضریب تعیین، شوارتز و آکائیک با یکدیگر مقایسه شد. در نهایت برای برآورد تابع تولید چغندر قند در پنج استان ایران در دوره زمانی ۹۴-۱۳۷۹، الگوی اثرهای ثابت زمانی با یک متغیر مجازی برای مقطع‌ها انتخاب شد. این متغیر مجازی، برای دو استان فارس و خراسان مقدار یک و برای دیگر استان‌ها مقدار صفر داشته است. برای برآورد تابع تولید چغندر قند، همانگونه که در بخش روش‌شناسی پژوهش بیان شد، سه تابع تولید کاب-داگلاس، ترانسندنتال و ترانسلوگ برآورد شدند. برای انتخاب شکل تابعی

مناسب، آزمون مقایسه الگوهای مقید و نامقید انجام شد و آماره  $F$  با مقدار  $۰/۷۵$  برتری تابع تولید کاب- داگلاس را رد نکرد. همچنین بر مبنای معیارهای خوبی برازش مانند شمار ضریب‌های معنادار و سازگاری با ثنوری، برتری تابع تولید کاب- داگلاس نسبت به دو تابع دیگر، برای بیان رابطه بین نهاده‌ها و ستاده انرژی در تولید چغندر قند تأیید شد. پس از برآورد تابع تولید چغندر قند با روش حداقل مربعات معمولی، فرضیه صفر نبود همبستگی بین مقطع‌ها با استفاده از آزمون‌های بروش- پاگان و پسران انجام شد که نتیجه آن در جدول (۵) گزارش شده است و نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبنی بر نبود همبستگی بین مقطع‌ها پذیرفته نمی‌شود.

جدول (۵) آزمون وجود همبستگی بین مقطع‌ها  
Table (5) Residual Cross-Section Dependence Test

سطح معنی‌داری Level of Significance	مقدار آماره آزمون Test Statistics	آزمون Test
0.00	20.62***	آزمون بروش- پاگان Breusch- Pagan LM
0.02	2.37**	آزمون پسران Pesaran Scaled LM
0.00	-2.9***	آزمون پسران Pesaran CD

منبع: یافته‌های تحقیق

آزمون دیگری که برای بررسی درستی به‌کارگیری روش حداقل مربعات معمولی انجام شد، آزمون برابری واریانس اجزای اخلاص بین مقطع‌ها بود که نتایج آن در جدول (۶) گزارش شده است. همان‌گونه که این جدول نشان می‌دهد، فرضیه برابری واریانس اجزای اخلاص بین مقطع‌ها پذیرفته نمی‌شود.

جدول (۶) آزمون برابری واریانس اجزای اخلاص بین مقطع‌ها  
Table (6) Cross-Section Heteroskedasticity Test

سطح معنی‌داری Level of Significance	مقدار آماره آزمون Test Statistics	آزمون Test
0.00	21.48***	آزمون بارتلت Bartlett
0.00	3.86***	آزمون لوین Levene
0.01	3.49***	آزمون پسران Pesaran CD

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج آزمون‌های انجام‌شده، تابع تولید چغندر قند با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته برآورد شد که نتایج آن در جدول (۷) گزارش شده است. ضریب تعیین الگو با مقدار  $۰/۹۲$  قدرت توضیح‌دهندگی متغیرهای مستقل و آماره  $F$  با مقدار  $۲۸/۷$  اعتبار الگوی برآورد شده را در سطح معناداری کمتر از یک درصد تأیید می‌کنند. همچنین آماره دوربین واتسون با مقدار  $۲/۲$  نشان از نبود مشکل خودهمبستگی دارد. الگوی برآورد شده نشان می‌دهد نهاده‌های

### بررسی بعد های اقتصادی...۱۳۳

انرژی ماشین های کشاورزی، بذر، کود شیمیایی و کود دامی، اثر معناداری بر انرژی عملکرد چغندر قند در سطح احتمال کمتر از یک درصد دارند. نهاده های انرژی ماشین های کشاورزی و کود دامی با ضرایب ۰/۳۸ و ۰/۰۳ اثر مثبت بر انرژی عملکرد چغندر قند دارند و مقدار مثبت و کمتر از یک کشت نهاده های یاد شده به این معناست که این نهاده ها در مرحله دوم تولید که مرحله اقتصادی است به کار می روند. بررسی های (Moradi et al (2015)، Houshyar et al (2015) و Kardoni et al. (2015) نیز اثر مثبت ماشین های کشاورزی و کود دامی را بر تولید محصول های مختلف تأیید می کنند. اما جدول (۷) نشان می دهد کشت نهاده های بذر و کود شیمیایی، منفی و به ترتیب در حدود ۰/۰۸- و ۰/۲۹- است. این مطلب نشان می دهد که این دو نهاده در مرحله سوم تولید و بیش از حد استفاده می شوند و افزایش ۱۰۰ درصدی آن ها به ترتیب منجر به ۸ و ۲۹ درصد کاهش در انرژی عملکرد چغندر قند می شود. با توجه به کشت متراکم چغندر قند و لزوم وجین های چندباره و پی در پی این محصول، ممکن است استفاده بیش از حد اقتصادی از نهاده بذر اتفاق بیفتد. همچنین ممکن است کشاورزان مطابق عادت مرسوم، مقدار زیادی از بذر را به کار گیرند در حالی که بذرها ی جدید (منوژرم) باید به میزان بسیار کمتری از بذرها ی قدیمی استفاده شوند. پژوهش های (Moradi et al (2015) و Houshyar et al. (2015) نیز استفاده بیش از حد از نهاده بذر را نشان می دهند. همچنین استفاده ناپهینه از نهاده هایی مانند کود شیمیایی که با قیمت یارانه ای در اختیار تولید کنندگان قرار می گیرد، در بررسی های گذشته بارها به اثبات رسیده است (Moradi et al (2015)، Houshyar et al. (2015)، (Mohammadi et al. (2016)، (Kardoni et al. (2018).

ضریب های منفی متغیرهای انرژی سم ها و هزینه آبیاری از نظر آماری معنادار نیستند اما ضریب بی معنای انرژی نهاده نیروی کار، مثبت است. با توجه به اینکه به جای نهاده انرژی آب، هزینه این نهاده در تابع تولید قرار داده شده است، بی معنا بودن اثر این نهاده قابل انتظار است. این نتیجه که کشت جزئی نهاده نیروی کار در این بررسی، تفاوت معناداری با صفر ندارد، با این نظریه که تولید نهایی این نهاده در بخش کشاورزی صفر و یا نزدیک به صفر است، همخوانی دارد. ضریب متغیر مجازی با مقدار حدود ۰/۱۹- نشان می دهد که عملکرد چغندر قند در دو استان فارس و خراسان به طور معناداری کمتر از عملکرد این محصول در دیگر استان ها است. مجموع ضریب کشت های انرژی های ورودی معادل ۰/۰۴۴ است که بیانگر بازده کاهشی نسبت به مقیاس است. در بررسی (Moradi et al (2015) نیز بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس برای تولید هندوانه تأیید شده است اما بررسی های (Houshyar et al. (2015) برای گوجه فرنگی، (Kardoni et al. (2015) برای خیار و (Kardoni et al. (2018) برای غلات، بازدهی فزاینده

جدول (۷) تابع تولید انرژی در واحد سطح (عملکرد) چغندر قند بر مبنای نهاده‌های انرژی

Table (7) Energy Yield Function of Sugar Beet Based on Energy Inputs

متغیرها Variables	نام متغیرها Variables' Name	ضریب‌ها	آماره t
نیروی کار Labor	$Ll_{it}$	0.48	0.846
ماشین‌های کشاورزی Machinery	$Lm_{it}$	0.386***	۵/۳۸۳
بذر Sugarbeet Seed	$Ls_{it}$	-0.082**	-2.399
کود شیمیایی Chemical Fertilizer	$Lch_{it}$	-0.289***	-5.784
کود دامی Farmyard Manure	$Lf_{it}$	0.031***	3.619
سم‌ها Pesticides	$Lp_{it}$	-0.008	-0.312
آب Water	$Lw_{it}$	-0.011	-0.649
متغیر مجازی Dummy variable	$D$	-0.186***	-7.052
عرض از مبدا Intercept	$C$	13.823***	18.327
ضریب تعیین $R^2$	0.92	آماره F	F Statistics 28.7***
ضریب تعیین تعدیل شده $\bar{R}^2$	0.89	دوربین واتسون	DW 2.2

منبع: یافته‌های تحقیق، (\*\*\*) معنی‌داری در سطح 1%، \*\* معنی‌داری در سطح 5% و \* معنی‌داری در سطح 10%

برآورد تابع تولید نشان داد که ماشین‌های کشاورزی و کودشیمیایی به ترتیب بیشترین اثرهای مثبت و منفی را بر تولید چغندر قند داشته‌اند. مقایسه مقدار انرژی ورودی نهاده‌های مختلف در جدول (۸) نیز نشان می‌دهد که کودشیمیایی با فاصله بسیار زیاد نسبت به دیگر نهاده‌ها، بیشترین نقش را در ورودی انرژی داشته است و دیگر نهاده‌ها هر یک به تنهایی سهمی کمتر از پنج درصد در کل انرژی‌های ورودی دارند. پژوهش‌های گذشته نیز سهم بالای کودشیمیایی و سهم کمتر از ۲۰ درصد را برای مجموع نهاده‌های نیروی انسانی، کود دامی، بذر و سم‌ها، در ورودی‌های انرژی تأیید می‌کنند. همچنین مقدار انرژی برآورد شده برای هر یک از نهاده‌ها، قابل مقایسه و مورد تأیید بررسی‌های گذشته است (Vafabakhsh & Kardoni et al. (2015)، (Mohammadzadeh (2019)، (Feyzbakhsh et al. (2019)، (Kardoni et al. (2018) و (Ghaderzadeh & Pirmohamadyani (2019)).

همان‌گونه که در بخش مواد و روش‌ها اشاره شد، در این بررسی برای سنجش حساسیت خروجی به ورودی‌های انرژی، از معادله بهره‌وری نهایی استفاده شده است. شاخص  $MPP$  حساسیت عملکرد چغندر قند را به یک واحد تغییر در انرژی ورودی هر یک از نهاده‌ها نشان



### بررسی بعد های اقتصادی...۱۳۵

می‌دهد. نتایج محاسبه این شاخص در جدول (۸) ارائه شده است. بر مبنای اطلاعات این جدول، عملکرد چغندر قند بیشترین حساسیت را نسبت به انرژی ورودی ماشین‌های کشاورزی با مقدار ۱۱/۵۷۳ دارد. به طوری که یک مگاژول انرژی بیشتر ماشین‌های کشاورزی در هکتار منجر به ۱۱/۵۷۳ کیلوگرم افزایش در عملکرد چغندر قند می‌شود. کود دامی و نیروی انسانی در رتبه‌های بعدی قرار دارند که البته اثر نیروی انسانی از نظر آماری معنادار نیست. بیشترین تولید نهایی منفی به انرژی نهاده بذر اختصاص دارد به طوری که هر مگاژول انرژی بیشتر این نهاده در هکتار منجر به ۷/۲۸۸ کیلوگرم کاهش عملکرد چغندر قند در هر هکتار می‌شود. پس از بذر نیز به ترتیب نهاده‌های کود شیمیایی و سم قرار دارند. با توجه به اینکه به جای مقدار انرژی آب، هزینه آبیاری در تابع تولید لحاظ شده است، بدیهی است که *MPP* این نهاده محاسبه نشود. شاخص‌های کارایی (نسبت) انرژی، بهره‌وری انرژی و انرژی خالص، نشان می‌دهند که کارایی انرژی در تولید چغندر قند بالا و در سطح مطلوبی است. البته باید توجه داشت که در محاسبه این شاخص‌ها همه نهاده‌ها به جز نهاده آب در نظر گرفته شده‌اند. بنابراین مقدار این شاخص‌ها تا حدودی از مقدار واقعی انحراف دارند. اما شاخص‌های نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی، به اندازه‌ای بالا هستند که لحاظ کردن نهاده آب، نتایج را به سود اثبات ناکارایی مصرف انرژی در تولید چغندر قند تغییر ندهد.

جدول (۸) موازنه انرژی در تولید چغندر قند

Table (8) Energy Balance in Sugar Beet Production

تولید نهایی MPP	میانگین انرژی Average Energy (MJ/Ha)	ورودی و خروجی Input & Output
1.265	1169.806	نیروی کار Labor
11.573	1327.013	ماشین‌های کشاورزی Machinery
-7.288	450.014	بذر Sugar Beet Seed
-0.476	24291.79	کود شیمیایی Chemical Fertilizer
2.213	560.376	کود دامی Farmyard Manure
-0.423	757.206	سم‌ها Pesticides
28556.029	Total Input Energy (MJ/Ha)	میانگین انرژی ورودی همه نهاده‌ها
671913.182	Total Output Energy (MJ/Ha)	میانگین انرژی خروجی
39994.832	Yeild (Kg/Ha)	میانگین عملکرد محصول
23.53	Energy Ratio	کارایی (نسبت) انرژی
0.71	Specific Energy (MJ/Kg)	انرژی ویژه
1.4	Energy Productivity (MJ/Kg)	بهره‌وری انرژی
643357.153	Net Energy Gain (MJ/Ha)	خالص انرژی

منبع: یافته‌های تحقیق

یکی از پرسش‌های این پژوهش این بوده که آیا توصیه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی برای افزایش تولید چغندر قند با یکدیگر همسو هستند؟ برای نمونه؛ نتیجه محاسبه شاخص تولید نهایی نهاده‌ها نشان داد که با یک مگاژول افزایش استفاده از ماشین‌های کشاورزی می‌توان عملکرد چغندر قند را بیش از ۱۱ کیلوگرم افزایش داد. اما آیا استفاده بیشتر از این نهاده، از نظر زیست‌محیطی نیز پذیرفته است؟ برای دستیابی به پاسخ این پرسش، از رابطه (۵) استفاده شد. این رابطه نشان می‌دهد که در آغاز باید میانگین انتشار گاز دی‌اکسید کربن در نتیجه استفاده از نهاده‌ها در هکتار محاسبه شود. برای انجام این محاسبات، با توجه به بررسی‌های گذشته، از اعداد جدول (۹) استفاده شد. این جدول میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن ناشی از یک مگاژول انرژی هر یک از نهاده‌های مصرفی را نشان می‌دهد.

جدول (۹) میزان انتشار دی‌اکسید کربن از یک مگاژول انرژی ورودی  
Table (9) CO<sub>2</sub> Emission of One MJ Energy Input

منبع Reference	انتشار دی‌اکسید کربن CO <sub>2</sub> Emission (Kg/Ha)	هم‌ارز دی‌اکسید کربن Equivalent CO <sub>2</sub> (Kg/MJ)	ورودی Input
Nguyen & Hermansen (2012)	418.46	0.36	نیروی کار labor
Dyer & Desjardins (2006)	95.54	0.072	ماشین‌های کشاورزی Machinery
-	1.53	0.0034	بذر Sugar Beet Seed
Bellarby et al (2008)	54.17	0.097	کود دامی Farmyard Manure
Snyder et al (2009)	984.65	0.047	کود نیترات Nitrogen
Snyder et al (2009)	25.15	0.063	کود پتاس Potassium
Snyder et al (2009)	235.4	0.08	کود فسفات Phosphorus
Lal (2004)	13.33	0.026	علف‌کش Herbicide
Lal (2004)	9.94	0.05	حشره‌کش Insecticide
Lal (2004)	1.55	0.034	قارچ‌کش Fungicide
-	1839.73	-	کل دی‌اکسید کربن Total CO <sub>2</sub>

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌گونه که جدول (۹) نشان می‌دهد، تولید چغندر قند در هر هکتار به طور میانگین در حدود ۱۸۴۰ کیلوگرم دی‌اکسید کربن تولید می‌کند. حال با توجه به جدول‌های (۸) و (۹) و رابطه (۵)

### بررسی بعد های اقتصادی...۱۳۷

می توان دریافت که افزایش تولید چغندر قند در هر هکتار، با به کارگیری مقدار بیشتر هر یک از نهاده ها، چقدر دی اکسید کربن بیشتر نسبت به مقدار میانگین، منتشر می کند. جدول (۸) نشان می دهد که تنها تولید نهایی سه نهاده نیروی کار، ماشین های کشاورزی و کود دامی، مثبت است و به کارگیری مقدار بیشتر دیگر نهاده ها منجر به کاهش تولید می شود. بنابراین جدول (۱۰) پیامدهای زیست محیطی (افزایش انتشار دی اکسید کربن) افزایش به کارگیری سه نهاده نیروی کار، ماشین های کشاورزی و کود دامی را نشان می دهد. بر مبنای اطلاعات جدول های (۸) و (۱۰)، افزایش عملکرد چغندر قند با افزایش به کارگیری دو نهاده کود دامی و ماشین های کشاورزی، نه تنها از نظر اقتصادی، بلکه از نظر زیست محیطی نیز توجیه پذیر است. با توجه به جدول (۷)، به کارگیری بیشتر نهاده نیروی کار اثر معناداری بر عملکرد چغندر قند ندارد و از نظر اقتصادی توجیه پذیر نیست. جدول (۱۰) نیز نشان می دهد که استفاده از نیروی کار بیشتر، از نظر زیست محیطی نیز سودمند نیست و بیش از ۵۰۰ درصد نسبت به مقدار میانگین همه نهاده ها، دی اکسید کربن تولید می کند. مقایسه نتایج جدول های (۸) و (۱۰) نشان می دهد که به کارگیری بیشتر نهاده های کود دامی و ماشین های کشاورزی به جای کود شیمیایی و نیروی کار، هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی توجیه پذیر است. بررسی Houshyar et al. (2015) بر روی سه گروه از تولید کنندگان گوجه فرنگی، نتایج متفاوتی داشته است. در دو گروه از تولید کنندگان، افزایش کود دامی، دی اکسید کربن بیشتری تولید می کند و در یکی از این دو گروه، افزایش استفاده از ماشین های کشاورزی و نیروی انسانی باعث کاهش انتشار دی اکسید کربن می شود در حالی که در دیگری انتشار دی اکسید کربن را افزایش می دهد.

جدول (۱۰) تغییر پذیری انتشار گازهای گلخانه ای

Table (10) Changes in GHG Emission

$\Delta(I_{GHG})_i$	$(I_{GHG})_{EI}$	$(I_{GHG})_A$	ورودی Input
518.68	0.28	0.046	نیروی کار labor
-86.48	0.006	0.046	ماشین های کشاورزی Machinery
-4.71	0.044	0.046	کود دامی Farmacyard Manure

منبع: یافته های تحقیق

### نتیجه گیری و پیشنهادها

این پژوهش با هدف بررسی موازنه انرژی تولید چغندر قند در ایران و مقایسه بعد های اقتصادی و زیست محیطی گسترش تولید این محصول، با استفاده از داده های تابلویی پنج استان همدان، کرمانشاه، خراسان، فارس و آذربایجان غربی انجام گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین ورودی

انرژی به ترتیب مربوط به نهاده‌های کود شیمیایی، ماشین‌های کشاورزی و نیروی کار است. همچنین با خالص انرژی در حدود ۶۴۳ گیگاژول، کارایی انرژی ۲۳/۵۳ و بهره‌وری انرژی ۱/۴ مگاژول بر کیلوگرم، افزایش تولید این محصول از نظر موازنه انرژی مطلوب است. برآورد تابع تولید نشان داد که تنها نهاده‌های ماشین‌های کشاورزی و کود دامی در محدوده اقتصادی استفاده می‌شوند و دیگر نهاده‌ها بیش از حد اقتصادی استفاده می‌شوند. تولید نهایی دو نهاده ماشین‌های کشاورزی و کود دامی از دیگر نهاده‌ها بیشتر است و افزایش عملکرد چغندر قند با استفاده از این دو نهاده، از نظر زیست‌محیطی نیز آلاینده‌گی کمتری ایجاد می‌کند.

با توجه به نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌شود ارائه اطلاعات کافی درباره میزان استفاده و روش کشت بذرها جدید و همچنین مشوق‌هایی برای گسترش کشت این بذرها توجه بیشتری شود. برای افزایش کارایی اقتصادی و زیست‌محیطی، باید برنامه‌هایی برای کاهش به‌کارگیری کودهای شیمیایی و در صورت لزوم، جایگزینی کود دامی هم توسط تولیدکنندگان و هم توسط سیاست‌گذاران مورد توجه قرار گیرد. از جمله این برنامه‌ها می‌توان به کاهش یارانه‌ها و واقعی کردن قیمت کود شیمیایی اشاره کرد. بهره‌وری صفر نیروی کار، توجه به مسئله بیکاری در بخش کشاورزی را از سوی سیاست‌گذاران می‌طلبد. در این راستا، اتخاذ سیاست‌هایی در جهت ایجاد اشتغال پایدار و تنوع‌بخشی به فعالیت‌های روستاییان، برای بهینه‌سازی مصرف نهاده نیروی کار ضرورت دارد. ضریب مثبت، بالا و معنادار ماشین‌های کشاورزی، نشان از وجود ظرفیت‌های گسترش مکانیزاسیون کشت چغندر قند دارد. همچنین از نظر فنی نیز پیوندی میان بذرها، منوژرم و کشت مکانیزه وجود دارد. با توجه به قراردادی بودن کشت چغندر قند در ایران، در مفاد قرارداد، باید به تأمین نهاده ماشین‌های کشاورزی و تأکید بر کشت بذر منوژرم، بیشتر توجه شود.

## منابع

- Amiri, S.R. and Rezvani Moghaddam, P. (2016) An Input–Output Energy and Economical Analysis of Pistachio (*Pistacia vera* L.) Production Systems in County of Zarand, Kerman Province. *Journal of Agroecology*, 8 (3): 452-462. In Farsi
- Baltagi, B. H. (2006). *Econometric Analysis of Panel Data*. Wiley: New York.
- Bellarby, J., Foereid, B., Hastings, A., Smith, P. (2008). *Cool Farming: Climate Impacts of Agriculture and Mitigation Potential*. Published by Greenpeace International
- Cozer, N., Dal Pont, G., Horodesky, A. and Ostrensky, A. (2019) Infrastructure, Management and Energy Efficiency in a Hypothetical Semi-Intensive Shrimp Model Farm in Brazil: a Systematic Review and Meta-Analysis, *Review in Aquaculture*, 12(2): 1072-1089
- Dyer, J.A., Desjardins. (2006). Carbon Dioxide Emissions Associated with the

### بررسی بعد های اقتصادی...۱۳۹

- Manufacturing of Tractors and Farm Machinery in Canada. *Biosystems Engineering*, 93 (1): 107-118.
- Ebrahimi, R. and Salehi, M. (2015) Investigation of CO<sub>2</sub> Emission Reduction and Improving Energy Use Efficiency of Button Mushroom Production Using Data Envelopment Analysis, *Journal of Cleaner Production*. 103: 112-119
- Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H. and Gunduz, O. (2007) Energy Use and Economical Analysis of Sugar Beet Production in Tokat Province of Turkey, *Energy*, 32: 35-41.
- Feyzbakhsh, M. T., Rezvantalab, N. and Alizadeh, P. (2019) Comparison of input and output energy and global warming potential in rainfed wheat and barley in Aq-Qala (Golestan province). *Environmental Sciences*, 17 (1): 121-140. In Farsi
- Ghaderzadeh, H. and Pirmohamadyani, Z. (2019) Evaluation Efficiencies of Energy for Potato Production in Hamedan Province of Iran, *Journal of Agricultural Economics Research*. 12 (2): 167-202. In Farsi
- Gholami, A. and Sharafi, S. (2006) Analysis of Inputs and Output Energy of Agri Products in Iran, *9<sup>th</sup> Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding*. Tehran. Iran: 176-185. In Farsi
- Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M., Sanjani, S., Anvarkhah, S. and Aghel, H. (2011) A Case Study of Energy Use and Economical Analysis of Irrigated and Dry Land Wheat Production Systems, *Applied Energy*. 88: 283-288.
- Houshyar, E., Dalgaard, T., Tarazkar, M. H., and Jørgensen, U. (2015). Energy input for tomato production what economy says, and what is good for the environment, *Journal of Cleaner Production*, 89: 99-109.
- Kardoni, F., Saeidi, N. and Fathi, A. (2015) Evaluation of Energy Consumption and Econometric Analysis in Greenhouse Cucumber Production (Case Study: Jiroft Province). *Agronomic Research in Semi Desert Region*, 12 (2): 103-109. In Farsi
- Kardoni, F., Jami-alahmadi, M. and Bakhshi, M. R. (2018) Econometric Analysis of Energy Use in Cereal Production of Iran (Case Study: wheat, Barley, Corn, Rice), *Journal of Agricultural Economics Research*. 10 (1): 133-148. In Farsi
- Khoshnevisan, B., Rafiee, Sh., Omid, M., Mousazadeh, H. and Rajaeifar, M. A. (2014) Application of Artificial Neural Networks for Prediction of Output Energy and GHG Emissions in Potato Production in Iran, *Agricultural Systems*. 123: 120-127.
- Lal, R. (2004). Carbon emission from farm operations. *Environment International*. 30 (7): 981-990.
- Mardani, A. and Taghavifar H. (2016) An Overview on Energy Inputs and Environmental Emissions of Grape Production in West Azerbaijan of Iran, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 54: 918-924
- Mehrabi Boshrabadi, H. and Esmaeili, A. (2011) Input-Output Analysis of Energy in Agricultural Sector of Iran, *Agricultural Economics and Development*. 74: 1-28. In Farsi

- Ministry of Agriculture- Jahad (MAJ). (2020) <<https://dpe.maj.ir>> Retrieved July 2018
- Moghimian, E. and Rismanchian, M. (2018) *Sugar Beet Planting*, Textbooks Publishing Company of Iran, Ministry of Education. First Edition. In Farsi
- Mohammadi-Barsari, A., Firouzi, S. and Aminpanah, H. (2016) Energy-Use Pattern and Carbon Footprint of Rain-Fed Watermelon Production in Iran, *Information Processing in Agriculture*. 3 (2): 69-75
- Mohammadi, H. and Mehri, M. (2015) An Analysis of Improving Energy Use with Data Envelopment Analysis in Horticulture products in Yazd Province: Case Study Pistacio, *Quarterly Energy Economics Review*. 11 (46): 113-134. In Farsi
- Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P. and Mansoori, H. (2015) Energy Use and Economical Analysis of Seedy Watermelon Production for Different Irrigation Systems in Iran, *Energy Reports*. 1: 36–42
- Nabavi-Pelesaraei, A., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Qasemi-Kordkheili, P., Kouchaki-Penchah, H. and Riahi-Dorcheh, F. (2016) Applying Optimization Techniques to Improve of Energy Efficiency and GHG (Greenhouse Gas) Emissions of Wheat Production, *Energy*. 103: 672-678
- Nguyen, T.L.T., Hermansen, J.E., 2012. System expansion for handling co-products in LCA of sugar cane bio-energy systems: GHG consequences of using molasses for ethanol production, *Applied Energy*. 89 (1): 254-261.
- Nikkhah, A., Emadi, B. and Firouzi, S. (2015) Greenhouse Gas Emissions Footprint of Agricultural Production in Guilan Province of Iran, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 12: 10–14
- Oguz, H. I., Erdogan, O. and Gokdogan, O. (2019) Energy Use Efficiency and Economic Analysis of Nectarine (*Prunus persica* var. *nucipersica*) Production: A Case Study from Nigde Province, 61: 323–329
- Pishgar Komleh, H., Omid, M., Heidari, M. D. (2013). On the study of energy use and GHG (greenhouse gas) emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province, *Energy*. 59: 63-71.
- Platis, D.P., Anagnostopoulos, C.D., Tsaoulas, A.D., Menexes, G.C., Kalburtji, K.L., and Mamolos, A.P. (2019) Energy Analysis, and Carbon and Water Footprint for Environmentally Friendly Farming Practices in Agroecosystems and Agroforestry, *Sustainability: Special Issue Preserving Ecosystem Services via Sustainable Agro-Food Chains*". 11 (6): 1664
- Qasemi Kordkheili1, P. Kazemi, N. Hemmati, A and Taki, M. (2013) Energy input-output and Economic Analysis for Soybean Production in Mazandaran Province of Iran, *Elixir Agriculture*. 56: 13246-13251
- Rao, KVR. and Gangwar, S. (2019) Energy Assessment of Wheat under Conventional and Drip Irrigation Systems, *International Journal of Chemical Studies*. 7(1): 664-669
- Rohani, S. (1994) A Study of Costs and Benefits of Sugar Beet Production in Hamedan Province, *Iranian Journal of Agricultural Science*. 25 (1): 19-31. In Farsi
- Rostami, S., Alaei, E. and Imanmehr, A. (2013) Analysis of Energy Indicators for Cucumber Production in Borujen Township, *Journal of Biosystems Engineering*.

بررسی بعد های اقتصادی...۱۴۱

2 (2): 12-23. In Farsi

- Sefeedpari, P. Shokoohi, Z. Behzadifar, Y. (2014) Energy Use and Carbon Dioxide Emission Analysis in Sugarcane Farms- A Survey on Haft-Tappeh Sugarcane Agro-Industrial Company in Iran, *Journal of Cleaner Production*. 83: 212-219.
- Singh, G., Singh, S. and Singh, J., (2004) Optimization of Energy Inputs for Wheat Crop in Punjab, *Energy Conversation Management*. 45: 453-65.
- Snyder, C., Bruulsema, T., Jensen, T., and Fixen, P. (2009) Review of Greenhouse Gas Emissions from Crop Production Systems and Fertilizer Management Effects, *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 133: 247-266.
- Taghavifar, H. and Mardani, A. (2015) Prognostication of Energy Consumption and Greenhouse Gas (GHG) Emissions Analysis of Apple Production in West Azarbayjan of Iran Using Artificial Neural Network, *Journal of Cleaner Production*. 87: 159-167
- Taghinezhad, J., Alimardani, R. and Jafari, A. (2014) Energy Consumption Flow and Econometric Models of Sugarcane Production in Khouzestan Province of Iran, *Sugar Tech*. 16(3): 277-285
- Vafabakhsh, J and Mohammadzadeh, A. (2019) Energy Flow and GHG Emissions in Major Field and Horticultural Crop Production Systems (Case Study: Sharif Abad Plain), *Journal of Agroecology*. 11 (2): 365-382. In Farsi
- Yelmen, B., Sahin, H. and Cakir, M. T. (2019) Energy Efficiency and Economic Analysis in Tomato Production: a Case Study of Mersin Province in the Mediterranean Region, *Applied Ecology and Environmental Research*. 17(4): 7371-7379
- Yousefi, M., Khoramivafa, M. and Mondani, F. (2014). Integrated Evaluation of Energy Use, Greenhouse Gas Emissions and Global Warming Potential for Sugar Beet (*Beta Vulgaris*) Agroecosystems in Iran, *Atmospheric Environment*. 92: 501-505
- Zarei Shahamat, E., Asoodar, M. A., Marzban, A. and Abdeshahi, A. (2013). Energy use and economical analysis of Sugarcane production in Iran a case study: Debel Khazaei agro-industry, *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 5(3): 249-252



---

## Analyzing Economical and Environmental Dimensions of Energy Balance in Sugar Beet Production in Iran

*Afsaneh Nikoukar*<sup>1</sup>

Received: 14 June.2020

Accepted: 14 July.2020

---

### Extended Abstract

#### Introduction

Optimal use of inputs and increasing energy efficiency are economically and environmentally important for sustainable agricultural production and lead to less production costs also, less negative effects on the environment. Considering the importance of efficient use of energy inputs, this study aims to examine the energy balance of sugar beet production in Iran and compares the economic and environmental dimensions of expanding sugar beet production. Sugar beet is one of the agricultural products that consumes a lot of energy due to the need for many farm operations. Use of old agricultural machinery technology and lack of access to technical facilities increase greenhouse gas emission in sugar beet production process. The entry of monogram seeds into the sugar beet production increased share of mechanized sugar beet cultivation to more than 70% of the area under cultivation of this crop. Also, this increased the yield of sugar beet from about 22 tons to about 49 tons per hectare. In 2016 the amount of sugar beet production in Iran was about 6 million tons. The provinces of West Azerbaijan, Khorasan Razavi, Kermanshah, Fars and Hamedan, with more than 80% share, are the largest producers of sugar beet in the country. This study seeks to answer these questions: What is the net energy gain in Iran's sugar beet production system? What are the indices of energy efficiency in sugar beet production process? Which one of the sugar beet production inputs is involved in more energy consumption and more carbon dioxide emission? Is the sugar beet production increase desirable economically and environmentally?

#### Materials and Methods

To analyze economic and environmental dimensions of sugar beet production, production function was estimated by using converted values of inputs and output to energy equivalents per hectare. Panel data of five provinces of Hamedan, Kermanshah, Khorasan, Fars and West Azerbaijan for 2000-2015 period was used for production function estimation. The marginal physical product of each input (MPP) was used to find the output sensitivity to the energy inputs. To evaluate the efficiency of energy consumption, four

---

<sup>1</sup> Associate Professor of Agricultural Economics, Payam-e Noor University, Tehran, Iran  
Email: anikoukar57@gmail.com



main indices: energy ratio, specific energy, energy productivity and net energy gain were used. Another index was used to answer this question that is it acceptable environmentally to add an input with the aim of achieving higher economic performance? This index evaluated the changes in amount of emitted CO<sub>2</sub> after increasing input usage.

### **Results and Discussion**

The calculated efficiency indices showed that the highest energy inputs are chemical fertilizer, machinery and labor, respectively. Also, with a net energy gain of about 643 GJ, 23.53 energy ratio and 1.4 MJ/Kg energy productivity, the increase in sugar beet production is desirable in viewpoint of energy balance. The Cobb- Douglas production function was estimated using the generalized least squares method for sugar beet. The coefficients of estimated model showed that only machinery and farmyard manure were used in the economic range. The energy inputs of seeds and chemical fertilizers had negative significant effects on the energy output per hectare. The MPPs of two inputs of machinery and farmyard manure were higher than other inputs. Also, changes in green house emission index showed that an increase in sugar beet yield using these two inputs causes less CO<sub>2</sub> emission. The highest amounts of negative MPPs were allocated to seed, chemical fertilizers and pesticides, respectively.

The coefficient of Dummy variable showed that the yield of sugar beet in Fars and Khorasan provinces is significantly lower than other provinces. The sum of the significant coefficients of the energy inputs was equal to 0.044, which indicated a decreasing returns to scale.

### **Suggestions**

Based on the results of this study, to increase economic and environmental efficiency, some policy instruments and programs should be considered to reduce the use of chemical fertilizers and, if necessary, substitute farmyard manure for chemical fertilizer by policymakers and producers. These programs may include reducing subsidies and realizing the price of chemical fertilizers. The positive, high and significant coefficient of the machinery and relationship between mechanization and monogram seeds indicate the existence of capacities to expand the mechanization of sugar beet cultivation. To expand mechanized cultivation and optimal use of monogram seeds it is suggested that incentives be used in production contracts. Zero labor productivity requires policymakers to pay attention to the issue of unemployment in the agricultural sector. Adopt policies to create sustainable employment and diversify rural activities are recommended to use labor at optimum level in agricultural production.

**JEL Classification:** Q15 ,Q47 ,Q51

**Key Words:** Energy Productivity, Net Energy Gain, Greenhouse Gas, Production Function, Panel Data