

ردپای انرژی و آلاینده‌های ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی در تولید گندم تحت سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی در استان البرز

مهسا عباسی^۱، عادل طاهری حاجی‌وند*^۲، نیر اطمینان‌فر

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (A.taheri@tabrizu.ac.ir)

۳- دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی مکانیک بیوسیستم، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (N.etminanfar@tabrizu.ac.ir)

خلاصه

افزایش مصرف نهاده‌های شیمیایی و سوخت‌های فسیلی در کشاورزی، از عوامل اصلی تشدید فشار زیست‌محیطی در سامانه‌های تولید غلات است. این پژوهش با هدف بررسی ردپای انرژی و آلاینده‌های ناشی از مصرف نهاده‌ها در کشت گندم تحت دو سامانه خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی در استان البرز انجام شد. داده‌ها از طریق پرسش‌نامه میدانی و مصاحبه با کشاورزان گردآوری و با استفاده از شاخص‌های انرژی و مدل ارزیابی چرخه عمر در نرم‌افزار SimaPro (2002 IMPACT+) مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد سامانه مرسوم به دلیل مصرف بالاتر سوخت دیزل و کود نیتروژن، دارای انرژی ورودی به مراتب بیشتر و کارایی انرژی پایین‌تری نسبت به سامانه حفاظتی است. در مقابل، کاهش عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بهینه نهاده‌ها در سامانه حفاظتی موجب افزایش بهره‌وری انرژی و کاهش صدمات زیست‌محیطی گردید. اگرچه بر پایه واحد محصول، انتشار گازهای گلخانه‌ای در سامانه حفاظتی اندکی بیشتر بود، اما در شاخص‌های کیفیت اکوسیستم، سلامت انسان و مصرف منابع، عملکرد بهتری نشان داد. یافته‌ها اهمیت توسعه و ترویج سامانه‌های حفاظتی را به عنوان راهبردی پایدار برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و کنترل آلاینده‌ها در تولید گندم ایران تأیید می‌کند.

کلمات کلیدی: گندم، سامانه‌های خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی، ردپای انرژی، نهاده‌های شیمیایی، سوخت فسیلی، ارزیابی چرخه عمر، پایداری زیست‌محیطی.

۱. مقدمه

غلات از ارکان اصلی امنیت غذایی جهان محسوب می‌شوند و در میان آن‌ها، گندم مهم‌ترین غله راهبردی برای جوامع انسانی است. این محصول بیشترین سهم را در تأمین کالری و پروتئین روزانه مردم ایران دارد و به‌تنهایی حدود نیمی از پروتئین مصرفی خانوارهای ایرانی را فراهم می‌سازد [۱]. با وجود اهمیت این محصول، روند تولید گندم در کشور طی سال‌های اخیر

نوسان رو به کاهشی داشته که کمبود منابع آب و تشدید فشارهای اقلیمی از مهم‌ترین دلایل آن به‌شمار می‌روند [۲ و ۳]. پایداری تولید گندم مستلزم مدیریت صحیح نهاده‌ها و انتخاب شیوه‌های کشت کم‌مصرف و سازگار با محیط است. در این میان، خاک‌ورزی به‌عنوان یکی از مؤثرترین مؤلفه‌های فنی تولید، به‌طور مستقیم بر بهره‌وری انرژی و میزان مصرف نهاده‌های شیمیایی اثر می‌گذارد. روش‌های مرسوم خاک‌ورزی، با شخم‌زنی عمیق و عملیات مکرر آماده‌سازی زمین، اگرچه بستر مناسبی برای رشد گیاه فراهم می‌کنند، اما موجب افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، تخریب ساختار خاک و تشدید انتشار آلاینده‌ها می‌شوند [۴].

در برابر، سامانه‌های نوین مانند خاک‌ورزی حفاظتی و کم‌خاک‌ورزی با کاهش تردد ماشین‌آلات، حفظ بقایای گیاهی و مدیریت بهینه نهاده‌ها، علاوه بر صرفه‌جویی در انرژی، آثار منفی زیست‌محیطی را کاهش می‌دهند [۵ و ۶]. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های کشاورزی مستلزم استفاده از روش‌های جامع و داده‌محور است. یکی از رویکردهای کاربردی در این زمینه، ارزیابی چرخه حیات (Life Cycle Assessment, LCA) است که تمامی مراحل تولید محصول از تأمین نهاده‌ها تا برداشت را در بر می‌گیرد [۷ و ۸].

کاربرد LCA در کشاورزی امکان شناسایی منابع اصلی مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها را فراهم ساخته و به ارائه راهکارهایی برای بهبود پایداری تولید منجر می‌شوند [۹]. یکی از چالش‌های اصلی در فرآیند تولید محصولات کشاورزی، انتشار مستقیم و غیرمستقیم گازهای گلخانه‌ای نظیر دی‌اکسید کربن، متان و اکسید نیتروژن است که از مصرف سوخت‌های فسیلی و کودها ی نیتروژنه ناشی می‌شود [۱۰].

پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهند که کود نیتروژن و دیزل، دو منبع اصلی مصرف انرژی و ایجاد آلودگی در کشت گندم هستند [۱۱] لذا، تحلیل تطبیقی سامانه‌های مرسوم و حفاظتی از دیدگاه مصرف نهاده و بار زیست‌محیطی آن‌ها، برای شناسایی فرصت‌های کاهش انرژی و آلاینده‌ها ضرورت دارد.

با توجه به جایگاه ویژه گندم در امنیت غذایی و اهمیت روزافزون پایداری زیست‌محیطی در مدیریت منابع، این پژوهش به ارزیابی ردپای انرژی و آلاینده‌های ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی و سوخت در مزارع گندم تحت دو سامانه خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی در استان البرز می‌پردازد. به‌کارگیری مدل IMPACT 2002+ در نرم‌افزار SimaPro و تحلیل شاخص‌های انرژی در این مطالعه، زمینه‌ای برای ارائه راهکارهای عملی به منظور کاهش وابستگی به سوخت و نهاده‌های پر انرژی و بهبود کیفیت زیست‌محیطی تولید غلات در ایران فراهم می‌سازد.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ با هدف ارزیابی اثر مصرف نهاده‌های شیمیایی و سوخت بر ردپای انرژی و آلودگی زیست‌محیطی تولید گندم در دو سامانه خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی در استان البرز انجام شد. استان البرز با مساحت تقریبی ۵۸۳۳ کیلومتر مربع، کوچک‌ترین استان ایران است و در جنوب رشته‌کوه البرز مرکزی قرار دارد. این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک با سه تیپ کوهستانی، کوهپایه‌ای و دشتی بوده و طبق آمار سازمان جهاد کشاورزی، سالانه حدود ۱۰ هزار هکتار از اراضی آن به کشت گندم اختصاص می‌یابد. تنوع اقلیمی و الگوی مصرف انرژی در این استان، زمینه‌ی مناسبی برای مقایسه سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی فراهم می‌سازد.

اطلاعات مورد نیاز از سه منبع اصلی جمع‌آوری شد:

- ۱- پرسش‌نامه و مصاحبه میدانی با کشاورزان فعال در سامانه‌های مرسوم و حفاظتی و کارشناسان محلی برای تعیین مقادیر دقیق نهاده‌ها (بذر، کود، سوخت، عملیات ماشینی و عملکرد محصول).



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



معاونت انرژی و محیط زیست
وزارت صنعت، معدن و تجارت

- ۲- مطالعات اسنادی و گزارش های آماری شامل داده های وزارت جهاد کشاورزی، ترازنامه انرژی بخش زراعت، و منابع علمی داخلی و بین المللی مرتبط با ضرایب انرژی نهاده ها.

۳- پایگاه داده‌های انتشار آلاینده‌ها (Ecoinvent 3.7) در محیط نرم‌افزار SimaPro به منظور برآورد اثرات زیست‌محیطی نهاده‌های انرژی بر مانند کود نیتروژن، فسفات و سموم شیمیایی.

حجم نمونه کشاورزان با استفاده از فرمول کوکران و در سطح اطمینان ۹۵ درصد تعیین شد [۱۲]. داده‌های میدانی از ۴۰ مزرعه (۲۰ مرسوم، ۲۰ حفاظتی) به روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌بندی شده گردآوری شد تا تفاوت‌های محلی و مدیریتی در برآوردها لحاظ شود.

نهاده‌های مورد بررسی شامل نیروی انسانی، ماشین‌آلات، تراکتور، سوخت دیزل، برق، آب آبیاری، بذر، کودهای شیمیایی (نیتروژن و فسفات)، کود دامی و سموم شیمیایی بودند؛ ستانده‌ی اصلی عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار) محسوب شد. انرژی مصرفی بر اساس دو بخش اصلی تحلیل گردید:

- انرژی مستقیم: سوخت دیزل، نیروی انسانی، برق و آب آبیاری.
 - انرژی غیرمستقیم: انرژی نهفته در تولید کودها، سموم، بذر و ماشین‌آلات.
- مقادیر معادل انرژی برای هر نهاده از ضرایب معتبر منابع داخلی و بین‌المللی [۱۳] استخراج شد. برای ماشین‌آلات، روش [۱۴] مبنای محاسبه بود که عمر مفید، وزن، ساعات کارکرد و دفعات استفاده در واحد سطح را لحاظ می‌کند. در پایان، جمع انرژی ورودی (Ein) برابر با مجموع انرژی نهاده‌ها و انرژی خروجی (Eout) بر اساس ارزش گرمایی دانه گندم تعیین شد [۱۵].

برای تحلیل کارایی و ساختار مصرف انرژی، شاخص‌های زیر به کار رفت:

- نسبت انرژی (EUE): $Eout / Ein$
 - بهره‌وری انرژی (EP): عملکرد محصول (kg) به ازای واحد انرژی مصرفی (MJ)
 - شدت مصرف انرژی (EI): انرژی (MJ) به ازای هر کیلوگرم محصول
 - سود خالص انرژی (NE): $Eout - Ein$
- به منظور تحلیل منبع انرژی، نهاده‌ها همچنین در سه طبقه تجدیدپذیر، غیرتجدیدپذیر، مستقیم و غیرمستقیم تفکیک گردیدند.

برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید گندم از روش ارزیابی چرخه حیات (Life Cycle Assessment) طبق استاندارد ISO 14040 (2006) [۷] استفاده شد که شامل چهار گام اصلی است:

۱. تعیین هدف و دامنه مطالعه (واحد کارکردی و مرز سامانه)،
 ۲. تحلیل سیاهه چرخه عمر (LCI)،
 ۳. ارزیابی اثرات (LCIA)،
 ۴. تفسیر نتایج و حساسیت داده‌ها [۱۶].
- مرز سامانه در این پژوهش «دروازه مزرعه» تعریف شد، بدین معنا که تمام فرایندهای از ورود نهاده‌ها تا برداشت محصول شامل گردید. داده‌های مصرف نهاده‌ها، انتشار آلاینده‌ها و عملکرد محصول در نرم‌افزار SimaPro v9.0.0.29 و بر اساس روش IMPACT 2002+ (نسخه V2.15) پردازش؛ شاخص‌های گرمایش جهانی (GWP)، اسیدی‌شدن، مصرف منابع و تأثیر بر سلامت انسان محاسبه و مقایسه شدند.

۳. نتایج و بحث

داده‌های میدانی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ از مزارع گندم استان البرز نشان داد که ساختار مصرف انرژی و آلاینده‌های نهاده‌ها تفاوت محسوسی میان دو سامانه خاک‌ورزی دارد. در مجموع ۲۴۰ مزرعه تحت سامانه مرسوم و ۳۰ مزرعه در سامانه حفاظتی مورد بررسی قرار گرفتند؛ اختلاف تعداد مزارع به محدودیت اجرای کشاورزی حفاظتی در منطقه و پراکندگی بالای آن مربوط بود.

مصرف کل انرژی در سامانه مرسوم با 36670 MJ ha^{-1} به‌طور چشمگیری بیش از سامانه حفاظتی 17157 MJ ha^{-1} بود. با وجود عملکرد بالاتر در خاک‌ورزی مرسوم 5753 kg ha^{-1} در برابر 3807 kg ha^{-1} ، کاهش مصرف نهاده‌های پرا انرژی در روش حفاظتی موجب بهبود قابل توجه نسبت انرژی $(E_{out}/E_{in} \approx 2.84)$ در برابر 1.95 و ارتقای بهره‌وری انرژی شد. بررسی نسبت سهم نهاده‌ها نشان داد که کود نیتروژن و سوخت دیزل دو منبع اصلی مصرف انرژی‌اند. در سامانه مرسوم سهم کود نیتروژن $\approx 40\%$ و سوخت دیزل $\approx 26\%$ بود؛ در سامانه حفاظتی، سهم دیزل با کاهش $\approx 75\%$ و کود نیتروژن $\approx 54\%$ کاهش یافت. این کاهش منجر به افت مستقیم انرژی ورودی و کاهش ردپای گرمایش جهانی شد. بخش عمده انرژی مصرفی کودها و سوخت، متعلق به منابع غیرتجدیدپذیر بود؛ لذا کاهش آن‌ها در خاک‌ورزی حفاظتی به منزله انتقال سیستم به سمت مصرف انرژی تجدیدپذیرتر تلقی می‌شود.

جدول ۱- خلاصه شاخص‌های کلیدی انرژی و زیست‌محیطی در تولید گندم استان البرز

شاخص	واحد	سامانه مرسوم	سامانه حفاظتی	درصد تغییر (حفاظتی نسبت به مرسوم)	تفسیر و پیامد
انرژی ورودی (E_{in})	MJ ha^{-1}	55 645	17 236	-69%	کاهش وابستگی به نهاده‌های پرا انرژی (کود و سوخت)
انرژی خروجی (E_{out})	MJ ha^{-1}	52 228	50 963	-2%	عملکرد مشابه با صرف انرژی کمتر
نسبت انرژی خروجی/ورودی (ER)	MJ/MJ	0.94	2.96	+215%	بهبود بیش از سه برابر در بازده انرژی
بهره‌وری انرژی (EP)	kg MJ^{-1}	0.51	0.75	+47%	افزایش محصول به ازای واحد انرژی مصرفی
شدت مصرف انرژی (EI)	MJ kg^{-1}	1.95	1.02	-48%	کاهش شدت مصرف و افزایش پایداری
گرمایش جهانی (GWP)	$\text{kg CO}_2 \text{ eq ha}^{-1}$	900	882.5	-2%	کاهش جزئی انتشار مستقیم گازهای گلخانه‌ای
سلامت انسان ($\text{DALY} \times 10^{-3}$)	-	0.043	0.033	-23%	افت معنادار آسیب‌های بهداشتی ناشی از نهاده‌ها
تخریب اکوسیستم ($\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr} \times 10^3$)	-	224	182	-19%	بهبود کیفیت زیستی و کاهش تخریب زیست‌بوم
کاهش منابع طبیعی (MJ primary)	MJ	5230	3291	-37%	کاهش مصرف منابع فسیلی و افزایش پایداری اکولوژیک

در ارزیابی شاخص‌ها، بهره‌وری انرژی (EP) در سامانه حفاظتی $0.22 \text{ MJ}^{-1} \text{ kg}$ و در مرسوم $0.15 \text{ MJ}^{-1} \text{ kg}$ بود. شدت مصرف انرژی (EI) به $4/58 \text{ MJ kg}^{-1}$ کاهش یافته و سود خالص انرژی (NE) از 516 به $320.38 \text{ MJ ha}^{-1}$ رسید که بیانگر بازده زیست‌محیطی بالاتر و وابستگی کمتر به منابع فسیلی است. تغییر نسبت انرژی مستقیم/غیرمستقیم نیز مشهود بود؛ در سامانه حفاظتی 48% Direct و 52% Indirect در برابر 47% و 53% در روش مرسوم. این جابجایی ضمن کاهش بار مصرف سوخت، سهم نسبی کود و برق را بهبود داد و توازن انرژی ورودی را اصلاح کرد.

تحلیل چرخه عمر (LCA) بر مبنای روش IMPACT 2002+ در SimaPro v9.0 نشان داد که شاخص گرمایش جهانی (GWP) برای هر تن گندم در سامانه مرسوم $900.04 \text{ kg CO}_2\text{eq}$ و در سامانه حفاظتی $917.75 \text{ kg CO}_2\text{eq}$ است؛ افزایش خفیف در سیستم حفاظتی نتیجه‌ی کاهش عملکرد محصول است نه افزایش مصرف نهاده. با این حال، مقایسه سایر رده‌های اثر نظیر سلامت انسان، کیفیت اکوسیستم و مصرف منابع بیانگر برتری آشکار سامانه حفاظتی بود.

کود نیتروژن بیشترین سهم را در اثرات اکوسیستمی و منابع داشت؛ انتشار مستقیم اکسید نیتروژن (N_2O) از مزرعه به شاخص گرمایش جهانی و اسیدی‌شدن خاک کمک می‌کرد. سوخت دیزل نیز در کاهش ذخایر منابع نفتی و تولید CO_2 معادل نقش پررنگی داشت. در مقابل، کاهش شدیدی در میزان مصرف سوخت و کود در سامانه حفاظتی باعث کاهش حدود $18-20\%$ در اثرات زیست‌محیطی کلی شد.

مقایسه تجمیعی شاخص‌ها نشان می‌دهد که خاک‌ورزی حفاظتی ضمن حفظ کارایی مزرعه، باعث کاهش ردپای انرژی، کاهش وابستگی به کود نیتروژن و سوخت دیزل، و بهبود کیفیت اکوسیستم و منابع طبیعی می‌شود. هرچند عملکرد فیزیکی محصول اندکی پایین‌تر است، اما از منظر زیست‌محیطی، این سامانه پایدارتر و سازگارتر با شرایط اقلیمی نیمه‌خشک البرز است. نتایج با مطالعات [۱۷] مطابقت دارد و تأیید می‌کند که جهت‌گیری پژوهش‌های آینده باید بر کاهش آلاینده‌های پراثری و بهینه‌سازی ردپای کربن در زراعت گندم کشور متمرکز باشد.

۴. نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف تحلیل ردپای انرژی و آلاینده‌های نهاده‌های شیمیایی و سوخت در مزارع گندم استان البرز انجام شد. یافته‌ها نشان داد که کود نیتروژن و سوخت دیزل اصلی‌ترین منابع مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها هستند. کاهش مصرف این نهاده‌ها در سامانه خاک‌ورزی حفاظتی به طور محسوسی سبب افزایش بازده انرژی، افت سهم منابع فسیلی و بهبود شدت اثرات زیست‌محیطی شد.

ارزیابی چرخه عمر (LCA) با روش IMPACT 2002+ نشان داد که سامانه حفاظتی نسبت به مرسوم، میانگین شاخص‌های گرمایش جهانی، سلامت انسان و تخریب اکوسیستم را بین ۲ تا ۲۰ درصد کاهش می‌دهد. هرچند عملکرد فیزیکی محصول کمی پایین‌تر بود، اما پایداری اکولوژیکی، توازن انرژی و کاهش هزینه تولید این کاهش را جبران می‌کند.

برآیند نتایج بیانگر آن است که ترویج کشاورزی حفاظتی می‌تواند راهبردی عملی برای کاهش ردپای کربن، مدیریت انرژی مزرعه، و ارتقای امنیت غذایی پایدار در مناطق نیمه‌خشک باشد. برای تحقق این هدف، اجرای سیاست‌های زیر توصیه می‌شود:

- توسعه آموزش‌های مزرعه‌ای برای بهینه‌سازی مصرف کود و سوخت؛
- حمایت از خرید ماشین‌آلات کم‌مصرف و خاک‌ورزی حداقل؛
- گنجاندن شاخص ردپای انرژی در ارزیابی‌های ملی کشاورزی؛
- پشتیبانی مالی و بیمه‌ای از کشاورزان حفاظتی جهت گسترش سطح زیرکشت پایدار.

۵. مراجع

- [۱] جلال کمالی، م. ر.، نجفی میرک، ت.، و اسدی، ه. (۱۳۹۱). گندم: راهبردهای تحقیقاتی و مدیریتی در ایران. کرج: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.
- [۲] بی نام (۱۳۹۷). چکیده نتایج طرح آمارگیری زراعت - ۱۳۹۷. تهران: سازمان برنامه و بودجه کشور، مرکز آمار ایران.
- [۳] بی نام (۱۴۰۰). چکیده نتایج طرح آمارگیری زراعت - ۱۴۰۰. تهران: سازمان برنامه و بودجه کشور، مرکز آمار ایران.
- [4] Kladvko, E. J. (2001). Tillage systems and soil ecology. *Soil and Tillage Research*, 61(1-2), 61-76.
- [5] Holland, J. M. (2004). The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: Reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103(1), 1-25.
- [6] Seitz, S., Goebes, P., Puerta, V. L., Pereira, E. I. P., Wittwer, R., Six, J., & Scholten, T. (2019). Conservation tillage and organic farming reduce soil erosion. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(1), 1-10.
- [7] ISO (2006). *Environmental Management – Life Cycle Assessment Principles and Framework (ISO 14040)*. Geneva: International Organization for Standardization.
- [8] Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., Schmidt, W-P., Suh, S., Weidema, B. P., & Pennington, D. W. (2004). Life cycle assessment: Part 1- Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment International*, 30, 701-720.
- [9] Abeliotis, K., Detsis, V., & Pappia, C. (2013). Life cycle assessment of bean production in the Prespa National Park, Greece. *Journal of Cleaner Production*, 41, 89-96.
- [10] Nikkhah, A., Emadi, B., & Firouzi, S. (2015). Greenhouse gas emissions footprint of agricultural production in Guilan province of Iran. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 12, 10-14.
- [۱۱] محمدی، س.، میسمی، م.، و عجب شیرچی، ی. (۱۳۹۵). الگوی مصرف انرژی در تولید گندم آبی در ایران. *شریه مکانیزاسیون کشاورزی*، ۳(۲).
- [12] Romero-Gómez, M., Suárez-Rey, E., Antón, A., Castilla, N., & Soriano, T. (2012). Environmental impact of screenhouse and open-field cultivation using life cycle analysis: Case study of green bean production. *Journal of Cleaner Production*, 28, 63-69.
- [13] Pishgar-Komleh, S. H., Ghahderijani, M., & Sefeedpari, P. (2012). Energy consumption and CO₂ emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. *Journal of Cleaner production*, 33, 183-191.
- [14] Kay, B. D., 1990. Rates of change of soil structure under different cropping systems. *advanced soil science*, 12, 1-52.
- [15] Beheshti Tabar, I., Keyhani, A., & Rafiee, S. (2010). Energy balance in Iran's agronomy (1990-2006). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 849-855.
- [16] Tong, R., Zhai, Y., & Li, X. (2015). An LCA-based health damage evaluation method for coal mine dust. *Veterinary Clinical Pathology: A Case-Based Approach*, 223-230.
- [17] Ghasemi-Mobtaker, H., Kaab, A., & Rafiee, S. (2020). Application of life cycle analysis to assess environmental sustainability of wheat cultivation in the west of Iran. *Energy*, 193, 116768.