توسعه مدل ارزیابی طرح جایگزینی تراکتورهای فرسوده در ایران و ارایه یک سیاست انرژی مکمل در زیربخش زراعت و باغداری

محمدعلی مرادی [۱]، معصومه صادقی [۲]، حسین صادقی [۳]، لطافت مرادی [۴]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۸/۲۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۱۸

چکیده:

در این مقاله، طرح جایگزینی تراکتورهای فرسوده با انواع تراکتورهای جدید، مورد تحلیل اقتصادی و مصرف انرژی قرار گرفته است. هدف، ارزیابی فنی، اقتصادی و زیست محیطی برنامه فعلی، دلایل عدم موفقیت آن، بررسی منافع و هزینه ها و همچنین ارایه برنامه جدید و کارآمد برای تداوم اجرای طرح بوده است. برای ارزیابی دقیق و بررسی چشم انداز مصرف انرژی تراکتورها، مدل ویژه‌ای با استفاده از مدل ساز لیپ (LEAP) طراحی و پیاده سازی شده است. مدل امکان طرح، مدل سازی و تحلیل سناریوهای مختلف برای ارزیابی طرح جایگزینی تراکتورهای فرسوده را فراهم نموده است. نتایج مدل نشان می دهد در صورتی که طرح به طور کامل اجرایی شود، اوج صرفه جویی مصرف نفت گاز در سال ۱۴۰۰ به میزان ۳۷ درصد خواهد بود. کل مصرف انرژی تراکتورها از میزان ۱۲۶۵ میلیون لیتر در سال ۱۳۸۹، افزایش یافته و در سناریوی مرجع به حدود ۱۸۹۰ میلیون لیتر در سال ۱۴۰۴ خواهد رسید. در صورت جایگزینی کامل تراکتورهای فرسوده، میزان کل تقاضای نفت گاز تراکتورها کاهش یافته و تقاضای کل در زیر ۱۳۰۰ میلیون لیتر در سال باقی خواهد ماند. از طرف دیگر، اجرای طرح مذکور موجب منفعت اجتماعی بیش از ۳۶۰ میلیون دلار تا سال ۱۴۰۰ خواهد شد.

کلمات کلیدی:

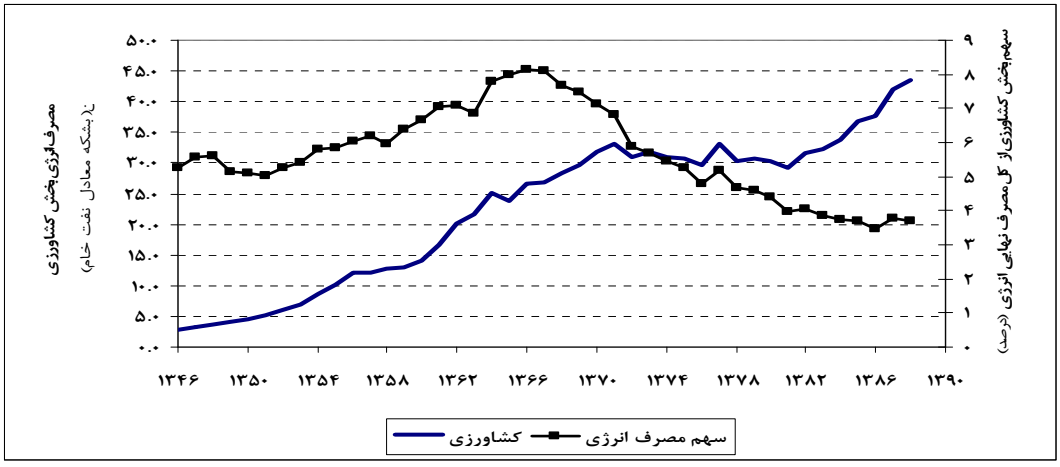
تراکتور، فرسوده، جایگزینی، مصرف سوخت، هزینه–فایده، لیپ و مدل

۱) کارشناس ارشد انرژی، شرکت انرژی پاسارگاد (نویسنده مسئول) muhammad.morady@gmail.com
۲) دانشجوی دکترای منابع طبیعی، دانشگاه منابع طبیعی گرگان Sadeghi.m86@gmail.com
۳) دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی، دانشگاه آزاد رشت Sadeghi.vahid53@gmail.com
۴) کارشناس مهندسی آب و خاک، دانشگاه پیام نور زنجان aban_l_m@yahoo.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

مقدمه

کل مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران در سال ۱۳۹۰ بالغ بر ۴۵٫۸میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است که نسبت به سال قبل رشدی ۱٫۴ درصدی را نشان می دهد[۱]. منشا مصرف انرژی در بخش کشاورزی، رشد و توسعه ضریب و درجه مکانیزاسیون در زیربخش ها می باشد. بنابراین، تنها زمانی انتظار مصرف انرژی می رود که به مفهوم کلی از ماشین استفاده شود. دو عامل، رشد مصرف انرژی در بخش کشاورزی را بیان می نماید. نخست، افزایش ضریب مکانیزاسیون و دوم، بهره وری انرژی. شکل (۱) روند مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران را از سال ۱۳۴۶ تا سال ۱۳۹۰ بر حسب حامل‌های عمده انرژی نشان می دهد. همانطورکه از شکل پیداست، روند مصرف انرژی با نوسانات و شیب های مختلفی همراه بوده است که می‌توان آن را به سه دوره عمده تقسیم بندی نمود. از سال ۱۳۴۶ تا سال ۱۳۷۱ که دوره رشد سریع مصرف انرژی را شکل می دهد کل مصرف انرژی در هر سال به میزان ۱۰٫۱ درصد رشد نموده که رقم بسیار قابل توجهی است. همچنین در مدت مذکور رشد مصرف فرآورده های نفتی (عمدتاً نفت گاز) حدود ۹٫۹ درصد و رشد مصرف برق نیز ۱۴٫۵ درصد بوده است. در دوره دوم که دوران تثبیت مصرف انرژی در بخش کشاورزی با اجرای سیاست هایی همچون افزایش سهم برق در چاه های کشاورزی، توسعه تراکتورهای کم مصرف نظیر مسی فرگوسن و جاندیر می-باشد، میزان مصرف انرژی با اندکی روند کاهشی رو به تثبیت بوده و میزان کل مصرف حامل های انرژی در این بخش تا سال ۱۳۸۴ در همان رقم سال ۱۳۷۱ یعنی ۳۳ میلیون بشکه معادل نفت خام باقی مانده است لیکن سهم فرآورده های نفتی در کل تقاضای انرژی بخش کشاورزی از ۹۴ درصد به ۷۲ درصد کاهش پیدا نموده است که این تغییر در نتیجه اجرای سیاست هایی نظیر جایگزینی فرآورده های نفتی با برق در زیربخش پمپاژ کشاورزی بوده است[۱]. در دوره سوم که از سال ۱۳۸۴ تا به امروز را در بر می گیرد مصرف انرژی در بخش کشاورزی رو به افزایش بوده و برای اولین با در سال ۱۳۸۵ گاز طبیعی به عنوان یک حامل جدید در سبد مصرفی انرژی بخش کشاورزی ظاهر شده است. در این دوره نیز کل مصرف انرژی سالانه ۵٫۱ درصد افزایش پیدا کرده که در این میان، متوسط رشد سالانه فرآورده های نفتی ۴٫۴ درصد، رشد مصرف برق ۶٫۸ درصد و رشد مصرف گاز طبیعی نیز ۱۰۲٫۷ درصد بوده است.



مرجع: ترازنامه انرژی-۱۳۸۹، دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی، وزارت نیرو.

شکل۱) روند مصرف انرژی و سهم بخش کشاورزی از مصرف نهایی انرژی کشور [۱]

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

پژوهش های انجام گرفته نشان می دهد که زیربخش ماشین‌آلات کشاورزی از نظر سهم در مصرف انرژی بخش کشاورزی، با سهم ۲۱ درصدی در رده سوم قرار دارد [۸]، در حالی که سهم زیربخش پرورش ماکیان حدود ۳۵ درصد است. در رده های بعدی نیز زیربخش پمپاژ آب با ۲۴ درصد، زیربخش تولید محصولات گلخانه ای با ۹ درصد، شیلات و آبزیان با ۴ درصد و پرورش دام با سهم ۳ درصدی قرار دارند. بنابراین، میزان مصرف انرژی در ماشین‌آلات کشاورزی حدود ۹,۴۷میلیون بشکه در سال خواهد بود که با فرض قیمت ۱۱۰ دلاری برای هر بشکه نفت خام، ارزش این میزان انرژی بیش از یک میلیارد دلار برآورد می شود. با توجه به اینکه بخش عمده مصرف انرژی ماشین‌آلات کشاورزی (تراکتور، کمباین و دروگر) نفت گاز (حدود ۹۸ درصد) می‌باشد، میزان مصرف نفت گاز در کل ماشین‌آلات کشاورزی در سال ۱۳۸۹ حدود ۱۵۲۱میلیون لیتر خواهد شد. از طرف دیگر، به دلیل مصرف بالای نفت گاز در تراکتور های فرسوده نسبت به فناوری روز دنیا، اجرای طرح جایگزینی در سطح ملی می تواند منافع زیادی از جمله افزایش راندمان محصولات کشاورزی، کاهش هزینه های تولید و همچنین صرفه جویی مصرف انرژی را در پی داشته باشد.

بررسی پژوهش های انجام گرفته

در حوزه جایگزینی تراکتورهای فرسوده تقریبا پژوهشی وجود ندارد که دلیل آن کارکرد بازار در اغلب کشورها و عدم نیاز به اجرای اینگونه طرح ها در سطح ملی است. از طرف دیگر، به دلیل سهم بالای هزینه سوخت در هزینه چرخه عمر یک تراکتور(حدود ۷۰ درصد [۱۵]) عامل اصلی جایگزینی تراکتورهای فرسوده در ایران، مصرف بالای سوخت در کنار یارانه ای بودن قیمت سوخت است که از منظر ملی باعث خسارات فراوانی شده است. لیکن به دلیل اهمیت بالای تراکتور در توسعه اقتصادی و همچنین توسعه بخش کشاورزی، کارهای گسترده‌ای در سطح ملی و بین المللی در ارتباط با مصارف سوخت و سایر پارامترها انجام گرفته است که در ادامه به برخی از این پژوهش ها اشاره خواهد شد. هدف از بررسی پژوهش های انجام گرفته، کسب دانش در مورد چارچوب روش شناسی انجام کار، گردآوری داده ها و دست‌یابی به نتایج اصلی پژوهش ها می باشد. نژاد رائینی و همکاران[۵] در پژوهشی مصرف سوخت ویژه[۱] و انرژی ویژه مالبندی[۲] را در دو تراکتور MF285 و ITM 750 از طریق ایجاد شرایط آزمایشگاهی اندازه‌گیری کرده و با همدیگر مقایسه نموده‌اند. اندازه‌گیری به دو روش مقایسه ای و استاندارد صورت گرفته است که روش استاندارد بر اساس شرایط استاندارد نبراسکا انجام گرفته است[۱۷]. در روش مقایسه‌ای، دو عامل میزان مصرف سوخت ویژه مالبندی و انرژی ویژه مالبندی به صورت طرح کرت‌های خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج ناشی از میزان لغزش[۳] نشان داد که میزان لغزش در تراکتور ITM750 کمتر از تراکتور MF285 می باشد. در مجموع، تراکتور MF285 دارای

---

۱) منظور از مصرف سوخت ویژه، مقدار انرژی (کیلووات ساعت) حاصل از مصرف یک لیتر نفت گاز است.

۲) منظور از انرژی ویژه مالبندی، کار مفید در واحد حجم سوخت مصرف شده است.

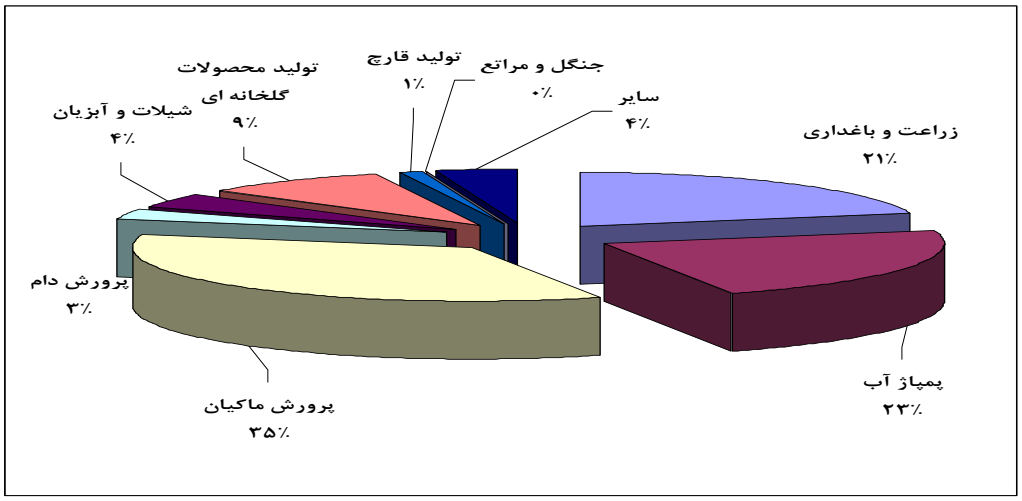
۳) منظور از لغزش چرخ ها، همان بوکسوات است که موجب تلفات توان می شود.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

مصرف سوخت ویژه و انرژی ویژه مالبندی بهتری نسبت به تراکتور ITM750 می‌باشد. جعفری و همکاران[۲] در مقاله ای طراحی، ساخت و ارزیابی طرح جدید و بهینه گاوآهن کج ساق به منظور کاهش انرژی مصرفی در کشش گاوآهن را ارایه کرده اند. در طرح جدید با چرخش تیغه حول محور عمود بر خط اشتراک ساقه و تیغه به میزان ۱۸۰ درجه، زاویه لبه برنده و محور عمود بر ساقه منفی شده است که سبب گسترش ترک های کششی در خاک و کاهش نیروی مقاومت کششی گاوآهن می شود. آزمایش‌های انجام شده در انباره خاک به منظور مقایسه دو طرح مختلف گاوآهن کج ساق در سه زاویه حمله متفاوت ($^{\circ}$۷/۵ و $^{\circ}$۱۵ و $^{\circ}$۲۲/۵) صورت گرفته است. بیشترین میزان راندمان مصرف انرژی در طرح بهینه و در زاویه حمله $^{\circ}$۱۵ مشاهده شده است. همچنین کمترین میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در همین تیمار مشاهده شده است. مصرف نیروی کشش و تأثیر مطلوب گاوآهن بر خاک، طرح بهینه گاوآهن کج ساق را به عنوان جایگزینی مطمئن برای طرح مرسوم به خصوص در اراضی دارای خاک های فشرده پیش رو می گذارد. فتح اله زاده و همکاران[۱۳] مصرف سوخت لحظه ای و میانگین در هنگام شخم با تراکتورهای مرسوم در ایران را بررسی نموده اند. اندازه گیری مصرف سوخت با استفاده از دو سنسور نصب شده بر روی تراکتور جاندیر ۳۱۴۰ بوده است. از گاوآهن سه تیغه برای اندازه گیری تأثیر عمق خاکورزی بر مصرف سوخت بهره گرفته شده است. بر اساس نتایج اندازه گیری، افزایش عمق خاکورزی از ۰,۱۵ متر به ۰,۲۵ متر و ۰,۳۵ متر به ترتیب مصرف سوخت را ۹,۶۶ و ۲۴,۱ درصد افزایش می دهد. میانگین مصرف سوخت در عمق ۰,۲ تا ۰,۲۵ متر حدود ۳۰ لیتر بر هکتار می باشد که ۵ لیتر بیشتر از مقادیر متوسط استاندارد ASABE [۱۱] می باشد. بررسی نتایج این مقاله بیانگر آن است که علاوه بر عمق، عوامل دیگری نیز بر مصرف سوخت لحظه‌ای خاکورزی تأثیرگذار می باشند. داونز و هانسن [۱۹] با استفاده از پژوهش ها و اندازه گیری های مختلف میزان سوخت مورد نیاز در عملیات مختلف ماشین آلات کشاورزی را اندازه گیری نموده اند که می تواند مبنایی برای طراحی استاندارد و معیار مصرف سوخت تلقی گردد. یانگ و همکاران[۲۰] در پژوهشی راهبردهای توسعه ماشین آلات کشاورزی در چین را بر اساس معیار صرفه جویی انرژی مورد کنکاش قرار داده اند. مصرف بالای انرژی در کنار هزینه بالای مکانیزاسیون نسبت به مقیاس زمین از جمله مشکلات راهبردی مکانیزاسیون بخش کشاورزی در کشور چین می باشد. سپس داده های مصرف انرژی تحلیل شده و عوامل اصلی مؤثر بر مصرف انرژی در ماشین آلات شناسایی شده اند. در ادامه نیز راهبردهای کاهش مصرف انرژی در تراکتورهای این کشور ارایه شده اند که از جمله این راهبردها می توان به ارتقای کیفیت ماشین‌آلات کشاورزی، جایگزین کردن ماشین آلات فرسوده و بهبود روش بهره برداری از ماشین آلات اشاره کرد. گریسو و همکاران[۱۲] در مقاله ای روش پیش بینی مصرف سوخت تراکتور را ارایه نموده اند که یکی از ارزشمندترین مراجع در ارتباط با مصارف سوخت تراکتورهاست. محاسبات با استفاده از داده های تاریخی اندازه گیری شده آزمایشگاه ملی نبراسکا انجام گرفته است که بیانگر کاهش سالانه ۴,۸ درصدی مصرف سوخت تراکتور در ۲۰ سال گذشته می باشد. در این کار، روش های مختلف محاسبه مصرف سوخت تراکتور در شرایط متفاوت ارایه شده است. مولنهویز[۱۵] به بررسی چارچوب

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

بودجه بندی هزینه های ماشین آلات در مزارع کشاورزی پرداخته است که هدف اصلی، مدیریت و کاهش هزینه‌های تولید و از جمله هزینه های سوخت در مزارع می باشد. روش های استخراج انواع هزینه های مزارع و همچنین جمع بندی آنها از جمله دستاوردهای این مقاله می باشد. صفا و همکاران[۱۸] مدل سازی شبکه های عصبی برای استخراج مصرف انرژی در تولید گندم را مورد بررسی قرار داده اند که هدف از این پژوهش، محاسبه شدت مصرف انرژی یک مزرعه در نیوزلند بوده است.

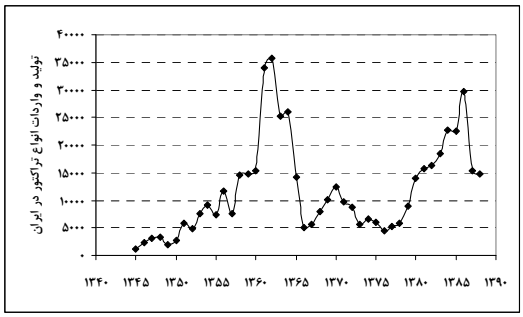


شکل۲) سهم زیربخش های مختلف بخش کشاورزی ایران در کل تقاضای انرژی در سال ۱۳۸۹[۸]

بررسی وضعیت موجود مکانیزاسیون

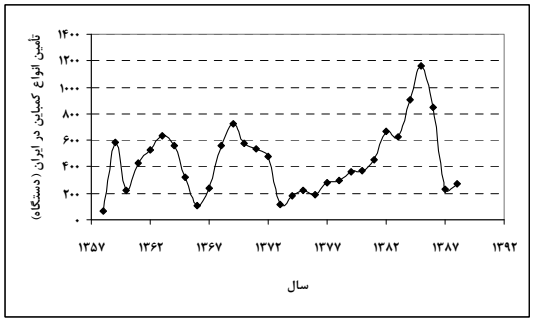
بنابر آخرین آمار رسمی مرکز مکانیزاسیون کشاورزی، تعداد تراکتورهای موجود و فعال کشور بالغ بر ۳۸۲۲۶۸ دستگاه می باشد که از این میان ۶۱ درصد بالای ۱۳ سال عمر و فرسوده محسوب می شوند[۷]. از طرف دیگر، از ۱۲۶۳۳ دستگاه کمباین مورد بهره برداری در سطح کشور، ۶۴۲۳ دستگاه آن (۵۱ درصد) فرسوده هستند(جدول ۱). وجود این میزان تراکتور و کمباین فرسوده موجب شده است در حال حاضر ضریب مکانیزاسیون بخش کشاورزی معادل ۱,۰۱ اسب بخار در هکتار باشد. قرار است این ضریب تا پایان برنامه پنجم توسعه به ۱,۵۰ اسب بخار در هکتار برسد. شکل (۳) روند تاریخی تأمین تراکتور در کشور طی سال های مختلف را نشان می دهد. بررسی منحنی حاکی از آن است که علیرغم روند صعودی تأمین تراکتور بین سال های ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۶، در دو سال آخر روند تأمین تراکتور افت نموده است. به هرحال، میزان تزریق ماشین‌آلات به بخش کشاورزی طی سال های گذشته به دلیل عوامل مختلفی نظیر بالا بودن قیمت انواع ماشین آلات داخلی به دلیل انحصار موجود در این بخش، بالا بودن تعرفه واردات و کمبود اعتبارات لازم جوابگوی نیاز بخش نبوده و همین موضوع کشاورزان را به بهره برداری از ماشین آلات فرسوده مجبور نموده است. همچنین شکل۴ روند تأمین انواع کمباین در ایران را نشان می دهد که بیش از ۵۵ درصد آنها بالای ۱۳ سال عمر دارند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]



مرجع: مرکز مکانیزاسیون کشاورزی، تولید و واردات تراکتور در ایران، ۱۳۹۰

شکل۳) شکل۳) روند تولید و واردات انواع تراکتور در ایران [۷]



مرجع: مرکز مکانیزاسیون کشاورزی، تولید و واردات تراکتور در ایران، ۱۳۹۰.

شکل٤) روند تأمین انواع کمباین در ایران [۷]

جدول۱) تعداد تراکتورها و کمباین های فرسوده و نیازمند جایگزینی[۷]

ماشین آلات	تراکتور			کمباین		
	بیش از ۲۰ سال	از ۱۳ تا ۲۰ سال	کمتر از ۱۳ سال	بیش از ۲۰ سال	از ۱۳ تا ۲۰ سال	کمتر از ۱۳ سال
سهم	۱۹	۴۱,۵	۳۹,۵	۲۴,۶	۳۱	۴۴,۵
تعداد	۷۲۸۸۱	۱۵۱۰۶۷	۱۵۸۳۲۰	۳۴۰۶	۴۲۸۸	۶۱۴۰

به هرحال، فرسوده بودن ماشین آلات کشاورزی یکی از بزرگترین چالش های پیش روی بخش کشاورزی ایران به شمار می رود که علاوه بر پایین انداختن ضریب مکانیزاسیون، باعث افت بهره وری، مصرف بالای انرژی و افزایش قیمت تمام شده محصول شده است. جهت اجرای برنامه جایگزینی، در سال ۱۳۸۷، پیش نویس لایحه قانونی جایگزینی کمباین‌های برداشت غلات و تراکتورهای فرسوده با یک ماده واحده و ۶ تبصره تقدیم دولت شد [۶]. در بند "و" ماده ۱۴۳ قانون برنامه پنجساله پنجم توسعه، دولت موظف شده است تا نوسازی ماشین آلات کشاورزی و خارج از رده کردن

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

حداقل ۲۰۰ هزار دستگاه ماشین آلات فرسوده کشاورزی و توسعه ماشینی کردن (مکانیزاسیون) بر مبنای اقلیم و شرایط و همچنین قابلیت و توانایی کشاورزان هر منطقه را برعهده گیرد، به گونه ای که در پایان برنامه، ضریب نفوذ ماشینی کردن (مکانیزاسیون) از یک اسب بخار در هکتار در سال ۱۳۸۹ به ۱/۵ اسب بخار در هکتار در سال پایانی برنامه در سال ۱۳۹۴ برسد. لیکن از چهار سال پیش تا امروز و با اتمام سال اول برنامه پنجم، در این مدت حداقل می بایست ۱۵ هزار دستگاه انواع تراکتور و کمباین بالای ۱۳ سال و مستعمل با همین تعداد ماشین آلات نو جایگزین شده باشد[۶]. بررسی بازخورد اجرای برنامه، شکست کامل آن را نشان می دهد. به هرحال، اگرچه برنامه به صورت قانون در آمده است و آیین نامه اجرایی آن خیلی مناسب طراحی شده است، لیکن عدم تأمین بودجه کافی، تحقق آن را با مشکل همراه نموده است[۸]. مطابق این قانون، دولت قصد داشت همانند جدول زیرنسبت به جایگزینی تراکتورهای فرسوده اقدام نماید که برای سال نخست تنها ۱۵ هزار دستگاه را در نظر گرفته بود. مطابق قانون، ۲۰ درصد هزینه تراکتور کمک بلاعوض بوده، ۶۴ درصد مربوط به تسهیلات ارزان قیمت بانکی و مابقی نیز آورده کشاورز بوده است. مطابق آیین نامه اجرایی، دولت موظف است در مدت زمان ۵ سال نسبت به جایگزینی ۱۵۰هزار دستگاه تراکتور فرسوده اقدام نماید(جدول۲). اگرچه در ادامه، آیین نامه تاکید کرده است که اجرای طرح باید تا زمان خروج تمامی تراکتورها و ماشین آلات بالای ۱۳ سال تداوم و استمرار داشته باشد.

جدول ۲) برنامه زمان بندی جایگزینی تراکتورهای فرسوده[٦]

مرجع: پیش نویس لایحه قانونی جایگزین کمباین های برداشت غلات و تراکتورهای فرسوده، ۱۳۸۷.

سال	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴
میزان جایگزینی(دستگاه)	۱۵۰۰۰	۳۳۷۵۰	۳۳۷۵۰	۳۳۷۵۰	۳۳۷۵۰

به هرحال، باید گفته شود تعرفه نسبتا بالای واردات ماشین آلات کشاورزی و تولید ماشین آلات با فناوری از رده خارج در ایران به قیمت بالای ماشین آلات کشاورزی دامن زده است اگرچه دولت در سال ۱۳۹۰ تعرفه واردات ماشین آلات کشاورزی را از ۳۰ درصد به ۲۱ درصد آنهم تنها برای ماشین آلات سنگین (بیش از ۱۱۰ اسب بخار) تصویب نمود[۴]. به طور کلی، در حال حاضر (اوایل سال۱۳۹۰) میانگین قیمت هر دستگاه تراکتور سنگین داخلی ۸۰۰ میلیون ریال، نیمه سنگین تولید داخل ۲۵۰ میلیون ریال و تراکتور شالیزار و باغی نیز ۱۵۰ میلیون ریال است[۹].

ارزیابی شکاف کارایی مصرف سوخت تراکتورهای موجود در ایران

سوخت مصرفی ماشین‌آلات کشاورزی در ایران، نفت گاز (۹۸درصد) و اندکی هم بنزین است. بررسی های تطبیقی نشان می‌دهد که حتی با در نظر گرفتن محدوده بالای استاندارد، مصرف سوخت ماشین آلات کشاورزی، انرژی بیشتری صرف این بخش می شود[۱۰]. مصرف کننده های نهایی در این زیربخش، ماشین آلات کشاورزی (تراکتور، کمباین،

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

دروگر و تیلر) می باشند. بنابراین، در درجه اول، مشخصات مصرف سوخت ماشین آلات موجود در ایران با مشخصات سایر کشورها بویژه فناوری روز دنیا مقایسه خواهد شد. در این قسمت، مشخصات مورد مقایسه، اطلاعاتی است که از آزمون ماشین آلات کشاورزی توسط دانشگاه نبراسکا ارایه شده است[۱۷]. این مرکز مهمترین مرکز آزمون ماشین آلات کشاورزی در جهان می باشد[۱۶]. برای شناسایی مشخصات مصرف سوخت در ماشین آلات داخلی مطالعاتی صورت گرفته است که از جمله می توان به آزمون های انجام گرفته توسط نژاد راییني و الماسی اشاره کرد که برای تراکتورهای رایج در ایران یعنی MF285 و ITM750 انجام گرفته است[۵]. در واقع، افزایش عملکرد کششی یک تراکتور در مزرعه می تواند در افزایش بازدهی تراکتور و صرفه جویی مصرف سوخت مؤثر باشد. همانطور که در قسمت بالا گفته شد، عمده تراکتورهای موجود در کشور از نوع یونیورسال ITM 750 و مسی فرگوسن ۲۸۵ می باشد که متوسط قدرت این دو حدود ۵۰ کیلووات است. در جدول (۳) نتایج آزمون انرژی ویژه و مصرف سوخت ویژه مالبندی برای این دو تراکتور ارایه شده است که با فناوری جدید مسی فرگوسن (MF471) مقایسه خواهد شد. لازم به ذکر است که مصرف ویژه انرژی به صورت مقدار انرژی (کیلووات ساعت) حاصل از مصرف یک لیتر نفت گاز تعریف می‌شود. همانطور که در جداول (۳) و (۴) مشاهده می شود، حداکثر راندمان یک تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ معادل ۲/۳۲ کیلوات ساعت بر لیتر نفت گاز می‌باشد که البته این میزان در تراکتور ITM750 معادل ۲/۰۳۴ کیلووات ساعت بر لیتر است.

مقایسه مقادیر راندمان مصرف سوخت تراکتور های ایران با تراکتور های جدید و پیشرفته مثلا مسی فرگوسن۷۴۱ با حداکثر توان ۵۰ کیلووات نشان می دهد که شاخص مصرف سوخت ویژه تراکتور فوق در بالای ۹۰درصد از عملیات کشاورزی بیش از ۲ کیلووات ساعت بر لیتر نفت گاز می باشد و حداکثر مقدار آن نیز حدود ۳/۰۱ کیلووات ساعت بر لیتر است[۱۶]. نتایج آزمون این تراکتور در جدول (۵) ارایه شده است. مقایسه جداول نشان می دهد که راندمان تراکتورهای جدید در حالت استاندارد آزمایشگاهی حداقل ۳۲ درصد از تراکتورهای موجود در ایران بیشتر است که به هرحال بر مصرف انرژی کل در تراکتورها تاثیر خواهد گذاشت. این مسأله در مورد سایر ماشین آلات نظیر کمباین ، تیلر و دروگر نیز صادق است.

جدول۳) نتایج آزمون انرژی ویژه و مصرف سوخت ویژه مالبندی در تراکتور *MF285* [۵]

شماره دنده ها	میزان لغزش چرخ ها (درصد)			انرژی ویژه مالبندی (کیلووات ساعت بر لیتر)		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3
L2	۱۵	۱۵	۱۵	۱/۱۱۷	۱/۱۱۷	۰/۶۶۱
L3	۱۵	۱۵	۱۵	۱/۶۰۴	۱/۵۳۷	۰/۸۸۵
L4	۱۴	۱۳	۱۳	۱/۹۴	۱/۸۵۸	۰/۰۶۶
H1	۷	۸	۸	۲/۳۲	۲/۱۰۴	۱/۲۴۶
H2	۵	۶	۶	۱/۹۴	۱/۶۴۷	۱/۵۴۷

E1، E2 و E3 به ترتیب: سطح آسفالت، سطح زمین شخم نخورده و سطح زمین شخم خورده و دیسک خورده

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

جدول٤) نتایج آزمون انرژی ویژه و مصرف سوخت ویژه مالبندی در تراکتور ITM750 [۵]

شماره دنده ها	میزان لغزش چرخ ها (درصد)			انرژی ویژه مالبندی (کیلووات ساعت بر لیتر)		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3
L2	۱۵	۱۵	۱۵	۱,۴۲۲	۱,۳۹۹	۰,۸۲۴
L3	۱۵	۱۵	۱۵	۱,۸۵۶	۱,۸۱	۱,۰۶۷
L4	۱۲	۱۰	۱۲	۱,۸۹۸	۱,۸۱	۱,۲۸۸
H1	۱۴	۱۵	۱۵	۱,۲۶۷	۱,۰۵	۰,۶۹۶
H2	۱۴	۱۵	۱۵	۱,۹۲۴	۱,۷	۱,۲۰۲
H3	۱۰	۸	۱۲	۲,۰۳۴	۲,۰۹	۱,۵۲
H4	۹	۷	۱۰	۱,۹۹۱	۱,۸۲	۱,۴۲۲

E1، E2 و *E3* به ترتیب: سطح آسفالت، سطح زمین شخم نخورده و سطح زمین شخم خورده و دیسک خورده

جدول۵) مشخصات و راندمان مصرف سوخت تراکتورهای مسی فرگوسن ٤٧١ [۱۶]

توان تراکتور	دور موتور	مصرف سوخت	انرژی ویژه مالبندی	متوسط شرایط جوی
(کیلووات)	دور بر دقیقه	لیتر بر ساعت	کیلووات ساعت بر لیتر	
۴۷,۹۴	۲۲۰۰	۱۶,۱۷	۲,۹۶	دمای هوا ۲۷ درجه سانتی گراد رطوبت نسبی ۵۵٪ فشار هوا ۹۸,۳۴ کیلوپاسکال
۴۹,۳۹	۲۱۰۰	۱۶,۴۰	۳,۰۱	
۴۷,۸۵	۱۹۰۹	۱۵,۶۵	۳,۰۶	
۴۷,۹۴	۲۲۰۰	۱۶,۱۷	۳,۰۶	
۴۱,۳۷	۲۲۲۳	۱۱,۶۵	۲,۸۵	
۳۱,۱۰	۲۲۴۷	۹,۱۸	۲,۶۷	
۲۰,۹۳	۲۲۶۸	۹,۱۸	۲,۲۸	
۱۰,۵۸	۲۲۹۲	۶,۹۸	۱,۵۲	
۰,۷۰	۲۳۱۰	۵,۱۰	۰,۱۴	

Refeence:http://tractortestlab.unl.edu/testreport.htm

سوخت تراکتور در سال مربوط به حمل و نقل و رفت آمد بین مزرعه و محل سکونت کشاورزان می باشد[۳]. برخی از عوامل سرزمینی نیز باعث افزایش مصرف سوخت ماشین آلات کشاورزی در مرحله خاکورزی می شود که دلیل آن سفت بودن نسبی خاک ایران در اغلب مناطق جغرافیایی کشور است که باعث می شود میزان مصرف سوخت تا ۲۵ درصد افزایش یابد. الگوی شخم نیز عامل دیگر است که باعث افزایش مصرف سوخت در زراعت ایران می شود[۳]. در ایران معمولا برای شخم از گاوآهن برگرداندار استفاده می کنند که انواع دیگر گاوآهن ها هم باعث کاهش مصرف سوخت و هم باعث افزایش بازدهی کشت می گردد. با توجه به اینکه بیشترین مصرف سوخت در زراعت مربوط به خاکورزی است، عمق خاکورزی، رطوبت خاک و میزان سفتی آن اثر مستقیمی بر میزان مصرف سوخت دارد. به طور کلی، می‌توان گفت که متوسط پتانسیل صرفه جویی انرژی در زیربخش زراعت و باغداری بر اساس شدت مصرف سوخت در هر هکتار از کشت

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

حدود ۳۸/۳ درصد نسبت به دامنه بالایی استاندارد برآورد می شود[۸].

فرمولاسیون مدل و چارچوب ارزیابی اقتصادی

برای ارزیابی مجدد برنامه فعلی جایگزینی تراکتورهای فرسوده، مدل ویژه ای با لیپ[1] طراحی و توسعه داده شد. لیپ ابزار مدل‌سازی جامع انرژی–اقتصاد–محیط زیست بر اساس سناریوهاست[۱۴]. سناریوها بر اساس چگونگی ساختار مصرف، تبدیل و تولید انرژی در منطقه یا اقتصاد خاصی تحت دامنه گسترده‌ای از گزینه‌های جمعیتی، توسعه اقتصادی، فناوری، قیمت و امثال آن طراحی می شوند. به دلیل ساختار داده های انعطاف‌پذیر، لیپ امکان تجزیه و تحلیل قدرتمند مشخصه‌های فناوری و جزئیات مصارف نهایی را بر اساس انتخاب کاربران فراهم می کند. منطق فرمولاسیون مدل ساز لیپ بسیار ساده و مبتنی بر محاسبات سلسله مراتبی و نظام‌مند است. مدل سازی انرژی در سمت تقاضا بسته به نوع بخش، دسترسی به اطلاعات و همچنین میزان دقت و تفصیل مدل سازی به سه روش مختلف صورت می گیرد که این روش ها عبارتند از:

- روش تحلیل فعالیت[2]
- روش تحلیل حمل و نقل[3]
- روش تحلیل موجودی[4]

روش نخست یعنی تجزیه و تحلیل فعالیت، عمومی ترین روش مدل سازی تقاضای انرژی با استفاده از مدل ساز لیپ است که شامل دو رویکرد تحلیل انرژی نهایی و یا تحلیل انرژی مفید است. در تحلیل انرژی نهایی، تقاضای انرژی به صورت حاصل ضرب سطح فعالیت[1] در شدت انرژی[2] در هر فناوری مشخص حاصل می‌شود. تقاضای انرژی برای سال های پایه و یا آتی در هر سناریو محاسبه می شود که از رابطه زیر بهره گرفته شده است.[14]

$$D_{b,s,t} = TA_{b,s,t} \times EI_{b,s,t} \qquad (۱)$$

در رابطه فوق،D تقاضای انرژی نهایی، TA کل فعالیت، EI شدت انرژی ، b شاخه فناوری منفردی که با یک سوخت مشخص شده است، s سناریو و t هم نمایانگر زمان (سال) است.

1) Long range Energy Alternative Planning System(LEAP)
2) Activity Analysis
3) Transport Analysis
4) Stock Analysis
1) Activity Level
2) Energy Intensity

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

سطح فعالیت کل برای یک شاخه فناوری از حاصل ضرب سطوح فعالیت در تمامی شاخه های پشت سر (از فناوری تا شاخه اصلی *Demand*) به دست می‌آید که با رابطه زیر قابل بیان است:

$$TA_{b,s,t} = A_{b1,s,t} \times A_{b2,s,t} \times A_{b3,s,t} \times \ldots \quad (۲)$$

که در رابطه بالا A_b سطح فعالیت در شاخه b_1، b_2 سرشاخه b_1 و b_3 مادربزرگ شاخه b_1 خواهد بود.

در تجزیه و تحلیل تقاضای انرژی مفید، شدت انرژی نه برای فناوری، بلکه برای یک نیاز اصلی انرژی تعریف می شود. در این روش تنها یک شدت مصرف تعریف و در کنار بازدهی تبدیل و سهم انواع سوخت ها مشخص می شود.

روش دوم تنها در بخش حمل و نقل کاربرد دارد و در قیاس با روش تحلیل فعالیت، اطلاعات دقیق تر و مدل سازی تفصیلی تری را ارایه می دهد. در یک شاخه معین، معادلات زیر الگوریتم محاسبات حمل و نقل را تشکیل می دهند. با توجه به اینکه در بخش حمل و نقل به طور مرسوم از موجودی خودروها تحت عنوان ناوگان یاد می شود، در ادامه نیز از این ادبیات استفاده خواهد گردید. برای برآورد تعداد خودروها در هر سال از روابط زیر استفاده می شود:

$$Stock_{b,t,v} = Sales_{b,t} \times Survival_{b,t-v} \quad (۳)$$

$$Stock_{b,t} = \sum_{v=0}^{V} Stock_{b,t,v} \quad (۴)$$

که در رابطه فوق، b نوع فناوری (یعنی شاخه فناوری)، v سال افزوده شدن فناوری، t سال، *Sale* میزان فروش هر وسیله در یک سال معین، *Stock* تعداد وسایل نقلیه موجود در یک سال معین، *Survival* منحنی جایگزینی وسایل در سال های مختلف (این منحنی بیانگر این نکته است که در هر سال از عمر وسیله چند درصد از آن وسیله در ناوگان موجود است) و V نیز حداکثر عمر وسایل می باشد. منظور از وسیله نیز تراکتور می باشد که البته به جای پارامتر پیمایش سالانه، از ساعات کارکرد سالانه بهره گرفته شده است. در تحلیل ناوگان به طور معمول به جای شدت مصرف انرژی از اقتصاد سوخت استفاده می گردد که بیانگر مصرف سوخت در ۱۰۰ کیلومتر و یا میزان پیمایش با مصرف واحد سوخت می باشد و از آنجا که اقتصاد سوخت اندازه گیری شده اغلب مربوط به خودرو در کارخانه می باشد، با افزایش عمر به تدریج این میزان دچار تغییراتی می شود. البته در نرم افزار لیپ امکان تعریف اقتصاد سوخت با واحدهای مختلف نظیر لیتر در ۱۰۰کیلومتر، کیلومتر بر لیتر، مایل بر لیتر و ... وجود دارد. برای محاسبه این پارامتر در لیپ از رابطه زیر بهره گرفته می شود:

$$FuelEconomy_{b,t,v} = FuelEconomy_{b,t} \times FeDegradation_{b,t-v} \quad (۵)$$

در رابطه بالا، *FuelEconomy* بیانگر مصرف سوخت بر مسافت خودروی صفر کیلومتر بوده و *FeDegradation* ضریب بیانگر افزایش اقتصاد سوخت با افزایش عمر خودروست که از طریق بررسی میدانی محاسبه می شود. به این

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

صورت که نمونه آماری تراکتور با عمر مختلف انتخاب شده و سپس مصرف سوخت هر تراکتور از طریق کیت های اندازه گیری مشخص می شود. با ترسیم نمودار مصرف سوخت بر اساس عمر نمونه و انجام رگرسیون خطی، می توان این ضریب را محاسبه کرد که معادل شیب خط برازش خواهد بود[۱۲].

منظور از پیمایش در ادبیات مدل لیپ جمع کل تردد های خودرو در طول سال بر حسب کیلومتر، مایل و یا سایر واحدهای مسافت است. با توجه به اینکه معمولا با افزایش عمر خودرو میزان بهره برداری از آن نیز به دلیل کاهش قابلیت اطمینان نزول می کند، از یک ضریبی برای نشان دادن این تغییرات استفاده شده است.

$$Mileage_{b,v,t} = Mileage_{b,t} \times MlDegradatin_{b,t-v} \quad (۶)$$

که در رابطه بالا،Mileage مسافت سالانه پیموده شده با خودرو و MlDegradation نیز تغییرات در مسافت با افزایش عمر خودرو می باشد.

همچنین برای محاسبه میزان مصرف سوخت خودروی معین از رابطه زیر استفاده شده است:

$$EnergyConsumption_{b,t,v} = Stock_{b,t,v} \times Mileage_{b,t,v} \times FuelEconomy_{b,t,v} \quad (۷)$$

از دیدگاه توجیه اقتصادی، به هر صورتی که به طرح نگاه شود، دارای صرفه اقتصادی است. امکان کمی کردن تمامی پارامترها از جمله افزایش بهره وری تولید و یا کاهش هزینه تولید به دلیل فقدان اطلاعات وجود ندارد. بنابراین، تنها از دیدگاه صرفه جویی و کاهش مصرف سوخت(نفت گاز)، امکان سنجی طرح مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در آیین نامه اجرایی طرح[۴]، توجیهی ارایه شده است که در نتیجه گیری درست بوده ولی از فرضیات نادرستی بهره می گیرد. در توجیه اقتصادی طرح آمده است که "با اجرای طرح جایگزینی تراکتورها و کمباین های فرسوده کشور با لحاظ نمودن اصلاح ترکیب توانی انتظار می رود مصرف سوخت ماشین آلات در هر ساعت کارکرد به میزان ۳ لیتر کاهش یافته که با توجه به کارکرد متوسط هر دستگاه تراکتور و کمباین ۱۰۰۰ ساعت در سال با جایگزینی ۱۵۰ هزار تراکتور و کمباین و با فرض قیمت هر لیتر نفت گاز ۶۰۰۰ ریال، ارزش سالانه حاصل از صرفه جویی سوخت پس از اجرای کامل طرح معادل ۲۷۰۰ میلیارد ریال می‌گردد". فرضیات در نظر گرفته شده در ارتباط با ساعات کارکرد، کاهش مصرف سوخت صحیح نمی باشد چراکه مصرف سوخت تراکتور جدید نیز با افزایش عمرکاهش پیدا کرده و به تدریج صرفه جویی به سمت صفر

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

خواهد رسید. به هر حال، از یک مدل ویژه توسعه یافته در محیط لیپ برای توجیه اقتصادی طرح استفاده شده است. هدف ارزیابی اقتصادی طرح با استفاده از روش هزینه چرخه عمر[1](LCC) می باشد. هزینه چرخه عمر از روابط زیر برای محاسبات بهره می گیرند:

$$LCC = Cc + \frac{A}{CRF_{t,r}} - (SV.PWF_{t,r}) \quad (۸)$$

$$CRF = \frac{r}{(1-(1+r)^{-t})} \quad (۹)$$

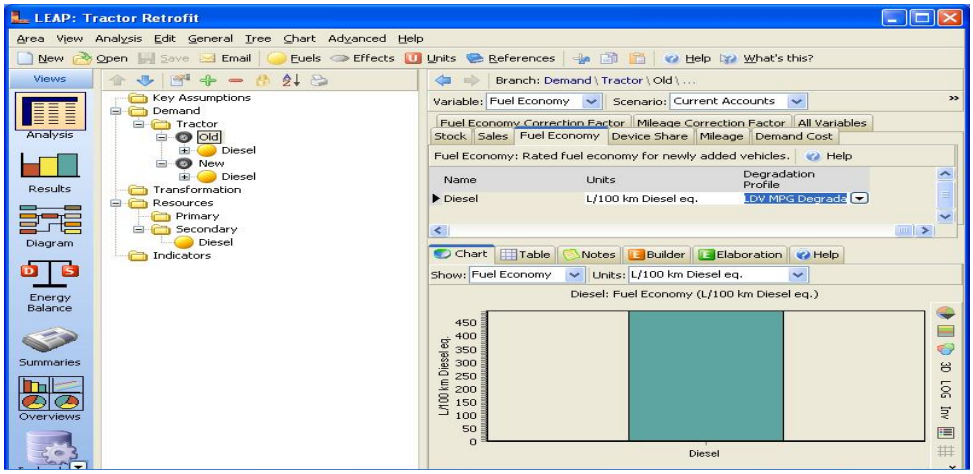
$$PWF = \frac{1}{(1+r)^{t}} \quad (۱۰)$$

$$r = \frac{R_n - F}{1 + F/100} \quad (۱۱)$$

که در روابط بالا، LCC هزینه چرخه عمر یک گزینه(میلیون ریال)، A هزینه بهره برداری و تعمیرنگهداری سالانه تراکتور(میلیون ریال)، CRF ضریب بازیافت سرمایه گذاری، PWR ضریب ارزش فعلی پول، SV ارزش بازیافتی تراکتور، r نرخ بهره واقعی، t عمر پروژه (۱۳ سال در نظر گرفته شده است)، F نرخ تورم و R_n نرخ بهره اسمی است. صرفه اقتصادی پروژه از طریق تفاضل هزینه چرخه عمر یک تراکتور فرسوده با یک تراکتور جدید و با فناوری روز حاصل می‌شود. شایان ذکر است که فرض بر این است یک تراکتور جدید نیز بعد از ۱۳ سال فرسوده شود. با توجه به اینکه کل تقاضای نفت گاز در زیربخش زراعت و باغداری کشور (غیر از تأمین آب) حدود ۱۵۲۱ میلیون لیتر در سال ۱۳۸۹ بوده است و حدود ۱۰ درصد آن صرف کمباین ها و دروگرها می‌شود، بنابراین هر تراکتوری به طور متوسط در سال حدود ۳۵۸۰ لیتر نفت گاز مصرف می‌کند و با توجه به مصرف متوسط ۸ لیتر در ساعت هر تراکتور، متوسط ساعات بهره برداری از هر تراکتور در سال حدود ۴۷۰ ساعت خواهد بود[۸]. با طراحی و ساخت مدل ویژه و وارد کردن فرضیات در محیط لیپ و مدل سازی، امکان تحلیل هزینه – فایده فراهم شده است(شکل ۶).

1) Life Cycle Cost

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]



شکل۵) مدل توسعه یافته با LEAP برای ارزیابی جایگزینی تراکتور های فرسوده در ایران

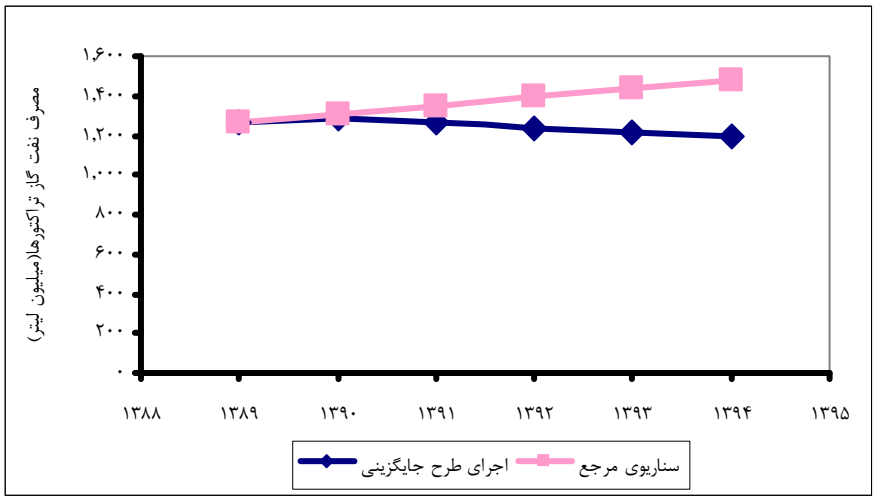
برای انجام تحلیل های اقتصادی، قیمت نفت گاز در بازار بین ۰,۰۵ دلار بر لیتر تا ۱,۲ دلار بر لیتر(خطی افزایش یابد) در نظر گرفته شده است. این محدوده به منظور انجام تحلیل حساسیت فرض شده است. از طرف دیگر، متوسط قیمت نفت گاز در بازار فوب خلیج فارس در یکسال اخیر حدود ۸۰ سنت بر لیتر بوده است[۲۱].با توجه به توزیع انواع تراکتورها (۶۰ درصد نیمه سنگین، ۲۰ درصد سبک و ۲۰ درصد سنگین)، متوسط قیمت هر تراکتور در بازار ۳۴۰ میلیون ریال خواهد بود که با احتساب نرخ دلار مرجع، حدود ۲۷۰۰۰ دلار خواهد گردید. قانون الزام کرده است که از این میزان، ۲۰ درصد بلاعوض از طرف دولت (۵۴۰۰ دلار)، ۱۶ درصد آورده کشاورز(۴۳۲۰ دلار) و مابقی نیز از طریق وام پنج ساله تأمین شود.

تحلیل و ارایه نتایج

برای تحلیل نتایج از روش سناریو بهره گرفته شده است که در این روش یک سناریوی مرجع (ReferenceScenario) به نمایندگی از تداوم وضع فعلی در نظر گرفته شده است و سناریوی دوم به منظور از رده خارج کردن تراکتورهای فرسوده و جایگزینی با تراکتورهای نو در نظر گرفته شده است(Retrofit Scenario). بررسی نتایج مدل سازی و تحلیل از طریق مدل ساز لیپ نشان می دهد که در صورت اجرای طرح دولت، انتهای سال آخر(۱۳۹۴) میزان صرفه جویی سوخت در بخش زراعت و باغداری به حدود ۱۹ درصد خواهد رسید(شکل۷). از طرف دیگر، میزان مصرف کل تراکتورهای کشور در سال ۱۳۸۹ حدود ۱۳۶۹ میلیون لیتر بوده است که با اجرای طرح فعلی دولت، میزان مصرف سوخت در انتهای برنامه، حدود ۲۱۷ میلیون لیتر در سال کاهش خواهد یافت. لیکن در صورت عدم جایگزینی، انتظار می رود مصرف نفت گاز تراکتورها در سال ۱۳۹۴ به حدود ۱۴۳۷ میلیون لیتر بالغ شود. از نظر توجیه اقتصادی باید

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

گفته شود با توجه به اینکه در طرح فعلی دولت، تأمین ۲۰ درصد قیمت تراکتور توسط دولت صورت می گیرد، نتیجه تحلیل هزینه – فایده نشان می دهد که با توجه به صرفه جویی های صورت گرفته در مصرف نفت گاز و همچنین کاهش انتشار آلایندگی، اجرای پروژه از دیدگاه دولت توجیه اقتصادی داشته و در ۵ سال حدود ۳۰۰ میلیون دلار منفعت اجتماعی ایجاد می‌کند(جدول ۵). از طرف دیگر، با توجه به اینکه ۸۰ درصد قیمت تراکتور بر عهده کشاورزان است، با فرض کاهش مصرف سوخت و هزینه آن و همچنین کاهش اثرات زیست محیطی[۱] (البته شاید برای کشاورز چندان مهم نباشد)، میزان هزینه تحمیل شده بر کشاورزان در یک فرایند ۵ ساله، بیش از ۲ میلیارد دلار خواهد بود (جدول ۵) که البته منافع ناشی از افزایش بهره وری تولید محصول در محاسبات لحاظ نشده است لیکن پیداست که نمی تواند با هزینه تحمیل شده بر کشاورزان برابری نماید. به نظر می رسد یکی از دلایل اصلی شکست طرح در آینده نیز همین چالش باشد.



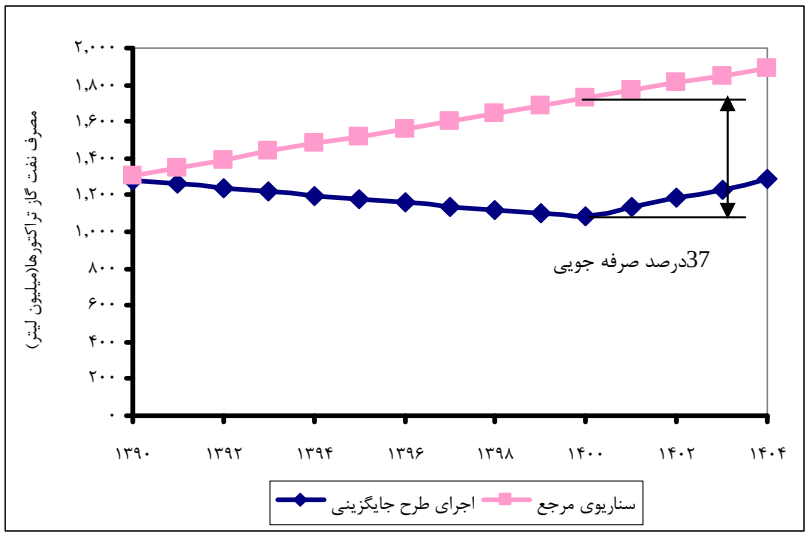
شکل٦) میزان صرفه جویی حاصل از اجرای طرح جایگزینی تراکتورهای

زیرا که اجرای این طرح بیشتر منافع کلان ملی در پی دارد تا منافع کشاورز. به هرحال، قیمت بالای تراکتور در کنار قیمت پایین سوخت، کشاورز را تشویق خواهد کرد که از همان تراکتور فرسوده برای امور کشاورزی بهره گیرد. در صورتی که طرح جایگزینی تراکتورهای فرسوده به طور کامل اجرایی شود، اوج صرفه جویی مصرف نفت گاز در سال ۱۴۰۰ رخ خواهد داد که میزان آن ۳۷ درصد پیش بینی می شود. به این ترتیب که ابتدا درصد صرفه جویی افزایش یافته و در سال

۱) برای محاسبه هزینه انتشار آلایندگی، از ضرایب هزینه انتشار ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۰ استفاده شده است. برای اطلاعات بیشتر می توانید به این مرجع مراجعه نمایید[۱].

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

۱۴۰۰ به اوج می رسد و به تدریج کاهش یافته و در سال ۱۴۰۴ به رقم ۳۲ درصد می رسد(شکل ۷). از لحاظ مصرف سوخت نیز کل مصرف انرژی در تراکتورهای کشور از میزان ۱۲۶۵ میلیون لیتر در سال ۱۳۸۹، افزایش یافته و در سناریوی مرجع به حدود ۱۸۹۰ میلیون لیتر در سال ۱۴۰۴ خواهد رسید. در صورت جایگزینی کامل تراکتورهای فرسوده، میزان کل تقاضای نفت گاز تراکتورها کاهش یافته و تقاضای کل در زیر ۱۳۰۰ میلیون لیتر در سال باقی خواهد ماند. روند تقاضای نفت گاز در دو سناریوی مرجع و طرح جایگزینی کامل تراکتورهای فرسوده به صورت قیاسی در شکل (۷) نشان داده شده است. همچنین نتایج مدل سازی نشان می دهد که در صورت جایگزینی کامل تراکتورهای فرسوده، کل منفعت اجتماعی عایدی از اجرای طرح در ۱۰ سال آینده بیش از ۳۶۰ میلیون دلار خواهد بود که این عایدی، ناشی از صرفه جویی مصرف سوخت (نفت گاز) است که علاوه بر پوشاندن تمامی هزینه ها، موجب منافع ۳۶۰ میلیون دلاری در سال خواهد شد. جزییات تحلیل هزینه – فایده در جدول (۶) ارایه شده است.



شکل۷) تغییرات مصرف سوخت تراکتورهای موجود در کشور با اجرای طرح از رده خارج کردن تمامی تراکتورهای فرسوده

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

جدول٦) تحلیل هزینه- فایده گزینه های مختلف جایگزینی تراکتورهای فرسوده در قیاس با سناریوی مرجع

هزینه های تنزیل یافته (میلیون دلار. نرخ تنزیل ۵ درصد)	اجرای طرح فعلی جایگزینی تراکتورهای فرسوده (۱۳۹۰-۱۳۹٤)	اجرای طرح فعلی جایگزینی تراکتورهای فرسوده (۱۳۹۰-۱۳۹٤)	اجرای کامل برنامه جایگزینی تراکتورهای فرسوده (۱۳۹۰ تا ۱٤۰۰)
	از دیدگاه دولت[1]	از دیدگاه کشاورز[2]	کلان ملی[3]
هزینه تراکتورها	۷۶۱,۰۰۵	۳۰۴۴,۰۱۹	۳,۹۱۵/۸۰
عرضه انرژی	-۹۵۶,۵۴۹	-۳۱,۹	-۳,۸۵۹/۲۰
خسارات زیست محیطی	-۱۰۴,۴۹۲	-۱۰۴,۴۹۲	-۴۱۸
خالص ارزش کنونی	-۳۰۰,۰۳۷	۲۹۰۷,۶	-۳۶۱/۴
صرفه جویی در گازهای گلخانه ای (میلیون تن معادل کربن)	۰,۷۸۸	۰,۷۸۸	۳/۸
هزینه نهایی کاهش انتشار کربن (دلار بر تن معادل کربن)	-۴۵۸,۱۸۰	۴۴۴۰,۲	-۱۳۶/۵

مرجع: وکیلی، علی. ایرانمنش، سید حسین. امیری، محمد. حوری جعفری، حامد. مرادی، محمدعلی. عمیدپور، مجید و دیگران (۱۳۹۲)، تجزیه و تحلیل وضع موجود و مطلوب تقاضای انرژی در بخش کشاورزی، مؤسسه مطالعات بین المللی انرژی، جلد ۲.

*علامت منفی در هزینه ها نشان دهنده منافع و علامت مثبت نشان دهنده هزینه می باشد.

با توجه به اینکه نرخ بهره وام های بین المللی معمولا در محدوده ۵ درصد می باشد، نرخ تنزیل مبنا ۵ درصد در نظر گرفته شده است. از طرف دیگر، به دلیل وابستگی نتایج مدل به نرخ تنزیل و قیمت نفت گاز نیاز به تحلیل حساسیت وجود خواهد داشت که در ادامه تحلیل حساسیت نسبت به متغیرهای قیمت نفت گاز و نرخ تنزیل انجام خواهد شد. چنانچه قیمت نفت گاز رقم فعلی (۱۵۰۰ ریال بر لیتر) در نظر گرفته شود، با توجه به اینکه نرخ رسمی تسعیر ارز حدود ۲۴۷۰۰ ریال است، بنابراین نرخ نفت گاز در حدود ۶ سنت بر لیتر خواهد شد. بررسی نتایج مدل نشان می دهد که با فرض سهم ۸۰ درصدی کشاورز از قیمت تراکتور، جایگزینی آن تحت هیچ شرایطی برای کشاورز صرفه اقتصادی ندارد. از طرف دیگر، افزایش نرخ

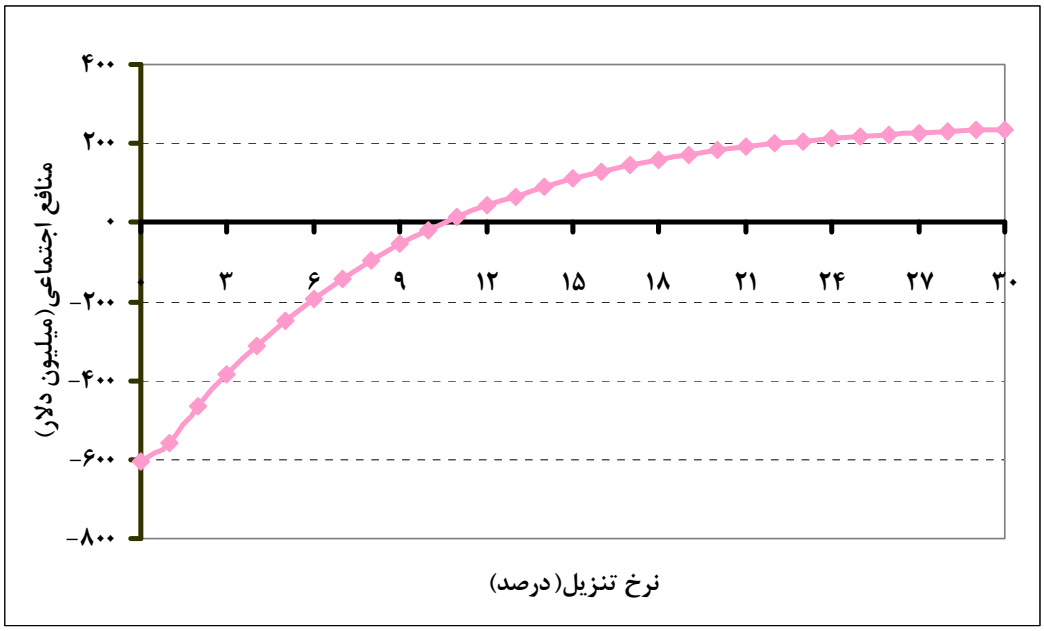
۱) منظور از دیدگاه دولت، یعنی سهیم شدن در تأمین ۲۰ درصد هزینه خرید تراکتور و اعمال هزینه فرصت (قیمت فوب خلیج فارس) برای نفت گاز در محاسبات هزینه – فایده

۲) منظور از دیدگاه کشاورز، یعنی تأمین ۸۰ درصد هزینه خرید تراکتور و اعمال قیمت داخلی نفت گاز در محاسبات هزینه – فایده

۳) منظور از منافع ملی، سهیم شدن ۴۰ درصدی دولت در تأمین هزینه خرید و اعمال قیمت واقعی نفت گاز(فوب خلیج فارس) در محاسبات هزینه– فایده

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

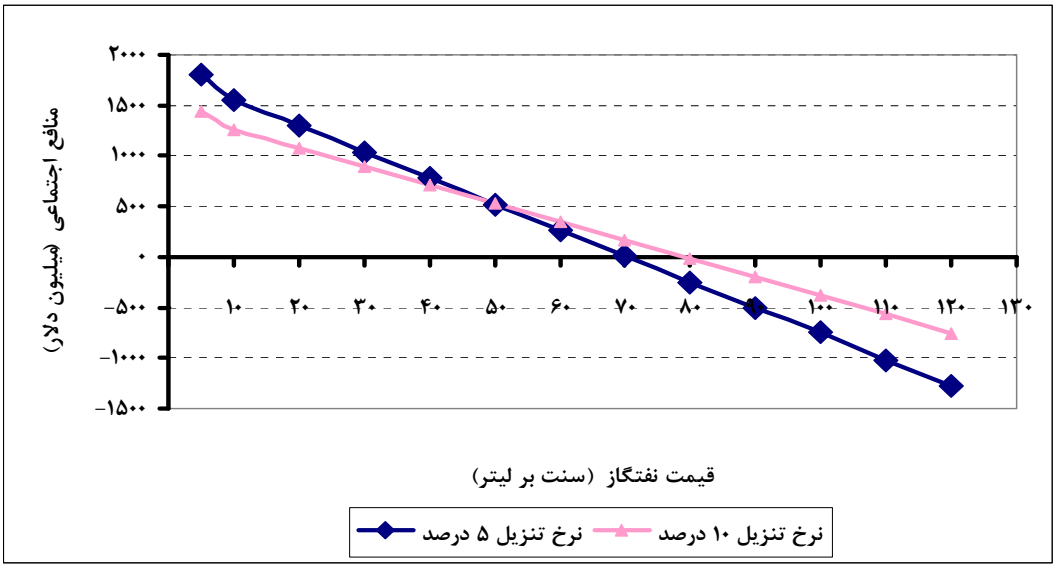
تسعیر جذابیت جایگزینی را از دیدگاه کشاورز کاهش داده است. از دیدگاه دولت (۲۰ درصد قیمت تراکتور سهم دولت است)، اجرای طرح جایگزینی در هر شرایطی به صرفه است. بررسی سایت معتبر پلات[1] نشان می دهد که متوسط قیمت فوب نفت گاز در خلیج فارس، در یک سال گذشته حدود ۸۰ سنت بر لیتر بوده است[۲۱]. بنابراین، از دیدگاه دولت هزینه فرصت مصرف نفت گاز در داخل حدود ۸۰ سنت بر لیتر است که تحلیل حساسیت مدل نشان می دهد که با قیمت فعلی نفت گاز (فوب خلیج فارس)، حتی با پرداخت ۴۰ درصد کل قیمت تراکتور از طرف دولت، طرح همچنان از توجیه اقتصادی برخوردار است. برای تحلیل حساسیت نتایج، نرخ بهره را از ۰ تا ۲۶ درصد تغییر داده و منافع اجتماعی بررسی خواهد شد. همچنین برای تحلیل حساسیت نتایج نسبت به قیمت نفت گاز در داخل کشور، قیمت نفت گاز در دو سناریوی جداگانه را (نرخ تنزیل ۵ درصد و نرخ تنزیل ۱۰ درصد)، از ۵ سنت تا ۱۲۰ سنت تغییر داده و نتایج ارزیابی خواهد شد. در شکل (۹) تغییرات منافع اجتماعی (ملی) با نرخ تنزیل اجرای طرح جایگزینی تراکتورهای فرسوده ترسیم شده است که نشان می دهد اجرای طرح تا نرخ تنزیل ۱۰ درصد دارای منافع بوده و بعد از آن هزینه اجتماعی تحمیل می کند. با توجه به اینکه نرخ تنزیل در اغلب موارد زیر ۱۰ درصد می باشد(رابطه ۱۱)، بنابراین اجرای طرح از دیدگاه منافع ملی ، حتی با تأمین ۴۰ درصد قیمت تراکتور از طرف دولت، دارای توجیه اقتصادی خواهد بود.



شکل۸) تغییرات منافع اجتماعی اجرای طرح جایگزین کردن تراکتورهای فرسوده با نرخ تنزیل

1) www.platts.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]



شکل۹) تغییرات منافع اجتماعی طرح جایگزین کردن تراکتورهای فرسوده با قیمت نفت گاز

حساسیت منافع اجتماعی اجرای طرح نسبت به قیمت نفت گاز نیز در دو سناریوی نرخ تنزیل ۵ درصد و ۱۰ درصد در شکل (۹) بررسی شده است که نشان می دهد با افزایش نرخ تنزیل(بهره واقعی وام)، اجرای طرح در قیمت های بالای نفت گاز (هزینه فرصت) دارای توجیه اقتصادی است. با توجه به اینکه قیمت فوب نفت گاز غالبا بالای ۷۰ سنت می باشد، لذا اجرای طرح نسبت به قیمت نفت گاز نیز از توان توجیهی برخوردار بوده و حتی با افزایش سهم دولت به ۴۰ درصد از قیمت تراکتور، همچنان در محدوده توجیه اقتصادی باقی خواهد ماند.

طرح بسته سیاست گذاری انرژی مکمل

با توجه به اینکه بیش از ۸۰ درصد مصرف انرژی تراکتورها به دلیل انجام عملیات زراعت و باغداری اتفاق می افتد. جایگزین کردن ممکن است به تنهایی تأثیر قابل توجهی بر مصرف انرژی در این زیربخش نداشته باشد. لذا مجموعه عوامل دیگری نیز باید در کنار جایگزینی دیده شوند. بنابراین، گلوگاه های مصرف و اتلاف انرژی شناسایی شده، سپس یک برنامه مکمل همراه با راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی ارایه خواهد شد.شایان ذکر است اگرچه مصرف انرژی پمپاژ مربوط به مزارع و باغات کشاورزی است، لیکن در این مقاله تنها به موضوع تراکتور پرداخته شده است. پژوهش ها نشان می دهد[۸] در ایران تنگناهای دیگری در ارتباط با مصرف سوخت ماشین آلات کشاورزی وجود دارد که می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- فرسوده بودن ناوگان ماشین آلات کشاورزی ایران و عمر بالای ناوگان موجب افزایش مصرف شده است.
- فناوری قدیمی و از رده خارج شده تولید تراکتور در ایران، شکاف فناوری را با جهان پیشرفته بالا برده است.
- بهره گیری از تراکتور برای امور نامتناسب (حمل و نقل) تلفات مصرف سوخت را افزایش داده است.
- سرویس و نگهداری نامناسب تراکتورها

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

- الگوی ناکارآمد خاکورزی و کشت محصول
- عدم تناسب قدرت و مشخصات ماشین با نوع عملیات کشاورزی

برای هر کدام از ضعف ها و چالش های فوق راهکارهایی وجود دارد که در ادامه بیان شده است. به طور کلی می توان گفت که متوسط پتانسیل صرفه جویی انرژی در زیربخش زراعت و باغداری بر اساس شدت مصرف سوخت در هر هکتار از کشت حدود ۳۸/۳ درصد نسبت به دامنه بالایی استاندارد ASABE می باشد[۱۰]. کمبود اطلاعات برای انجام تحلیل های دقیق در کنار نبود استانداردها و ممیزی های انرژی در مزارع ، شناسایی وزن عوامل مختلف در تلفات انرژی این زیر بخش را ناممکن می‌سازد. به طور کلی، برای کاهش شکاف بین شدت مصرف انرژی مزارع در ایران و کشورهای پیشرفته (استاندارد) اجرای برنامه ها و سیاست‌گذاری های جدول(۷) توصیه می‌شود. بسته سیاست‌گذاری مکمل جدول (۷) می‌تواند در کنار اجرای برنامه جایگزینی تراکتورها و سایر ماشین آلات فرسوده اثربخشی قابل توجهی بر سه هدف کاهش مصرف انرژی، افزایش راندمان تولید (در کنار افزایش رقابت پذیری) و افزایش ضریب مکانیزاسیون در زیربخش زراعت و باغداری داشته باشد.

جدول۷) سیاست ها و راهکارهای ملی بهبود کارایی مصرف سوخت در زیربخش زراعت و باغداری

ردیف	سیاست/راهکار	میزان اولویت	نهاد مسئول
۱	جایگزینی تراکتورها، تیلرها و کمباین های فرسوده با انواع جدید و پربازده	بالا	وزارت جهاد کشاورزی
۲	ممیزی انرژی و انجام جستجوی میدانی برای مشخص کردن ساعات کارکرد/عمر/مصرف سوخت و کیفیت ماشین آلات در استان ها	بالا	وزارت جهاد کشاورزی
۳	تدوین معیارها و استانداردهای مصرف سوخت ماشین آلات کشاورزی	بالا	شرکت بهینه سازی مصرف سوخت – مرکز مکانیزاسیون کشاورزی
۴	تعیین دستورالعمل تولید و واردات انواع تراکتورها در ایران	پایین	وزارت جهاد کشاورزی- شرکت بهینه سازی مصرف سوخت – وزارت صنعت، معدن و تجارت
۵	ارایه آموزش های لازم در زمان های مناسب برای بهره برداری از انواع تراکتور در شبکه های تلویزیونی استانی	بالا	وزارت جهاد کشاورزی
۶	جلوگیری از تولید تراکتورهای با فناوری قدیمی نظیر یونیورسال (رومانی) و جایگزینی با فناوری های جدید	بالا	وزارت جهاد کشاورزی
۷	تولید تراکتورهای سنگین ۱۰۰-۲۰۰ اسب بخار	متوسط	وزارت صنعت، معدن و تجارت
۸	انجام آزمون های استاندارد برای تعیین مشخصات دقیق تراکتورهای موجود و جدید	بالا	مرکز مکانیزاسیون کشاورزی
۹	توسعه سوخت بیودیزل برای مصارف سوخت تراکتورها	پایین	وزارت جهاد کشاورزی
۱۰	کاهش تدریجی تعرفه واردات و در کنار آن الزام تولید کنندگان و وارد کنندگان به رعایت معیار مصرف سوخت و نصب برچسب انرژی	بالا	وزارت صنعت، معدن و تجارت – وزارت جهاد کشاورزی
۱۱	نصب کیت اندازه گیری مصرف سوخت بر روی تراکتور	بالا	وزارت صنعت، معدن و تجارت

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

جمع بندی

اجرای طرح جایگزینی تراکتورهای فرسوده، یک سیاست اصولی برای بهبود راندمان مصرف انرژی، افزایش راندمان تولید و کاهش قیمت تمام شده محصولات کشاورزی است، لیکن در اجرای این سیاست باید دو نکته کلیدی مد نظر قرار گیرد؛ نخست اینکه تراکتورهای مورد نظر باید از فناوری های روز دنیا بهره گرفته باشند و دوم اینکه این استراتژی در قالب یک بسته سیاست‌گذاری مکمل انجام پذیرد. بررسی نتایج مدل نشان می دهد که در کوتاه مدت حتی تأمین ۴۰ درصد قیمت تراکتور از طرف دولت نیز منافع اجتماعی قابل توجهی در بر دارد. البته در بلندمدت و در صورت تداوم و استمرار طرح با شرایط فعلی تا سال ۱۴۰۰ (با تداوم طرح در سال مذکور کلیه تراکتورهای فرسوده از مدار خارج می شوند و تمامی تراکتورهای موجود زیر ۱۳ سال عمر خواهند داشت). افزایش سهم دولت به ۴۰ درصد قیمت تراکتور، باز هم اجرای طرح منافع اقتصادی و اجتماعی برای کشور به همراه خواهد داشت(جدول ۷). همچنین نتایج بررسی ها گویاست که جهت اجرای دقیق تر طرح جایگزینی تراکتورها و کمباین های فرسوده لازم است تغییرات زیر در برنامه ایجاد شود:

- بلندمدت کردن برنامه و تداخل آن در برنامه های پنجم، ششم و هفتم توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور و از رده خارج کردن تمامی ماشین آلات فرسوده کشاورزی تا سال ۱۴۰۰ مطابق زمانبندی جدول (۸)
- افزایش سهم دولت در تأمین قیمت تراکتور از ۲۰ درصد فعلی به بیش از ۴۰ درصد
- کاهش تعرفه واردات تراکتور از ۳۰ درصد فعلی (۲۱درصد برای تراکتورهای سنگین) به کمتر از ۱۰ درصد
- الزام تولید کنندگان داخلی تراکتور به بهره گیری از فناوری های روز دنیا و همکاری با شرکت های بزرگ
- اجتناب از واردات تراکتورهای بی کیفیت تولید کشور چین
- توقف تولید تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵ و رومانی و جایگزینی آنها با تراکتورهای روز دنیا
- توسعه تراکتورهای باغی وکوچک
- تأمین ماشین آلات مناسب برای انجام فرایندهای کشاورزی از جمله گاوآهن دوطرفه، چیزل و ...
- تدوین استاندارد مصرف سوخت تراکتورها و الزام تولید کنندگان و واردکنندگان به رعایت معیار و نصب برچسب مصرف سوخت
- نصب کیت اندازه گیری مصرف سوخت بر روی تراکتورهای کشاورزی

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

جدول ۸) برنامه جایگزینی کامل ناوگان ماشین آلات فرسوده کشاورزی (دستگاه تراکتور)

برنامه پیشنهادی	برنامه پنجم توسعه اقتصادی و اجتماعی				
سال	۱۳۹۱	۱۳۹۲		۱۳۹۳	۱۳۹۴
جایگزینی	۱۵۰۰۰	۳۷۵۰۰		۳۷۵۰۰	۳۷۵۰۰
برنامه	برنامه ششم توسعه اقتصادی و اجتماعی				
سال	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹
جایگزینی	۳۷۵۰۰	۳۷۵۰۰	۳۷۵۰۰	۳۷۵۰۰	۳۷۵۰۰
برنامه	برنامه هفتم توسعه اقتصادی و اجتماعی				
سال	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲	۱۴۰۳	۱۴۰۴
جایگزینی	۳۳۰۰۰	-	-	-	-

مجموعه پیشنهادهای ارایه شده در این مقاله می تواند به عنوان پایه ای برای طراحی یک سیاست انرژی پایدار جهت بهبود راندمان مصرف انرژی و تولید محصولات در مزارع و باغات کشور مطرح شود. دو راهکار جایگزینی تراکتور های فرسوده و تدوین استاندارد مصرف انرژی ماشین آلات جزء اقدامات اولویت دار و نقطه آغازین این بسته سیاستی مکمل پیشنهاد می شوند.

سپاسگذاری

قسمت های زیادی از این مقاله حاصل پژوهشی است که با حمایت مؤسسه مطالعات بین المللی انرژی انجام گرفته است که در مراجع[۸] نیز منعکس شده است. همچنین داده های پژوهش از مراکزی همانند مرکز مکانیزاسیون کشاورزی، شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی و ترازنامه انرژی اخذ شده است. بدینوسیله از حمایت کلیه مراکز بویژه مؤسسه مطالعات بین المللی انرژی کمال سپاسگذاری را دارد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

منابع

[۱] ترازنامه انرژی. (۱۳۹۰)، معاونت برق و انرژی ، وزارت نیرو، صفحات ۲۶ – ۵۷.

[۲] جعفری، رامین. توکلی هشجین، تیمور. رئوفت،.محمد حسین.(۱۳۸۷)، طراحی، ساخت و ارزیابی طرح جدید و بهینه گاوآهن کج ساق به منظور کاهش انرژی مصرفی در کشش گاوآهن، مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه فردوسی مشهد.

[۳] شرکت بهینه سازی مصرف سوخت. (۱۳۸۵)، "ممیزی انرژی واستقرار واحد مدیریت انرژی دربخش زراعت وباغداری"، مدیریت بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت، شرکت بهینه سازی مصرف سوخت، جلد ۲، صفحات ۳۷-۸۸..

[۴] طرح جایگزینی کمباین و تراکتورهای فرسود بالای ۱۳ سال عمر مفید. (۱۳۸۹)، وزارت جهاد کشاورزی.

[۵] قاسمی نژاد رائینی، محمود. الماسی، مرتضی. شیخ داوودی، محمد جواد.(۱۳۸۷)، بررسی مصرف سوخت ویژه و انرژی ویژه مالبندی دو تراکتورMF285 و ITM750، مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه فردوسی مشهد.

[۶] کتاب قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی و اجتماعی جمهوری اسلامی ایران. (۱۳۸۹)، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور و مجلس شورای اسلامی.

[۷] مرکز ملی مکانیزاسیون. (۱۳۸۷)، گزارش آمار ماشین آلات کشاورزی و تولید و تأمین آن در سال های مختلف، مرکز ملی مکانیزاسیون کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی.

[۸] وکیلی، علی. ایرانمنش، سید حسین. امیری، محمد. حوری جعفری، حامد. مرادی، محمدعلی. عمیدپور، مجید و دیگران (۱۳۹۲)، تجزیه و تحلیل وضع موجود و مطلوب تقاضای انرژی در بخش کشاورزی، مؤسسه مطالعات بین المللی انرژی، جلد های ۱ و ۲.

[۹] مرادی، محمدعلی. (۱۳۹۱)، بررسی میدانی قیمت تراکتورهای موجود در بازار ایران.

[10] ASAE D497.4 FEB03, ASAE Standard. 2012. “Agricultural Machinery Management data”, American Society of Agriculture Engineers.

[11] American Society of Agriculture and Biology Engineering (ASABE). “Estimating Farm Fuel Requirement”. www.asabe.org /standards.aspx.

[12] Grisso R. B. Kocher M. F. and Voughan D.H. 2005. “Predicting tractor fuel consumption”.

[13] Fathollahzadeh H. Mobli H. Rajabipour A. Minaee S. Jafari A. and Tabatabaie S.M.H. 2010. “Average and instantaneous fuel consumption of Iranian conventional tractor with moldboard plow in tillage”, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, VOL. 5, NO. 2.

[14] Heaps C.G. 2012. Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP) system. [Software version 2012.0016] Stockholm Environment Institute. Somerville, MA, USA. www.energycommunity.org.

[15] Molenhuis J. R. 2001. Budgeting farm machinery costs, ministry of agriculture, foods and rural affairs, Ontario.

[16] Nebraska Tractor Test Laboratory. 2012. “Test publication”, www.tractortestlab.unl.edu.

[17] OECD standard, (2001)267, CODE 2 OECD Restricted standards for the official testing of agricultural and forestry performance, 17 December 2001, available: http://www.oecd.org/code/tractors.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]

[18] Safa M. and Samarasinghe S. 2010. “Fuel Consumption in wheat production in irrigated and dry land Farming”, World Academy of Science, Engineering and Technology, pp. 70-85.

[19] Thomsen B. Zachariassen K. Eliasen M. Hansen P. and Heinesen S. 2010. “Fuel optimisation in the Faroese fishing fleet”, First International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing, Vigo, Spain.

[20] Yang Z. Chen G. Duan J. Peng J. and Wang J. 2009. “Development strategy of agricultural machinery based on energy –saving in china”.

[۲۱] مؤسسه معتبر اعلام نرخ نفت و فرآورده های نفتی در خلیج فارس www.platts.com

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-11-10]