Karafan

Quarterly Scientific Journal of Technical and Vocational University

Winter 2022, Vol. 18, No. 4, p. 49-71

Journal homepage: https://karafan.tvu.ac.ir/?lang=en

TVU

doi:10.48301/KSSA.2021.222590.1042 20.1001.1.23829796.1400.18.4.3.8

Original Research

E-ISSN: 2538-4430
ISSN: 2382-9796

Developing a Decision-Making Intelligent Software to Manage Mechanized Agricultural Operations and Measure its Performance in Paddy Tillage Operations

Rasoul Loghmanpour Zarini[1*]

[1]Faculty Member, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 03.06.2020
Revised: 11.13.2020
Accepted: 02.16.2021

Keyword:
Decision support system
Agricultural operations
Tractor
Agricultural machines
Mechanization

[*]Corresponding Author:
Rasoul Loghmanpour Zarini
Email:
R-Loghmanpour@TVU.ac.ir

ABSTRACT

Since the correct selection and adaptation of the tractor to the equipment and vice versa and considering the justifying level of ownership in the agricultural economy and its efficiency and timely performance of agricultural operations play an important role, there is a need for great care and sensitivity in this matter. A farm manager or farmer will achieve complete success in applying mechanization when they achieve the highest degree of agricultural mechanization according to the working time with the minimum number of agricultural machines and the least amount of power. In this research, a decision-making computer system was designed and developed using Visual Basic programming language. This system is able to use effective and overlapping evaluation criteria to select the appropriate crop for the available power source and vice versa according to the crop calendar to perform mechanized operations. Finally, this system was used to measure flexibility and efficiency in a paddy field with an area of 8.6 hectares. The advantages of using the decision-making system developed in the study project include reduced consulting costs, elimination of personal preferences and reliance on technical and real knowledge, increased work efficiency, and prevention of energy loss, capital and over-compaction of farm soil. In addition, this system can be used for management, training and research purposes in the field of agricultural machinery.

© 2022 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

کارافن
فصلنامه علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای
زمستان ۱۴۰۰، دوره ۱۸، شماره ۴، ۷۱-۴۹
آدرس نشریه: https://karafan.tvu.ac.ir/
doi:10.48301/KSSA.2021.222590.1042
20.1001.1.23829796.1400.18.4.3.8

مقاله پژوهشی
شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۳۰
شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶

تدوین یک نرم‌افزار هوشمند تصمیم‌یار برای مدیریت عملیات مکانیزه کشاورزی و سنجش عملکرد آن در عملیات خاکورزی شالیزار

رسول لقمانپور زرینی[1*]

۱- عضو هیات علمی، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۱۶
بازنگری مقاله: ۱۳۹۹/۰۸/۲۳
پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۱/۲۸

کلید واژگان:
سامانه تصمیم‌یار
عملیات زراعی
تراکتور
ماشین‌های کشاورزی
مکانیزاسیون

***نویسنده مسئول:** رسول لقمانپور زرینی
پست الکترونیکی:
R-Loghmanpour@TVU.ac.ir

چکیده

انتخاب و تطابق صحیح تراکتور با تجهیزات و بالعکس و در نظر داشتن سطح توجیه‌کننده مالکیت در اقتصاد کشاورزی و بازدهی آن و انجام به‌موقع عملیات زراعی نقش مهمی را ایفا می‌کند؛ از این رو نیاز به دقت و حساسیت زیاد در این امر حس می‌شود. مدیریت، زمانی به موفقیت کامل از به‌کارگیری مکانیزاسیون خواهد رسید که با حداقل تعداد ماشین‌های کشاورزی و کمترین میزان توان به بالاترین درجه مکانیزاسیون کشاورزی با توجه به زمان قابل کار دست یابد. در این تحقیق، یک سامانه رایانه‌ای تصمیم‌یار با استفاده از زبان برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک طراحی و تدوین شد. این سامانه قادر است با استفاده از معیارهای ارزیابی مؤثر و متداخل، برای منبع توان در دسترس، ماشین زراعی متناسب و بالعکس را با توجه به تقویم زراعی برای انجام عملیات مکانیزه انتخاب کند. در پایان، این سامانه برای سنجش میزان انعطاف و کارایی، در مزرعه شالیزاری به مساحت ۸/۶ هکتار مورد استفاده قرار گرفت. کاهش هزینه‌های مشاوره‌ای، حذف سلیقه‌ها و اتکا به دانش فنی و واقعی، افزایش راندمان کار، جلوگیری از اتلاف انرژی، سرمایه و فشردگی بیش از حد خاک مزرعه و ... را می‌توان از مدیریت صحیح عملیات مکانیزه کشاورزی به‌دنبال به‌کارگیری از سامانه تصمیم‌یار نام برد. به علاوه، این سامانه را می‌توان برای اهداف مدیریتی، آموزشی و پژوهشی در زمینه ماشین‌های کشاورزی به‌کار برد.

© 2022 Technical and Vocational University, Tehran, Iran. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

در ایران با توجه به وجود کم منابع توان چه کمی و چه کیفی و گستردگی تجهیزات نیاز به مدیریت دقیق دارد تا بتوان به این هدف مهم رسید. همچنین از آنجا که بحث مدیریت مصرف انرژی در ایران پس از زمان هدفمندسازی یارانه‌ها به‌طور کامل در بخش‌های مختلف صنعت و کشاورزی و ... دارای اهمیت زیادی شده است، باید این مصارف انرژی را مدیریت کرد تا بتوان به بازده اقتصادی خوبی دست یافت. همچنین با توجه به این‌که تطابق ناصحیح تراکتور و تجهیزات زراعی یا انتخاب نادرست تراکتور و تجهیزات زراعی نسبت به اندازه مزرعه سبب افزایش مصرف انرژی (سوخت) می‌شود، انتخاب و تطابق دقیق این موارد، ضرورت بیشتری پیدا می‌کند [۱]. توجه هم‌زمان به افزایش بازده انرژی و کاهش اثرات زیان‌بار بر محیط‌زیست، باعث تحقق بخشیدن به اهداف کشاورزی پایدار خواهد شد. بنابراین استفاده درست از انرژی در همه بخش‌های مصرف‌کننده از جمله کشاورزی و دامداری می‌تواند تولید پایدار، تولید اقتصادی، کند شدن روند اتمام ذخایر فسیلی و جلوگیری از آلودگی هوا را در پی داشته باشد. مدیریت مصرف انرژی، تنها و نزدیک‌ترین راه برای رسیدن به این هدف است [۲]. سامانه تصمیم‌یار قادر است تا تمامی موارد را رعایت کند و بهترین گزینه را در اختیار مدیران مزرعه یا کشاورزان قرار دهد.

اگر تراکتوری بزرگ‌تر از اندازه و توان موردنیاز تجهیزات زراعی انتخاب شود، هزینه تمام شده عملیات، فراتر از حد خواهد رفت. همچنین اگر تجهیزات زراعی، بزرگ‌تر از توان قابل اجرای تراکتور انتخاب شود، از کیفیت و کمیت کار کاسته خواهد شد و ممکن است تراکتور به حد مناسب، کارآمد واقع نشود و به فرسودگی زودهنگام برسد و در نتیجه سبب افزایش هزینه‌ها گردد [۳].

انجام عمل صحیح تطابق تراکتور و ماشین‌های کشاورزی سبب کاهش افت توان، بهبود ظرفیت زراعی عملیات و تأثیر آن، کاهش هزینه عملیات و کاهش استهلاک می‌گردد [۴].

سامانه تصمیم‌یار در قالب برنامه رایانه‌ای در راستای یاری رساندن به شرکت‌های بهره‌برداری کشاورزی و مکانیزاسیون و تعاونی‌های خدمات مکانیزاسیون ساخته خواهد شد. سامانه قادر است تا بهترین تراکتور را از نظر توان و دیگر منابع توان را با توجه به مشخصات ماشین‌های زراعی موجود و شرایط زمین زراعی برگزینند. به عبارتی، سامانه قابلیت انعطاف خوبی در جهت تطابق و انتخاب تراکتور با ماشین‌های موجود یا تطابق و انتخاب ماشین‌ها با تراکتور موجود را دارد و مدیر را در راستای اجرای هرچه بهتر مکانیزاسیون در مزرعه خود یاری می‌رساند. در بخش کشاورزی هزینه‌ای به نام هزینه به‌موقع نبودن انجام عملیات مطرح است؛ پس باید توجه ویژه‌ای به آن داشت. یک مدیر متخصص و توانا باید پیش از انجام عملیات، برنامه‌ای مدون در راستای به‌موقع انجام شدن تمامی عملیات زراعی پی‌ریزی کند [۵].

انجام به‌موقع عملیات کشاورزی، یکی از اهداف اجرای مکانیزاسیون است. انجام بی‌موقع عملیات هزینه به‌موقع انجام نشدن عملیات را در پی دارد. زمان لازم برای انجام یک فعالیت مکانیزه به ظرفیت ماشین‌های موجود، شرایط جوی، نوع محصول و ... بستگی دارد. به‌منظور انجام به‌موقع عملیات مهم‌ترین عامل، تعیین تعداد و محدوده روزهای کاری است که تعداد روزهای کاری هر منطقه، تابع وضعیت اقلیمی و آب و هواست و معمولاً به‌صورت یک پدیده مشخص و به نسبت ساده برای نواحی یک منطقه مشخص می‌گردد. برای انجام عملیات کشاورزی در هر منطقه یک مدت‌زمان مناسب برای اجرای آن عملیات وجود دارد. چنانچه عملیات مربوط به دلیل عوامل محدودکننده در آن محدوده مناسب زمانی انجام نگیرد باعث افت در عملکرد محصول می‌شود [۶].

یکی از مشکلات بزرگ که مانعی بر سر راه اجرای صحیح مکانیزاسیون و بهره‌وری هرچه بیشتر از آن می‌شود، دقت نداشتن در انتخاب درست و رعایت تناسب تراکتور با ماشین‌های زراعی و بالعکس و همچنین تناسب تراکتور و تجهیزات زراعی با خصوصیات مزرعه می‌باشد. هدف از مکانیزاسیون کشاورزی، بیشینه کردن بهره‌وری است. رشد بهره‌وری

کشاورزی منوط به مکانیزاسیون صحیح است و انتخاب تراکتور و تجهیزات مناسب، یکی از ارکان اجرای مکانیزاسیون می‌باشد [۷].

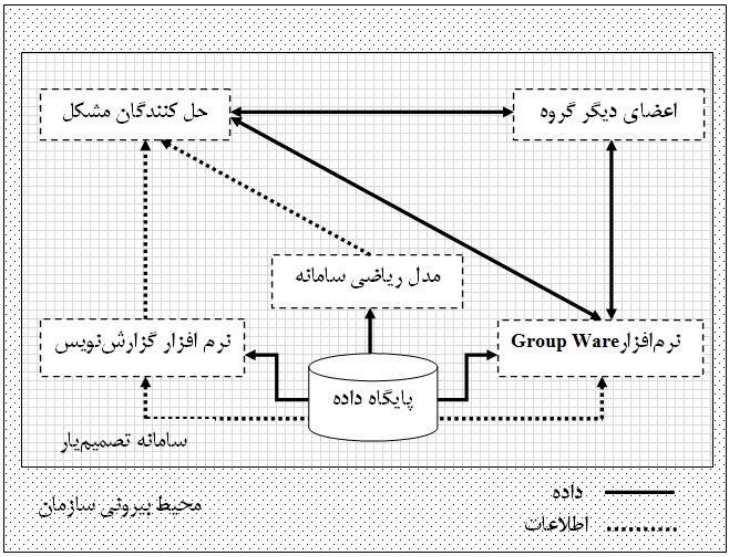
امروزه به دلیل تنوع در تجهیزات کشاورزی در مراحل مختلف عملیات زراعی و گوناگونی مدل و توان در تراکتورها، مشکلاتی را در دقت و صحت تطابق این دو به وجود آورده است. این در حالی است که یک مدیر توانا در بخش زراعی قادر است با منابع توان و تجهیزات موجود به آرمانی‌ترین میزان از سطح مکانیزاسیون و درجه مکانیزاسیون برسد. برای بهینه ساختن اقتصاد کشاورزی، مدیریت باید به تک‌تک ارکان اجرای مکانیزاسیون توجه کند. در این حالت است که هزینه‌ها به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد و در نتیجه، بهره‌وری اقتصادی رقم خواهد خورد. امروزه در کشورهای مختلف، رایانه و سامانه‌های تصمیم‌گیری توسط آن به‌طور کامل نقش خود را در کشاورزی ایفا می‌کنند و مدیران مزرعه با استفاده از فناوری‌ها و اطلاعات نوین کشاورزی پیش به‌سوی هرچه بهتر شدن بخش کشاورزی می‌روند [۱]. یکی از همین سامانه‌ها که به مدیران بخش مکانیزاسیون کشاورزی در انتخاب و تطابق صحیح توان تراکتور و ماشین‌های زراعی کمک می‌کند، سامانه تصمیم‌یار می‌باشد.

انتخاب و تطابق صحیح تراکتور با تجهیزات و بالعکس و در نظر داشتن سطح توجیه‌کننده مالکیت در اقتصاد کشاورزی و بازدهی آن و انجام به‌موقع عملیات زراعی نقش مهمی را ایفا می‌کند؛ بنابراین نیاز به دقت و حساسیت زیاد در این امر حس می‌شود. زمانی مدیریت می‌تواند به بالاترین بازده اقتصادی از عملکرد محصول برسد که به بهترین نحو از منابع توان و تجهیزات موجود در مراحل مختلف زراعی و باغی استفاده کند. در ایران با توجه به وجود کم منابع توان چه کمی و چه کیفی و گستردگی تجهیزات، نیاز به مدیریت دقیق دارد تا به این هدف مهم رسید. همچنین از آنجا که بحث مدیریت مصرف انرژی در ایران پس از زمان هدفمندسازی یارانه‌ها به‌طور کامل در بخش‌های مختلف صنعت و کشاورزی و ... دارای اهمیت زیادی شده است، در نتیجه باید این مصارف انرژی را مدیریت کرد تا بتوان به بازده اقتصادی خوبی دست یافت. همچنین با توجه به این‌که تطابق ناصحیح تراکتور و تجهیزات زراعی یا انتخاب نادرست تراکتور و تجهیزات زراعی نسبت به اندازه مزرعه، سبب افزایش مصرف انرژی (سوخت) می‌شود، انتخاب و تطابق دقیق این موارد، ضرورت بیشتری پیدا می‌کند [۸]. سامانه تصمیم‌یار[1] قادر است تا تمامی موارد را رعایت کند و بهترین گزینه را در اختیار مدیران زراعی قرار دهد.

سامانه‌های تصمیم‌یار، برای بهبود بخشیدن کیفیت تصمیمات، منابع هوشمند انسانی را با توانایی‌های رایانه، ترکیب می‌کنند. این سامانه با در اختیار داشتن یک بانک اطلاعاتی کامل در خصوص تراکتورها و تجهیزات زراعی موجود در منطقه، مدیران را در راستای انتخاب مناسب نوع ادوات و تراکتور و در نتیجه مقرون‌به‌صرفه بودن عملیات اجرایی، یاری می‌کند. مدیریت، زمانی به موفقیت کامل از به‌کارگیری مکانیزاسیون خواهد رسید که با دارا بودن 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 اندازه زمین زراعی نباشد، ممکن است تراکتور انتخاب شده قادر به اجرای تمامی عملیات در مدت‌زمان سفارش شده یا قابل دسترس نباشد و ضرر اقتصادی به‌دنبال داشته باشد [۸]. تطابق صحیح سامانه تراکتور-ماشین‌های کشاورزی، سبب کاهش افت توان، بهبود بهره‌وری عملیات، کاهش هزینه عملیات و بهره‌گیری بهتر از سرمایه بر هزینه ثابت می‌شود [۹].

ساختار کلی یک سامانه تصمیم‌یار، به‌طور کلی به صورت شکل (۱) می‌باشد.

[1] Decision Support System



شکل ۱. ساختارکلی سامانه‌های تصمیم‌یار [۸]

به‌طور کلی سامانه‌های تصمیم‌یار، فعل و انفعال رایانه‌ای است که به مدیر یا گروهی از مدیران، با فراهم آوردن اطلاعات یا ارائه پیشنهادها، در حل مسائل نیمه‌ساخت‌یافته یا غیرساخت‌یافته مدیریتی کمک می‌کند یا به عبارتی سامانه‌های تصمیم‌یار، اغلب به‌عنوان ابزاری مطمئن برای قاعده‌مند ساختن تصمیمات مؤثر و کارآمد، به‌منظور هدایت سازمان مربوطه به سمت اهدافی به‌کار گرفته می‌شوند.

در دنیا تحقیقاتی در مورد تدوین و به‌کارگیری سامانه‌های هوشمند و تصمیم‌یار برای مدیریت عملیات زراعی صورت گرفته است. سامانه تصمیم‌یاری توسط زبان برنامه‌نویسی C به‌منظور بهبود سامانه ماشین‌های کشاورزی بر حسب نوع محصولات و منطقه جغرافیایی در کشور هند توسعه داده شد [۱۰]. سامانه تصمیم‌یار دیگری به‌منظور تطابق تراکتور با ماشین‌های کشاورزی با استفاده از صفحه گسترده تدوین کردند. از قابلیت‌های این سامانه می‌توان به توزیع وزن بهینه برای حداکثر کردن توان مؤثر، ظرفیت زراعی ماشین‌های کشاورزی و مصرف سوخت اشاره کرد [۱۱]. 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 کرد [۱۲]. 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 [۷]. غجه‌بیگ (۱۳۸۸) در تحقیقی سامانه تصمیم‌یاری را با استفاده از زبان برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک تدوین کرد. این سامانه قادر بود تا به‌طور خودکار واحدهای گلخانه را از نظر مصرف انرژی ارزیابی کند. نرم‌افزار تدوین شده اجازه ورود داده‌ها و انجام تحلیل DEA[1] بر روی داده‌ها را به کاربر می‌دهد. داده‌های موردنیاز از صفحه گسترده اکسل می‌خواند و نتایج محاسبات را برای استفاده کاربر به این صفحات باز می‌گرداند. پس از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، میزان مصرف انرژی کل و انرژی مصرف شده برای تولید هر کیلوگرم از هر دو محصول خیار و گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای را محاسبه می‌کند [۱۳].

[1] Data envelopment analysis

خانی (۱۳۸۶) در پژوهشی، سامانه‌ای را با استفاده از زبان برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک تدوین کرد. این سامانه قادر بود تا احتمال روز کاری برای عملیات خاک‌ورزی در شهرستان کرج را تعیین کند. در این مطالعه، مدل با در اختیار گرفتن داده‌های هواشناسی، مشخصات خاک و رطوبت اولیه قادر به تعیین تعداد و احتمال روز کاری در عملیات کشاورزی است [۱۴]. همچنین لقمانپور و همکاران (۱۳۹۶) سامانه‌ای تدوین کردند که قادر به انجام تطابق منبع توان و ماشین‌های کشاورزی را داراست. در این تحقیق، سامانه تصمیم‌یار برای بررسی میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی در صورت استفاده از سامانه تصمیم‌یار برای انتخاب تراکتور و ماشین در عملیات شخم مزارع شالیزاری به‌کار رفت و نتایج حاصل از آن نشان داد با استفاده از سامانه تصمیم‌یار برای عملیات شخم مزارع شالیزار می‌توان تا ۲۱/۳۸ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد [۶]. نوع کارایی و میزان انعطاف یا عدم‌محدودیت زمانی و جغرافیایی از عمده تفاوت‌های سامانه تصمیم‌یار توسعه‌یافته با سایر تحقیقات می‌باشد. همچنین در این تحقیق، سامانه تصمیم‌یار ضمن توسعه کارایی و عملکرد، برای عملیات خاکورزی شالیزار مورد استفاده قرار گرفت. طبق مطالعات صورت گرفته می‌توان دریافت که به‌کارگیری از سامانه‌های اطلاعاتی در بخش کشاورزی حائزاهمیت است و توانسته کمک‌های شایانی را به کاربران آن ارائه دهد. هدف از انجام این تحقیق، تدوین یک نرم‌افزار تصمیم‌یار به‌منظور انجام تطابق صحیح توان تراکتور و ماشین‌های کشاورزی برای عملیات خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت و همچنین مدیریت زمانی عملیات کشاورزی می‌باشد. در پایان، این سامانه برای سنجش میزان انعطاف و کارایی، در مزرعه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد و مدیر آن مزرعه را در راستای اتخاذ تصمیم‌گیری برای عملیات خاک‌ورزی یاری می‌رساند.

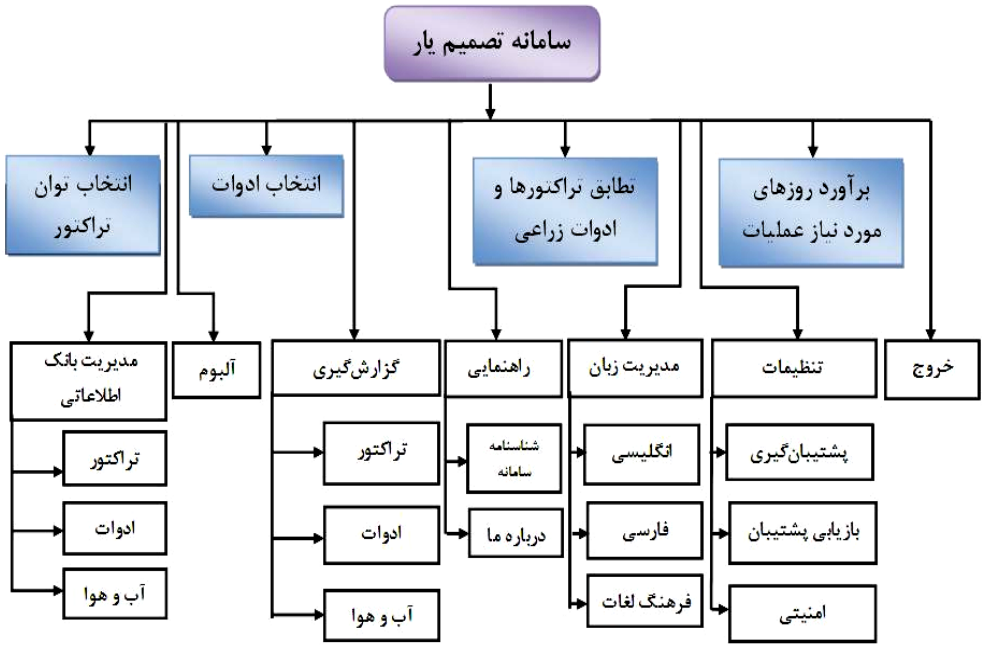
مواد و روش‌ها

از آن جا که هدف اصلی این تحقیق، طراحی و تدوین نوعی از سامانه تصمیم‌یار و خبره در مکانیزاسیون کشاورزی می‌باشد، در این بخش به فرایند طراحی و تولید آن پرداخته می‌شود. در پایان، عملکرد سامانه در انتخاب تراکتور و ماشین زراعی و همچنین مدیریت زمانی عملیات مورد سنجش قرار گرفت.

طراحی ساختارکلی سامانه

سامانه تدوین شده، دارای چهار فهرست انتخاب[1] اصلی، سه فهرست انتخاب مدیریتی و گزارشی و دو فهرست انتخاب تنظیمات برنامه می‌باشد. هریک از گزینه‌های فهرست انتخاب، شامل فرم اصلی و فرم اصلی شامل فرم‌های فرعی و فرعی‌تر هستند. مجموعه این فرم‌ها سامانه تصمیم‌یار را برای انتخاب تراکتور براساس تطابق توان آن با توان موردنیاز ماشین‌های کشاورزی و همچنین برآورد و مدیریت تعداد روزهای موردنیاز برای انجام عملیات مکانیزه در شرایط جغرافیایی خاص و اندازه زمین زراعی مشخصی ایجاد می‌کند. ساختار کلی سامانه در شکل (۲) نمایش داده شده است. در این نمودار، قابلیت‌های سامانه برای ارائه آن به‌صورت بسته نرم‌افزاری نشان داده شده است.

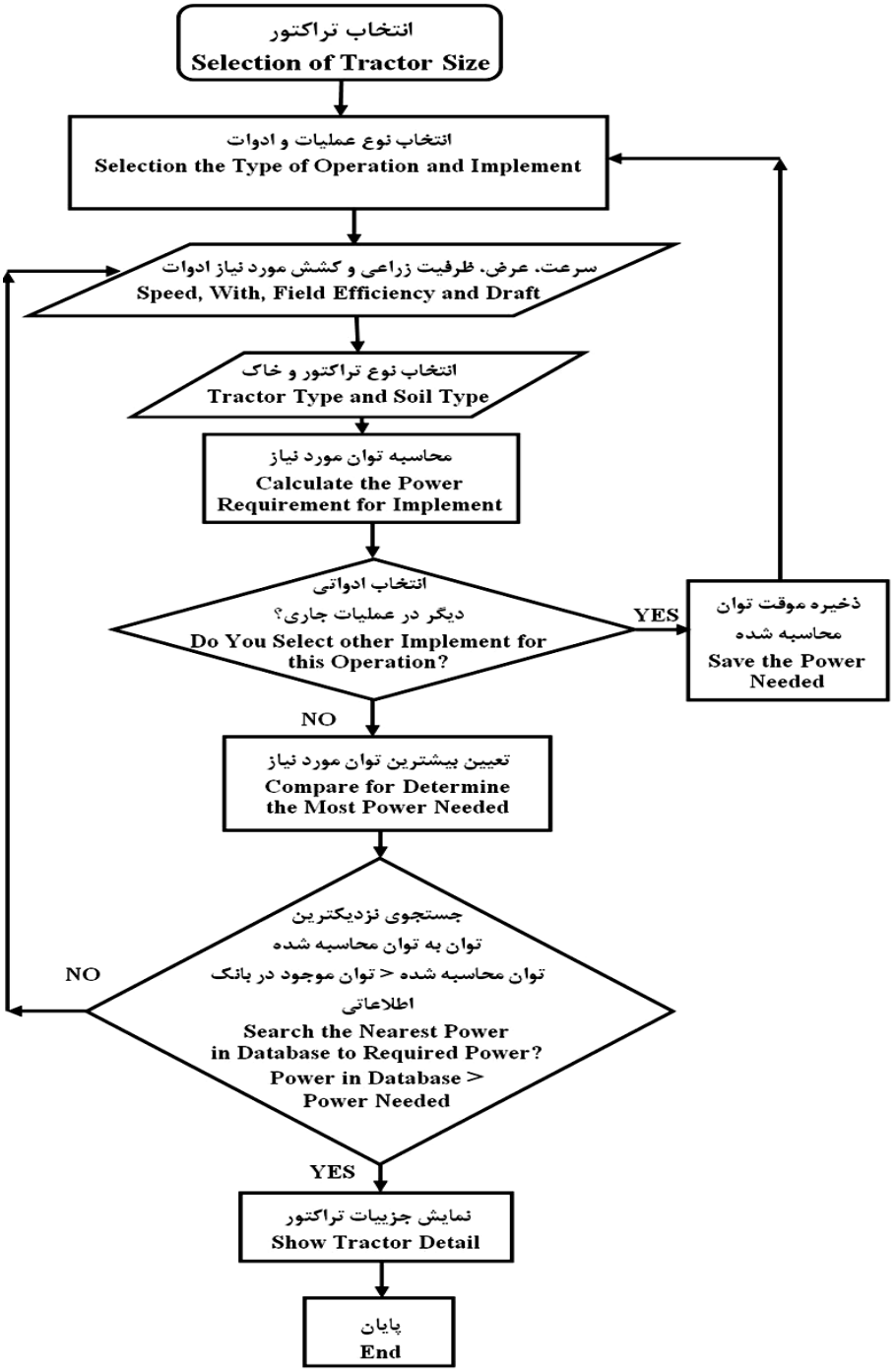
[1] Menu



شکل ۲. ساختار کلی سامانه تصمیم‌یار

طراحی نمودار جریان انتخاب تراکتور

انتخاب تراکتور براساس تطابق توان آن با توان موردنیاز برای انجام عملیات در این سامانه طوری طراحی شده است که شرایط انتخاب تراکتور و نمایش آن به کاربر، ملزم در دسترس بودن این تراکتور در بانک اطلاعاتی یا همان انبار تراکتور و ماشین‌های زراعی می‌باشد. انتخاب تراکتور مناسب و متناسب با حجم عملیات و اندازه ماشین کشاورزی سبب کاهش مصرف انرژی و جلوگیری از اتلاف سرمایه می‌گردد. از این رو این سامانه قادر است تا برای هر یک از عملیات چهارگانه زراعی (خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت)، تراکتوری متناسب با ماشین‌های زراعی و شرایط عملیاتی پیشنهاد دهد. چگونگی روند انتخاب تراکتور را در سامانه تصمیم‌یار در شکل (۳) نشان داده شده است. انتخاب تراکتور برای هریک از عملیات چهارگانه براساس اندازه ماشین‌های مورداستفاده و توان موردنیاز آن‌ها صورت می‌گیرد.



شکل ۳. نمودار جریان انتخاب تراکتور در سامانه تصمیم‌یار

برای انتخاب تراکتور مبتنی بر توان آن یا توان موردنیاز ماشین زراعی از رابطه (۱) استفاده می‌گردد [۱۵]:

$$\text{توان موردنیاز در محور توان‌دهی (اسب بخار)} = \frac{\text{ضریب پارامتر خاک} \times (\text{متر})\text{عرض ماشین} \times (\text{کیلونیوتن})\text{نیروی کشش مورد نیاز} \times (\text{کیلومتر بر ساعت})\text{سرعت}}{2.68} \quad (۱)$$

در رابطه شماره (۱)، ضریب پارامتر خاک[1] بر اساس نوع سامانه انتقال قدرت تراکتور و نوع خاک تعیین می‌گردد. ضرایب پارامتر خاک در جدول (۱) نشان داده شده است [۳; ۱۶].

جدول ۱. ضرایب پارامتر خاک برای محاسبه توان موردنیاز در محور توان‌دهی

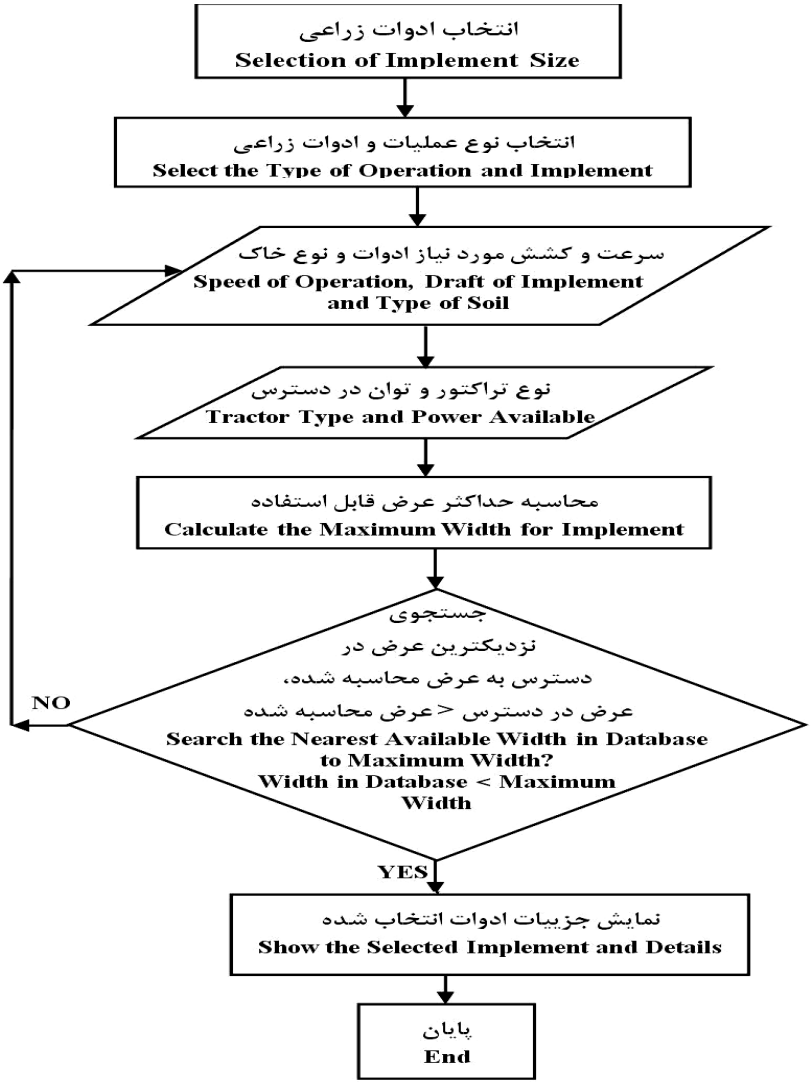
		تراکتور		
		2WD	4MFWD	4WD
خاک	سخت	۱/۶۴	۱/۵۴	۱/۵۲
	شخم‌خورده	۱/۷۵	۱/۶۱	۱/۵۶
	نرم یا شنی	۱/۱۳	۱/۸۲	۱/۶۷

طراحی نمودار جریان انتخاب ماشین‌های زراعی

انتخاب اندازه متناسب ماشین زراعی با توان در دسترس و شرایط زمین زراعی، از مهم‌ترین تصمیم‌گیری‌های یک مدیر بخش مکانیزاسیون کشاورزی می‌باشد. اندازه نامناسب ماشین، سبب کاهش راندمان کار خواهد شد؛ به‌طوری که اندازه بزرگ‌تر از اندازه مناسب ماشین زراعی، سبب افزایش مصرف سوخت و انرژی و اندازه‌ای کوچک‌تر از اندازه مناسب آن، سبب به‌موقع انجام نشدن عملیات مکانیزه خواهد شد. چگونگی روند انتخاب ماشین‌های زراعی در سامانه تصمیم‌یار در شکل (۴) نشان داده شده است. انتخاب ماشین کشاورزی در این سامانه براساس اطلاعاتی از قبیل سرعت پیشروی، نیروی کشش موردنیاز، ظرفیت زراعی ماشین موردنظر، نوع تراکتور در دسترس و توان آن و نوع خاک مزرعه می‌باشد. محاسبه حداکثر عرض قابل استفاده ماشین کشاورزی با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد [۱۵].

$$\text{حداکثر عرض قابل استفاده (متر)} = \frac{2/68 \times (\text{اسب بخار})\text{توان در دسترس}}{\text{پارامتر ضریب خاک} \times (\text{کیلونیوتن})\text{نیروی کشش مورد نیاز} \times (\text{کیلومتر بر ساعت})\text{سرعت}} \quad (۲)$$

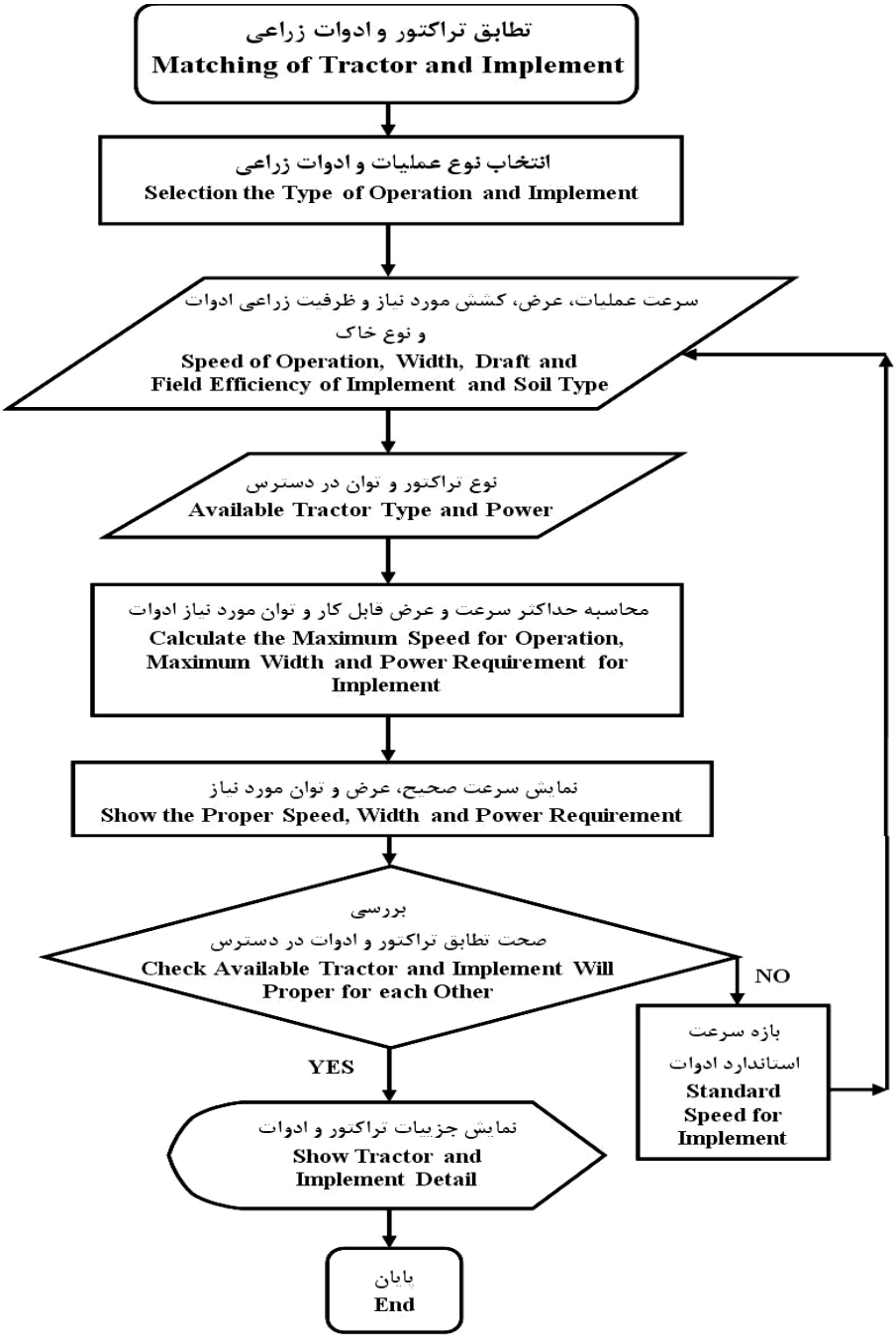
[1] Soil Factor



شکل ۴. نمودار جریان انتخاب ماشین‌های زراعی در سامانه تصمیم‌یار

طراحی نمودار جریان تطابق توان تراکتور و توان مورد نیاز ماشین کشاورزی

این بخش برای آن طراحی گردیده است که کاربر، از درستی یا نادرستی تطابق تراکتور و ماشین‌های کشاورزی به‌کار گرفته شده در سال‌های زراعی قبل یا در شرایط زراعی دیگر مطلع گردد. این بخش از سامانه با ارائه پیشنهادهایی به کاربر، تطبیق توان تراکتور و توان موردنیاز ماشین کشاورزی را به‌طور مؤثرتری انجام می‌دهد. همچنین به‌ازای هر پیشنهاد، ماشین کشاورزی و تراکتوری را با عمل جستجو در بانک اطلاعاتی سامانه تطبیق می‌هد. چگونگی روند تطابق توان تراکتور و توان موردنیاز ماشین کشاورزی در سامانه تصمیم‌یار در شکل (۵) نشان داده شده است. برای انجام تطابق تراکتور و ماشین‌های زراعی، از رابطه‌های (۱) و (۲) استفاده گردید.



شکل ۵. نمودار جریان تطابق توان تراکتور و توان موردنیاز ماشین کشاورزی در سامانه تصمیم‌یار

طراحی نمودار جریان مدیریت زمانی عملیات مکانیزه زراعی

انجام به‌موقع عملیات کشاورزی، یکی از اهداف اجرای مکانیزاسیون است. در صورتی که انجام بی‌موقع عملیات[1] هزینه به‌موقع انجام نشدن عملیات[2] را در پی دارد. زمان لازم برای انجام یک فعالیت مکانیزه به ظرفیت ماشین‌های موجود، شرایط جوی، نوع محصول و ... بستگی دارد. به‌منظور انجام به‌موقع عملیات، مهم‌ترین عامل، تعیین تعداد و محدوده روزهای کاری است که تعداد روزهای کاری هر منطقه تابع وضعیت اقلیمی و آب و هواست و معمولاً به‌صورت یک پدیده مشخص و به نسبت ساده برای نواحی یک منطقه مشخص می‌گردد. برای انجام عملیات کشاورزی در هر منطقه، یک مدت‌زمان مناسب برای اجرای آن عملیات وجود دارد. چنانچه عملیات مربوط به دلیل عوامل محدودکننده در آن محدوده مناسب زمانی انجام نگیرد، باعث افت در عملکرد محصول می‌شود [۹].

از آنجا که در بخش کشاورزی هزینه‌ای به نام هزینه به‌موقع نبودن انجام عملیات مطرح است؛ بنابراین باید توجه ویژه‌ای به این مقوله داشت. یک مدیر توانا باید قادر باشد تا قبل از انجام عملیات، برنامه‌ای مدون در جهت به‌موقع انجام شدن تمامی عملیات زراعی در بازه زمانی تقویم زراعی پی‌ریزی کند.

رابطه‌های به‌کار رفته در این قسمت برگرفته از رابطه‌های موجود در محاسبات مکانیزاسیون کشاورزی می‌باشد که به شرح روابط (۳) تا (۶) است [۱; ۱۷].

$$\text{عملکرد ماشین زراعی (هکتار در روز)} = \frac{\text{ساعات کاری در روز} \times (\text{متر}) \text{عرض ماشین} \times (\text{درصد}) \text{ظرفیت زراعی موثر} \times (\text{کیلومتر بر ساعت}) \text{سرعت}}{10} \quad (۳)$$

$$\text{تعداد روزهای مورد نیاز جهت انجام عملیات با هر ماشین (روز)} = \frac{\text{تعداد دفعات اجرای عملیات با هر ماشین} \times (\text{هکتار}) \text{مساحت}}{(\text{هکتار در روز}) \text{عملکرد ماشین}} \quad (۴)$$

$$\text{کل روزهای موردنیاز برای هر عملیات (روز)} = \sum_{i=1}^{n} (\text{تعداد روزهای مورد نیاز ماشین } i) \quad (۵)$$

$$\text{تفاضل تاریخ‌های آغاز و خاتمه عملیات} = \text{تعداد روزهای موجود در بازه زمانی هر عملیات (روز)} \quad (۶)$$

تعداد روزهای واقعی قابل کار در بازه زمانی هر عملیات

این سامانه قادر خواهد بود تا تعداد روزها یا فرصت واقعی برای انجام هریک از عملیات را پیش‌بینی کند. پس از مشخص شدن تعداد روزهای موجود در بازه زمانی هر عملیات با استفاده از رابطه (۶)، در این قسمت، سامانه احتمال

[1] Timeliness
[2] Timeliness Cost

روزهای کاری در هر ماه را با استفاده از رابطه (۷) محاسبه می‌کند [۱۸]. به این ترتیب تعداد روزهای واقعی کل یا فرصت واقعی مربوط به اجرای هر یک از عملیات طبق رابطه (۸) محاسبه می‌شود. در این روابط، نیاز به اطلاعات مربوط به داده‌های هواشناسی می‌باشد. پارامترهای موردنیاز اطلاعات هواشناسی شامل تعداد روزهای آفتابی، بارانی، ابری و تا قسمتی ابری می‌باشد. کاربر با استفاده از این بخش، با اطمینان و احتمال صحت بیشتری اقدام به مدیریت زمانی عملیات می‌کند. البته باید قبول کرد که مدیریت زمانی عملیات کشاورزی و پیش‌بینی آن را نمی‌توان با دقت ۱۰۰ درصد بیان و تضمین کرد.

(۷) =احتمال روزهای قابل کار مربوط به هر ماه (٪)

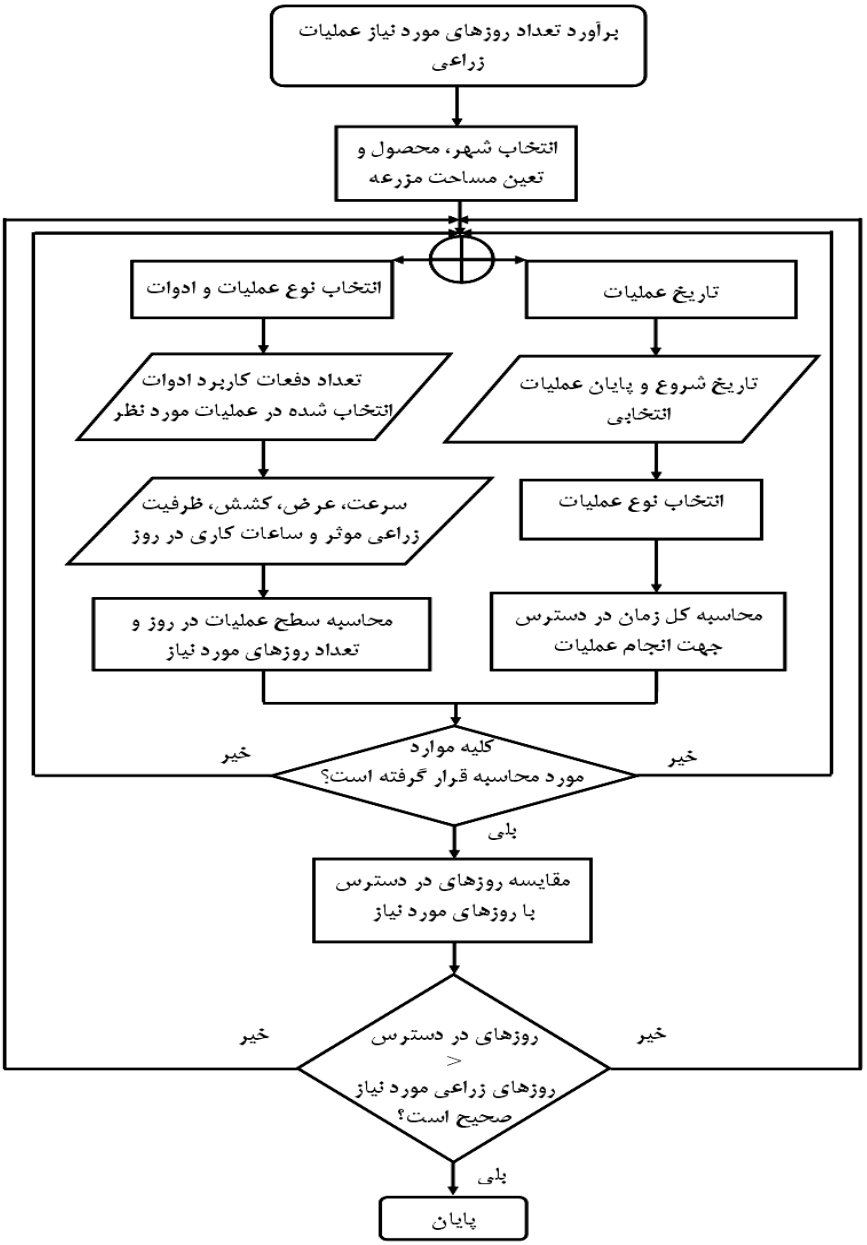
{تعداد روزهای آفتابی + (تعداد روزهای قسمتی ابری * ۰/۵) + (تعداد روزهای ابری * ۰/۲۵) + (تعداد روزهای بارانی * ۰/۱۲۵)}

تعداد روزهای مربوط به ماه موردنظر

(۸) =تعداد روزهای واقعی کل یا فرصت واقعی مربوط به هر عملیات (روز)

تعداد روزهای موجود در هر ماه (۱ تا ۱۲) واقع در بازه تقویم عملیات * احتمال روزهای قابل کار مربوط به هر ماه (۱ تا ۱۲)

شکل (۶) چگونگی برآورد تعداد روزهای مورد نیاز عملیات زراعی را نشان می‌دهد.



شکل ۶. نمودار جریان برآورد تعداد روزهای موردنیاز عملیات زراعی در سامانه تصمیم‌یار

اجرای سامانه تدوین شده در شرایط واقعی

در پایان این تحقیق، پس از طراحی نمودارهای جریان و جمع‌آوری اطلاعات برای تدوین سامانه تصمیم‌یار، به‌منظور صحت عملکرد سامانه و میزان کارایی و انعطاف آن، سامانه تدوین شده، در شرایط واقعی آزمایش شد. سعی شده است تا آزمایش عملکرد سامانه در موقعیتی مشابه با موقعیت‌های مذکور در هدف تدوین سامانه صورت گیرد.

محدوده موردمطالعه برای تعیین صحت عملکرد سامانه، غرب شهرستان ساری واقع در استان مازندران می‌باشد. البته شایان ذکر است که استفاده از سامانه تصمیم‌یار تدوین شده، محدودیت مکانی نخواهد داشت. محصول انتخاب شده برای آزمایش عملکرد سامانه تدوین شده، برنج (شلتوک) می‌باشد.

موقعیت شالیزاری موردمطالعه در شکل (۷) نشان داده شده است. مساحت شالیزاری موردمطالعه ۸/۶ هکتار می‌باشد. در پایان این تحقیق، به‌منظور تعیین میزان کارایی و عملکرد، سامانه تدوین شده در عملیات خاک‌ورزی مزرعه مذکور، آزمایش شد. برای این منظور، ابتدا اطلاعات مربوط به تراکتورها و ماشین‌های زراعی موجود و در دسترس جمع‌آوری و وارد بانک اطلاعاتی سامانه شدند. بانک اطلاعاتی سامانه توسط نرم‌افزار اکسس ۲۰۱۹ تهیه و تدوین شد.

شکل ۷. محدوده شالیزاری موردمطالعه برای بررسی عملکرد سامانه تدوین شده

در پایان این مطالعه، ضمن انتخاب و تطابق توان تراکتور و توان موردنیاز ماشین‌های زراعی مربوط به شالیزاری‌های موردمطالعه، عملیات خاک‌ورزی را نیز مدیریت زمانی کند. منظور از مدیریت زمانی عملیات، انتخاب و تطابق صحیح توان تراکتور و ماشین‌های زراعی با توجه به تقویم زراعی موجود برای اجرای عملیات خاک‌ورزی کشت برنج و در نهایت، اتمام عملیات خاک‌ورزی در زمان مناسب می‌باشد. برای اجرای صحیح و دقیق‌تر این امر، لازم است تا زمان واقعی در دسترس جهت انجام، پیش‌بینی گردد. به همین دلیل، اطلاعات مربوط به آمار هفت ساله سازمان هواشناسی شهرستان ساری در پنج ایستگاه جمع‌آوری گردید. پارامترهای موردنیاز هواشناسی در این تحقیق، روزهای آفتابی، ابری، تا قسمتی ابری و بارانی می‌باشد.

نتایج و بحث

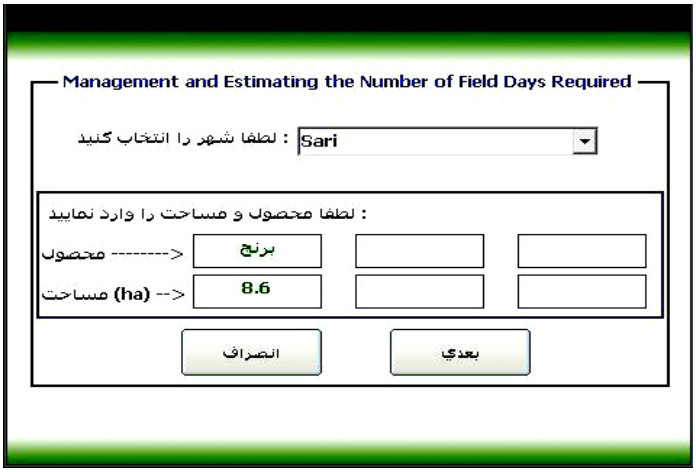
اجرای سامانه تصمیم‌یار

تصویر فهرست انتخاب‌ها یا صفحه اصلی سامانه در شکل (۸) نشان داده شده است. سامانه تصمیم‌یار تدوین شده دارای پنج لیست انتخاب عمومی و چهار لیست انتخاب تخصصی می‌باشد.

شکل ۸. تصویر فرم اصلی سامانه تصمیم‌یار و لیست انتخاب

مدیریت و برآورد تعداد روزهای زراعی مورد نیاز عملیات خاکورزی با گاوآهن دوار یا پادلر

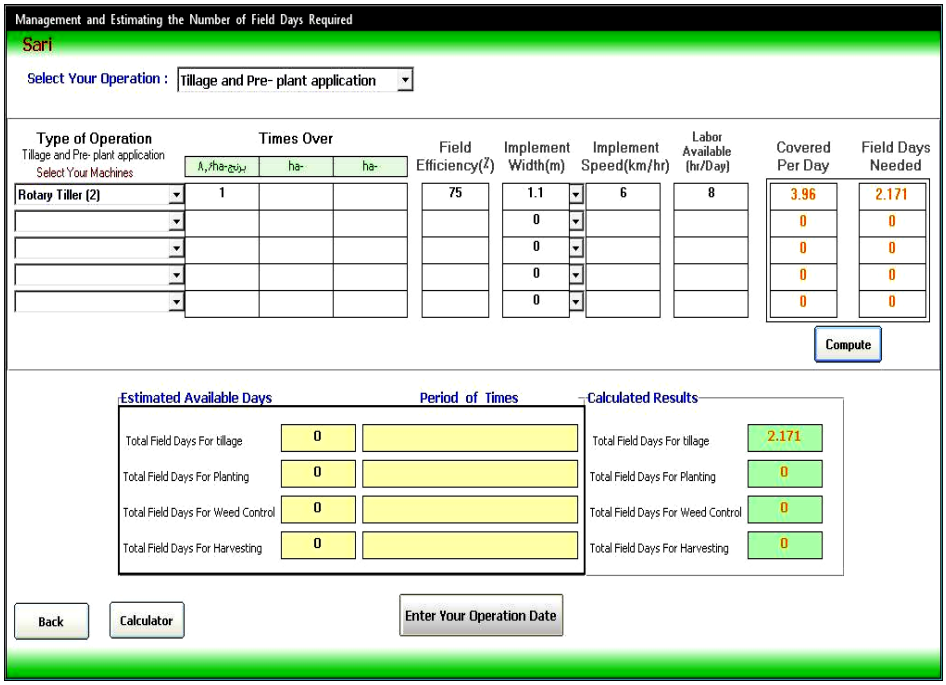
در این پروژه، ابتدا در بخش مذکور با توجه به سطح عملیات و تعداد روزهای در دسترس، ماشینی مناسب، برگزیده شد. از آنجا که عملیات خاک‌ورزی شالیزار در این تحقیق مد نظر است؛ بنابراین ابتدا برای نمونه پادلر با توجه به تعداد روزهای قابل کار و همچنین ماشین‌های موجود در بانک اطلاعاتی سامانه، عرضی مناسب انتخاب می‌گردد. مراحل مختلف انجام مدیریت زمانی عملیات پادلرینگ و انتخاب عرضی مناسب از ماشین زراعی موردنظر در شکل‌های (۹) تا (۱۱) نشان داده شده‌اند.



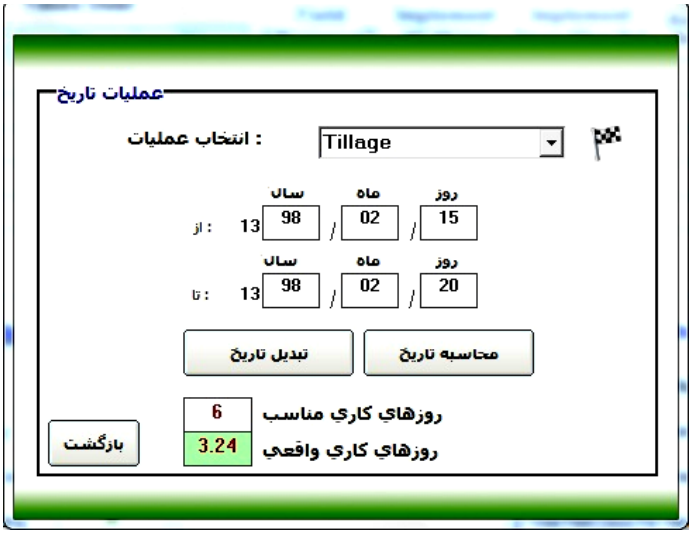
شکل ۹. فرم مربوط به مدیریت زمانی عملیات

سامانه تصمیم‌یار به نحوی تدوین شده است که مدیر یا کاربر قادر باشد با توجه به اولویت‌های کاری خود، تراکتور یا ماشین زراعی را برای انجام عملیات زراعی برگزیند. همان‌طور که در شکل (۹) ملاحظه می‌گردد، ابتدا با وارد شدن به فرم اولیه، مدیریت زمانی عملیات، نام منطقه و محصول و میزان سطحی که عملیات موردنظر قرار است در آن انجام شود تعیین می‌شود و با انتخاب گزینه بعدی، فرم برآورد تعداد روزهای موردنیاز اجرا می‌گردد. فرم مربوط به برآورد تعداد روزهای موردنیاز و انتخاب عرض مناسب ماشین زراعی برای انجام عملیات پادلرینگ در شکل (۱۰) نشان داده شده است. مطابق شکل (۱۰)، در این تحقیق، عملیات پادلرینگ برای یک‌بار در شالیزار موردمطالعه صورت می‌پذیرد. محقق در این عملیات، از بین پادلرهای موجود با عرض کارهای مختلف، عرض کار ۱۱۰ سانتی‌متر را انتخاب کرد. سرعت پیشنهادی برابر شش کیلومتر بر ساعت تعیین شده است. همچنین ظرفیت زراعی مؤثر پادلر موردنظر برابر ۷۵ درصد برآورد گردید و تعداد ساعات کاری در روز با توجه به شرایط محلی هشت ساعت می‌باشد.

پس از ورود اطلاعات موردنیاز با انتخاب گزینه محاسبه، مطابق رابطه‌های (۳)، (۴) و (۵)، عملکرد ماشین زراعی به‌ازای هکتار بر روز، تعداد روزهای موردنیاز برای پوشش کل سطح مزرعه و کل روزهای موردنیاز برای اجرای عملیات برآورد می‌گردند. مطابق شکل (۱۰)، از آنجا که پادلر انتخاب شده دارای عملکردی برابر ۳/۹۶ هکتار بر روز می‌باشد، تقریباً سه روز برای اجرای کامل عملیات پادلرینگ زمان موردنیاز است. اکنون نوبت به آن رسیده است تا تعداد روزهای موردنیاز برآورد شده با تعداد روزهای واقعی قابل کار موجود در بازه زمانی اجرای عملیات پادلرینگ، مقایسه شود. برای این کار از طریق انتخاب گزینه «ورود بازه زمانی عملیات» (شکل ۱۰) فرم ورود اطلاعات تاریخ عملیات اجرا خواهد شد. فرم مربوط به برآورد تعداد روزهای واقعی قابل کار در بازه زمانی عملیات پادلرینگ در شکل (۱۱) آورده شده است.



شکل ۱۰. فرم برآورد تعداد روزهای مورد نیاز عملیات پادلرینگ



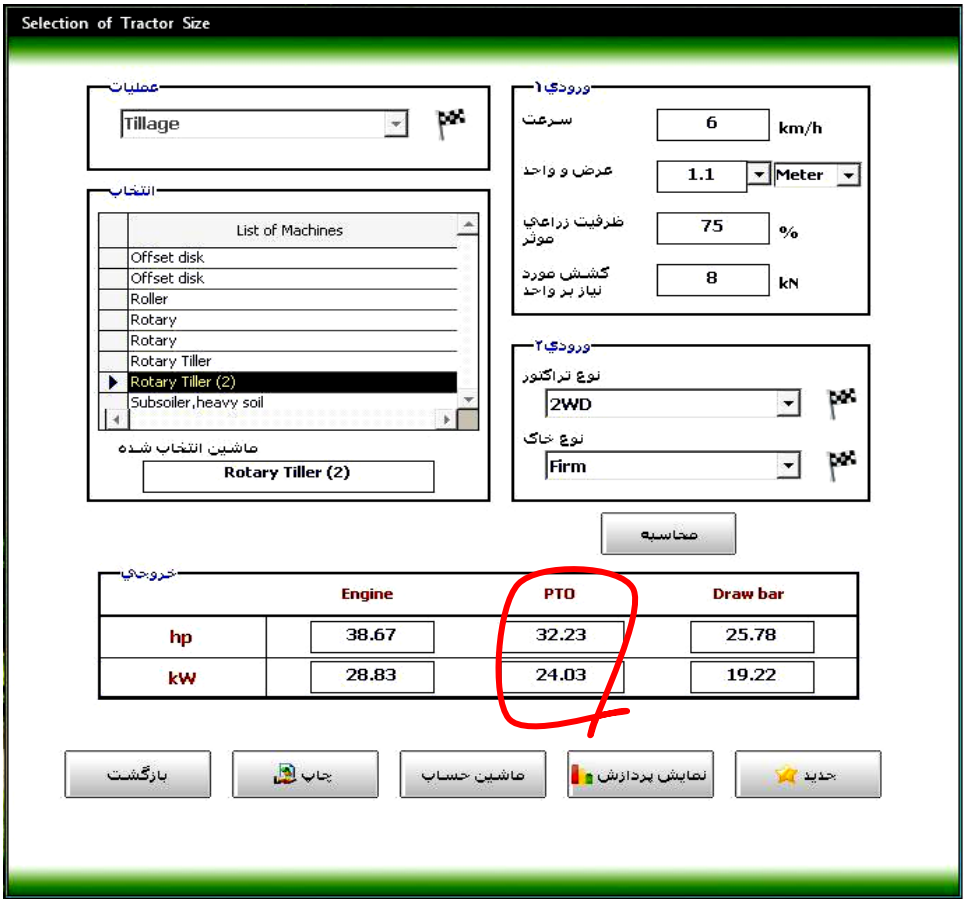
شکل ۱۱. فرم مربوط به برآورد تعداد روزهای واقعی در دسترس جهت انجام عملیات پادلرینگ

مطابق شکل (۱۱)، بازه زمانی برای اجرای کامل عملیات پادلرینگ شالیزار مورد مطالعه از ۱۳۹۸/۰۲/۱۵ تا ۱۳۹۸/۰۲/۲۰ تعیین شده است. سامانه طوری طراحی شده است که تعداد روزهای موجود در این بازه زمانی را استخراج و در کادر جلوی عنوان «روزهای کاری موجود» به نمایش می‌گذارد. این مقدار طبق رابطه (۶) برابر شش روز برآورد گردیده است. اکنون سامانه قادر است تا تعداد روزهای واقعی قابل کار از این مدت را محاسبه کند و در کادر جلوی عنوان «روزهای کاری واقعی» به نمایش بگذارد. طبق شکل (۱۱) و از روابط (۷) و (۸) روزهای واقعی قابل کار برابر سه روز تخمین زده شده است. شایان ذکر است که در این تحقیق، برای اطمینان بیشتر از صحت و دقت کار، عدد ۳/۲۴ روز به سمت عدد کوچک‌تر گرد شده است.

همان‌طور که در شکل (۱۰) مشخص است، تعداد روزهای موردنیاز جهت انجام عملیات پادلرینگ با پادلر شالیزار ۱۱۰ سانتی‌متری، کمتر از تعداد روزهای قابل کار واقعی (شکل ۱۱) موجود در بازه زمانی عملیات می‌باشد. اختلاف کم بین تعداد روزهای واقعی قابل کار در دسترس با روزهای موردنیاز برای انجام عملیات، حاکی از آن است که محقق در این پروژه از ماشینی با بزرگ‌ترین عرض ممکن قصد انجام عملیات را دارد. دلیل این موضوع، کوتاه و بحرانی بودن زمان در دسترس می‌باشد.

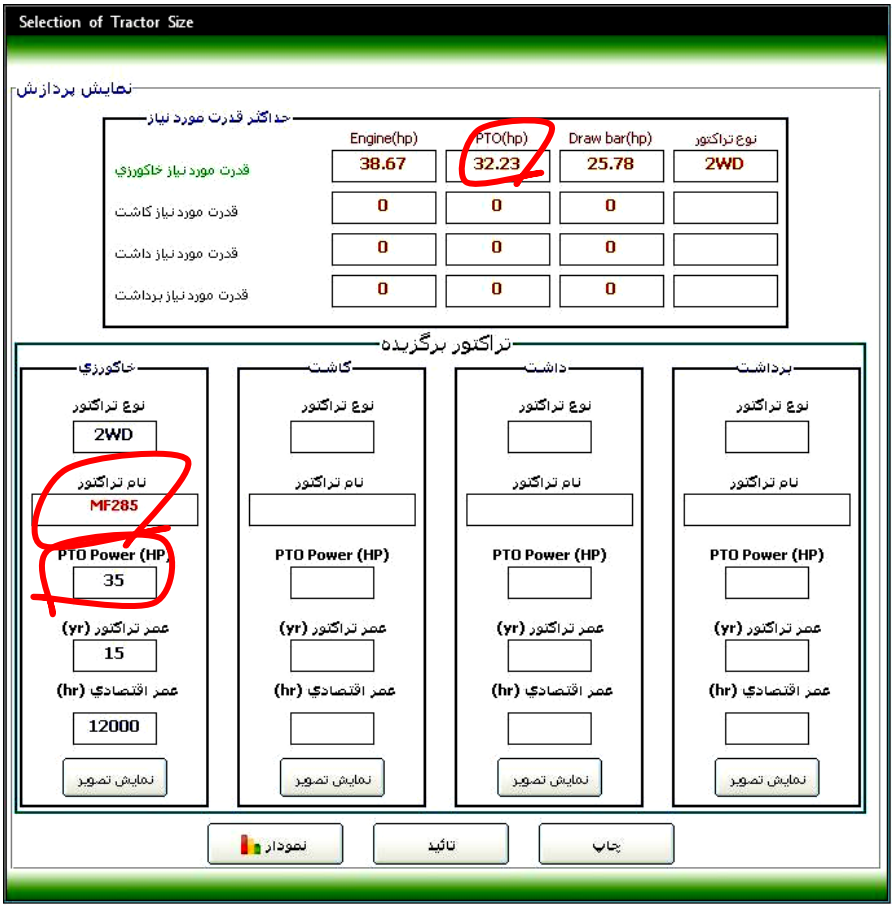
انتخاب و تطابق توان تراکتور متناسب با پادلر شالیزار

پس از انتخاب عرض مناسب ماشین پادلر برای انجام عملیات پادلرینگ در شالیزار موردمطالعه، نوبت به انتخاب تراکتوری متناسب با ماشین انتخاب شده رسیده است. در این تحقیق مطابق عملیات زراعی قبل رعایت الگوی زمانی تقویم زراعی در اولویت کاری محقق قرار دارد. به همین منظور، انتخاب عرض کار مناسب ماشین زراعی بر مبنای تعداد روزهای در دسترس صورت گرفته است. سامانه تصمیم‌یار تدوین شده به نحوی طراحی شده است که کاربر قادر خواهد بود تا اولویت کاری را تغییر دهد و عرض ماشین زراعی را بر مبنای توان تراکتور در دسترس انتخاب کند. اکنون برای انتخاب تراکتور متناسب با پادلر شالیزار، کافی است تا وارد بخش «انتخاب توان تراکتور» (شکل ۲) شد. فرم مربوط به انتخاب و تطابق توان تراکتور با پادلر انتخاب شده در شکل (۱۲) نشان داده شده است. شایان ذکر است که در صورت وجود تراکتوری متناسب با توان مورد نیاز پادلر انتخاب شده، عرض کار ۱۱۰ سانتی‌متر برای پادلر شالیزار برای اجرای عملیات پادلرینگ تثبیت خواهد شد. در غیر این صورت، با توجه به اولویت‌های کاری، عرض کار، سرعت پیشروی عملیات، تعداد ساعات کاری در روز یا حتی افزایش تعداد ماشین و تراکتور از راه‌حل‌های موجود می‌باشند. این نکته شایان ذکر است که سامانه به نحوی تدوین شده است تا در صورت به وجود آمدن مشکل مذکور، به کاربر پیشنهادهایی را به ارائه می‌دهد.



شکل ۱۲. فرم مربوط به انتخاب توان تراکتور متناسب با پادلر

پس از محاسبه توان موردنیاز، برای انتخاب تراکتور مناسب کافی است تا گزینه «نمایش پردازش» انتخاب گردد. فرم مربوط به نتیجه پردازش برای انتخاب تراکتور در شکل (۱۳) نشان داده شده است.



شکل ۱۳. فرم مربوط به نتیجه فرآیند پردازش انتخاب تراکتور متناسب با پادلر

همان‌طور که در شکل (۱۳) ملاحظه می‌گردد، سامانه در یک فرایند جستجویی در بین تراکتورهای موجود در بانک اطلاعاتی یا انبار، برای توان موردنیاز حدود ۳۳ اسب بخار، تراکتور MF 285 با توان محور توان‌دهی ۳۵ اسب بخار را برگزیده است. شایان ذکر است که تراکتور انتخاب شده در عملیات پادلرینگ، برای انجام عملیات شخم هم انتخاب شده بود.

در پایان، برنامه عملیاتی پیشنهاد شده توسط سامانه تصمیم‌یار برای انجام پادلرینگ در شالیزار موردمطالعه به مساحت ۸/۶ هکتار در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲. برنامه پیشنهادی سامانه تصمیم‌یار برای انجام عملیات پادلرینگ

ماشین	تراکتور	بازه زمانی تقویم زراعی	زمان در دسترس واقعی	زمان موردنیاز
پادلر شالیزار	MF 285	از ۱۵ تا ۲۰ اردیبهشت	۳-۴ روز	۲-۳ روز

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، طراحی و تدوین سامانه نرم‌افزاری تصمیم‌یار محور اصلی بوده است. برای قدم اول، منطق انتخاب و تطابق تراکتور و ماشین زراعی به‌صورت الگوریتم رسم شد. رابطه‌های استاندارد و موردنیاز برای محاسبات و همچنین اطلاعات موردنیاز انجام پروژه از قبیل بررسی خاک‌های منطقه موردمطالعه، پارامترهای موردنیاز هواشناسی منطقه مطالعاتی، تراکتورها و ماشین‌های زراعی موجود و در دسترس جمع‌آوری گردید. در قدم بعدی، سامانه تصمیم‌یار با استفاده از زبان برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک تدوین و اجرا شد. این سامانه ۱۰ عملکرد مختلف عمومی و تخصصی دارد. بخش‌های تخصصی آن شامل انتخاب توان تراکتور، انتخاب اندازه ماشین زراعی، انتخاب و تطابق ماشین زراعی و تراکتور و مدیریت زمانی و برآورد تعداد روزهای موردنیاز عملیات زراعی می‌باشند. مدیریت بانک اطلاعاتی سامانه، گزارش‌گیری، مجموعه تصاویر، زبان برنامه و تنظیمات امنیتی و عمومی سامانه، بخش‌های عمومی نرم‌افزار تدوین شده هستند. مطابق نتایج حاصل از به‌کارگیری سامانه در شرایط واقعی عملیات خاکورزی مزرعه، برای عملیات پادلرینگ از پادلر شالیزار با عرض کار ۱۱۰ سانتی‌متر و تراکتور MF 285 با توان محور تواندهی ۳۵ اسب بخار استفاده شده است. سامانه تصمیم‌یار تدوین شده، راه‌حل مناسبی در راستای اجرای صحیح و علمی مکانیزاسیون کشاورزی و رفع معضل مذکور است. این تحقیق و پروژه صورت گرفته حرکت نوینی در راستای تلفیق بخش کشاورزی با عصر اطلاعات و به‌کارگیری عملی و مستقیم نرم‌افزارهای خبره و تصمیم‌یار در اجرای عملیات زراعی است. کاهش هزینه‌های مشاوره‌ای، حذف سلیقه‌ها و اتکا به دانش فنی و واقعی، افزایش راندمان کار، جلوگیری از اتلاف انرژی، سرمایه و فشردگی بیش از حد خاک مزرعه و ... را می‌توان از دستاوردهای به‌کارگیری سامانه تصمیم‌یار تدوین شده در پروژه مطالعاتی نام برد. به علاوه، این سامانه را می‌توان برای اهداف مدیریتی، آموزشی و پژوهشی در زمینه ماشین‌های کشاورزی به‌کار برد.

References

[1] Almasi, M., Luimi, N., & Kiani, S. (2018). *Basics of agricultural mechanization (principles and application) with editing and revision*. Javdane, Jungle. http://fipak.areo.ir/site/catalogue/18484896

[2] Loghmanpour zarini, R., & Nabipour Afrouzi, H. (2020). Estimation of Energy Balance and Greenhouse Gas Emissions in Dairy Farms (Case study: Qazvin Province). *Karafan Quarterly Scientific Journal*, *17*(2), 13-21. https://doi.org/10.48301/kssa.2020.119204

[3] Bowers, W., Deere, & Company. (1975). *Fundamentals of Machine Operation: Machinery Management*. Deere & Company. https://books.google.com/books?id=KmZ7zQEACAAJ

[4] Teylor, R., Schrock, M., & Wertz, K. (1991). *Getting the Most from Your Tractor* https://bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF588.pdf

[5] Yousefi, R. (2013). *Agricultural Mechanization*. Institute of Higher Education for Applied Scientific Jihad Agriculture. https://www.adinehbook.com/gp/product/9648748963

[6] Loghmanpoor Zarini, R., Akram, A., Alimardani, R., & Tabatabaei Koloor, S. R. (2016). Applying the Decision Support Software for evaluation of Tractor-Plow system matching and effect on energy consumption in plowing operation. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, *47*(3), 511-518. https://doi.org/10.22059/ijbse.2016.59359

[7] Sharifnasab, H. (2010). *Creation of expert system software for agricultural machinery*. [PhD Dissertation, Faculty of Agricultural Biosystems Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran].

[8] Loghmanpour Zarini, R., Akram, A., Alimardani, R., & Tabatabaei koloor, R. (2014). *Development of decision software to provide the correct matching of tractor and*

agricultural machinery power and time management of agricultural operations (case study of Sari city). [MSc Thesis, Faculty of Agricultural Biosystems Engineering, University of Tehran].

[9] Behrozilar, M., Jafari, A., Mobli, H., & Ghaffari, A. (2008). *Agricultural Machinery Management and Mechanization (Agricultural Science)*. Payam Noor University. https://www.adinehbook.com/gp/product/9643874018

[10] Singh, M., Singh, P., & Singh, S. B. (2008). Decision support system for farm management. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, *39*, 346-349. https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.307.2699&rep=rep1&type=pdf

[11] Grisso, R., Perumpral, J., & Zoz, F. (2006, July 9-12). Spreadsheet for matching tractors and implements. 2006 ASABE Annual International Meeting. https://moam.info/spreadsheet-for-matching-tractors-and-implements_5a26e5061723dd24bd2b8eda. html

[12] Sahu, R., & Raheman, H. (2008). A decision support system on matching and field performance prediction of tractor-implement system. *Computers and electronics in agriculture*, *60*(1), 76-86. https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.07.001

[13] Ghojahbeig, F. (2011). *Development of a decision-making system for energy consumption management in vegetable and summer greenhouses.* [MSc Thesis, Faculty of Agricultural Biosystems Engineering, University of Tehran].

[14] Khani, M. (2010). *Determining the probability of working days for tillage operations in Karaj city.* [MSc Thesis, Faculty of Agricultural Biosystems Engineering, University of Tehran].

[15] Edwards, W. (2017, January). *Farm Machinery Selection | Ag Decision Maker*. Lowa State University. https://www.extension.iastate.edu/agdm/ crops/html/a3-28.html

[16] Hunt, D. (1999). *Farm Power and Machinery Management*. Wiley. https://books.google.com/books?id=SKkXMQAACAAJ

[17] Modarres Razavi, M. (2012). *Management of agricultural machinery*. Ferdowsi University of Mashhad Press. https://www.adinehbook.com /gp/product/9643861681

[18] Witney, B. (1995). *Choosing and Using Farm Machines*. Land Technology Limited, West Savile Terrace. https://books.google.com/books?id=4-muAAAACAAJ