

## به کارگیری نرم افزار تصمیم یار جهت بررسی صحت تطابق سامانه تراکتور-گاواهن و تاثیر کاربرد آن بر مصرف انرژی عملیات شخم

رسول لقمان پور زربینی<sup>۱\*</sup>، اسداله اکرم<sup>۲</sup>، رضا علیمردانی<sup>۲</sup>، سیدرضا طباطبایی کلور<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دوره دکتری، دانشکده مهندسی و فناوری، دانشگاه تهران

۲. استایار، دانشکده مهندسی و فناوری، دانشگاه تهران

۳. استاد، دانشکده مهندسی و فناوری، دانشگاه تهران

۴. دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۶ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۳/۲۵)

### چکیده

هدف این مطالعه تعیین میزان صحت تطابق سامانه تراکتور-گاواهن در عملیات شخم شالیزارها و بررسی تاثیر به کارگیری نرم افزار تصمیم یار بر میزان مصرف انرژی عملیات بود. با نرم افزار تصمیم یار مورد مطالعه، تراکتور و گاواهن متناسب با توجه به پارامترهای متداخل و موثر برای عملیات شخم هر مزرعه انتخاب و میزان مصرف انرژی در آن تعیین شد. این نرم افزار جهت بررسی صحت تطابق سامانه تراکتور-گاواهن در اجرای عملیات شخم مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور، مشخصات تراکتور و گاواهن به کار رفته در ۴۰ مزرعه شالیزاری این شهرستان جمع آوری شد. نرم افزار تصمیم یار نشان داد که ۶۵٪ از سامانه های تراکتور-گاواهن مورد استفاده در مزارع مورد مطالعه نامناسب بوده و همچنین ۱۰۰٪ آن ها در مزارع با مساحت کمتر از ۳ هکتار دارای تطابق ناصحیح بودند. از طرفی مالکیت تراکتور و گاواهن نقش مهمی در رعایت تطابق صحیح آن ها دارد. در بخش دیگری از تحقیق، برای بررسی میزان تاثیر استفاده از نرم افزار تصمیم یار، نتایج حاصل از برآورد مصرف انرژی با سایر مزارع مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که با استفاده از این نرم افزار، در مصرف انرژی عملیات شخم به میزان ۲۱/۳۸٪ صرفه جویی می گردد. به طور کلی می توان دریافت که انتخاب و تطابق تراکتور و ادوات زراعی در شالیزارها اغلب نامناسب و غیرمنطقی بوده و سبب افزایش مصرف انرژی، کاهش سودآوری اقتصادی و بازده کار می شود.

واژه های کلیدی: انرژی، تصمیم یار، شالیزار، سامانه تراکتور، گاواهن، مکانیزاسیون

### مقدمه

یکی از مشکلات بزرگ که مانعی بر سر راه اجرای صحیح مکانیزاسیون و بهره وری هرچه بیشتر از آن می شود، عدم دقت در انتخاب درست و رعایت تناسب تراکتور با ماشین های زراعی و بالعکس و همچنین تناسب تراکتور و تجهیزات زراعی با خصوصیات مزرعه می باشد. هدف از مکانیزاسیون کشاورزی، بیشینه کردن بهره وری است. رشد بهره وری کشاورزی منوط به مکانیزاسیون صحیح است و انتخاب تراکتور و تجهیزات مناسب یکی از ارکان پیاده سازی مکانیزاسیون می باشد (Almasi et al., 2009).

امروزه به دلیل تنوع در تجهیزات کشاورزی در مراحل مختلف عملیات زراعی و گوناگونی مدل و توان در تراکتورها، مشکلاتی را در دقت و صحت تطابق این دو به وجود آورده

است. این در حالی است که یک مدیر توانا در بخش زراعی قادر است با منابع توان و تجهیزات موجود به آرمانی ترین میزان از سطح مکانیزاسیون و درجه ای مکانیزاسیون برسد. برای بهینه ساختن اقتصاد کشاورزی، یک مدیر مزرعه یا کشاورز باید به تک تک ارکان پیاده سازی مکانیزاسیون توجه کند. در این حالت است که هزینه ها به طور قابل توجهی کاهش یافته و در نتیجه بهره وری اقتصادی رقم خواهد خورد. امروزه در کشورهای مختلف، رایانه و سامانه های تصمیم گیری توسط آن به طور کامل نقش خود را در کشاورزی ایفا می کنند و مدیران مزرعه با استفاده از فناوری ها و اطلاعات نوین کشاورزی پیش به سوی هرچه بهتر شدن بخش کشاورزی می روند (Mehta et al., 2011). یکی از همین سامانه ها که به مدیران بخش مکانیزاسیون کشاورزی در انتخاب و تطابق صحیح توان تراکتور و ماشین های زراعی کمک می کند، سامانه ای تصمیم یار می باشد.

جهت حداکثر نمودن توان موثر، ظرفیت زراعی ماشین‌های کشاورزی و مصرف سوخت اشاره کرد (Grisso and Perumpral, 2006). از جمله سامانه‌های دیگر می‌توان به نرم‌افزاری تحت زبان برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک که با هدف ایجاد تطابق صحیح ادوات خاک‌ورزی با تراکتور 2WD و پیش‌بینی عملکرد زراعی سامانه تراکتور-ماشین‌های کشاورزی تدوین شد، اشاره نمود (Sahu and Raheman, 2008).

نرم‌افزار مدیریت دیگری جهت تصمیم‌گیری و انتخاب مناسب‌ترین ابزار خاک‌ورز با استفاده از روش میانگین وزنی مرتب تدوین شد. این سامانه در نهایت به کاربر پیشنهاد مناسب‌ترین ابزار خاک‌ورز را با توجه به پاسخ‌های کیفی خواهد داد (Sharifnasab, 2004). همچنین سامانه تصمیم‌یار دیگری با استفاده از زبان برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک جهت انتخاب و تطابق صحیح توان تراکتور و ماشین‌های زراعی و همچنین مدیریت زمانی عملیات زراعی تدوین شد. این سامانه دارای بانک اطلاعاتی جامع از مشخصات تراکتورها و ماشین‌های زراعی موجود در ایران و همچنین آمار هواشناسی هر شهرستان می‌باشد. این سامانه قادر است با توجه به زمان در دسترس و قابل کار، مناسب‌ترین ماشین زراعی و توان تراکتور متناسب با آن را برگزیند. همچنین این سامانه توانایی بررسی صحت تطابق توان تراکتور و ماشین زراعی به کار گرفته شده را با توجه به پارامترهای متداخل و موثر را دارد (Loghmanpour zarini, 2014).

هدف از انجام این تحقیق تدوین و بکارگیری یک سامانه تصمیم‌یار جهت تعیین میزان صحت تطابق سامانه تراکتور-گاواهن در عملیات شخم مزارع برنج و همچنین برآورد تاثیر استفاده از آن بر میزان مدیریت مصرف انرژی در عملیات مذکور می‌باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند نقش مهمی در تصمیم‌های خرد و کلان مدیریتی جهت توزیع تراکتور با توان‌های مناسب و ماشین‌های زراعی متناسب با توجه به مساحت مزارع و فراوانی آن‌ها و همچنین ترویج استفاده صحیح از توان تراکتور و ماشین زراعی در جهت بهبود بازده عملیات مکانیزه و توسعه مکانیزاسیون به شکل قابل قبول ایفا نماید.

## مواد و روش

اهداف این تحقیق شامل دو بخش کلی تعیین میزان صحت تطابق سامانه تراکتور-گاواهن بکار رفته در عملیات شخم مزارع برنج در سال زراعی ۱۳۹۲ توسط سامانه

سامانه‌های تصمیم‌یار منابع هوشمند انسانی را با توانایی‌های رایانه، برای بهبود بخشیدن کیفیت تصمیمات ترکیب می‌کنند. این سامانه با در اختیار داشتن یک بانک اطلاعاتی کامل در خصوص تراکتورها و تجهیزات زراعی موجود در منطقه، مدیران را در جهت انتخاب مناسب نوع ادوات و تراکتور و در نتیجه مقرون به صرفه بودن عملیات اجرایی یاری می‌کند. یک مدیر مزرعه یا کشاورز زمانی به موفقیت کامل از به کارگیری مکانیزاسیون خواهد رسید که با دارا بودن از کمترین تعداد ماشین‌های کشاورزی و کمترین میزان توان به بالاترین درجه مکانیزاسیون کشاورزی با توجه به زمان قابل کار رسیده باشد. اگر تراکتوری متناسب با اندازه‌ی زمین زراعی نباشد، ممکن است تراکتور انتخاب شده قادر به اجرای تمامی عملیات در مدت زمان سفارش شده یا قابل دسترس نباشد و ضرر اقتصادی به دنبال داشته باشد. استهلاک معمولاً قسمت عمده‌ای از هزینه‌های یک ماشین را شامل می‌شود و در واقع یک شاخص مهم تصمیم‌گیری برای مدیران مربوطه می‌باشد که با توجه به آن، تصمیم به تعویض، جایگزینی یا فروش ماشین‌های خود می‌گیرند (Behrouzi, 2010). تطابق صحیح سامانه‌ی تراکتور-ماشین‌های کشاورزی سبب کاهش افت توان، بهبود بهره‌وری عملیات، کاهش هزینه عملیات و بهره‌گیری بهتر از سرمایه بر روی هزینه‌ی ثابت می‌شود (Teyloret al., 1991).

محققان دیگری هم در این عرصه با هدف انتخاب و تطابق سامانه تراکتور-ماشین‌های کشاورزی و همچنین کاهش هزینه‌های عملیاتی و مصرف انرژی نرم‌افزارهایی را تدوین نموده‌اند. نرم‌افزارهای توسعه داده شده جهت تعیین قدرت مورد نیاز بهینه برای تولید اقتصادی می‌بایست پارامترهای اندازه‌ی زمین زراعی و حجم عملیات زراعی را دخالت دهند (Isik and Sabanci, 1993; Murthy, 1999). برای هر اندازه از مساحت مزرعه، سامانه تعداد تراکتور مورد نیاز، اندازه‌ی مناسب ماشین‌های کشاورزی، هزینه سالانه ادوات بر واحد سطح، ساعات کاری ادوات، سوخت و روغن مورد نیاز را محاسبه می‌نماید.

سامانه‌ی تصمیم‌یاری توسط زبان برنامه‌نویسی C جهت بهبود سامانه‌ی ماشین‌های کشاورزی بر حسب نوع محصولات و منطقه‌ی جغرافیایی در کشور هند توسعه داده شد (Singh et al., 2008). سامانه‌ی تصمیم‌یار دیگری جهت تطابق تراکتور با ماشین‌های کشاورزی با استفاده از صفحه گسترده تدوین نمودند. از قابلیت‌های این سامانه می‌توان به توزیع وزن بهینه



شکل ۱. فرم ابتدایی سامانه تصميم‌يار مورد استفاده تحقیق

مطابق جدول شماره (۱)، در ۲۰ نمونه از مزارع شالیزاری از طریق اجاره تراکتور و گاواهن عملیات خاکورزی صورت گرفت و در ۲۰ نمونه دیگر، عملیات مذکور با استفاده از سامانه تراکتور-گاواهن تحت مالکیت کشاورز انجام شده است. از آنجا که عملیات مکانیزه کشاورزی و مالکیت تراکتور و ادوات زراعی با وسیع تر شدن مزارع توجیه اقتصادی بالاتری را داراست، در این تحقیق برای نمونه‌گیری سعی بر آن بوده تا از اطلاعات مزارع با مساحت‌های مختلف استفاده گردد. با توجه به اینکه در استان مورد مطالعه، متوسط مساحت شالیزارها کمتر از ۳ هکتار می‌باشد، برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از شالیزارهای با مساحت بیش از ۴ هکتار، عموماً از مزارعی که تحت مالکیت و مدیریت مراکز تحقیقاتی و یا آموزشی استان است استفاده شد. پرسشنامه‌ها جهت برآورد و محاسبه مصرف انرژی عملیات ماشینی در سایر شالیزارها به منظور ارزیابی عملکرد نرم‌افزار و تاثیر آن بر میزان مدیریت مصرف انرژی تکمیل گردید. برای این هدف، شالیزارهایی که با مدیریت نرم‌افزار تصميم‌يار، سامانه تراکتور-گاواهن را انتخاب نمودند، در گروه ۱ و دیگر شالیزارها در مجموعه گروه ۲ قرار داده شدند.

### نتایج و بحث

در این بخش، بررسی‌های صورت گرفته و نتایج حاصل از آن در دو قسمت شامل بررسی صحت تطابق سامانه تراکتور-گاواهن و اثر بکارگیری سامانه تصميم‌يار در مدیریت مصرف انرژی عملیات شخم شالیزار بیان می‌گردد.

#### الف) بررسی صحت تطابق سامانه تراکتور-گاواهن

پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از شرایط عملیاتی شخم ۴۰ مزرعه شالیزاری و ارائه آن به سامانه تصميم‌يار، صحت تطابق سامانه تراکتور-گاواهن بکار رفته مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. شرایط عملیاتی شخم مزارع مورد نظر تحقیق

تصميم‌يار و همچنين میزان تاثیر استفاده از نرم‌افزار تصميم‌يار در مدیریت مصرف انرژی عملیات تهیه زمین شالیزار مورد نظر است. برای این منظور از سامانه تصميم‌يار تدوین شده توسط Lohmanpour et al. (2013) استفاده از زبان برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک ۶ تدوین و بانک اطلاعاتی آن با استفاده از نرم‌افزار میکروسافت اکسس ۲۰۱۰ و با قابلیت‌های مختلفی ایجاد شد (شکل ۱). واحدهای زراعی مورد مطالعه جهت انجام این تحقیق، مزارع برنج شهرستان ساری واقع در استان مازندران بود. البته قابل ذکر است که استفاده از سامانه‌ی تصميم‌يار مورد استفاده، محدودیت مکانی و زمانی ندارد سامانه تصميم‌يار مورد نظر تحقیق از مناسب‌ترین رابطه‌های موجود در بین روابط استاندارد با توجه به شرایط عملیاتی شهرستان مورد مطالعه جهت انجام محاسبات توان مورد نیاز، حداکثر عرض و سرعت قابل کار مورد استفاده قرار گرفت که به شرح ذیل می‌باشد (Edwards and Hanna, 2010)

$$PTO (hp) = \frac{V(km/h) \times F(kN) \times W(m) \times C}{2/68} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در رابطه (۱)  $P_{PTO}$  توان مورد نیاز در محور تواندهی بر حسب اسب بخار،  $V$  سرعت پیشروی عملیات زراعی بر حسب کیلومتر بر ساعت،  $F$  نیروی کشش مورد نیاز بر حسب کیلونیوتن،  $W$  عرض کار ماشین زراعی بر حسب متر و  $C$  ضریب پارامتر خاک است. تعداد مزارع برنج مورد مطالعه بر اساس رابطه حجم نمونه‌گیری کوکران ۳۸ نمونه تعیین شد. جهت اطمینان در جمع‌آوری اطلاعات و تعمیم نتایج پایانی به کل مزارع شهرستان، اطلاعات مربوط به مشخصات توان تراکتور و گاواهن برگردان‌دار ۴۰ مزرعه برنج وارد سامانه تصميم‌يار شد (جدول ۱). اطلاعات مورد نیاز شامل توان تراکتور مورد استفاده نوع سامانه محرکه تراکتور مورد استفاده (دو چرخ محرک، چهار چرخ محرک و ...)، نوع خاک مزرعه (سخت و رسی، مرطوب، نرم و شنی)، عرض کار گاواهن بکار رفته و سرعت عملیات شخم بوده است. همچنین اطلاعات مربوط به پارامترهای ظرفیت زراعی موثر و کشش مورد نیاز بر واحد عرض گاواهن بر اساس استانداردهای موجود و یا دفترچه راهنمای گاواهن‌های بکار رفته جمع‌آوری شدند.

جدول ۱. مزارع شالیزار مورد مطالعه بر اساس وضعیت مالکیت سامانه تراکتور-گاواهن و مساحت

تراکتور-گاواهن و مساحت			
وضعیت مالکیت تراکتور و گاواهن	مزارع کمتر از ۳ هکتار	مزارع بین ۳ تا ۶ هکتار	مزارع بیش از ۶ هکتار
مالکیت	۵	۷	۸
عدم مالکیت	۱۰	۶	۴

تحقیق، نتایج بررسی میزان صحت تطابق سامانه تراکتور-گاواهن و همچنین پیشنهادهایی جهت بهبود آن ارائه نمود (کادرهای با حاشیه رنگ قرمز). نتیجه و پیشنهاد اول، توان مورد نیاز واقعی برای اجرای عملیات شخم با گاواهن مورد استفاده می‌باشد. توان مورد نیاز محاسبه شده ۲۵/۱۴ اسب بخار است. حال آن که تراکتور مورد استفاده در مزرعه مورد بحث با توان ۴۰ اسب بخار در محور توان‌دهی، متناسب با شرایط عملیاتی و گاواهن بکار رفته نبوده است. برای رفع این مشکل و ارائه پیشنهاد در جهت بکارگیری تراکتور مناسب و متناسب با شرایط عملیاتی و گاواهن بکار رفته، سامانه تراکتوری مشخص را به کاربر معرفی می‌نماید. از همین رو، سامانه تصمیم‌یار با توجه به تراکتورهای موجود در بانک اطلاعاتی مربوط به شهرستان مورد مطالعه، تراکتور مناسبی را با توجه به مورد نیاز واقعی جهت بهبود کارایی پیشنهاد نمود (شکل ۳).



شکل ۳. پیشنهاد تراکتور متناسب با گاواهن و دیگر شرایط موثر بکار رفته توسط سامانه تصمیم‌یار برای یک نمونه از مزرعه مورد مطالعه

مطابق پیشنهاد سامانه، تراکتور Darvana 254 با توان ۲۸ اسب بخار در محور توان‌دهی برای تطابق صحیح با گاواهن دارای عرض ۶۰ سانتی‌متر انتخاب شد. سامانه تصمیم‌یار در این تحقیق برای هر نمونه از تطابق‌ها، سه پیشنهاد جهت بهبود کارایی سامانه تراکتور-گاواهن ارائه نمود. پیشنهاد و نتیجه دوم این سامانه مربوط به تغییر در عرض کار گاواهن مورد استفاده با توجه به توان تراکتور به کار رفته بود (رابطه ۱). در نتیجه برای نمونه مورد بحث، گاواهن با عرض کار ۹۰ سانتی‌متر و سرعت پیشروی ۵ کیلومتر بر ساعت را برای تراکتور مورد استفاده (۴۰ اسب بخار در محور توان‌دهی) پیشنهاد شده است. این امر موجب کارآمدتر شدن تراکتور، افزایش بازده کار و جلوگیری از اتلاف انرژی می‌گردد. نتیجه و پیشنهاد سوم سامانه در مورد نمونه مذکور، افزایش سرعت پیشروی عملیات از ۵ کیلومتر بر ساعت به ۷/۹ کیلومتر بر ساعت بوده است. البته این پیشنهاد در صورتی انجام خواهد

شامل سرعت عملیات، عرض کار گاواهن، نوع تراکتور مورد استفاده از لحاظ سیستم انتقال قدرت در چرخ‌ها (دو چرخ محرک، چهار چرخ محرک و یا چهار چرخ محرک با چرخ‌های نامساوی در قسمت جلو و عقب)، نوع خاک مزرعه (سخت، مرطوب یا گلی و سنی یا نرم) و توان تراکتور مورد استفاده در بخش محور توان‌دهی (PTO) می‌باشد. طبق اطلاعات جمع‌آوری شده، تعداد ۲۰ نمونه از سامانه تراکتور-گاواهن به کار رفته تحت مالکیت زارع و مابقی به صورت اجاره بودند (جدول ۱). همچنین متوسط مساحت مزارع برنج مورد مطالعه برابر ۴/۴ هکتار برآورد شد. اطلاعات تراکتورها و ماشین‌های زراعی موجود در بانک اطلاعاتی سامانه تصمیم‌یار منطبق بر شرایط واقعی موجود در شهرستان مورد مطالعه لحاظ گردید تا ارائه پیشنهادها برای سامانه در پایان هر بررسی قابل اجرا باشد. برای درک بیشتر، در این بخش بررسی صحت یک مورد از سامانه تراکتور-گاواهن بکار رفته در مزرعه‌ای توسط سامانه تصمیم‌یار در شکل (۲) آورده شده است.

The screenshot shows a software interface for matching tractor power and implement size. It includes several input fields and a table of machine options.

**Inputs:**

- illage: [dropdown]
- Speed: 5 km/h
- عرض و واحد: 0.6 Meter
- ظرفیت رزاقی: 75 %
- کشش مورد نیاز بر واحد: 13.73 kN
- نوع تراکتور: 2WD
- نوع خاک: Firm
- PTO Power Available: 40 HP

**Table of Machines:**

انتخاب
List of Machines
Field cultivator
Field cultivator
Narrow disk
Narrow disk
Moldboard Plow, heavy soil
Moldboard Plow, heavy soil
Moldboard Plow, light soil
Moldboard Plow, light soil

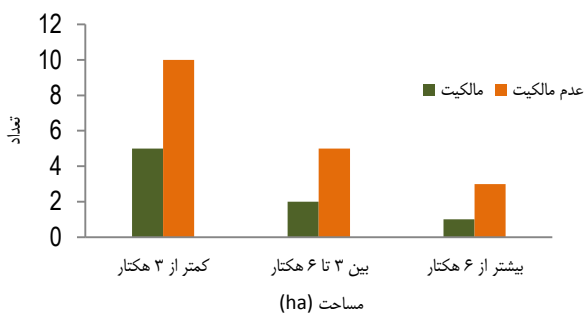
**Results:**

- PTO Power Required: 25.14 HP
- Maximum Implement Speed: 7.951 km/h
- Maximum Implement Width: 0.954 Meter

Buttons: بازگشت, ماشین حساب, چاپ, حذف

شکل ۲. فرم بررسی صحت تطابق سامانه تراکتور-گاواهن مورد استفاده توسط سامانه تصمیم‌یار برای یک نمونه از مزارع مورد مطالعه

در بررسی به عمل آمده مربوط به یک نمونه از مزرعه مورد مطالعه دریافت می‌شود که تطابق سامانه تراکتور-گاواهن مورد استفاده مناسب نبوده و سبب اتلاف انرژی و سرمایه در عملیات مورد نظر و همچنین فشردگی بیش از حد خاک مزرعه شده است (شکل ۲). دلایل این امر به شرح ذیل ارائه می‌گردد. مطابق شکل (۲)، توان بکار رفته برای گاواهن با عرض ۶۰ سانتی‌متر و سرعت پیشروی ۵ کیلومتر بر ساعت برابر ۴۰ اسب بخار در محور توان‌دهی بوده است (کادرهای با حاشیه رنگ آبی). سامانه تصمیم‌یار مورد استفاده در این



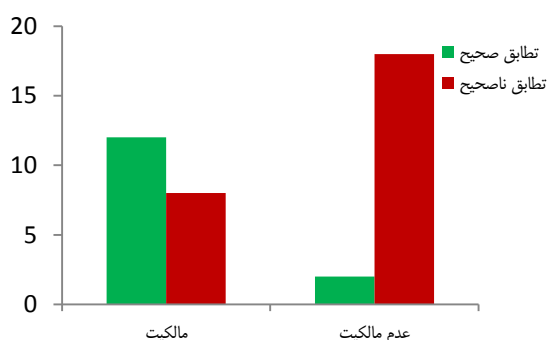
شکل ۵. سهم مزارع مختلف با توجه به وضعیت مالکیت تراکتور و گاواهن در تطابق ناصحیح سامانه تراکتور-گاواهن

شکل (۶) نتایج بررسی صحت تطابق سامانه تراکتور-گاواهن را در سطوح مختلف عملیات شخم مزارع برنج را نشان می دهد.



شکل ۶. فراوانی وضعیت صحت تطابق سامانه تراکتور-گاواهن در مزارع شالیزار با سطوح مختلف

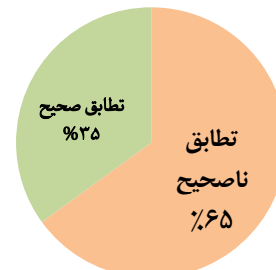
نتایج شکل (۶) نشان می دهد که سامانه های تراکتور گاواهن بکار رفته در مزارع شالیزار کمتر از ۳ هکتار برای عملیات شخم نامناسب بوده و مالکیت تراکتور و گاواهن دارای توجیه اقتصادی و انرژی نمی باشد. این در حالی است که با افزایش مساحت مزرعه، مالکیت تراکتور و گاواهن بسیار کارآمدتر بوده است. شکل (۷) رابطه بین وضعیت مالکیت تراکتور و گاواهن با صحت تطابق آن ها را نشان می دهد.



شکل ۷. شرایط تطابق سامانه تراکتور-گاواهن در مزارع شالیزار با توجه به وضعیت مالکیت

شد که کاربر قادر به تعویض تراکتور و یا گاواهن خود نباشد. سرعت پیشنهادی توسط سامانه همواره بر اساس بازه استاندارد سرعت مجاز ارائه می گردد.

در نهایت با انجام بررسی های مشابه برای هر یک از عملیات مشخص گردید که ۲۶ مورد از سامانه های تراکتور-گاواهن مورد استفاده در مزارع شالیزار این مطالعه دقیق و مناسب نبوده است (شکل ۳).



شکل ۴- نتیجه بررسی میزان صحت تطابق سامانه تراکتور-گاواهن با استفاده از سامانه تصمیم یار

شکل (۴) نشان می دهد که تطابق سامانه تراکتور-گاواهن در ۶۵ درصد از ۴۰ شالیزار مورد مطالعه ناصحیح بوده است. از این مقدار حدود ۵۷ درصد مربوط به مزارع با مساحت کمتر از ۳ هکتار بود. به عبارتی ۱۵ مزرعه شالیزاری مورد مطالعه به مساحت کمتر از ۳ هکتار، دارای تطابق ناصحیح سامانه تراکتور-گاواهن در عملیات شخم هستند. همچنین نتایج نشان داد که حدود ۳۰ درصد از نمونه های دارای تطابق ناصحیح سامانه تراکتور-گاواهن، مربوط به زارعین مالک این سامانه بوده است و یا به عبارتی ۴۰ درصد از مزارع با مالکیت تراکتور و گاواهن، تطابق صحیح آن ها را در اجرای عملیات شخم رعایت نکرده اند (شکل ۵).

نتایج نشان می دهد که از بین ۲۰ مزرعه که کشاورزان آن مالک سامانه تراکتور-گاواهن بوده اند، به تعداد ۸ نمونه تناسب توان تراکتور و اندازه گاواهن را در اجرای عملیات شخم رعایت ننمودند. از نتایج به دست آمده در شکل (۵) و (۶) و با توجه به جدول (۱) می توان دریافت که هر چه مساحت مزارع افزایش می یابد، دقت در تطابق صحیح سامانه تراکتور-گاواهن برای زارعین مالک این سامانه بیشتر می شود. به عنوان مثال، در ۱۵ مزرعه کمتر از ۳ هکتار، ۱۰۰ درصد سامانه تراکتور-گاواهن بکار رفته ناصحیح بوده اما در ۱۲ مزرعه بیش از ۶ هکتار، حدود ۳۳ درصد از سامانه های تراکتور-گاواهن بکار رفته ناصحیح بودند.

خاکورزی توسط نرم‌افزار تصمیم‌یار صورت گرفت. و در مزارع گروه ۲، نرم‌افزار مورد مطالعه دخالتی در تطابق تراکتور با ادوات مذکور نداشته است. مطابق جدول (۳) نتایج حاصله نشان داد که مصرف انرژی در شالیزارهای گروه ۱ کمتر از شالیزارهای گروه ۲ بوده است. البته شالیزارهای گروه ۱ از نظر اتمام انجام عملیات در موعد مقرر تقویم زراعی دارای وضعیت بهتری نسبت به گروه ۲ بوده‌اند. نتایج مصرف انرژی در ۲ گروه شالیزایی در جدول شماره ۳ آورده شده است.

جدول ۳. مصرف انرژی در نهاده‌های مورد استفاده عملیات خاک‌ورزی شالیزارهای مورد مطالعه

نهاده‌ها	مصرف انرژی در گروه ۱ (MJ ha <sup>-1</sup> ) <sup>*</sup>	مصرف انرژی در گروه ۲ (MJ ha <sup>-1</sup> ) <sup>**</sup>
سوخت	۱۰۱۵/۲۳	۱۳۵۴/۵۶
کارگر	۸۹/۸۸	۲۴۵/۸۱
ماشین کشاورزی	۱۴۰۶/۰۴	۱۵۹۳/۴۸

\*: شالیزارهایی که از نرم‌افزار تصمیم‌یار استفاده نمودند.

\*\* : شالیزارهایی که از نرم‌افزار تصمیم‌یار استفاده نمودند.

نتایج در جدول ۳ نشان می‌دهد که ۲۵۱۱/۱۵ مگاژول انرژی برای عملیات خاک‌ورزی شالیزارهای گروه ۱ مصرف شده است که این مقدار حدود ۲۱/۳۸ درصد کمتر از مصرف انرژی در شالیزارهای گروه ۲ بوده است. بیشترین اختلاف مصرف انرژی در این ۲ گروه شالیزایی مربوط به انرژی کارگری به میزان ۶۳/۴۳ درصد می‌باشد که دلیل آن انتخاب و تطابق بهتر ادوات خاک‌ورزی و تراکتورها توسط نرم‌افزار تصمیم‌یار برای شالیزارهای گروه ۱ بوده است. در این گروه با توجه به دقت بیشتر تطابق سامانه تراکتور-گاواهن، دیسک و پادلر، کاربر تراکتور که به عنوان یک نهاده (کارگر) محسوب می‌شود، زمان کمتری را برای اجرای عملیات خاک‌ورزی و صرف نمود. از همین رو سهم مصرف انرژی در نهاده کارگر در گروه بسیار کمتر از گروه ۲ برآورد شد. با توجه به اینکه نرم‌افزار مورد استفاده ماشین و تراکتور متناسب را برگزیده است، سبب کاهش مصرف سوخت و بدنبال آن کاهش مصرف انرژی این نهاده شد. همچنین به دلیل اینکه ماشین‌ها و تراکتورهای انتخابی توسط نرم‌افزار تدوین شده متناسب با شرایط خاک و عملیات و فرصت زراعی بوده است، این شالیزارها به نیروی کارگری کمتری نیاز داشته‌اند. نتایج حاصله نشان داد که در شالیزارهای گروه ۱ تعداد ساعات کمتری بر هکتار نیرو صرف شده است که در نتیجه آن هزینه‌ها و انرژی کاهش یافته و همچنین سبب اطمینان خاطر کشاورز در انجام کل عملیات در زمان تقویم زراعی می‌گردد.

نتایج حاصله در شکل (۷) حاکی از آن است که مالکیت زارع نسبت به تراکتور و گاواهن نقش به‌سزایی در رعایت تناسب سامانه تراکتور-گاواهن در اجرای عملیات شخم مزارع مورد مطالعه دارد. البته باید اشاره نمود که مطابق شکل (۷)، ۴۰ درصد از سامانه‌های تراکتور-گاواهن تحت مالکیت کشاورز، تناسب و تطابق صحیح را رعایت نکرده‌اند.

ب) مقایسه مصرف انرژی در شالیزار تحت مدیریت سامانه تصمیم‌یار با سایر شالیزارها

نرم‌افزار تصمیم‌یار مورد استفاده تحقیق قادر است تا برای مزارع با شرایط آب و هوایی و عملیات مختلف، تراکتور مناسب برای ادوات موجود و یا بالعکس ادوات مناسب برای تراکتور موجود برگزیند. با استفاده از این نرم‌افزار، کاربر قادر به انتخاب تراکتورها و ادوات متناسب با عملیات زراعی مختلف برای شالیزارها است. رابطه‌های مورد استفاده در این نرم‌افزار جهت انتخاب و تطابق تراکتورها با ادوات زراعی، برگرفته از رابطه (۱) می‌باشد. انتخاب تراکتور و ادوات زراعی فقط برای عملیات خاک‌ورزی شالیزارها که شامل شخم با گاواهن برگرداندار، دیسک و پادلر بوده‌اند صورت گرفت. سپس با تکمیل انجام عملیات خاک‌ورزی در این شالیزارها، مصرف کل انرژی ماشینی محاسبه گردید. همچنین پرسشنامه‌هایی جهت برآورد مصرف انرژی در دیگر شالیزارهای شهرستان مورد مطالعه تکمیل گردید تا میزان تاثیر عملکرد نرم‌افزار تصمیم‌یار بر مدیریت مصرف انرژی مورد ارزیابی قرار گیرد. برای محاسبه مقدار انرژی مصرفی در انجام عملیات مختلف (شخم، دیسک‌زنی و پادلر) یا محتوای انرژی موجود در نهاده‌ها، از هم‌ارزها و رابطه‌های استخراج شده از منابع مختلف استفاده شده است. جدول ۲ هم‌ارزهای انرژی را نشان می‌دهد.

جدول ۲- هم‌ارزهای انرژی برای نهاده‌های مورد استفاده در عملیات خاک‌ورزی شالیزارهای مورد مطالعه

نهاده	واحد	هم‌ارز انرژی (مگاژول بر واحد)	منبع
کارگر	ساعت	۱/۹۶	Kittani, 1999
گاواهن، دیسک و پادلر	ساعت	۶۲/۷	Ramedaniet al., 2012
سوخت دیزل	لیتر	۵۶/۳۱	Loghmanpourzarini et al., 2014

با تکمیل پرسش‌نامه‌ها و دریافت اطلاعات مورد نیاز از عملیات خاک‌ورزی در مزارع گروه ۱ و ۲، متوسط مصرف و کاربرد هریک از نهاده‌ها (کارگر، گاواهن، دیسک، پادلر و سوخت دیزل) محاسبه شد. در مزارع گروه ۱، تطابق سامانه تراکتور با گاواهن، دیسک و پادلر برای اجرای عملیات

## نتیجه‌گیری

حاصله از این مطالعه نشان داد که مصرف انرژی در شالیزارهایی که از نرم‌افزار تصمیم‌یار جهت انتخاب سامانه تراکتور-گاواهن برای عملیات شخم استفاده کردند (گروه ۱) حدود ۲۱/۳۸ درصد کمتر از سایر شالیزارها (گروه ۲) بوده است. همچنین عملیات خاک‌ورزی در شالیزارهای گروه ۱ با توجه به تقویم زراعی در زمان کمتر و مناسب‌تری نسبت به گروه ۲ خاتمه یافت. این نتیجه همچنین ثابت می‌نماید که انتخاب و تطابق تراکتور و ادوات زراعی در شالیزارهای شهرستان مورد مطالعه اغلب نامناسب و غیر منطقی بوده و در نتیجه سبب افزایش مصرف انرژی و همچنین کاهش سودآوری اقتصادی می‌شود. سامانه تدوین شده با توجه به اطلاعات موجود، سه پیشنهاد در جهت افزایش بازده کار و بهره‌وری بیشتر از سامانه تراکتور-گاواهن موجود ارائه نمود. تغییر در عرض کار گاواهن متناسب با توان در دسترس، تغییر تراکتور متناسب با عرض کار گاواهن موجود و همچنین تغییر در سرعت پیشروی اجرای عملیات با توجه به محدوده سرعت مجاز استاندارد از پیشنهادهای سامانه به کاربر می‌باشد. سامانه تصمیم‌یار تدوین شده راه حل مناسبی در جهت اجرای صحیح و علمی و عملی مکانیزاسیون کشاورزی و رفع معضل مذکور است.

در این تحقیق، انتخاب و تطابق تراکتور و گاواهن جهت انجام عملیات شخم شالیزارهای شهرستان ساری در سال زراعی ۱۳۹۲ توسط سامانه تصمیم‌یار و همچنین قیاس انرژی مصرفی در مرحله خاک‌ورزی شالیزارهای تحت مدیریت سامانه تصمیم‌یار با سایر شالیزارها مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای این منظور از سامانه‌ای که توسط زبان برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک تدوین شده بود استفاده شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز و وارد نمودن آن‌ها به سامانه مشخص گردید که انتخاب و تطابق تراکتور و گاواهن برگردان‌دار در ۶۵ درصد از مزارع مورد مطالعه به طور صحیح صورت نگرفته است. نتایج نشان داد که مالکیت سامانه تراکتور-گاواهن نقش مهمی در رعایت تطابق صحیح آن‌ها دارد. همچنین ۱۰۰ درصد از مزارع مورد مطالعه با مساحت کمتر از ۳ هکتار، دارای تطابق ناصحیح سامانه تراکتور-گاواهن می‌باشند. در بخش دیگری از این مطالعه، نرم‌افزار تصمیم‌یار برای انتخاب و تطابق سامانه تراکتور-گاواهن جهت انجام عملیات خاک‌ورزی شالیزارها مورد استفاده قرار گرفت و در بررسی میزان صحت عملکرد و تاثیر استفاده از آن، میزان مصرف انرژی در عملیات شخم مزارع شالیزار تحت حمایت سامانه با دیگر شالیزارها مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج

## REFERENCES

- Almasi, M., Kiani, Sh. & Loveimi, N. (2009) *Fundamentals of Agricultural Mechanization*, Tehran. (In Farsi)
- Behrouzi-lar, M., Rafiee, Sh., Mobli, H & Jafari, A. (2010) *Agricultural Mechanization*, (Vol. 1), Shooshtar. (In Farsi)
- Sharifnasab, H. (2004). *Developing of Tillage Machinery Expert System*, Ph.D. dissertation, University of Tehran, Karaj. (In Farsi)
- Loghmanpourzarini, R. (2014) *Develop Decision Support Software for proper matching of tractors and farm machinery and time management of farm operations (case study Sari Township)*, M.Sc. dissertation, University of Tehran, Karaj (In Farsi).
- Edwards, W. & Hanna, M. (2010) *Farm Machinery Selection*. From <http://www.extension.iastate.edu/agdm>. Accessed 5 October 2011.
- Grisso, R. & Perumpral, J. (2006) *Spreadsheet for matching tractors and implements*. ASABE, 061085.
- Isik, A. & Sabanci, A. (1993) *A computer model to select optimum size of farm machinery and power for planning. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 24(3): 68-72.
- Mehta, C.R., Singh, K. & Selvan, M. (2011) *Decision Support System for selection tractor-implement system used on Indian farms*. *Journal of Terramechanics*; 48: 65-73.
- Murthy, N.R. (1999) *Software for agricultural machinery management-selection of optimum power*. *Journal of Institution of Engineers*, 79(2): 39-42.
- Sahu, R.K. & Raheman, H. (2008) *A decision support system on matching and field performance prediction of tractor-implement system*. *Computers and Electronics in Agricultural*, 60:76-86.
- Singh, M., Singh, P. & Singh, S. (2008) *Decision support system for farm management*. *World Academy of Science Engineering Technology*, 29:346-9.
- Taylor, R., Schrock, M. & Wertz, K. (1991) *Getting the most from your tractor*. From <http://www.oznet.ksu.edu/library/ageng2/mf588.pdf>. Accessed 5 June 2003.
- Kitani, O. (1999). *CIGR handbook of agricultural engineering: Energy and biomass engineering*. (Vol. 5). St Joseph, MI: ASAE.
- Ramedani, Z., Omid, M., Fahimi, F. & Mirzaee, F. (2012) *A comparative study on energy inputs and yield of canola production under different*

environmental conditions. *Journal of Agricultural Technology*, 8(3): 811-824.  
Loghmanpourzarini, R., Akram, A., Mahdavidarvari, S. H. (2014). Determine the relationship between of energy consumption and economic productivity in different types of production

technology and machinery ownership status for melon production in Iran. In: *Proceedings of 3th Conference on Emerging Trends in Energy Conservation*, 18-19 Jan., University of Tehran, Iran.