# اثرات اکولوژیکی و اقتصادی تجهیز و نوسازی اراضی در تولید گندم آبی در استان همدان

**محمد عبدالملکی[1*]، فرشته یزدانی[2]**

۱- استادیار، ترویج و آموزش کشاورزی، گروه کشاورزی، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران

۲- کارشناسی ارشد، موسسه آموزش عالی عمران و توسعه، همدان، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: abdolmalekym3@gmail.com

(تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/٦/۲۳- تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/٦/۳۱)

## چکیده

**هدف اصلی این تحقیق بررسی اثرات اکولوژیکی و اقتصادی طرح تجهیز و نوسازی اراضی در تولید گندم آبی در استان همدان می باشد. به این منظور پایداری زیست‌محیطی تولید گندم با تحلیل ردپای اکولوژیکی (شاخص‌های انتشار کربن) و کارایی تولید آن با روش تحلیل پوششی داده ها سنجیده شد. جامعه آماری تحقیق متشکل از کشاورزان عضو تعاونی تولید کشاورزی در روستای خردمند در استان همدان است که در طرح تجهیز و نوسازی اراضی مشارکت داشته و گندمکارانی که در این طرح شرکت نکرده‌اند. حجم نمونه برای افراد مشارکت کننده ۷۳ نفر و برای افراد مشارکت نکرده ۷٤ می‌باشد. داده‌های تحقیق از طریق پرسشنامه به صورت مطالعه تک‌مقطعی و به روش تمام‌شماری گردآوری و با نرم افزارهایSPSS26 وDEAP2.1 تحلیل گردید. میانگین انتشار گازهای گلخانه تولید گندم برای کشاورزانی که در طرح شرکت کرده و کشاورزانی که شرکت نکرده‌اند به ترتیب ۷۷۸/۱۵ و ۱۰۰۳ $Co2\ eq\ ha^{-1}$ کیلوگرم بود. شاخص ردپای اکولوژیکی برای این دو گروه به ترتیب برابر ۲/۳۹ و ۲/٤٤ هکتار جهانی محاسبه گردید که در سطح ۰/۰۱ تفاوت معنی‌داری را نشان داد. براساس نتایج حاصل از تحلیل پوششی داده‌ها، میانگین کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی اراضی تجهیز شده، بترتیب معادل ۰/۸٦٦ ، ۰/۸۹۳ و ۰/۷۹۷ و در اراضی تجهیز نشده بترتیب ۰/۸٦۳ ، ۰/۸۸۹ و ۰/۷۹۱ محاسبه شد که بین این دو نوع از اراضی در سطح ۰/۰۱ تفاوت معنی‌دار نبود. براساس نتایج محاسبه شاخص های انتشار کربن، پایداری زیست‌محیطی اراضی تجهیز و نوسازی شده از وضعیت بهتری برخوردار می‌باشد.**

**واژه‌های کلیدی:** پایداری زیست محیطی، تحلیل پوششی داده‌ها، ردپای اکولوژیکی، کارایی تولید

**مقدمه**

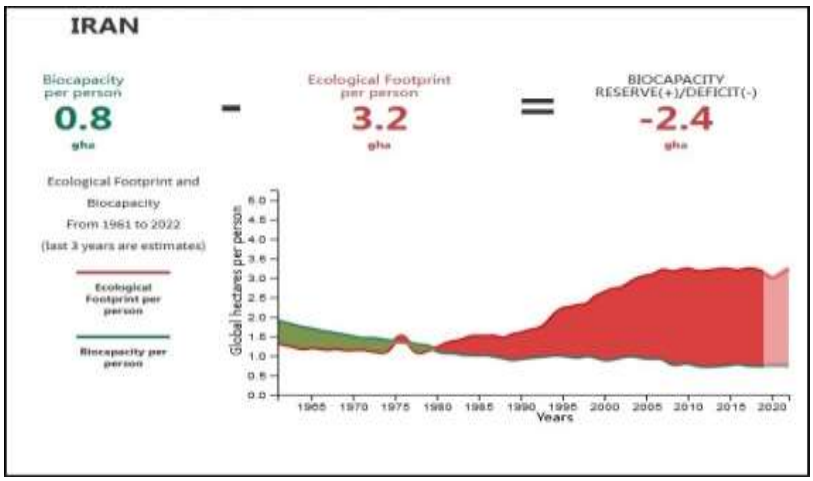
هر چند کشاورزی نقش بسیار مهمی در اقتصاد ایفا می‌کند، اما در کارآمد بودن این بخش برای کاهش فقر در مناطق روستایی، برقراری امنیت غذایی و وجود درآمد پایدار، برای کشاورزان و سایر مردم روستایی نگرانی‌هایی به و جود آمده است. این نگرانی‌ها به این دلیل است که محیط کشاورزی و مناطق روستایی با مشکلات بی‌سابقه زیست‌محیطی، به ویژه در طی دو دهه گذشته مواجه شده است(Bigdeli & Maleki, 2022). در ایران همانند سایر کشورهای در حال توسعه، کشاورزی یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی است که درصد قابل ملاحظه‌ای و بالایی از تولید و اشتغال ملی را در بر می‌گیرد (Ommani *et al.*, 2009). استفاده بی‌رویه از آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی در ایران، سبب آسیب شدید به منابع آب و خاک، کاهش قدرت عملکرد زمین، آلودگی محیطی، صدمه دیدن چرخه زیست‌محیطی طبیعت و مشکلات بهداشتی برای انسان، دام و طبیعت شده است ( Sharghi *et al.*, 2010). تخریب روز افزون منابع طبیعی و زیست محیطی، موید این حقیقت است که در طی چند دهه گذشته، توسعه به صورت موزون پیش نرفته و ادامه آن باعث ناپایداری و تشدید مخاطرات زیست محیطی خواهد شد. مجموع عوامل یاد شده باعث پررنگ شدن مباحث توسعه پایدار در ایران و به ویژه در بخش کشاورزی شده است.

بررسی منابع و تحقیقات نشان می‌دهد برای ارزیابی پایداری کشاورزی می‌بایست به چند اصل مهم و اساسی توجه کرد. بدین صورت که باید شاخص‌های مناسب و پوشش دهنده ابعاد مختلف پایداری کشاورزی را شناسایی کرد. Muller, (1998) بیان می کند که برای رسیدن به هدف پایداری باید بر دست‌یابی به خواسته‌های مورد نظر که به صورت گسترده‌ای در سیستم‌های اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیک (محیطی) گسترش یافته است، تمرکز کرد. به عقیده (Tatlidil *et al.*, 2009) پایداری از راه یکپارچه‌سازی فرآیند توسعه، از طریق سه بعد اقتصادی، اجتماعی و محیطی حاصل می‌شود.

با گسترش مفهوم توسعه پایدار در سطح جهان دانشمندان مدل‌های کمی و کیفی متعددی برای ارزیابی پایداری سیستم‌های کشاورزی و اثرات زیست‌محیطی مخرب آنها در سطح مزرعه ارائه نموده اند. یک روش اندازه‌گیری پایداری و از مهمترین مدل‌های کمی، شاخص ردپای اکولوژیک می باشد. مفهوم ردپای اکولوژیک برای نخستین بار به وسیله پروفسور ریز و وا کرنا گل در اوایل دهه ۹۰ و در دانشگاه بریتیش کلمبیا مطرح شد(Rees, 2000). ردپای اکولوژیکی به عنوان ابزار موثر همگانی برای بالا بردن آگاهی عمومی فشار محیطی ناشی از تولید و مصرف شناخته می‌شود. به صورت عمومی به عنوان مقیاسی از مقدار زمین مولد اکولوژیکی و آب مورد نیاز برای تأمین یک فعالیت خاص با منابع مصرف شده و کربن دی اکسید تعریف می‌شود ( Fang *et al.*, 2014). این شاخص میتواند مقدار زمین مورد نیاز برای تولید محصولات مصرفی از کاربریهای مختلف و همچنین زمین مورد نیاز برای دفع زائدات هر کدام از این کاربریها را پیش بینی کند( Habibi *et al.*, 2018). براساس آمارهای موجود تا پیش از سال ۱۹۷۰، میزان ردپای اکولوژیک کره

زمین کمتر از ظرفیت زیستی زمین بوده و از سال ۱۹۷۱ میزان ردپا از ظرفیت زیستی زمین فراتر رفته است. اکنون سرانه ظرفیت زیستی جهان ۱/۵ هکتار و سرانه ردپای ساکنان کره زمین ۲/٦ هکتار است. در ایران نیز، ردپای اکولوژیک از سرانه زیستی آن بسیار بزرگتر است که این امر نشان دهنده مصرف بیش از اندازه منابع و وابستگی به منابع دیگر مناطق جهان برای تأمین نیازهای بوم شناختی ساکنان است. با توجه به آمارهای سری زمانی، با وجود آنکه ظرفیت زیستی در ایران از سال ۱۹٦۱ تا به امروز، روند کاهنده اندکی داشته، اما مقدار ردپای اکولوژیک، روند فزاینده پرشتابی را دنبال می‌کند، این امر موجب شده از سال ۱۹۸۰ به بعد، مقدار ردپای اکولوژیک ایران بیش از ظرفیت زیستی شده و کسری اکولوژیک در کشور رخ دهد. شکل ۱ روند افزایش ردپا و کاهش ظرفیت زیستی را در ایران نشان می‌دهد( Data Footprint Network, 2023).

.




**شکل ۱- نمودار مقدار ظرفیت زیستی و ردپای اکولوژیک در ایران (۲۰۲۲-۱۹٦۱)** (Data Footprint Network, 2023).

از طرفی، بدلیل کاربرد بی رویه و نادرست نهاده-های کشاورزی، این بخش اقتصادی به بخش مصرف‌کننده انرژی تبدیل شده است ( Dekamin, 2021). کنترل مصرف انرژی، افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و افزایش کارایی کاربرد نهاده ها از اجزاء مهم اقدام در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. استفاده کارآمد از نهاده ها سبب کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی، صرفه‌جویی‌های اقتصادی و افزایش سودآوری تولیدات کشاورزی خواهد شد و یکی از اصول کشاورزی پایدار است (Mobtaker *et al.*, 2012).

کارایی یکی از شاخص های مهم جهت ارزیابی کمی فعالیت های اقتصادی است که به نسبت‌های ورودی و خروجی یک سیستم اقتصادی مربوط می‌شود. کارایی اقتصادی به‌عنوان درجه موفقیت بهره‌بردار در حداقل کردن هزینه تولید میزان معینی از محصول بیان می شود که شامل دو بخش تخصیصی یا قیمتی و فنی یا تکنیکی است( Farrell, 1957). در این راستا، ابزار تحلیل پوششی داده‌ها یکی از شیوه‌های مفید مدیریت و ابزار خوبی برای تعیین کارایی واحدهای تصمیم‌گیری می‌باشد(Wang *et al.*, 2005). در زمینه ارزیابی

های اکولوژیکی و اقتصادی تولید در نظام های کشاورزی با استفاده از ردپای اکولوژیک و تحلیل پوششی داده ها، مطالعات چندی انجام شده که در اینجا به برخی از این مطالعات که به موضوع پژوهش حاضر نزدیکتر هستند اشاره می‌شود:

نتایج مطالعه (Esfahani *et al.*, 2017) در زمینه "کارایی و پایداری تولید ذرت علوفه‌ای با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و ردپای اکولوژیکی چند کارکردی در شهرستان سرایان" نشان داد شاخص ردپای کربن در شرایط جاری و بهینه تولید به ترتیب معادل ۰/۸۳ و ۰/۹۵ هکتار جهانی بود که در آن الکتریسیته و کود حیوانی به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را داشتند. نتایج تحقیق ( Coelli *et al.*, 2002) با عنوان "بررسی کارایی فنی، تخصیصی، هزینه و مقیاس برنج کاران بنگلادشی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها" نشان داد میانگین کارایی‌های فنی، تخصیصی، هزینه و مقیاس برای فصل خشک به ترتیب ٦٩/٤، ٨١/٣، ٥٦/٢، ٩٤/٩ درصد بوده و مهمترین مولفه‌های تأثیرگذار بر ناکارایی تخصیصی به‌کارگیری بیش از حد نیروی کار و کود می‌باشد. در مطالعه ( Abdolmaleky *et al.*, 2022) با عنوان "ارزیابی پایداری زیست محیطی: تولید سیب زمینی در غرب ایران" نتایج نشان داد که رد پای اکولوژیکی غیر مستقیم ۰/۵۷ هکتار جهانی و شاخص ردپا بر حسب مصرف انرژی ۳/۰٦ بوده است. عوامل بذر، گازوییل و کودهای نیتروزنه بترتیب بیشترین تاثیر را در پایداری زیست محیطی داشته اند. ( Rezaei *et al.*, 2019) در مطالعه‌ای با عنوان " بررسی پایداری تولید سیب زمینی و خیار با روش ردپای اکولوژیک در شهرستان بهار " نشان دادند برای کشت سیب-زمینی مصرف زیاد بذرهای محلی بجای بذور اصلاح شده، گازوئیل و کود (ازت) باعث آلودگی-های زیست محیطی شده است. همچنین در مطالعه (Dekamin, 2021) تحت عنوان "هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی سیب زمینی در استان همدان" کارایی و بهره‌وری مصرف انرژی بترتیب برابر ۲/٦٥ و ۰/٧٤ محاسبه شد. در مطالعه مصرف انرژی تولید پنبه در ترکیه، کارایی و بهره‌وری مصرف انرژی بترتیب برابر ۰/٧٤ و ۰/۰٦ کیلوگرم کتان برای مصرف یک مگاژول انرژی محاسبه شد( Yilmaz, 2005).

زمین مانند نیروی کار و آب از مهمترین عوامل تولید محصولات کشاورزی است. اما در حال حاضر پراکندگی و قطعه قطعه بودن و اندازه نامتناسب بسیاری از اراضی کشاورزی یکی از مسایل و مشکلاتی است که کشورهای مختلف جهان، حتی کشورهای پیشرفته نیز با آن مواجه می‌باشند و یکی از موانع جدی توسعه کشاورزی محسوب می‌گردد ( Kalantari & Abdollahzadeh, 2008). روشن است که کوچکی و پراکندگی اراضی مانعی در استفاده از آب، زمین، نیروی انسانی و دیگر عوامل موثر در تولید کشاورزی می-باشد (Blarel *et al.*, 1992). یکی از اقدامات اساسی در راستای بکارگیری موثر و کارامد عوامل تولیدی در کشاورزی اجرای طرح تجهیز و نوسازی اراضی[1]است. تجهیز و نوسازی اراضی به مجموعه فعالیت‌هایی گفته می‌شود که به توسعه و بهبود وضعیت زیربنایی واحد مزرعه منجر شود. این اقدامات به شکل یکپارچه‌سازی اراضی، احداث شبکه فرعی آبیاری، شبکه زهکشی سطحی و در

[1] On Farm Development

صورت لزوم زهکشی زیرزمینی، جاده‌های دسترسی، سرویس و راه‌های بین مزارع می‌باشد که با این اقدامات زیربنایی سهولت در فعالیت کشاورزی و زمینه تولید بیش‌تر محصول فراهم می‌گردد. به عبارت ساده‌تر الگویی که در اجرای طرح تجهیز و نوسازی مد نظر می‌باشد آماده کردن زمین به نحوی است که موجب حداقل هزینه و کمترین نیروی صرف شده جهت کاربرد ماشین‌آلات در کار زراعت گردد (Sobhanipor, 1996). طرح تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی به عنوان یک طرح ملی برای احیاء اراضی کشاورزی ایران و برای کمک به بهره‌وری و کارایی نظام‌های بهره‌برداری طراحی شده است. در این راستا در روستای خردمند از سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ (اولین سال شروع طرح) تا سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ قریب به ۹۰۰ هکتار در قالب ۲ طرح و با اعتباری نزدیک به ۱/۵ میلیارد تومان تحت پوشش این طرح قرار گرفته‌اند. کل سطح زیر کشت گندم این روستا ۵۶۰ هکتار و تعداد کل گندم‌کاران (آبی و دیم) ۱۴۷ نفر است که از این تعداد ۷۳ نفر در طرح تجهیز و نوسازی شرکت کرده و ۷۴ نفر نیز در آن مشارکت نداشته‌اند(Anonymous, 2020). با توجه به اجرای نسبتا گسترده این طرح در روستای خردمند و نیز عدم انجام پژوهش در خصوص تاثیر این طرح بر ابعاد محیطی و اقتصادی تولید گندم در منطقه مورد مطالعه، هدف این پژوهش بررسی تطبیقی اثرات تجهیز و نوسازی اراضی بر پایداری زیست محیطی و کارایی تولید محصول گندم آبی در روستای خردمند است. برای این منظور پایداری زیست محیطی تولید این محصول با بهره گیری از شاخص ردپای اکولوژیک و کارایی (فنی، تخصیصی و اقتصادی) آن نیز با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها بعنوان ابزاری مناسب برای تعیین کارایی واحدهای تولیدی، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق بر اساس هدف کاربردی، بر اساس نحوه گردآوری داده‌ها پیمایشی و بر اساس زمان مقطعی است. جامعه آماری تحقیق مشتمل بر کشاورزان عضو تعاونی تولید کشاورزی در روستای خردمند استان همدان است که در طرح تجهیز و نوسازی اراضی مشارکت داشته‌اند و گندمکارانی که در طرح تجهیز و نوسازی شرکت نداشته‌اند. حجم نمونه برای افراد مشارکت کننده ۷۳ نفر و برای افراد مشارکت نکرده ۷۴ نفر می‌باشد بنابراین از روش تمام شماری برای تعیین حجم نمونه استفاده شده است. ابزار گردآوری این تحقیق پرسشنامه می باشد. دادهای جمع آوری شده بوسیله نرم افزارهای DEAP2.1، Excel و SPSS26 تجزیه و تحلیل شدند. در این تحقیق با هدف مطالعه ابعاد اکولوژیکی و اقتصادی تولید گندم آبی در منطقه مورد مطالعه، از تحلیل ردپای اکولوژیکی و تحلیل کارایی استفاده گردید. تحلیل ردپای اکولوژیکی با استفاده از شاخص های انتشار کربن و برای کارایی تولید، کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه گردید. جهت مقایسه میانگین متغیرهای پایداری زیست محیطی و کارایی تولید گندم در اراضی این دو گروه از کشاورزان از آزمون T دو نمونه ای مستقل استفاده شد.

## سنجش پایداری سیستم‌های کشاورزی

به دلیل پیچیدگی مفهوم پایداری کشاورزی، بسیاری از صاحب نظران استدلال می‌کنند که کشاورزی پایدار به عنوان یک هدف، در برگیرنده دامنه زیادی از راهبردها است (Saltiel, 1994). از این‌رو، برای سنجش پایداری و عوامل موثر بر آن در فعالیت‌های کشاورزی، کارشناسان این فن شاخص‌ها و معیارهای متعددی را مطرح و مورد آزمون قرار داده‌اند(Hua-jiao *et al.*, 2007). یکی از روش‌های سنجش پایداری تحلیل ردپای اکولوژیکی است. تعبیر ردپای اکولوژیکی به عنوان شاخص پایداری، منجر به معرفی ایده‌ی " ظرفیت تحمّل " یا " ظرفیت برد" شده است. ظرفیت برد در بوم‌شناختی عبارت است از " حداکثر جمعیتی که زمین می‌تواند نیازهای آن‌ها را به طور نامحدود تامین کند"(McDonald *et al.*, 2004). در پاسخ به مباحث مربوط به ظرفیت تحمل، روش جای پای اکولوژیک، مقدار مصرف انسان‌ها از منابع زیستی و تولید پسماند را بر حسب نواحی اکوسیستم اختصاص داده شده، نشان می‌دهد و می‌تواند بعد از آن با ظرفیت تولیدی زیست کره در یک سال معین مقایسه شود (Wackernagel *et al.*, 2000). یک منطقه بر اساس میانگین بهره‌وری زمین مولد بیولوژیکی در یک سال معین، سنجیده می‌شود تا انواع مختلف کاربری زمین در سطح جهانی قابل مقایسه باشد. لذا منطقه‌ای ناپایدار در نظر گرفته می‌شود که ردپای اکولوژیکی آن بیش از ظرفیت زیستی‌اش در مقیاس جهانی باشد(Lim, 2020). ردپای اکولوژیکی فشار جمعیت و فرآیندهای صنعتی بر اکوسیستم را با محاسبه انرژی و مواد مورد استفاده در یک شهر، منطقه یا کشور تخمین می‌زند و بعنوان رهیافت و روشی برای تعیین میزان پایداری یا ناپایداری فعالیت‌ها، مناطق یا کشورها معرفی شده است(Toth *et al.*, 2018).

## تحلیل ردپای اکولوژیک

همانطور که گفته شد جهت ارزیابی پایداری زیست محیطی مزارع تولید گندم از تحلیل ردپای اکولوژیک بهره گرفته شد. در این تحلیل شاخص ردپای کربن ($EF_{co2}$)، میزان انتشار گازهای گلخانه-ای برحسب معادل کیلوگرم $CO_2$ و ردپای کربن براساس محصول بصورت زیر مورد سنجش قرار گرفتند:

### ۱–ردپای مستقیم و غیر مستقیم

ردپای اکولوژیک می‌تواند به مجموع زمین واقعی و مجازی که به صورت مستقیم و غیرمستقیم به تولید محصول مرتبط می‌شود و جهت جذب $CO_2$ تولید شده در طول دوره تولید محصول لازم است تعریف شود و به صورت رابطه ۱ بیان می‌شود (Cerutti *et al.*, 2013).

$$EF = EF_{real} + EF_{co2} \qquad (۱)$$

$EF_{real}$ نشان دهنده زمین تصرف شده در طول زمان بوسیله زمین‌های زراعی، ساختمان، مراتع و جنگل برای تولید محصول است که با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$EF\ direct = \sum_a A_a\ EQF_a \qquad (۲)$$

$A_a$ نشان دهنده میزان زمین تصرف شده نوع a (زراعی، جنگلی، مرتع، ساختمان) و $EQF_a$ ضریب تعادل متناظر با هر نوع زمین نوع a را نشان می‌دهد. ضریب تعادل بهره‌وری نسبی میان انواع پهنه زمین

و آب را نشان می‌دهد و با توجه به تفاوت پتانسیل بهره‌وری پهنه های مختلف زمین دارای مقدار متفاوت می‌باشد، برای نمونه زمین‌های زراعی در مقایسه با مراتع دارای فاکتور تعادل بزرگتر هستند زیرا بهره‌وری آنها نسبت به مرتع بالاتر است (Wackernagel *et al.*, 2005). ضرایب تعادل متناظر با هر نوع زمین در جدول ۱ ارائه شده است. $EF_{co2}$ نشان دهنده میزان جنگل لازم برای جذب دی اکسید کربن تولید شده در طول چرخه حیات تولید می‌باشد که به صورت رابطه ۳ محاسبه می-شود.

$$EF_{CO2} = M_{CO2}.\frac{1-FCO_2}{SCO_2} . EQF_f \qquad (۳)$$

$M_{co2}$ نشان دهنده میزان $CO_2$ در جریان تولید محصول، $F_{CO2}$ بخشی از $CO_2$ است که سالیانه توسط اقیانوس جذب می‌شود، $S_{CO2}$ نرخ جذب $CO_2$ توسط بیوماس بر مبنای ($Kg\ CO_2\ m^{-2}\ yr^{-1}$) و $E_QF_f$ نیز نشان دهنده ضریب تعادل متناظر با اراضی جنگلی می‌باشد (Huijbregts *et al.*, 2008). پارامترهای انجام محاسبات رابطه ۳ نیز در جدول ۱ آمده است. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بر حسب معادل $CO_2$ با استفاده از ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های کشاورزی سنجیده شد که در جدول ۲ ارائه شده اند.

**جدول ۱- پارامتر های محاسبات ردپای زیست محیطی** (Wackernagel *et al.*, 2005)

| پارامتر | مخف | واحد | ارزش |
|---|---|---|---|
| فاکتور هم‌ارزی جنگل | $EqF_f$ | - | ۱/٤ |
| عامل هم‌ارزی منطقه ساخته‌شده | $EqF_b$ | - | ۲/۲ |
| عامل هم‌ارزی گندم‌زار اولیه | $EqF_c$ | - | ۲/۲ |
| عامل هم ارزی برق آبی | $EqF_h$ | - | ۱ |
| عامل هم‌ارزی مرتع | $EqF_p$ | - | ۰/۵ |
| عامل هم‌ارزی ناحیه دریایی | $EqF_p$ | - | ۰/٤ |
| کسر $CO_2$ جذب‌شده توسط اقیانوس | $FCO_2$ | - | ۰/۳ |
| نرخ تجزیه $CO_2$ | SCO2 | $Kg\ co_2\ m^{-2}\ gr^{-1}$ | ۰/٤ |
| شدت انتشار سوخت فسیلی $CO_2$ | $ICO_2$ | $Kg\ co_2\ Mj^{-1}$ | ۰/۰۰۷ |

**جدول ۲- ضریب انتشار گاز گلخانه‌ای نهاده‌های کشاورزی**

| ورودی | واحد | ضریب انتشارگاز گلخانه‌ای ($kg\ co_2\ unit^{-1}$) | منبع |
|---|---|---|---|
| ماشین | GJ | ۷۱ | Dyer and Desjardins, 2006 |
| موتور دیزل | L | ۲/۷٦ | Dyer and Desjardins, 2003 |
| نیتروژن | Kg | ۱/۳ | Lal,2004 |
| فسفات | Kg | ۰/۲ | Lal,2004 |
| پتاسیم | Kg | ۰/۲ | Lal,2004 |
| حشره‌کش | Kg | ۵/۱ | Lal,2004 |
| قارچ‌کش | Kg | ۳/۹ | Lal,2004 |
| علف‌کش | Kg | ۳/۹ | Lal,2004 |
| الکتریسته | kwh | ۰/٦۰۸ | Khodi and Mousavi, 2009 |

## ۲-ردپای کربن براساس میزان محصول

در این روش ردپای اکولوژیکی براساس محصول برحسب رابطه ٤ برآورد می‌شود:

$$EP_t = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{(P_i)(PP\times PC)}{C_o}\right) \quad (٤)$$

$$EP_t = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{(Pi)(PP \times PC)}{Co}\right)$$

در این رابطه: $EP_t$: شاخص ردپای اکولوژیکی محصول بر حسب هکتار جهانی؛ $P_i$: میزان محصول بر حسب تن؛ PP: درصد زغال سنگ بازدهی شده توسط گیاهان معادل (۰٪/۳۱٤) بر حسب گرم؛ PC: درصد کربن موجود در زغال سنگ (۰٪/۸۵) بر حسب گرم؛ $C_o$: توانایی یک هکتار زمین در جذب کربن بر حسب تن (۱/۸ تن).

## تحلیل کارایی: فنی، تخصیصی و کل

کارایی را می‌توان توانایی یک بنگاه در به دست آوردن حداکثر ستانده از یک مجموعه نهاده معین با فرض فناوری معلوم و یا توانایی یک بنگاه برای تولید بازده معین با حداقل مجموعه نهاده‌های در دسترس تعریف کرد که شامل دو بخش تخصیصی یا قیمتی و فنی یا تکنیکی است(Farrell, 1957). تحلیل پوششی داده‌ها یکی از شیوه‌های مفید مدیریتی و ابزار خوبی برای تعیین کارایی و مقایسه بنگاه‌های مختلف اقتصادی است. در مدل‌های سنتی (متداول)، فرض بر این است که اطلاعات مربوط به همه نهاده‌ها و ستانده‌ها کاملاً شناخته شده، قطعی و دقیق است، اما این فرض در دنیای واقعی ممکن است درست نباشد. تحلیل پوششی با داده‌های قطعی (کلاسیک)، شامل مدل‌های CCR و Bcc می‌باشد. اما از آنجا که در بخش‌های مختلف اقتصادی (بویژه در کشاورزی) به دلیل وجود ریسک، تصمیم گیرنده با داده‌های غیردقیق روبه روست و یا به عبارت دیگر در شرایط نبود قطعیت قرار دارد، لذا به کارگیری روش تحلیل پوششی داده‌ها به صورت کلاسیک در چنین بخش‌های مناسب به نظر نمی‌رسد (Wang *et al.*, 2005). فرم روش تحلیل فراگیر داده‌ها به دو صورت با نرخ بازدهی به مقیاس ثابت و متغیر وجود دارد که روش با فرض بازدهی به مقیاس ثابت به صورت زیر می‌باشد، این فرم تنها در صورتی قابل اعمال است که واحدها در مقیاس بهینه عمل نمایند (Charnes *et al.*, 1987; Necat & Alemder, 2006).

$$\min_{\theta\lambda}, \theta$$
$$\text{S.to:}$$
$$y_i + Y\lambda \geq 0$$
$$\theta x_i - X\lambda \geq 0$$
$$\lambda \geq 0$$

فرم روش تحلیل فراگیر داده‌ها وقتی نرخ بازدهی به مقیاس متغیر وجود داشته باشد، به صورت زیر می‌باشد: (Mojaverian, 2007).

$$\min_{\theta\lambda}, \theta$$
$$\text{St: } -y_{it} - Y\lambda \geq 0$$
$$\theta x_{it} - X\lambda \geq 0$$
$$N'\lambda = 1$$
$$\lambda \geq 0$$

در این‌جا فرض می‌شود k نهاده، M محصول و N تعداد منطقه مورد بررسی، $x_{it}$ نهاده برای منطقه i ام در زمان t؛ اطلاعات مربوط به همه مناطق به صورت K.NT یعنی ماتریس نهاده (X) و M.NT یعنی ماتریس محصول (Y) نشان داده می‌شود. بنابراین روش تحلیل پوششی داده‌ها نیاز به دو گروه متمایز مجموعه ورودی و خروجی می‌باشد. $\theta$ کارایی فنی با مقدار $0 \geq \theta \geq ۱$ می‌باشد که اگر این مقدار برابر یک باشد، نشان می‌دهد که منطقه روی مرز تولید است و $\lambda$، یک بردار $NT\times 1$

است که برداری از مقادیر ثابت می‌باشد. با برنامه‌ریزی خطی بایستی به حل NT و مقدار θ برای هر منطقه پرداخت؛ یعنی در این مدل لازم است n بار و هر مرتبه، برای یکی از مزرعه‌ها حل شود تا میزان کارایی(θ) برای هر مزرعه به دست آید.

## نتایج و بحث

### یافته‌های توصیفی

یافته‌ها حاکی از آن است که میانگین سنی پاسخ‌دهندگان در گروهی که در طرح تجهیز و نوسازی شرکت داشته‌اند ۵۳/۸۶ و در گروهی که در طرح شرکت نداشته‌اند ٤١/٥١ سال است. متوسط سرانه اراضی کشاورزی که در گروه اول ۱۱/۹٦ و در گروه دوم ۹/۱٦ هکتار است. جدول ۳ آمار توصیفی نمونه آماری مورد مطالعه را نشان می‌دهد .

**جدول ۳- آمار توصیفی پاسخگویان**

| در تجهیز و نوسازی شرکت کرده اند | | | | در تجهیز و نوسازی شرکت نکرده‌اند | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| متغیرها | میانگین | انحراف معیار | کمینه | بیشینه | متغیرها | میانگین | انحراف معیار | کمینه | بیشینه |
| سن (سال) | ۵۳/۸٦ | ۱۵/۲۳ | ۳۲ | ۹۰ | سن (سال) | ٤١/٥١ | ۷/۹۷ | ۲۷ | ۵۸ |
| سطح تحصیلات (سال) | ۲/٤۲ | ۱/۱۵ | ۱ | ۵ | سطح تحصیلات (سال) | ۲/۸۲ | ۰/۹۲۷ | ۱ | ۵ |
| تعداد فرزندان (نفر) | ۲/۳۳ | ۰/۷٦۵ | ۱ | ٦ | تعداد فرزندان (نفر) | ۲/۰٤ | ۰/٤۲۰ | ۱ | ۳ |
| سابقه کشاورزی (سال) | ۳۲/۷۸ | ۱۲/۸۹ | ۱۰ | ٦۲ | سابقه کشاورزی (سال) | ۲۲/۰۳ | ۹/۳۹ | ٦ | ۵۳ |
| میزان کل اراضی (هکتار) | ۱۱/۹٦ | ۸/٦۳ | ۱/۱۲ | ۳۳/٦ | میزان کل اراضی (هکتار) | ۹/۱٦ | ۵/٦۸ | ۲ | ۳۵ |
| مصرف کود اوره (کیلو گرم در هکتار) | ۵۰ | ۰/۰۰ | ۵۰ | ۵۰ | مصرف کود اوره (کیلو گرم در هکتار) | ۵٤/۰۵ | ۱۳/۷٤ | ۵۰ | ۱۰۰ |
| مصرف کود فسفات (کیلو گرم در هکتار) | ۱۰۰ | ۰/۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | مصرف کود فسفات (کیلو گرم در هکتار) | ۱۱۰/۱٤ | ۲۰/۲۳ | ۱۰۰ | ۱۵۰ |
| عمق چاه فعلی (متر) | ۱۰۳/۸۳ | ٦/۹۹ | ۱۰۰ | ۱۲۰ | عمق چاه فعلی (متر) | ۱۲۰/۳ | ۸/۳٦ | ۱۰۰ | ۱۳۰ |
| دبی چاه فعلی (اینچ) | ٤/۷۹ | ۱/۱۹ | ۳ | ٦ | دبی چاه فعلی (اینچ) | ٤/۰۹ | ۰/۹۵۳ | ۳ | ۵ |

### تحلیل پایداری: یافته های حاصل از محاسبه شاخص های انتشار کربن در اراضی کشاورزی تجهیز و نوسازی شده و اراضی تجهیز و نوسازی نشده

میزان انتشار گازهای گلخانه ای بر حسب معادل کیلوگرم $CO_2$ برای اراضی تجهیز و نوسازی شده و

تجهیز و نوسازی نشده در جدول ٤ ارائه شده است. بر اساس نتایج این جدول میانگین انتشار گازهای گلخانه تولید گندم در یک هکتار اراضی تجهیز و نوسازی شده معادل ۷۷۸/۱۵ کیلوگرم است. همچنین به طور متوسط ۰/۱۹ هکتار زمین بهره ور جهانی لازم است تا آلاینده های تولید شده در اثر کاشت یک هکتار گندم را جذب کند (ردپای کربن تولید یک هکتار گندم) و در صورتی که میزان تولید به عنوان واحد عملکردی در نظر گرفته شود می‌توان چنین گفت که به ازاء تولید یک تن گندم در اراضی تجهیز و نوسازی شده به طور متوسط ۰/۰٦ هکتار زمین بهره ور جهانی نیاز است تا گازهای گلخانه ای ایجاد شده ناشی از تولید آن را جذب کند. بعلاوه نتایج جدول نشان می دهد که میانگین انتشار گازهای گلخانه‌ای در اراضی تجهیز و نوسازی نشده ۱۰۰۳ کیلوگرم $CO_2$ در هکتار می‌باشد که حدود ۲۱۲ کیلوگرم بیش از اراضی است که در آن تجهیز و نوسازی انجام شده است.

در این اراضی به طور متوسط ۰/۲۵ هکتار زمین بهره ور جهانی لازم است تا آلاینده های تولید شده در اثر کاشت یک هکتار گندم را جذب کند (ردپای کربن تولید یک هکتار گندم). همچنین نتایج محاسبه ردپای کربن برای تولید یک تن محصول نشان می‌دهد که برای جذب گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در اثر تولید یک تن گندم، ۰/۰۱ هکتار زمین بهره وری جهانی بیشتری نسبت به اراضی تجهیز و نوسازی شده نیاز است و در صورتی که این عدد در مقدار کل گندم تولید شده در این اراضی ضرب شود رقم قابل توجهی خواهد بود. یافته ها نشان داد که ردپای کل تولید یک هکتار گندم در اراضی تجهیز و نوسازی نشده بیش از رد پای کل اراضی است که تجهیز و نوسازی انجام داده‌اند. نتایج محاسبه همه این شاخص‌ها نشان دهنده پایداری زیست محیطی بیش‌تر تولید گندم در اراضی است که تجهیز و نوسازی شده اند

**جدول ٤- میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برحسب معادل $co_2$ و ردپای اکولوژیک در اراضی تجهیز و نوسازی شده و تجهیز نشده**

| | | $co_2/ha^{-1}$ | رد اکولوژیکی کربن $ha^{-1}$ | رد پای کربن تولید محصول | رد پا کل |
|---|---|---|---|---|---|
| اراضی تجهیز شده | میانگین | ۷۷۸/۱۵ | ۰/۱۹ | ۰/۰٦ | ۲/۳۹ |
| اراضی تجهیز نشده | میانگین | ۱۰۰۲/۹۵ | ۰/۲۵ | ۰/۰۷ | ۲/٤٥ |

یافته‌های این بخش از تحقیق با نتایج مطالعات (Zurong & Jing, 2010)، (Lewan & Simmons, 2001)، (Bosshaq et al., 2012) و (Mahdavi Damqani *et al.*, 2006) مطابقت دارد.

## تحلیل کارایی: یافته های حاصل از محاسبه کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی

جهت تحلیل کارایی تولید گندم آبی در منطقه مورد مطالعه، سه معیار کارایی فنی، تخصیصی و اقتصادی محاسبه وسنجیده شد که نتایج آن در خروجی نرم افزار DEAP1.2 در جدول ٥ آمده است. بر اساس نتایج این جدول در گروه اراضی تجهیز و نوسازی شده، میانگین کارایی فنی حدود ۰/۸٦٦۷ و میزان

عدم کارایی فنی در این حالت معادل ۰/۱۳۳۳ است و میانگین کارایی تخصیصی معادل ۰/۸۹۳۰ و میزان ناکارایی فنی در این حالت ۰/۱۰۷است. در گروه تجهیز و نوسازی نشده میانگین کارایی فنی حدود ۰/۸٦۳۸ و میزان عدم کارایی فنی در این حالت معادل ۰/٦۱۳ ۰/۱۳٦۲ است و میانگین کارایی تخصیصی معادل ۰/۸۸۹٦ و میزان ناکارایی تخصیصی در این حالت ۰/۱۱۰٤ است.

.

**جدول ۵- محاسبه کارایی تخصیصی ، کارایی فنی و کارایی کل**

| تجهیز و نوسازی شرکت کرده اند | | | تجهیز و نوسازی شرکت نکرده‌اند | | |
|---|---|---|---|---|---|
| کارایی | میانگین | انحراف معیار | کارایی | میانگین | انحراف معیار |
| کارایی تخصیصی | ۰/۸۹۳۰ | ۰/۱٦٦۰۷ | کارایی تخصیصی | ۰/۸۸۹٦ | ۰/۱٦۷۰۱ |
| کارایی فنی | ۰/۸٦٦۷ | ۰/۱٦۳٤۰ | کارایی فنی | ۰/۸٦۳۸ | ۰/۱٦۳۲٤ |
| کارایی کل | ۰/۷۹۷۰ | ۰/۲٤۹۷۷ | کارایی کل | ۰/۷۹۱۳ | ۰/۲۵۱۳۰ |
| جمع | ۷۳ | | جمع | ۷٤ | |

در مورد کارایی تخصیصی بدلیل آنکه محصول تولیدی عمدتا توسط دولت خریداری شده و به نوعی در خارج از قیمت تضمینی خرید و فروش چندانی صورت نگرفته است لذا انجام طرح طبیعتاً تأثیری در کارایی نداشته است. در نهایت با توجه به میانگین کارایی در هر دو حالت یعنی هم بازدهی ثابت و هم بازدهی متغیر، کشاورزانی که در طرح تجهیز و نوسازی شرکت کرده‌اند نسبت به کشاورزانی که در این طرح شرکت نداشته‌اند کاراتر می‌باشند. در این راستا (Piesse & Thirtle, 2000)، (Bateese & Coelli, 1995) و (Odeck, 2009) نیز در مطالعات خود به نتایج مشابهی دست یافتند.

## تحلیل استنباطی: مقایسه میانگین ردپای اکولوژیکی و کارایی بین دو گروه اراضی تجهیز و نوسازی شده و اراضی تجهیز و نوسازی نشده

در این بخش با رویکرد آزمون T دو نمونه ای مستقل به مقایسه دو گروه شرکت کننده در طرح تجهیز و نوسازی و گروهی که در این طرح شرکت نکرده اند پرداخته شد که نتایج آن در جدول ٦ ارائه شده است. نتایج جدول نشان می دهد ردپای مزارع تجهیز نشده بیشتر از ردپای مزارع تجهیز شده بوده است و با توجه به مقدار آزمون T و سطح معنی‌داری ۰/۰۱ از نظر میانگین ردپای کل بین مزارع دو گروه گندمکاران تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همانطور که نتایج حاصل از تحلیل پایداری نشان داد این آزمون نیز نشان از پایداری زیست محیطی بیش‌تر تولید گندم آبی در اراضی تجهیز و نوسازی شده است. همچنین با توجه به مقدار آماره T و سطح معنی‌داری ۰/۸۹۱ از نظر کارایی کشت تفاوت معنی‌داری بین این دو گروه

وجود ندارد و تجهیز و نوسازی بر کارایی کل تاثیر معنی‌داری نداشته است.

**جدول ٦- مقایسه میانگین ردپای اکولوژیکی و کارایی بین دو گروه اراضی تجهیز و نوسازی شده و نشده**

| | | میانگین | انحراف معیار | خطای میانگین | آماره T | درجه آزادی | سطح معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ردپا کل | تجهیز شده | ۲/۳۹۲ | ۰/۱۲۶۱ | ۰/۰۱۴۷ | -۳/۵۴۹ | ۱۴۵ | ۰/۰۱ |
| | تجهیز نشده | ۲/۴۴۶ | ۰/۱۲۹۷ | ۰/۰۱۵۰ | -۳/۵۷۳ | ۷۴/۳۹۸ | ۰/۰۱ |
| کارائی کل | تجهیز شده | ۰/۷۹۷ | ۰/۲۴۹ | ۰/۲۹۲۳ | ۰/۱۳۸ | ۱۴۵ | ۰/۸۹۱ |
| | تجهیز نشده | ۰/۷۹۱۳ | ۰/۲۵۱۳ | ۰/۲۹۲۱ | ۰/۱۳۸ | ۱۴۴/۹۹۲ | ۰/۸۹۱ |

## نتیجه‌گیری

تحلیل ردپای اکولوژیک در کشاورزی موضوعی جدید و در حال تکامل است که میزان زمین بهره‌ور مورد نیاز برای جبران اثرات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های گوناگون کشاورزی را مشخص می‌کند. عوامل مختلفی مخاطرات زیست‌محیطی کشاورزی را تشدید می‌کنند که در این پژوهش با روش‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحلیل ردپای اکولوژیک بر حسب هر یک از شاخص‌های مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد تولید گندم آبی در اراضی زراعی تجهیز و نوسازی شده و اراضی زراعی تجهیز و نوسازی نشده از لحاظ اکولوژیکی ناپایدار است. یافته‌های محاسباتی ردپای اکولوژیکی تولید این محصول در هر دو گروه از اراضی مطالعه شده و فاصله ۱/۵۹ و ۱/۷ هکتار جهانی آنها از ظرفیت زیستی (۰/۸) موجود ایران (Data Footprint Network. 2023)، نشان-دهنده ناپایداری تولید گندم آبی در روستای خردمند با اثرات زیست محیط منفی است. اما نتایج نشان داد میانگین ردپای اکولوژیکی کل تولید یک هکتار گندم آبی در اراضی که تجهیز و نوسازی انجام نداده‌اند بیشتر از ردپای اکولوژیکی کل در اراضی است که در آنها تجهیز و نوسازی انجام شده است و با توجه به نتایج آزمون مقایسه میانگین ها این تفاوت نیز معنی دار می باشد. بعبارتی دیگر اجرای طرح تجهیز و نوسازی تاثیر مثبت و معنی دار در افزایش پایدای زیست محیطی تولید این محصول در منطقه مورد مطالعه داشته است. نتایج تحلیل کارایی نیز نشان داد اگرچه کشاورزانی که در طرح تجهیز و نوسازی شرکت کرده‌اند (کارایی کل ۰/۷۹۷۰) نسبت به تولیدکنندگانی که در این طرح شرکت نکرده‌اند (کارایی کل ۰/۷۹۱۳) از کارایی بیشتری برخوردار هستند؛ اما با توجه به نتایج آزمون مقایسه میانگین ها علی‌رغم اینکه دولت بودجه و هزینه مناسب برای تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی اختصاص داده، عملا اجرای این طرح تأثیر معنی‌داری در افزایش کارایی تولید گندم آبی در منطقه مورد مطالعه نداشته است.

**REFRENCES**

Abdolmaleky, M., Naderi Mahdei, K. and Nejatian, P. 2022. Environmental Sustainability Assessment: Potato Production in Western Iran. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 6(4): 1063-1073. https://doi.org/10.1007/s41660-022-00262-2.

Bigdeli, V. and Maleki, S. 2022. Evaluation of the Effects of Human Hazards on the Instability of Natural Resources and the Rural Environment in the Central Part of Alborz, Qazvin Province. *Sustainable Agricultural Science Research*, 2(3): 1-14. doi: 10.30495/sarj.2022.1964921.1083.

Bateese, G.E. and Coelli, T.G. 1995. A model for technical inefficiency effect in a stochastic frontier production function for panel data. *Emp. Econ*, 20(2): 325-332.

Blarel, B., Hazell, P., Place, F. and Quiggin, J. 1992. The Economics of Farm Fragmentation: Evidence from Ghana and Rwanda. *World Bank Economic Review*, 6 (20): 233-254.

Bosshaq, M.R., Afzali Nia, F. and Moradi, H. 2012. Measuring indicators and A case study of Ravansar, Iran. *International journal of agricultural science*, 2(6): 550-557.

Cerutti, A., Beccaro, G., Bagliani, M., Donno, D. and Bounous, G. 2013. Multifunctional Ecological Footprint Analysis for assessing eco-efficiency: a case study of fruit production systems in Northern Italy. *Journal of Cleaner Production*, 40: 108-117.

Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6): 429-444. https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8.

Coelli, T., Rahman, S., Thirtle, C. 2002. Technical, Allocative, Cost and Scale Efficiencies in Bangladesh Rice Cultivation: A Non-Parametric Approach. *Journal of Agricultural Economics*, 53(3): 607-626.

Data Footprint Network. 2023. National Footprint and Biocapacity Accounts 2023 edition (Data Year 2019), U.N. Food and Agriculture Organization.

Dekamin, M. 2021. Potato energy and material flow cost accounting in Hamadan province, Iran. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 35(2): 105-119. (In Farsi)

Dyer, J.A. and Desjardins, R.L. 2003. Simulated farm fieldwork, energy consumption and related greenhouse gas emissions in Canada. *Biosystems Engineering*, 85:503–513.

Dyer, J.A. and Desjardins, R.L. 2006. Carbon Dioxide Emissions Associated with the Manufacturing of Tractors and Farm Machinery in Canada. *Biosystems Engineering*, 93(1): 107-118. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.09.011.

Esfahani, S.M.J., Naderi Mahdei, K., Saadi, H. and Dourandish, A. 2017. Efficiency and sustainability of silage corn production by data envelopment analysis and multi-functional ecological footprint: evidence from Sarayan county. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19: 1453-1468.

Fang, K., Heijungs, R. and Snoo, G. 2014. Theoretical exploration for the combination of the ecological, energy, carbon, and water footprints: Overview of a footprint family. *Ecological Indicators*, 36: 508– 518.

Farrell, M.J. 1957. The measurement of productive efficiency. *Journal of The Royal Statistical Society*, Series A, 120(3): 253-290.

Habibi, K., Ghaderi, A., Asadi, J. and Rahimi, A. 2018. Assessing the level of sustainability of informal neighborhoods using ecological footprint model. Case study: Abbas abad neighborhood of Sanandaj. *Journal of Urban Studies*, 26: 89-98. (In Farsi)

Anonymous. 2020. Basic Statistics. Hamedan Jihad of Agriculture Organization. Available at https://www.hm.agri-jahad.ir.

Hua-jiao, Q., Wan-bin, Z., Hai-bin, W. and Xu, C. 2007. Analysis and design of agricultural sustainability indicators system. *Agricultural sciences in China*, 6: 475-486.

Huijbregts, M., Hellweg, S., Frischknecht, R., Hungerbühler, K. and Hendriks, G. 2008. Ecological footprint accounting in the life cycle assessment of products. *Ecological Economics*, 64: 798-807.

Kalantari, K. and Abdollahzadeh, G. 2008. Factors Affecting Agricultural Land Fragmentation in Iran: A Case Study of Ramjerd Sub-District in Fars Province. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 3(1): 358-363.

Khodi, M. and Mousavi, S.M.J. 2009. Life cycle assessment of power generation technology using GHG emissions reduction approach. *Proceedings of the 7th Conference of* National Energy**.** Dec**.** 22-23. Tehran, Iran**.** A 00219. (In Farsi)

Lal, R. 2004. Carbon emissions from farm operations. *Environment International*, 30:981–990.

Lewan, L. and Simmons, C. 2001. The use of Ecological Footprint and Biocapacity Analysis as Sustainability Indicators for Sub-National Geographical Areas: A Recommended Way Forward. European Common Indicators Project, *Includes feedback from Oslo Workshop 23-25th*, 27th August, Italia.

Lim, A. 2020. What is ecological footprint? definition and how to calculate it. Sustainability for All. *A newsletter published by Treehugger*, Available at: https://www.treehugger.com.

Mahdavi Damqani, A., Koocheki, A., Rezvani Moqaddam, P. and Nassiri Mahallati, M. 2006. Studying the sustainability of a wheat-cotton agroecosystem in Iran. *Asian journal of plant sciences*, 5: 559-562.

McDonald, G.W. and Patterson, M.G. 2004. Ecological Footprints and Interdependencies of New Zealand Regions. *Ecological Economics*, 50(1-2): 49-67.

Mobtaker, H., Akram, A. and Keyhani, A. 2012. Energy use and sensitivity analysis of energy inputs for alfalfa production in Iran. *Energy for Sustainable Development*, 16: 84-89.

Mojaverian, M. 2007. Investigating the relationship between productivity and production efficiency with the size of Mazandaran rice fields. *Journal of Economy and Agriculture*, (2): 285-300. (In Farsi)

Müller, K.H. 1998. The great societal transformations: epigenetic explorations: a transdisciplinary perspective on the evolution of modern knowledge societies. Institut für Höhere Studien (IHS), Wien. 1-74.

Necat, M. and Alemder, T. 2006. Technical Efficiency Analysis of Tobacco Farming in Southeastern Anatolia. *Turk J Agric for*, 30: 165-172.

Odeck, J. 2009. Statistical precision of DEA and Malmquist indices: A bootstrap application to Norwegian grain producers. *Omega*, 37(5): 1007- 1017.

Ommani, A.R., Chizari, M., Salmanzadeh, C. and Farj Allah Hosseini, J. 2009. Predicting adoption behavior of farmers regarding on-farm sustainable water resources management (SWRM): Comparison of models. *Journal of sustainable agriculture*, 33: 595-616.

Piesse, J. and Thirtle, C. 2000. A Stochastic Frontier Approach to Firm Level Efficiency Technological Change and Productivity during the Early Transition in Hungary. *Journal of Comparative Economics*, 28(3): 473-501. https://doi.org/10.1006/jcec.2000.1672.

Rees, W.E. 2000. Eco-footprint analysis: merits and brickbats. *Ecological Economics*, 32: 371–374.

Rezaei, P., Naderi Mehdi, K., Karimi, S. and Shanazi, K. 2019. Assessing the ecological sustainability of the crop system using ecological footprint analysis (case study: potato and cucumber cultivation in Sefalgaran village of Bahar city). *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 29(2): 53-66. (In Farsi)

Saltiel, J., Bauder, W. and Palakovich, S. 1994. Adoption of sustainable agricultural practices: Diffusion, farm structure and profitability. *Journal of rural sociology*, 59: 333-349.

Sharghi, T., Sedighi, H. and Eftekhari, A. 2010. Effective factors in achieving sustainable agriculture. *American journal of agricultural and biological sciences*, 5: 235-241.

Sobhanipor, A. 1996. Principles and essentials of farm development program. Soil and water management of Jihad-e- Agricultural organization of Gilan province. (In Farsi)

Tatlidil, F.F., Boz, I. and Tatlidil, H. 2009. Farmers' perception of sustainable agriculture and its determinants: A case study in Kahramanmaras province of Turkey. *Environment, Development and Sustainability*, 11: 1091-1106.

Toth, G., Szigeti, C., Harangozo, G. and Szabo, D. 2018. Ecological footprint at the micro-scale-how it can save costs: the case of ENPRO. *Resources*, 7(3) 45: 1-14. doi:10.3390/resources7030045.

Wackernagel, M. and Yount, J.D. 2000. Footprints for Sustainability: the Next Steps. *Environment, Development and Sustainability*, 2(1): 23-44.

Wackernagel, M., Monfreda, C., Moran, D., Wermer, P., Goldfinger, S., Deumling, D. and Murray, M. 2005. National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The Underlying Calculation method. 1-33.

Wang, Y.M., Greatbanks, R. and Yang, B. 2005. Interval efficiency assessment using data envelopment analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 153: 347–370.

Yilmaz, I., Akcaoz, H. and Ozkan, B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. *Renewable Energy*, 30: 145-155.

Zurong, D. and Jing, L. 2010. Ecological Footprint and Reflections on Green Development of Hangzhou. *Energy*, Procedia, 5: 118–124

.

**Sustainable Agricultural Science Research /Vol. 3/No. 2/Summer 2023/P: 69 -84**

**https://www.sarj.iauk.ac.ir**

# Ecological and Economical Effects of Land Equipping and Renovation in Irrigated Wheat Production in Hamadan Province

**Mohammad Abdolmaleky [1], Fereshteh Yazdani [2]**

[1] Assistant Professor, Agricultural Extension and Education, Department of Agriculture, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad, Iran.

[2] MSc Graduate Student, Improvement and Development Higher Education Institute, Hamedan, Iran.

[*]Corresponding Author's Email: abdolmalekym3@gmail.com

(Received: August. 14, 2023 – Accepted: July. 22, 2023)

## ABSTRACT

The main purpose of this study was to investigate the ecological and economic effects of the land equipping and renovation plan in the irrigated wheat production. Therefore, the environmental sustainability of wheat production by the ecological footprint and its production efficiency by data envelopment analysis were measured. The statistical population consisted of wheat farmers from Kheradmand village in the Hamadan province, who have participated in the land equipping and renovation plan and who hadn't participated. The sample size for the participating farmers is 73 and for the non-participating farmers is 74. Data were collected through a questionnaire in a cross-sectional study, using of census method, and were analyzed with SPSS26 and DEAP2.1 software. The average GHG for participant and non-participant farmers in the land reform plan was measured at 778/15 and 1003 kg $co_2$ eq $ha^{-1}$, respectively. The EF index for these two groups was estimated at 2.39 and 2.44 gha, respectively which there was a significant difference at the 0/01 level. Based on the results of data envelopment analysis, average technical, allocation and economic efficiency were estimated at 0.866, 0.893, and 0.797 respectively, for the equipped and renovated lands, and at 0.863, 0.889, and 0.791 for the not equipped and renovated lands which there was no significant difference between these two types of lands at 0.01 level. According to the results of calculating the carbon emissions indices, the environmental sustainability of the equipped and renovated lands is in better condition.

**Keywords:** Data Envelopment Analysis, Environmental Sustainability, Ecological Footprint, Production Efficiency.