نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ - کرج

# ارزیابی چرخه زندگی انرژی و اثرات زیست محیطی تولید کلزا در استان مازندران با دو رویکرد متفاوت

**سیدهاشم موسوی اول[1*]، شاهین رفیعی[2]، محمد شریفی[3] و سلیمان حسین‌پور[3]**

۱، ۲ و ۳ - به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری دانشگاه تهران

ایمیل مکاتبه کننده: sh.mousavi@ut.ac.ir

## چکیده

هدف از این تحقیق ارزیابی چرخه زندگی تولید کلزا در استان مازندران و تعیین میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی با استفاده از ضرایب متناظر می‌باشد. اطلاعات مورد نیاز از طریق مصاحبه حضوری با کشاورزان در شهرستان‌های ساری، نکا و بهشهر به‌دست آمد. به منظور تعیین اثرات زیست محیطی از مدل Impact 2002+ استفاده شد و با توجه به ضرایب مربوطه، شاخص کلی انتشار آلاینده‌ها برای تولید کلزا محاسبه شد. در تحقیقات قبلی ارزیابی چرخه زندگی محصولات با استفاده از نرم‌افزار سیماپرو و یا با استفاده از ضرایب انجام شده است و تنها تعداد محدودی از شاخص‌های انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی برآورد شده است. با توجه به محدودیت استفاده از نرم‌افزار سیماپرو، در این تحقیق با استفاده از ضرایب، تمامی شاخص‌های انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی محاسبه گردیده و ارزیابی چرخه زندگی تولید کلزا بطور کامل انجام شده است. ارزیابی دو روش استفاده از نرم‌افزار و بکارگیری ضرایب نشان داد نتایج کاملا یکسان می باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی چرخه زندگی، انرژی، کلزا، شاخص زیست محیطی، ضریب

## مقدمه

کشاورزی یک فرآیند تبدیل انرژی‌است. در این فرآیند انرژی خورشید، فرآورده‌های سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته، به‌غذا و الیاف مورد نیاز انسان تبدیل می‌گردد. در کشاورزی اولیه که تنها متکی بر نیروی انسانی و خورشید بود کمی بیش از آن‌چه کشت می‌شد به عنوان محصول برداشت می شد. تأمین غذا و نیازهای جمعیت روزافزون جامعه بشری نیاز به‌سرمایه‌گذاری بیش‌تری در زمینه انرژی به‌عنوان یک نهاده داشته‌است، به‌نحوی‌که طی قرن‌ها، نیروی حیوان‌ها

به‌خدمت گرفته‌شده و کمی بعد بشر با کنترل کردن نیروی آب و باد، آن‌ها را جایگزین نیروی حیوان کرد. با این تغییرها ضمن آزاد شدن وقت و انرژی بیشتری از انسان، نیروی بیش‌تر و ارزان‌تری نسبت به‌گذشته در اختیار او قرارگرفت.

در سال‌های اخیر با گسترش آگاهی ها در زمینه مسئله گرمایش زمین، نگرانی در مورد تاثیر انتشار کربن بر اقلیم جهانی افزایش یافته است و در حال حاضر محیط‌زیست یکی از مؤلفه های اصلی در سیاست‌های کلان جهانی بوده و بسیاری از مؤلفه‌های دیگر را تحت تاثیر قرار داده است. به همین دلیل مهمترین عامل و پیش نیاز بسیاری از فعالیت‌ها در سطح کلان، سازگاری با محیط‌زیست است. آلودگی‌های زیست‌محیطی یکی از مهم‌ترین چالش‌های جامعه انسانی در قرن حاضر است (OECD,2001). ارزیابی چرخه زندگی (LCA) ابزاری برای تجزیه و تحلیل اثرات زیست محیطی محصولات در همه مراحل چرخه زندگی آن ها – از استخراج منابع تا تولید مواد، تولید قطعات و تولید نهایی محصول و استفاده از محصول تا مدیریت پس از دفع آن شامل بازیافت، استفاده مجدد و دفع نهایی- (به عبارت دیگر رویکرد گهواره تا گور) می باشد. در سال‌های اخیر ارزیابی چرخه زندگی به ابزار مناسبی جهت بررسی و تعیین میزان اثرات زیست‌محیطی در تولیدات کشاورزی و صنایع غذایی تبدیل گردیده به طوری که در بسیاری از کشورها از آن به عنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری‌های کلان در برنامه‌ریزی‌های زراعی استفاده می‌کنند. ارزیابی چرخه زندگی روشی است برای تعیین تمام تاثیرات محیطی مرتبط با یک محصول، فرایند یا خدمات و تمام آلاینده‌های منتشر شده و مواد زائد رها شده به طبیعت (Rebitzer *et al.*, 2004). در طول قرن گذشته از این شیوه بیشتر در زمینه‌های صنعتی استفاده می‌شد اما امروزه اکثر محققین از آن به طور گسترده برای تعیین اثرات محصولات، فرایندها و خدمات بر روی محیط‌زیست استفاده می-کنند (Ekvall, 1999; Harding *et al.*, 2008; Hart *et al.*, 2005).

سلورا و همکاران چرخه زندگی چند محصول گلخانه‌ای شامل فلفل، هندوانه و گوجه‌فرنگی را در کشور ایتالیا را مورد بررسی قرار دادند. مطالعه آن‌ها شامل مراحل ستخراج مواد اولیه، تولید نهاده‌ها، تولید محصول، حمل و نقل و بسته‌بندی را در بر می‌گرفت. ارزیابی آن‌ها نشان داد که بیشترین آلایندگی‌ها به دو عامل نوع بسته‌بندی و ساختار گلخانه‌ها وابسته است. به علاوه گلخانه‌هایی که نیاز به سیستم گرمایش نداشتند دارای اثرات زیست‌محیطی بهتری بوده‌اند (Cellura *et al.*, 2012).

مطالعات مشابه دیگری نیز در زمینه ارزیابی تولیدات کشاورزی با رویکرد ارزیابی چرخه زندگی صورت گرفته است. از آن جمله می‌توان به ارزیابی شیوه‌های مرسوم و ارگانیک تولید شیر در کشور سوئیس (Cederberg and Mattsson, 2000)، ارزیابی چرخه زندگی تولید شیر در کشور هلند (Thomassen *et al.*, 2008) و ارزیابی چرخه زندگی کشت سیب‌زمینی در ایران (Khoshnevisan *et al.*, 2013) اشاره کرد.

گوش در مطالعه‌ای به بررسی اثرات جایگزینی کود دامی به جای کودهای شیمیایی در تولید دو محصول برنج و بادام زمینی در کشور هند پرداخته است. وی معتقد است که استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی در طی دوران انقلاب

سبز در هند، در کنار تحمیل بار مالی سنگین بر بودجه دولت، خساراتی را به کیفیت خاک وارد نموده است. لذا این تکنولوژی برای توسعه بخش کشاورزی مناسب نمی‌باشد و پیشنهاد جایگزینی آن را با کودهای دامی مطرح نموده است. در این پژوهش، آثار احتمالی این جایگزینی بر درآمد زارعین دو محصول برنج و بادام زمینی مورد بررسی قرار گرفته است. تأکید این پژوهش بر منافع زیست- محیطی این جایگزینی در تکنولوژی کشاورزی همراه با در نظر داشتن اهمیت پایداری سطوح عملکرد محصولات و حفظ درآمدهای زارعین می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که امکان این جایگزینی در صورتی وجود خواهد داشت که همراه با جبران زیان‌های زارعین توسط دولت باشد و قیمت کودهای دامی از طریق تشویق یک بازار پویای کودهای دامی کنترل شود (Ghosh, 2004).

طهماسبی و هزارخانی به منظور برآورد امتیاز در یک پروژه معدنی از سامانه استنتاج فازی عصبی استفاده کردند. همچنین به منظور بهبود عملکرد این سامانه از الگوریتم ژنتیک استفاده شد که با استفاده از آن پارامترهای شبکه شامل سرعت یادگیری، مومنتوم شبکه و تعداد توابع عضویت برای هر ورودی بهینه می‌شود. آنها همچنین نتایج این سامانه را با نتایج شبکه‌های عصبی مصنوعی مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که سامانه استنتاج فازی-عصبی با الگوریتم ژنتیک برآورد بهتری داشته است (Tahmasebi and Hezarkhani, 2013).

با توجه به اینکه تاکنون تحقیق جامعی در زمینه تحلیل اثرات زیست محیطی تولید کلزا در داخل و خارج کشور صورت نگرفته است هدف از این تحقیق ارزیابی چرخه زندگی تولید کلزا و تعیین میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی با استفاده از ضرایب متناظر می‌باشد. در تحقیقاتی که تاکنون در این زمینه صورت گرفته است ارزیابی چرخه زندگی محصولات با استفاده از نرم‌افزار سیماپرو انجام شده است و یا با استفاده از ضرایب، تنها تعداد محدودی از شاخص‌های انتشار آلاینده‌های زیست محیطی برآورد شده است. با توجه به محدودیت استفاده از نرم افزار سیماپرو، در این تحقیق با استفاده از ضرایب، تمامی شاخص‌های انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی محاسبه می‌گردد.

**مواد و روش‌ها**

در این پژوهش، شهرستان‌های بهشهر، نکا و ساری، با توجه به اینکه سهم بیشتری از تولید کلزا در استان مازندران را به خود اختصاص داده‌اند، به عنوان مناطق مورد مطالعه انتخاب می‌گردند. داده‌های مورد نیاز از طریق پرسش نامه و مصاحبه حضوری جمع آوری گردید. نهاده‌های مورد استفاده در تولید دانه روغنی کلزا در منطقه مورد نظر شامل نیروی کارگری، ماشین‌ها (کمباین، تراکتور و سایر ماشین‌های مزرعه‌ای)، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی (نیتروژن، فسفات، پتاسیم و گوگرد)، کود دامی، سموم شیمیایی (علف‌کش، حشره‌کش و قارچ‌کش) و بذر می‌باشد. از طرف دیگر ستانده‌ها شامل بذر کلزا و همچنین کلش بود.

**شاخص های انرژی**

برای ارزیابی انرژی مصرفی و تولیدی در تولید کلزا از هم ارزهای انرژی استفاده شد که بیان کننده میزان محتوای انرژی نهاده یا ستاده است (جدول (۱)).

جدول ۱- محتوای انرژی نهاده ها و ستانده ها در تولید کلزا

| مشخصات | واحد | محتوای انرژی (MJ/Unit) | مرجع |
|---|---|---|---|
| نهاده ها | | | |
| نیروی کارگری | h | ۱٫۹٦ | (Bozoglu and Ceyhan, 2009) |
| ماشین‌ها | kg | | |
| تراکتور | | ۹۳٫٦۱ | (Canakci *et al.*, 2005) |
| کمباین خودگردان | | ۸۷٫٦۳ | (Canakci *et al.*, 2005) |
| سایر ماشین‌ها | | ٦۲٫۷ | (Canakci *et al.*, 2005) |
| سوخت دیزل | L | ٤۷٫۸ | (Canakci and Akinci, 2006) |
| سموم شیمیایی | kg | | |
| علف‌کش | | ۲۳۸ | (Rafiee *et al.*, 2010) |
| حشره‌کش | | ۱۰۱٫۲ | (Rafiee *et al.*, 2010) |
| قارچ‌کش | | ۲۱٦ | (Rafiee *et al.*, 2010) |
| کود | kg | | (Rafiee *et al.*, 2010) |
| نیتروژن | | ٦٦٫۱٤ | (Rafiee *et al.*, 2010) |
| فسفر | | ۱۲٫٤٤ | (Rafiee *et al.*, 2010) |
| پتاسیم | | ۱۱٫۱٥ | (Rafiee *et al.*, 2010) |
| گوگرد | | ۱٫۱۲ | (Rafiee *et al.*, 2010) |
| کود حیوانی | | ۰٫۳ | (Rafiee *et al.*, 2010) |
| بذر | kg | ۳٫٦ | (Beheshti Tabar *et al.*, 2010) |
| ستانده‌ها | | | |
| دانه روغنی کلزا | kg | ۲٥ | (Beheshti Tabar *et al.*, 2010) |
| کاه کلزا | kg | ۱۷٫۲٥ | (Mohammadi *et al.*, 2014) |

شاخص‌های انرژی به عنوان ابزاری هستند که امکان مطالعه و مقایسه سیستم ها با یکدیگر را ارائه می دهند. سه شاخص مهم انرژی وجود دارد که امکان ارائه یک شناخت جامع از وضعیت انرژی در کشاورزی و مقایسه بازدهی انرژی در تولید محصولات مختلف با یکدیگر را ارائه می‌دهد. نسبت انرژی بیانگر نسبت بین کالری گرمایی محصولات خروجی و کل انرژی صرف شده در عوامل تولید است. این شاخص فاقد واحد می‌باشد و مقدار انرژی به دست آمده به ازای هر واحد مصرف انرژی برای تولید را نشان می‌دهد. شدت انرژی نشان‌دهنده مصرف انرژی برای تولید یک واحد از محصول است. این شاخص بسته به نوع محصول کشاورزی، موقعیت و زمان متفاوت است و می‌تواند به عنوان شاخصی برای ارزیابی کارایی مصرف انرژی در سامانه‌های مختلف تولید مورد نظر باشد. بهره‌وری انرژی (kg/MJ) عکس شدت انرژی می‌باشد و از تقسیم مقدار محصول تولید شده بر انرژی مصرف شده به دست می‌آید و در حقیقت، بیان کننده مقدار

تولید محصول به ازای هر واحد انرژی مصرف شده است. افزوده خالص انرژی یا انرژی خالص، تفاضل بین انرژی ناخالص تولید شده و کل انرژی مورد نیاز برای تولید است. در این تحقیق واحد افزوده خالص انرژی مگاژول بر هکتار می‌باشد.

$$ER = \frac{E_{out}\,(MJ\,ha^{-1})}{E_{in}\,(MJ\,ha^{-1})} \quad (۱)$$

$$EI\,(MJ\,kg^{-1}) = \frac{E_{in}\,(MJ\,ha^{-1})}{Y\,(kg\,ha^{-1})} \quad (۲)$$

$$EP\,(kg\,MJ^{-1}) = \frac{Y\,(kg\,ha^{-1})}{E_{in}\,(MJ\,ha^{-1})} \quad (۳)$$

$$NEG\,(MJ\,ha^{-1}) = E_{out}\,(MJ\,ha^{-1}) - E_{in}\,(MJ\,ha^{-1}) \quad (۴)$$

که در این رابطه، EP بهره‌وری انرژی (kg/MJ) ، Y عملکرد محصول (kg/ha) و $E_{in}$ انرژی ورودی (MJ/ha) می‌باشد.

**ارزیابی چرخه زندگی اثرات زیست‌محیطی**

در حال حاضرسامانه‌های تولیدی کشاورزی بر پایه استفاده از منابع محدودی مثل سوخت‌های فسیلی، منابع آبی و دیگر نهاده‌های غیر قابل تجدید است که نگرانی‌هایی در مورد مشکلات زیست‌محیطی مانند آلودگی آب، خاک، هوا، کاهش حاصلخیزی، فرسایش خاک و کاهش منابع به همراه دارد (Hokazono and Hayash, 2012). نتایج برخی مطالعات نشان داده است که کشاورزی نقش مهمی در انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر بازی می‌کنند (Lal, 2004) منابع اصلی انتشار این گازها به اتمسفر شامل سوخت‌های فسیلی مورد استفاده در عملیات مختلف کشاورزی، تلفات کربن از خاک به دلیل خاک‌ورزی، سوزاندن بقایای گیاهی و درختان جنگلی، دامداری، استفاده از کودهای دامی، تولید و مصرف انواع کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنه می‌باشد.

در این میان ارزیابی چرخه حیات به‌عنوان یک روش قابل استناد و کاربردی برای بررسی اثرات زیست‌محیطی در فرآیند تولید محصولات کشاورزی معرفی شده است که به جنبه‌های عملی و بالقوه زیست‌محیطی در سراسر چرخه حیات یک محصول یا یک مرحله از ماده خام فرآوری شده تا تولید، مصرف، پایان اعمال زیستی، بازیافت و دفع نهایی می‌پردازد. بر اساس استاندارد ایزو ۱٤۰٤۰، ارزیابی چرخه حیات دارای چهار بخش بیان هدف، تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های سامانه، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و تفسیر آن‌ها می‌باشد (Iriarte *et al.*, 2010). بنابراین با توجه به اهمیت مباحث زیست‌محیطی در سامانه‌های کشاورزی، در این تحقیق سعی می‌شود شاخص‌های اصلی محیط‌زیستی با روش ارزیابی چرخه زندگی برآورد گردد.

در این تحقیق به منظور ارزیابی چرخه زندگی اثرات زیست محیطی تولید کلزا در مرحله اول از مدل Impact 2002+ در نرم افزار سیماپرو استفاده شد و شاخص کلی انتشار آلاینده ها برای تولید کلزا محاسبه شد. در مرحله بعد با استفاده از ضرایب محاسبه انتشار آلاینده ها با استفاده از مدل Impact 2002+، تمامی شاخص‌های انتشار آلاینده‌های زیست محیطی محاسبه گردیده و ارزیابی چرخه زندگی تولید کلزا بطور کامل انجام شده است و سپس نتایج بدست آمده با روش استفاده از نرم افزار و روش استفاده از ضرایب با یکدیگر مقایسه گردیده است.

**توصیف صفات**

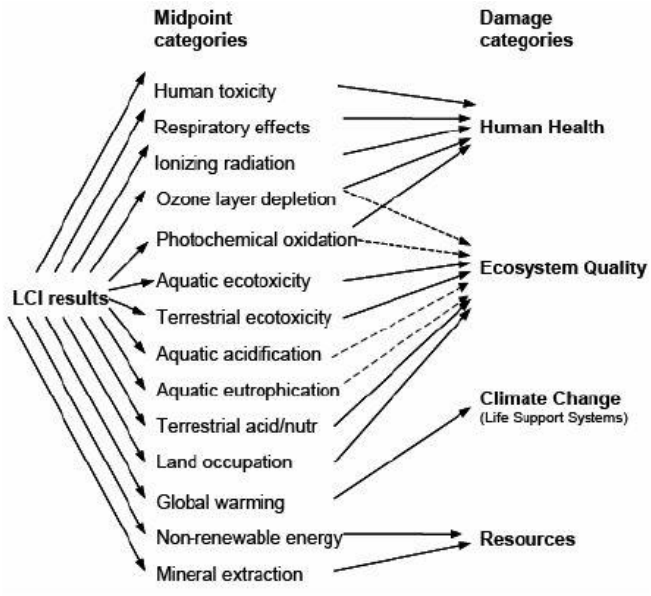
زمانی که گروه های اثر تعیین گردید و نتایج سیاهه نویسی به این گروهها اختصاص یافت لازم است تا شاخص های توصیف صفات تعیین گردند. این شاخص ها می بایست منعکس کننده سهم نسبی نتایج یک سیاهه نویسی در یک گروه اثر باشد. برای مثال در یک دوره ۱۰۰ ساله سهم یک کیلوگرم متان از گرمایش جهانی، ۲۱ برابر سهم یک کیلوگرم دی اکسید کربن می باشد. بنابراین اگر شاخص توصیف صفت (charactrization factor) برای دی اکسید کربن در گروه گرمایش جهانی برابر یک باشد برای متان باید برابر ۲۱ درنظر گرفته شود.

**ارزیابی خسارت**

از آنجایی که شاخص های رده اثر زیادی وجود دارد، هنوز تفسیر نتایج تحقیق مشکل است. جهت ساده کردن تفسیر این نتایج، یک فرآیند گروه بندی در بعضی روش های مورد استفاده در ارزیابی چرخه زندگی مانند Ecoindicator، EPS 2000، Impact 2002+ و ... قابل استفاده است. در این روش ها، شاخص های رده اثر نزدیک به یکی از سه گروه نقطه نهایی (سلامتی بشر، کیفیت اکوسیستم، تغییرات آب و هوایی و منابع) جهت رسیدن به یک رابطه زیست محیطی بهینه تعریف می گردند. گروه‌های اثر متعلق به گروه نهایی همگی دارای واحدهای یکسان می باشند لذا با راحتی با هم جمع شده و عدد نهایی مقدار گروه اثر نهایی را مشخص می کند. اثرات نهایی مدل Impact 2002+ در شکل (۱) ارائه شده است.

**مدل Impact 2002+**

در این تحقیق پس از بررسی های انجام شده بر روی مدل های مختلف ارزیابی چرخه زندگی و مقایسه کلی نتایج، مدل Impact 2002+ نسبت به بقیه روش ها بهتر بود و تحلیل های مربوطه برای ارزیابی چرخه زندگی توسط نرم افزار سیماپرو با استفاده از این مدل انجام شد. مدل Impact 2002+ یک روش ارزیابی اثرات زیست است که توسط موسسه فناوری فدرال سوئیس توسعه یافته است. روش حاضر اجرای عملی از یک رویکرد ترکیبی گروه‌های اثرات میانی و گروه‌های آسیب پیشنهاد می‌کند و در واقع ارتباط انواع نتایج ارزیابی چرخه زندگی را از طریق ١٤ گروه اثرات میانی و چهار گروه اثرات کلی برقرار می‌کند که این گروه‌های اثر در شکل (۱) ارائه شده است.




شکل ۱- ارتباط گروه‌های اثر میانی و کلی در مدل Impact 2002+

**نرمال سازی**

نرمال سازی فرآیندی است که جهت نشان دادن مقدار سهم معنی دار یک اثر از مشکل محیط زیستی کلی، مورد نیاز است. نرمال سازی با تقسیم شاخص های رده اثر به یک مقدار نرمال انجام می پذیرد. رایج ترین روش جهت تعیین مقدار نرمال، تعیین شاخص های رده اثر در یک ناحیه در طول یک سال و تقسیم این نتایج بر تعداد ساکنان آن ناحیه می باشد. همه گروه های اثر بعد از نرمال سازی بدون واحد می باشند و لذا قابل مقایسه با یکدیگر هستند. نرمال سازی هم بر روی نتایج داده های توصیف صفات شده و یا ارزیابی خسارت قابل اعمال است.

**وزن دهی**

وزن دهی مشکل‌ترین و بحث برانگیز ترین مرحله از ارزیابی اثر چرخه زندگی مخصوصاً برای روش های با نقطه هدف میانی است. راه حل های مختلفی برای حل یا ساده نمودن این مشکل پیشنهاد شده است.

**محاسبه مقدار انتشار آلاینده ها**

با استفاده از نرم افزار سیماپرو می توان ارزیابی چرخه زندگی تولید کلزا را برای میانگین مصرف نهاده ها در منطقه انجام داد ولی برای انجام پژوهش های مربوط به مدل سازی نیاز به انجام ارزیابی چرخه زندگی برای هر واحد بصورت جداگانه می باشد که با استفاده از نرم افزار امکان پذیر نیست. به همین دلیل در این تحقیق از ضرایب استخراج شده برای مدل Impact 2002+ استفاده می شود. از حاصلضرب این ضرایب در مقدار مصرف نهاده ها برای هر واحد تولیدی، میزان انتشار آلاینده های وزن دار شده با واحد $\mu$Pt بدست می آید. با توجه به یکسان بودن واحد مربوط به هر گروه اثر

می توان مقادیر را برای گروههای اثر مختلف جمع کرد و مقدار انتشار آلاینده ها را بصورت یک مقدار عددی بیان نمود که در مرحله بعدی در مدل سازی و بهینه سازی استفاده می گردد. بدین منظور لازم است ضرایبی به منظور محاسبه مقدار انتشار آلاینده ها در گروه‌های اثر تعیین گردد. در جدول زیر مقدار این ضرایب برای نهاده هایی که در فرآیند تولید کلزا استفاده شده و اثرات زیست محیطی ایجاد می کنند، ارائه می شود. در ارزیابی چرخه زندگی تولید کلزا مقدار انتشارات برای گروههای اثری که در جدول زیر ارائه نشده اند ولی در مدل Impact 2002+ ارائه شده اند، برابر صفر بوده و در محاسبات درنظر گرفته نشده اند.

در ارزیابی های چرخه زندگی معمولا اثرات زیست محیطی مربوط به ماشین ها، تجهیزات و ساختمان ها ممکن است درنظر گرفته نشود و به همین دلیل در نرم افزار سیماپرو در حالت پیش فرض این اثرات مربوط به فرآیند های زیربنایی از مدل حذف می شوند ولی در این تحقیق اثرات زیست محیطی ماشین های استفاده شده در عملیات مزرعه ای و همچنین تجهیزات استفاده شده در فرآیند تولید نهاده ها محاسبه می شود و این ضرایب بدست آمده برای کلیه نهاده ها با فرض محاسبه اثر این فرآیندها می باشد.

## نتایج و بحث

### تحلیل انرژی

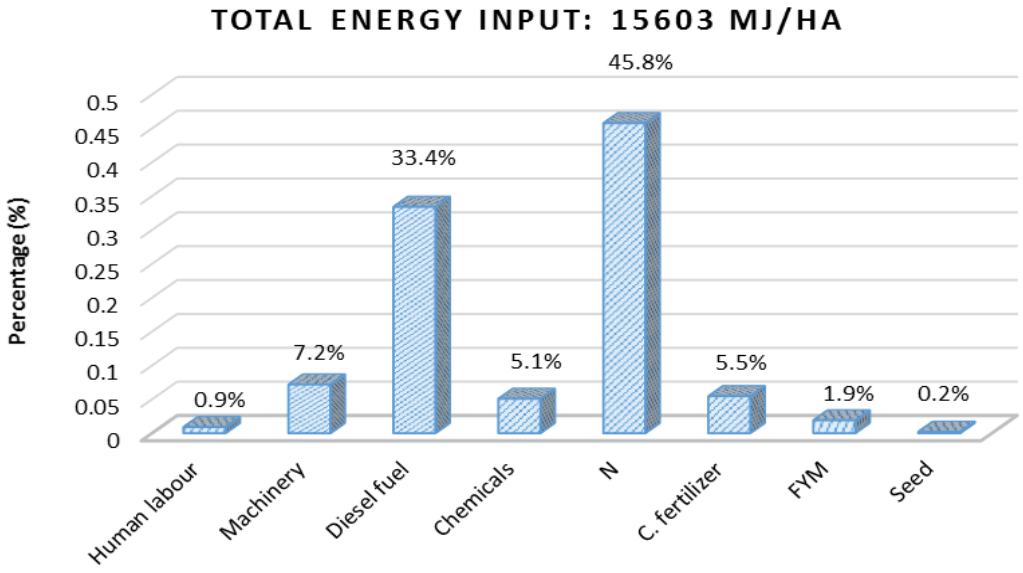
سهم نهاده‌های مختلف از کل انرژی ورودی در تولید کلزا در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین سهم از کل انرژی نهاده‌ها در تولید کلزا مربوط به نهاده های نیتروژن و سوخت بوده است.

کودهای شیمیایی مورد استفاده در منطقه برای کشت دانه روغنی کلزا عبارتند از: ازته (اوره)، سوپرفسفات تریپل، فسفات آمونیوم، سولفات آمونیوم، سولفات پتاسیم و کودهای تقویتی بیست-بیست و اکتیویج. همچنین در ۲۵٫۳۳ درصد از مزارع از کود آلی استفاده گردیده است. در بین عناصر غذایی حاصل از مصرف کودهای شیمیایی، عنصر ازت (N) به دلیل اینکه در بیشتر کودهای شیمیایی موجود است بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین نقش کود ازته به دلیل داشتن ضریب انرژی بالاتر، بیشتر از کودهای دیگر در مصرف انرژی می‌باشد و کودهای فسفر و پتاسیم نیز بعد از آن قرار دارند. در بین دانه های روغنی، کود گوگرد نیز بیشتر در تولید کلزا استفاده می‌شود. پس از انرژی نهاده‌های نیتروژن و سوخت، نهاده های ماشین ها و سایر کودهای شیمیایی (بجز ازت) به عنوان نهاده‌های انرژی‌بر در تولید این دانه روغنی در منطقه مورد نظر شناخته می‌شوند؛ در حالی که انرژی بذر کمترین میزان را از کل انرژی ورودی داشته است.

بر اساس مطالعات قبلی نیز محققان بسیاری سهم نهاده‌های سوخت و کودهای شیمیایی را نسبت به سایر نهاده‌ها از کل انرژی ورودی بیشتر گزارش کرده‌اند؛ شیخ‌داوودی و هوشیار انرژی مصرفی برای تولید کلزا و آفتابگردان در استان فارس را بررسی کردند؛ بر اساس نتایج آنان، کل انرژی مصرفی برای تولید کلزا برابر (MJ/ha) ۳۰۸۸۹ بوده که ۳۸٫۹۳٪ مربوط به نهاده کود و ۲۰٪ مربوط به نهاده سوخت دیزل بوده است. همچنین در تولید آفتابگردان (MJ/ha) ۲۲۹٤٥٫۳

انرژی مصرف شده که سهم سوخت دیزل و کود به‌ترتیب برابر ٪۲۷٫۸۷ و ٪۲٦٫٦٤ بوده است (Sheikh Davoodi and Houshyar, 2009). مقایسه نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که انرژی ورودی در تولید محصولات کلزا و آفتابگردان در استان فارس نسبت به نتایج بدست آمده از این مطالعه بیشتر بوده است که این به دلیل آبیاری کلزا در استان فارس و عدم نیاز به آبیاری در استان مازندران می‌باشد که باعث مصرف بیشتر انرژی غیرمستقیم آبیاری و همچنین انرژی الکتریکی برای پمپاژ آب در استان فارس می‌شود.

پیش از این صفا و همکاران در مطالعه خود پیرامون مصرف انرژی در کشت گندم در کشور نیوزلند نشان دادند که کل انرژی ورودی برای کشت گندم آبی و دیم به ترتیب ۲۵٫٦ و ۱۷٫٤۵ گیگاژول در هکتار برآورد گردیده است. همچنین آن‌ها نشان دادند که در میان تمامی نهاده‌های مصرفی در کشت گندم آبی کودهای شیمیایی و الکتریسیته با سهم ٪٤۰ و ٪۳۰ بیشترین تاثیر را در کل انرژی نهاده‌ها به خود اختصاص داده‌اند (Safa *et al.*, 2011). در مطالعه دیگری که توسط سینگ و همکاران در هند صورت گرفت نشان داده شد که انرژی مصرفی کل برای تولید گندم در شرایط آب و هوایی مختلف بین ۱۳٫۰٦ و ۱۷٫۹ گیگاژول در هکتار متغیر است (Singh *et al.*, 1999).




شکل ۲– سهم نهاده های مختلف از کل انرژی ورودی در تولید کلزا

جدول (۲) شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی در تولید دانه روغنی کلزا و همچنین در حالت احتساب دانه روغنی کلزا همراه با کلش را نشان می‌دهد؛ نتایج بررسی‌های انجام شده در منطقه مورد مطالعه نشان داد که بدون درنظر گرفتن انرژی مربوط به کلش، نسبت انرژی مربوط به تولید دانه روغنی کلزا برابر ۳٫۳۳ می باشد. همچنین در این حالت بهره وری انرژی و شدت انرژی به ترتیب ۰٫۱۳ kg/MJ و ۷٫۵۱ MJ/kg است. همچنین درنظر گرفتن انرژی مربوط به کلش، نسبت انرژی مربوط به تولید دانه روغنی کلزا برابر ۵٫۳۹ و شاخص های بهره وری انرژی و شدت انرژی به ترتیب ۰٫۲۵ kg/MJ و ۳٫۹۵ MJ/kg است.

جدول ۲– شاخص های انرژی در تولید محصول کلزا در استان مازندران

| عنوان | واحد | دانه روغنی کلزا | دانه روغنی و کلش |
|---|---|---|---|
| | | کلزا | |
| کل انرژی ورودی | MJ/ha | ۱۵٦۰۲٫۷۹ | ۱۵٦۰۲٫۷۹ |
| کل انرژی خروجی | MJ/ha | ۵۱۹۱۹٫۰۵ | ۸٤۱٦۰٫۸ |
| نسبت انرژی | - | ۳٫۳۳ | ۵٫۳۹ |
| بهره‌وری انرژی | kg/MJ | ۰٫۱۳ | ۰٫۲۵ |
| شدت انرژی | MJ/kg | ۷٫۵۱ | ۳٫۹۵ |
| افزوده خالص انرژی | MJ/ha | ۳٦۳۱٦٫۲۵ | ٦۸۵۵۷٫۹۸ |

**تحلیل شاخص‌های زیست‌محیطی در کشت کلزا در استان مازندران**

به منظور ارزیابی زیست‌محیطی کشت محصول مورد مطالعه، چرخه زندگی این محصول از مرحله استخراج مواد اولیه تا تحویل محصول برداشت شده به بازار منطقه ای مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور دستیابی به اطلاعات مورد نیاز از روش Impact 2002+ استفاده شد و آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار سیماپرو انجام گردید. تمامی محاسبات بر اساس یک کیلوگرم محصول تولیدی در مزرعه انجام شده است. به عبارت دیگر واحد کارکردی به صورت یک کیلوگرم محصول تولید شده انتخاب گردیده است.

**مقادیر واقعی شاخص های زیست محیطی**

شاخص‌های زیست‌محیطی محاسبه شده در کشت کلزا در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۳– مقدار واقعی شاخص های زیست محیطی برای یک کیلوگرم دانه روغنی در کشت کلزا در منطقه مورد مطالعه

| ردیف | بخش اثر | نماد | واحد | مقدار صفت |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | مواد سرطان زا | C | kg C2H3Cl eq | ۰٫۰۰۰۹۰۴۵۹۱ |
| ۲ | غیر سرطان زا | NC | kg C2H3Cl eq | -۰٫۰۲۰۱۸۱۱۰۵ |
| ۳ | مواد غیرآلی تنفسی | RI | kg PM2.5 eq | ۰٫۰۰۰۲۲۳۳۳۶ |
| ۴ | پرتوهای یونیزان | IR | Bq C-14 eq | ۰٫۶۵۸۱۲۱۲۹۳ |
| ۵ | کاهش لایه ازن | OLD | kg CFC-11 eq | -۸e۴٫۲۲۵۲۸ |
| ۶ | مواد آلی تنفسی | RO | kg C2H4 eq | -۵e۶٫۰۲۷۱۲ |
| ۷ | مسمومیت آب‌ها | AE | kg TEG water | ۲٫۵۸۰۶۱۴۲۰۵ |
| ۸ | مسمومیت خاک | TE | kg TEG soil | -۱٫۵۰۹۷۱۱۱۰۶ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ۹ | اسید زمینی / تغذیه | TA/N | kg SO2 eq | ۰/۰۰۷۶۵۰۹۶۷ |
| ۱۰ | زمین | LO | m2org.arable | -۰/۰۰۴۳۷۰۸۷۵ |
| ۱۱ | گرم شدن کره زمین | GWP | kg CO2 eq | ۰/۳۵۷۷۵۸۸۷۵ |
| ۱۲ | انرژی غیر قابل تجدید | NRE | MJ primary | ۵/۱۱۱۰۰۴۱۶۹ |
| ۱۳ | استخراج مواد معدنی | ME | MJ surplus | ۰/۰۰۲۴۲۷۳۷۷ |

ارزیابی خطرات زیست محیطی

در مدل Impact 2002+ برای تبدیل مقادیر واقعی (Charactristics) اثرات زیست محیطی به مقادیر ارزیابی خطرات (Damage assessment) مربوط به شاخص های زیست محیطی از ضرایب خاصی استفاده می شود که این ضرایب از نرم افزار سیماپرو استخراج شده در و در جدول (٤) ارائه می شود.

جدول ٤– ضرایب تبدیل مقادیر واقعی (charactristics) اثرات زیست محیطی به مقادیر ارزیابی خطرات (Damage assessment) مربوط به شاخص های زیست محیطی در مدل Impact 2002+

| ردیف | گروه اثر | ضرایب تبدیل به خطر مدل ایمپکت | واحد ارزیابی خطرات |
|---|---|---|---|
| ۱ | مواد سرطان زا | ۲٫۸۰e-٦ | DALY |
| ۲ | غیر سرطان زا | ۲٫۸۰e-٦ | DALY |
| ۳ | مواد غیرآلی تنفسی | ۷٫۰۰e-٤ | DALY |
| ٤ | پرتوهای یونیزان | ۲٫۱۰e-۱۰ | DALY |
| ٥ | کاهش لایه ازن | ۱٫۰٥e-۳ | DALY |
| ٦ | مواد آلی تنفسی | ۲٫۱۳e-٦ | DALY |
| ۷ | مسمومیت آب‌ها | ٥٫۰۲e-٥ | PDF*m2*yr |
| ۸ | مسمومیت خاک | ۷٫۹۱e-۳ | PDF*m2*yr |
| ۹ | اسید زمینی / تغذیه | ۱٫۰٤ | PDF*m2*yr |
| ۱۰ | زمین | ۱٫۰۹ | PDF*m2*yr |
| ۱۱ | گرم شدن کره زمین | ۱ | kg CO2 eq |
| ۱۲ | انرژی غیر قابل تجدید | ۱ | MJ primary |
| ۱۳ | استخراج مواد معدنی | ۱ | MJ primary |

به منظور ارزیابی خطرات زیست محیطی ناشی از تولید کلزا در منطقه مورد مطالعه، مقدار این شاخص های زیست محیطی بر حسب ارزیابی خطرات در جدول (٥) مشاهده می شود. این مقادیر برای میانگین مصرف نهاده ها برای تولید یک کیلوگرم کلزا در منطقه می باشد.

جدول ۵- مقدار ارزیابی خطر مربوط به شاخص های زیست محیطی برای یک کیلوگرم دانه روغنی در کشت کلزا

| ردیف | بخش اثر | واحد | مقدار ارزیابی خطر |
|---|---|---|---|
| ۱ | مواد سرطان زا | DALY | ۲٫۵۳۰e-۹ |
| ۲ | غیر سرطان زا | DALY | -۵٫۷۰۰e-۸ |
| ۳ | مواد غیرآلی تنفسی | DALY | ۱٫۵٦۰e-۷ |
| ٤ | پرتوهای یونیزان | DALY | ۱٫۳۸۰e-۱۰ |
| ۵ | کاهش لایه ازن | DALY | ٤٫٤٤۰e-۱۱ |
| ٦ | مواد آلی تنفسی | DALY | ۱٫۲۸۰e-۱۰ |
| ۷ | مسمومیت آب‌ها | PDF*m2*yr | ۱٫۳۰۰e-٤ |
| ۸ | مسمومیت خاک | PDF*m2*yr | -۱٫۱۹٤e-۲ |
| ۹ | اسید زمینی/تغذیه | PDF*m2*yr | ۷٫۹۵۷e-۳ |
| ۱۰ | زمین | PDF*m2*yr | -٤٫۷٦۰e-۳ |
| ۱۱ | گرم شدن کره زمین | kg CO2 eq | ۲٫۵۷۸e-۱ |
| ۱۲ | انرژی تجدیدناپذیر | MJ primary | ۵٫۱۱۱ |
| ۱۳ | استخراج مواد معدنی | MJ primary | ۲٫٤۲۷e-۳ |

**نرمال سازی**

به منظور مقایسه شاخص‌های مختلف زیست محیطی لازم است تمام این شاخص ها با واحد یکسانی برآورد گردند. برای این منظور از ضرایب نرمال‌سازی استفاده می‌گردد و شاخص‌های نرمال شده بدون واحد برآورد می‌گردد.

نرمال‌سازی، محاسبه اهمیت نتایج شاخص‌ها در ارتباط با برخی اطلاعات مرجع است .توجه به نرمالسازی برای درک بهتر میزان ارتباط با نتایج شاخص سیستم تحت مطالعه است. به عبارت دیگر در این بخش اهمیت یا بزرگی شاخص‌های محاسبه شده با توجه به اطلاعات مرجع محاسبه می‌شود.

اطلاعات مرجع می‌تواند مربوط به تعداد افراد یک شهر، کشور و یا یک قاره شود. نرمالسازی، نتیجه شاخص را با تقسیم آن بر یک مقدار مرجع انتخاب شده تغییر می دهد. انتخاب سیستم مرجع بایستی با در نظر گرفتن سازگاری مقیاس‌های مکانی و زمانی مکانیسم زیست محیطی و مقادیر مرجع انجام گیرد.

در مدل Impact 2002+ برای تبدیل مقادیر واقعی (Charactristics) اثرات زیست محیطی به مقادیر نرمال شده (Normalized) مربوط به شاخص های زیست محیطی از ضرایب خاصی استفاده می شود که این ضرایب از نرم افزار سیماپرو استخراج شده در و در جدول (٦) ارائه می شود.

جدول ٦- ضرایب تبدیل مقادیر واقعی (Charactristics) اثرات زیست محیطی به مقادیر نرمال شده (Normalized) مربوط به شاخص های زیست محیطی در مدل Impact 2002+

| ردیف | گروه اثر | نماد | واحد مقادیر واقعی | ضرایب تبدیل به خطر مدل ایمپکت |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | مواد سرطان زا | C | kg C2H3Cl eq | ۲٫۸۰e-٦ |
| ۲ | غیر سرطان زا | NC | kg C2H3Cl eq | ۲٫۸۰e-٦ |
| ۳ | مواد غیرآلی تنفسی | RI | kg PM2.5 eq | ۷٫۰۰e-٤ |
| ٤ | پرتوهای یونیزان | IR | Bq C-14 eq | ۲٫۱۰e-۱۰ |
| ٥ | کاهش لایه ازن | OLD | kg CFC-11 eq | ۱٫۰٥e-۳ |
| ٦ | مواد آلی تنفسی | RO | kg C2H4 eq | ۲٫۱۳e-٦ |
| ۷ | مسمومیت آب‌ها | AE | kg TEG water | ٥٫۰۲e-٥ |
| ۸ | مسمومیت خاک | TE | kg TEG soil | ۷٫۹۱e-۳ |
| ۹ | اسید زمینی / تغذیه | TA/N | kg SO2 eq | ۱٫۰٤ |
| ۱۰ | زمین | LO | m2org.arable | ۱٫۰۹ |
| ۱۱ | گرم شدن کره زمین | GWP | kg CO2 eq | ۱ |
| ۱۲ | انرژی تجدیدناپذیر | NRE | MJ primary | ۱ |
| ۱۳ | استخراج مواد معدنی | ME | MJ surplus | ۱ |

در جدول (۷) مقدار شاخص‌های زیست‌محیطی بصورت نرمال ارائه شده است. این شاخص ها برای گروه‌های اثر نهایی می باشد که شامل سلامت بشر، کیفیت اکوسیستم، تغییر آب و هوا و منابع می باشند.

جدول ۷- مقدار شاخص های زیست محیطی بصورت نرمال برای گروه‌های اثر نهایی

| گروه اثر | کل | سوخت دیزل | ماشین ها | کود N | کود(P205) | کود(K2O) | آمونیوم سولفات | پتاسیم سولفات | سموم | کود حیوانی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کل | ۱٫٤٥e-٥ | ۱٫۸۷e-٦ | ٥٫٤۸e-٦ | ۱٫۸۸e-٥ | ٤٫٥٤e-٦ | ۹٫۹٥e-۹ | ۱٫۱۲e-٦ | ۳٫۲٦e-٦ | ۳٫۷٦e-٦ | -۲٫٤۰e-٥ |
| سلامت بشر | -٦٫۳۰e-۷ | ۲٫۱۸e-۷ | ٥٫۷۷e-۷ | ۷٫۱۷e-۷ | ۹٫۳٤e-۸ | ۱٫٦۲e-۱۰ | ۱٫٥۲e-۷ | ۷٫٥۳e-۷ | ۲٫٦٦e-۷ | -۳٫٤۰e-٦ |
| کیفیت اکوسیستم | ۳٫٦۱e-٥ | ۱٫٦٤e-٦ | ۳٫٦۹e-٦ | ۲٫۹٦e-٥ | ۲٫۳۹e-٦ | ۲٫۰۷e-۸ | ۸٫٤۹e-۷ | ۱٫۸۹e-٦ | ۲٫۱٦e-٦ | -٦٫۱۰e-٦ |
| تغییر آب و هوا | ۳٫۳٦e-٥ | ۱٫٤۹e-٥ | ۲٫۷۸e-٦ | ۱٫٥٥e-٥ | ۲٫۳۸e-٦ | ۲٫۲۰e-۸ | ۸٫٤٦e-۷ | ۱٫٥۹e-٦ | ۲٫٦٦e-٦ | -۷٫۱۰e-٦ |
| منابع | ۱٫٤٥e-٥ | ۱٫۸۷e-٦ | ٥٫٤۸e-٦ | ۱٫۸۸e-٥ | ٤٫٥٤e-٦ | ۹٫۹٥e-۹ | ۱٫۱۲e-٦ | ۳٫۲٦e-٦ | ۳٫۷٦e-٦ | -۲٫٤۰e-٥ |

## وزن دهی

برای اینکه بتوان شاخص های زیست محیطی را با واحد های مربوطه با یکدیگر جمع کرد و شاخص کلی برآورد کرد لازم است ضرایب وزنی برای این شاخص ها وجود داشته باشد. در مرحله انتهایی ارزیابی اثرات زیست محیطی این مرحله به منظور بی‌بعد کردن شاخص‌ها فراهم کردن امکان مقایسه آن‌ها و درک بهتر نتایج حاصل عمل وزن‌دهی انجام می‌شود. دراین مرحله شاخص یا نتایج نرمال شده با مولفه‌های انتخاب شده وزن‌دهی بی‌بعد می‌گردند. در مدل Impact 2002+ برای تبدیل مقادیر واقعی (Charactristics) اثرات زیست محیطی به مقادیر وزن دار شده (Weighted) مربوط به شاخص‌های زیست‌محیطی از فاکتورهای وزنی استفاده می‌شود که شاخص‌های وزن‌دار شده با واحد µPt برآورد می‌گردد. این فاکتورها از نرم‌افزار سیماپرو استخراج شده در و در جدول زیر ارائه می‌شود.

در جدول (۹) مقدار شاخص‌های زیست محیطی بصورت وزنی ارائه شده است. این شاخص‌ها برای گروه‌های اثر نهایی می‌باشد. بیشترین میزان آلایندگی مرتبط است با سه شاخص مواد غیرآلی تنفسی، گرم شدن کره زمین و مصرف انرژی غیرقابل‌تجدید است. در مرحله تولید تا مصرف بیشترین تاثیر را بر روی آلایندگی‌های منتشر شده از خود نشان داده‌اند. در شاخص گرمایش جهانی سهم کود شیمیایی نیتروژن به طور معناداری بیش از سایر نهاده‌ها می‌باشد. همچنین ماشین‌های کشاورزی، سایر کودهای شیمیایی سوخت دیزل و سموم شیمیایی بر روی شاخص گرمایش جهانی نقش به سزایی ایفا می کنند.

جدول ۸-ضرایب وزنی تبدیل مقادیر واقعی (Charactristics) اثرات زیست محیطی به مقادیر وزن دار شده (Weighted) در مدل Impact 2002+

| ردیف | گروه اثر | واحد مقادیر واقعی | ضرایب تبدیل به شاخص‌های وزن دار شده | واحد شاخص‌های وزن دار شده |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | مواد سرطان زا | kg C2H3Cl eq | ۳۹٤٫۸ | µPt |
| ۲ | غیر سرطان زا | kg C2H3Cl eq | ۳۹٤٫۸ | µPt |
| ۳ | مواد غیرآلی تنفسی | kg PM2.5 eq | ۹۸۷۰۰ | µPt |
| ٤ | پرتوهای یونیزان | Bq C-14 eq | ۰٫۰۲۹٦۱ | µPt |
| ٥ | کاهش لایه ازن | kg CFC-11 eq | ۱٤۸۰٥۰ | µPt |
| ٦ | مواد آلی تنفسی | kg C2H4 eq | ۳۰۰٫۳۳ | µPt |
| ۷ | مسمومیت آب‌ها | kg TEG water | ۰٫۰۰۳٦٦٤٦ | µPt |
| ۸ | مسمومیت خاک | kg TEG soil | ۰٫٥۷۷٤۳ | µPt |
| ۹ | اسید زمینی / تغذیه | kg SO2 eq | ۷٥٫۹۲ | µPt |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ۱۰ | زمین | m2org.arable | ۷۹٫۵۷ | µPt |
| ۱۱ | گرم شدن کره زمین | kg CO2 eq | ۱۰۱ | µPt |
| ۱۲ | انرژی غیر قابل تجدید | MJ primary | ٦٫۵۸ | µPt |
| ۱۳ | استخراج مواد معدنی | MJ surplus | ٦٫۵۸ | µPt |

جدول ۹– مقدار شاخص های زیست محیطی بصورت وزنی برای گروه‌های اثر نهایی

| گروه اثر | واحد | کل | سوخت دیزل | ماشین | کود N | کود(P205) | کود(K2O) | آمونیوم سولفات | پتاسیم سولفات | سموم | کود حیوانی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کل | µPt | ۸۳٫٦۳ | ۱۸٫٦۳ | ۱۲٫۵٤ | ٦٤٫٦۳ | ۹٫٤۱ | ۰٫۰۵ | ۲٫۹٦ | ۷٫٤۹ | ۸٫۸٤ | -٤۰٫۹۳ |
| سلامت بشر | µPt | ۱٤٫٤۸ | ۱٫۸۷ | ۵٫٤۸ | ۱۸٫۷٦ | ٤٫۵٤ | ۰٫۰۱ | ۱٫۱۲ | ۳٫۲٦ | ۳٫۷٦ | -۲٤٫۳۲ |
| کیفیت اکوسیستم | µPt | -۰٫٦۳ | ۰٫۲۲ | ۰٫۵۸ | ۰٫۷۲ | ۰٫۰۹ | ۰٫۰۰ | ۰٫۱۵ | ۰٫۷۵ | ۰٫۲۷ | -۳٫٤۱ |
| تغییر آب و هوا | µPt | ۳٦٫۱۳ | ۱٫٦٤ | ۳٫٦۹ | ۲۹٫٦۳ | ۲٫۳۹ | ۰٫۰۲ | ۰٫۸۵ | ۱٫۸۹ | ۲٫۱٦ | -٦٫۱٤ |
| منابع | µPt | ۳۳٫٦۵ | ۱٤٫۹۱ | ۲٫۷۸ | ۱۵٫۵۲ | ۲٫۳۸ | ۰٫۰۲ | ۰٫۸۵ | ۱٫۵۹ | ۲٫٦٦ | -۷٫۰٦ |

محمدی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیق خود با بررسی اثرات زیست محیطی در تولید دانه های روغنی در استان گلستان گزارش کردند که بیشترین میزان الایندگی مرتبط است با چهار شاخص مسمومیت آب‌های آزاد، نقصان مواد غیرآلی، پتانسیل گرمایش جهانی و مسمومیت آب‌های سطحی. ... در مرحله تولید تا مصرف بیشترین تاثیر را بر روی آلایندگی-های منتشر شده از خود نشان داده‌اند. در شاخص گرمایش جهانی سهم سوخت دیزل به طور معناداری بیش از سایر نهاده ها می‌باشد. همچنین کودهای شیمیایی مورد استفاده به ویژه کودهای نیتروژنه بر روی شاخص گرمایش جهانی نقش به سزایی ایفا کرده است.

در جدول (۱۰) مقادیر شاخص های زیست محیطی در تولید یک کیلوگرم دانه روغنی کلزا با استفاده از دو روش نرم افزار سیماپرو و استفاده از ضرایب ارائه شده است. همانطور که نتایج نشان می دهد نتایج بدست آمده از دو روش کاملا یکسان می باشد و این بیانگر این نکته است که با استفاده از ضرایب متناظر با نهاده های مصرفی در تولید محصولات کشاورزی و یا تولید محصولات دیگر می توان میزان انتشار آلاینده های زیست محیطی را بدون نیاز به نرم افزار سیماپرو محاسبه کرد.

جدول ۱۰- مقایسه نتایج حاصل از نرم افزار و نتایج بدست آمده از طریق ضرایب

| نهاده ها | ضرایب محاسبه شده | مقدار نهاده مصرف شده | مقدار محاسبه شده | داده های نرم افزار برای یک کیلو |
|---|---|---|---|---|
| کود N | ۱۳٦۳٫۹۱ | ۹۸٫٤۱ | ۱۳٤۲۲۲٫۲٥ | ۱۳٤۲۱۹٫٦٦ |
| کود(P205) | ٤٥۳٫۲۸ | ٤۳٫۱۰ | ۱۹٥۳٦٫٤۸ | ۱۹٥۳٦٫۱۰ |
| کود(K2O) | ۱٦۳٫۸۷ | ۰٫٦۷ | ۱۰۹٫۷۹ | ۱۰۹٫۷۹ |
| کود حیوانی | -۸٥٫٦۱ | ۹۹۲٫۸۳ | -۸٤۹۹٦٫۰٦ | -۸٤۹۹٤٫٤۲ |
| پتاسیم سولفات | ٦۰۱٫۲٥ | ۲٥٫۸۸ | ۱٥٥٦۰٫۲٤ | ۱٥٥٥۹٫۹٤ |
| آمونیوم سولفات | ٦٤۲٫٤۳ | ۹٫٥۸ | ٦۱٥٤٫٤٤ | ٦۱٥٤٫۳۲ |
| سموم | ٤۲۸۹٫٥۷ | ٤٫۲۸ | ۱۸۳٥۹٫۳۷ | ۱۸۳٥۹٫۰۲ |
| ماشین ها | ۱۹٥٦٫۳٦ | ۱۳٫۳۱ | ۲٦۰۳۹٫۱۸ | ۲٦۰۳۸٫٦۸ |
| سوخت دیزل | ٤۱۷٫۰۷ | ۹۲٫۷۷ | ۳۸٦۹۱٫۹۳ | ۳۸٦۹۱٫۱۹ |
| کل | - | - | ۱۷۳٦۷۷٫٦۳ | ۱۷۳٦۷٤٫۲۸ |

## نتیجه‌گیری

در این تحقیق وضعیت موجود در مصرف انرژی برای تولید کلزا در استان مازندران و تعیین میزان انتشار آلاینده های زیست محیطی حاصل از مراحل مختلف تولید مورد بررسی قرار گرفت؛ سپس ارزیابی چرخه زندگی محصول برای تخمین اثرات زیست محیطی در فرآیند تولید انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که نهاده‌های نیتروژن و سوخت دیزل مهمترین نهاده‌های مصرف‌کننده انرژی بودند. پس از تعیین میزان مصرف انرژی در تولید کلزا، با استفاده از قیمت نهاده های مورد استفاده و همچنین قیمت محصول، بهره‌وری اقتصادی برای تولید کلزا محاسبه شد. همچنین به منظور تعیین اثرات زیست‌محیطی از مدل Impact 2002+ در نرم افزار SimaPro استفاده شد و با توجه به ضرایب مربوطه، شاخص کلی انتشار آلاینده ها برای تولید کلزا محاسبه شد. از طرف دیگر با استفاده از ضرایب، تمامی شاخص‌های انتشار آلاینده‌های زیست محیطی محاسبه گردیده و ارزیابی چرخه زندگی تولید کلزا بطور کامل انجام شده است. ارزیابی دو روش استفاده از نرم افزار و بکارگیری ضرایب نشان داد نتایج کاملا یکسان می باشد.

با توجه به اینکه ارزیابی اثرات زیست محیطی در این تحقیق تنها در مرحله تولید نهاده ها انجام شده است، بهتر است این ارزیابی برای مرحله استفاده از نهاده ها در مزرعه نیز صورت گیرد. همچنین با توجه به نتایج این تحقیق می توان پیشنهاد کرد ضرایب متناظر برای سایر نهاده های مصرفی در تولیدات کشاورزی نیز ارائه گردد و در نهایت با بومی سازی این ضرایب می توان مدلی بومی برای ارزیابی چرخه زندگی محصولات در ایران برای نرم افزار سیماپرو ارائه داد.

## منابع و مآخذ

1. Beheshti Tabar, I., Keyhani, A. & Rafiee, S. 2010. Energy balance in Iran's agronomy (1990-2006). Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, 849-855.
2. Bozoglu, M. & Ceyhan, V. 2009. Energy conversion efficiency of trout and sea bass production in the Black Sea, Turkey. Energy 34, 199-204.
3. Canakci, M. & Akinci, I. 2006. Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. Energy 31, 1243-1256.
4. Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I. & Ozmerzi, A. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya Region, Turkey. Energy Conversion and Management 46, 655-666.
5. Cederberg, C. & Mattsson, B. 2000. Life cycle assessment of milk production -- a comparison of conventional and organic farming. Journal of Cleaner Production 8, 49-60.
6. Cellura, M., Longo, S. & Mistretta, M. 2012. Life Cycle Assessment (LCA) of protected crops: an Italian case study. Journal of Cleaner Production 28, 56-62.
7. Ekvall, T. 1999. Key methodological issues for life cycle inventory analysis of paper recycling. Journal of Cleaner Production 7, 281-294.
8. Ghosh, N. 2004. Reducing Dependence on Chemical Fertilizers and its Financial Implications for Farmers in India. Ecological Economics 49, 149-162.
9. Harding, K.G., Dennis, J.S., von Blottnitz, H. &, Harrison, S.T.L. 2008. A life-cycle comparison between inorganic and biological catalysis for the production of biodiesel. Journal of Cleaner Production 16, 1368-1378.
10. Hart, A., Clift, R., Riddlestone, S. & Buntin, J. 2005. Use of Life Cycle Assessment to Develop Industrial Ecologies—A Case Study: Graphics Paper. Process Safety and Environmental Protection 83, 359-363.
11. Hokazono, S. & Hayashi, K. 2012. Variability in environmental impacts during conversion from conventional to organic farming: a comparison among three rice production systems in Japan. Journal of Cleaner Production 28, 101-112.
12. Iriarte, A., Rieradevall, J. & Gabarrell, X. 2010. Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. Journal of Cleaner Production 18, 336-345.
13. Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Mousazadeh, H. & Sefeedpari, P. 2013. Prognostication of environmental indices in potato production using artificial neural networks. Journal of Cleaner Production 52, 402-409.
14. Lal, R. 2004. Carbon emission from farm operations. Environment International 30, 981-990.
15. Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Keyhani, A., Mousavi-Avval, S.H. & Nonhebel, S. 2014. Energy use efficiency and greenhouse gas emissions of farming systems in north Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews 30, 724-733.
16. OECD. 2001. Improving The Environmental Performance of Agriculture: Policy Options And Market Approaches. Paris. OECD.
17. Rafiee, S., Mousavi Avval, S.H. & Mohammadi, A. 2010. Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy 35, 3301-3306.
18. Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T. et al., 2004. Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. Environment International 30, 701-720.
19. Safa, M., Samarasinghe, S. & Mohssen, M. 2011. A field study of energy consumption in wheat production in Canterbury, New Zealand. Energy Conversion and Management 52, 2526-2532.

20. Sheikh Davoodi, M.J. & Houshyar, E. 2009. Energy Consumption of Canola and Sunflower Production in Iran. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmantal Science 6, 381-384.
21. Singh, S., Singh, S., Pannu, C.J.S. & Singh, J. 1999. Energy input and yield relations for wheat in different agro-climatic zones of the Punjab. Applied Energy 63, 287-298.
22. Tahmasebi, P., Hezarkhani, A. 2012. A hybrid neural networks-fuzzy logic-genetic algorithm for grade estimation. Computers & Geosciences 42, 18-27.
23. Thomassen, M.A., van Calker, K.J., Smits, M.C.J., Iepema, G.L. & de Boer, I.J.M. 2008. Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. Agricultural Systems 96, 95-107.

# Energy and environmental life cycle assessment of canola production in Mazandaran province of Iran by applying two different approaches

## Abstract

The objectives of this study at the first step are to analyze energy consumption and economical profitability in canola production in Mazandaran province of Iran and then to investigate environmental emissions of the production using life cycle assessment methodology. At the next step, the corresponding coefficients are applied to investigate environmental indices in canola production. Required data were obtained through interviews with farmers in the counties of Sari, Neka and Behshahr in the province. For investigating environmental emissions Impact 2002+ was applied and a single score was obtained. Then the coefficients were applied. The results revealed that there was no difference between the two methods and the results was completely same.

**Keywords**: Life cycle assessment, Energy, Canola, Environmental index, Coefficient