4th International Congress of Developing Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran
14-16 August. 2019, Tabriz Islamic Art University
In cooperation with Shiraz University and Yasouj University
شماره مجوز کنگره از وزارت علوم: ۷۶۸۶۸۶۹
شماره مجوز نمایه در پایگاه استنادی علوم جهان اسلام ۷۰۱۰۱ - ۹۷۱۸۰

مدیریت انتخاب اندازه ماشین‌های کشاورزی با استفاده از یک مدل غیرخطی بهینه سازی شده

محمد رضا بیاتی[1]*، سیده پگاه امامی مقدم[2]

1- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد* bayati@um.ac.ir
2- دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک بیوسیستم، انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشگاه فردوسی مشهد، emamipegah@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق از یک مدل غیر خطی بهینه سازی شده برای مدیریت انتخاب اندازه تراکتورها و اندازه ادوات دنباله‌بند و نیز تعیین هزینه‌های واقعی و هزینه‌های بهینه، در یک مزرعه در اطراف مشهد استفاده شد. هزینه‌های مورد بررسی شامل هزینه‌های ثابت و هزینه‌های متغیر تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی در فرایند کاشت تا برداشت محصولات گندم و سیب زمینی بود. همچنین هزینه‌های کارگری، هزینه‌های به موقع انجام نشدن فعالیت‌ها و هزینه‌های کل نیز بررسی شدند. نتایج تحقیق منجر به تعیین و تثبیت تعداد تراکتورها، کاهش اندازه تعدادی از تراکتورها و ادوات دنباله‌بند گردید. از بین هزینه‌های بررسی شده و بر اساس استفاده از مدل بهینه‌سازی شده، هزینه‌های ثابت تراکتورها و ادوات دنباله‌بند مربوط، افزایش و بقیه هزینه‌ها براساس استفاده از این مدل، کاهش داشتند. بیش‌ترین کاهش هزینه‌هادر مورد هزینه‌های به موقع انجام نشدن فعالیت‌ها، با حدود 33 درصد روی داد.

واژه‌هاي كليدي: انتخاب بهینه تراکتور و ماشین‌های کشاورزی، مدل بهینه‌سازی شده، مدل‌های غیر خطی

1- مقدمه

مکانیزاسیون یک منبع کلیدی در کشاورزی مدرن است، در حالی که بخش عمده‌ای از هزینه‌های تولید محصولات زراعی را تشکیل می‌دهد، اگر به خوبی اداره شود، می‌تواند مزایای قابل توجهی در مزرعه به همراه آورد. مدل‌های مربوط به هزینه‌های ماشین آلات شبیه‌سازی شده، نمی توانند جایگزین اندازه‌گیری هزین‌های واقعی شوند، اما اطلاعات به دست آمده از طریق آن ها می‌توانند سوابق موجود یک مزرعه را جایگزین کنند و برای تصمیم گیرندگان با ارزش تر شوند. در تحقیقی از برنامه MACHoice ،که یک سیستم پشتیبانی تصمیم گیری و یک برآوردگر هزینه ماشین آلات مزرعه بود استفاده شد [1]. در تحقیقی دیگر، با توجه به این که نیروهای کاری و ماشین آلات به طور مشترک بزرگترین مقدار هزینه را تشکیل می دهند که حدود 60٪ از کل سرمایه گذاری در یک مزرعه می‌باشد، از یک برنامه که به زبان C نوشته شده بود، برای هر عملیات، اندازه مطلوب تراکتور را از بین اندازه های موجود و تجهیزات مربوط به آن با توجه به ظرفیت ماشین آلات برای انجام عملیات در زمان مقرر برای مزرعه مورد نظر انتخاب می‌کرد. آزمون مجذور کای نشان داد که بین اندازه واقعی قدرت مزرعه متعلق به کشاورزان منطقه مورد مطالعه و پیش بینی مدل، تفاوت معنی داری وجود ندارد[2]. در مطالعه‌ای دیگر، یک مدل رایانه‌ای برای انتخاب ماشین آلات توسعه داده شد. این مدل مبتنی بر مفهوم بدست آوردن عرض بهینه یا عرض اقتصادی دستگاه با استفاده از قدرت تراکتور بود [3]. تخمین میزان مصرف سوخت یک تراکتور کشاورزی در طول عملیات مختلف خاکورزی به انتخاب بهترین روش‌های حفاظت از تجهیزات کشاورزی کمک خواهد کرد. الزامات مورد نظر، اغلب میزان توان مورد نیاز در یک مزرعه خاص را تعیین می کند و بنابراین، برای تصمیمات مدیریت انرژی نیز لازم خواهد بود. آن ها هم چنین در هنگام انتخاب ماشین آلات و منبع انرژی تراکتور یک عامل برجسته در نظر گرفته می شوند.این مقاله مروری، میزان مصرف سوخت، نیروی کشش و سرعت پیش‌روی را در طی عملیت خاک ورزی را نشان داده است [4]. با توجه کاهش عملکرد محصول که در منطقه‌ای از نیجریه، مشاهده شده بود، و با توجه به این که یکی از عواملی که در تولید محصول تأثیر می گذارد میزان سطح مزرعه است، در این تحقیق شیوه های مکانیزه سازی عملیات کشاورزی که باعث ارتقا عملکرد مزارع می‌شود، بررسی شده است [5].

برنامه‌ای رایانه ای برای مدیریت ماشین آلات کشاورزی با عنوان (APAMAS) برای مدیریت ماشین آلات نوشته شد. APAMAS می تواند ظرفیت کارایی و بهره وری میدانی موثر را برای برخی از دستگاه های خاکورزی تعیین کند، [6].

پارامترهای عملکردی ماشین‌های کشاورزی در تعیین و مدیریت و در نتیجه در عملکرد اقتصادی و محیطی نقش دارند. روش های برنامه نویسی و سیستم های پشتیبانی تصمیم گیری در موجود است، با این وجود، هنوز ابزارهای کاربردی برای پیش بینی پارامترهای فنی ماشین آلات برای تکمیل وظایف وجود ندارد. در پژوهش حاضر،

بیش‌ترین پارامترهای عملکردی همبسته برای چهار گروه از ماشینهای بذر با استفاده از آنالیز رگرسیون خطی و چندگانه خطی مشخص شد. قدرت ، وزن، عرض کار، تعداد ردیف و قیمت لیست مورد بررسی قرار گرفت و معادلات مرجع برای بذرکارهای ، دقیق ، ترکیبی و بدون خاکورزی تهیه شد [7].

زوسعه و معرفی ماشین آلات ئ تجهیزات با ظرفیت بالا، دقیق ، قابل اعتماد و با انرژی کارآمد، نیاز به استفاده منطقی از ورودی ها دارد. شاخص دقیق (PI)، یک دستگاه توانایی آن در انجام یک کار مشخص به روش دقیق است. این یک ویژگی ارزشمند برای مقایسه عملکرد تجهیزات و عملیات مختلف برای افزایش بهره وری در یک مزرعه معین است. هدف از این مطالعه، ارائه یک شاخص، یعنی PI برای انتخاب دستگاه و تجهیزات کارآمد و دقیق برای کشاورزان بود [8].

برنامه های رایانه ای اکنون می توانند تا حد زیادی به حل مشکلات پیچیده مدیریت ماشین های کشاورزی کمک کرده و مدیران را قادر سازند تا در مورد تعادل بین عوامل تولید (ظرفیت دستگاه، زمان مورد انتظار و بودجه موجود) تصمیمات بهتری بگیرند. هدف از این مطالعه طراحي و توسعه يك سيستم رايانه اي است كه به عنوان يك ابزار تصميم گيري براي مديريت طرح هاي بزرگ در كشاورزي استفاده شده است. این سیستم برای برآورد ظرفیت های متغیر ماشین آلات بر اساس واحد سطح واحد طبق فرمول ها و پارامترهای استاندارد شناخته شده و همچنین برای محاسبه هزینه های ثابت، متغیر و کل ماشین های مزرعه طراحی شده است [9].

انتخاب تراکتور و ادوات به دلیل در دسترس بودن انواع مدل های تراکتور از 15 تا 75 کیلو وات از جنبه بسیار مهمی در مکانیزه سازی مزرعه برخوردار بوده است. در یک پژوهش، یک سیستم پشتیبانی تصمیم گیری مبتنی بر رایانه تهیه شد که می تواند اندازه تراکتور مورد نیاز را برحسب شرایط خاک پیش بینی کند. سیستم پشتیبانی تصمیم گیری با استفاده از زبان برنامه نویسی basic،توسعه داده شده است. این بانک اطلاعاتی حاوی جزئیات مدل های مختلف تراکتور است. اعتبارسنجی سیستم پشتیبانی از تصمیم گیری توسعه یافته انجام شد و آزمون T زوجی برای مقادیر پیش بینی شده و مقادیر واقعی موجود انجام شد که نشان داد مقادیر پیش بینی شده و واقعی در سطح 5٪ معنی‌دار نیستند [10].

در تحقیقی، یک مدل سیستمی جهت کمک به فرایند انتخاب سطح بهینه مکانیزاسیون،؛ بر حسب قابلیت‌های فنی تراکتور و ادوات دنباله‌بند، طراحی شد. مدل بهینه‌سازی، یک مدل برنامهریزی غیرخطی است که توسط نرم افزار GAMS

پیاده‌سازی شده است. این مدل بر مبنای مفهوم حداقل هزینه می‌باشد که در بر گیرنده همه هزینه‌های ثابت و متغیر، برای یک اندازه خاص از مزرعه و یک الگوی کشت به خصوص می‌باشد. خروجی مدل، اندازه هر ماشین، و نیز توان تراکتورها و تعداد مورد نیاز آن‌ها است [11].

در سال‌های اخیر، بخش کشاورزی تمرکز زیادی بر توانایی کشاورزان در استفاده حداکثر و کارا از منابع و محدودیت‌های موجود داشته است. بر این اساس، هزینه نیروی ماشین و نیروی کار، نهاده‌های مهمی هستند که از دیگر هزینه‌ها پیشی گرفته‌اند.از طرفی این نهاده‌ها، توان بالقوه‌ای برای کاهش هزینه ماشین‌ها، با تطبیق و به کارگیری بهینه ماشین‌ها و نیازهای واقعی و ضروری دارند که بر خواسته از اندازه مزرعه، الگوی کشت و سایر عوامل می‌باشد[11] به نقل از [12]. مطالعات انجام شده در مزارع مختلف، تفاوت‌های بسیاری در هزینه ماشین‌ها را نشان می‌دهد.این موضوع اهمیت به کار بردن روش‌هایی برای انتخاب اندازه بهینه ماشین‌ها در کشاورزی را نشان می‌دهد. تعیین اندازه بهینه ماشین‌های کشاورزی در برگیرنده و متاثر از شرایط محصول، خاک و آب و هوا می‌باشد و باید پاسخگوی سوالاتی هم چون این که کدام اندازه ماشین‌ها از نظر اقتصادی بهینه است؟، در اثر استفاده از ماشین‌ها چه هزینه نهایی ایجاد می‌شود، باشد [11]. برخی از روش‌های ارائه شده در این زمینه عبارت‌اند از: شبیه سازی [11] به نقل از [13]، [14]، [15]، [16]. روش های برنامه ریزی خطی [11] به نقل از [17]، [18]، [19] و [20].روش های مدل سازی [11] به نقل از [21] و [22].

بررسی جامعی در زمینه انواع مدل‌های پیشنهاد شده برای ارزیابی ماشین‌های مورد نیاز در یک مزرعه انجام شد. از نتایج این تحقیق معلوم شد که اغلب مدل‌های ارائه شده بسیار پیچیده بودند و نیازمند تعداد زیادی از داده‌های ورودی است که به سادگی قابل حصول نبودند. در این تحقیق، از یک مدل بهینه‌سازی استفاده شده بود که با داده‌های موجود و در دسترس مربوط به مجموعه ماشین‌ها، محصولات، آب و هوا و زمان بندی عملیات مختلف سازگار بود. مدل با محدود کردن تعداد محدودیت‌ها و متغیرها، دارای حداقل پیچیدگی بود [23].

2- مواد و روش‌ها

2-1- روش تحقیق

برای بهینه سازی اندازه انواع ماشین‌های کشاورزی از یک مدل برنامه ریزی خطی بر اساس مفهوم حداقل هزینه استفاده شده است. ساختار عمومی مدل یک مدل برنامه ریزی ریاضی است [24]. این مدل شامل متغیرهای تصمیم گیری بوده و پارامترها و محدودیت‌ها در قالب معادلات و نامعادلاتی تعریف شده است.

2-2- متغیرهای تصمیم گیری

فرض بر آن است که فعالیت‌های ماشین‌ها توسط مجموعه‌ای از ماشین‌های کشاورزی، مجموعه‌ای از عملیات که باید انجام گیرد و مجموعه‌ای از دوره‌های زمانی انجام عملیات، تعریف شده‌اند و متغیرهای تصمیم گیری شامل: اندازه ادوات دنباله بند (متاثر از نوع ماشین برحسب مترمانند گاوآهن، کیلو گرم بر ساعت مانند چاپر و واحد تن، مانند تریلی)، توان تراکتورها (بر حسب اسب بخار)، تعداد تراکتورها، میزان نرخ کلی کار ادوات دنباله بند یا مجموعه‌ای از ادوات دنباله بند مورد استفاده برای انجام عملیات کاری (متاثر از نوع ادوات دنباله بند بر حسب هکتار بر ساعت و یا تن بر ساعت) و درصدی از عملیات کاری در هفته مورد نظر انجام می شود.

2-3-مدل بهینه سازی

مدل بهینه سازی مجموعه‌ای از معادلات و نامعادلات هستند که در زیر آمده است. این مدل با توجه به متغیرهای تصمیم گیری و شاخص‌های دکر شده ، بیان شده است. تابع هدف برای به حداقل رساندن کل هزینه‌های سالانه، توسط معادله (1) بیان می شود [20] و [25].

$$f(X_{iM}, X_{jO}, X_{j,k}, X_T, Z_T)=\Sigma_i(\varphi_{0,i} + \varphi_{1,i}X_{im})+\psi Z_T X_T + \Sigma_k\Sigma_g X_{j,k}(\alpha_j + \frac{\beta j+ \gamma jXT}{X jO} + \delta j \left| k - t_{j\,opt} \right|) \quad (1)$$

$\varphi_{0,i}$: هزینه ثابت سالانه مستقل از اندازه دستگاه بر حسب ریال

$\varphi_{1,i}$: ضریب مربوط به هزینه سالانه ثابت نسبت به اندازه دستگاه بر حسب ریال برمتر، ریال بر کیلوگرم و یا ریال برساعت- کیلوگرم

Ψ: فاکتور تناسب بین هزینه سالانه ثابت تراکتور و اندازه قدرت آن بر حسب ریال بر اسب بخار

α_j: پارامتر مربوط به هزینه سوخت، تعمیر و نگه‌داری ماشین‌های مورد استفاده برای عملیات j ، بر حسب ریال

β_j: پارامتر مربوط به هزینه‌های کار و هزینه‌های تعمیر و نگه‌داری ماشین‌های مورد استفاده برای عملیات j، بر حسب ریال – مترمربع بر ثانیه یا ریال – کیلوگرم بر ثانیه

γ_j: پارامتر مربوط به هزینه‌های تعمیر و نگه‌داری تراکتور (ها) مورد استفاده در عملیات j بر حسب ریال – مترمربع برثانیه اسب بخار و یا، ریال- کیلوگرم بر ثانیه – اسب بخار

δj: یک عامل زمانبندی مرتبط با عملیات j ، برحسب ریال بر هفته

$t_{j\,opt}$: هفته بهینه برای اجرای عملیات j (تا آن جا که به بهینه سازی محصول مربوط می‌شود)

ساختار اصلی معادله (1)، شامل هزینه‌های ثابت و هم چنین هزینه‌های عملیاتی بر مبنای سالانه بوده و محاسبه می‌شود

تابع هدف (معادله 1) مجموع سه جمله است: اولین جمله در سمت راست، هزینه‌های ثابت شامل بهره، استهلاک به همراه قیمت ماشین‌ها، برای مجموع همه ماشین‌ها محاسبه می شود. در معادله (2)فرض بر این است که قیمت خرید ماشین i تابعی خطی از اندازه آن است:

$$P_{iM}=P_{0,iM}+P_{1,iM}X_{iM} \quad (2)$$

PiM: قیمت خرید ماشین بر حسب ریال

$P_{0,i}$: یک عبارت ثابت بر حسب ریال

$P_{1,iM}$: یک عبارت بر حسب ریال بر متر، ریال بر کیلو گرم- ثانیه و یا ریال بر کیلوگرم

علاوه بر این، فرض شده است که هزینه‌های سالانه به عنوان کسری از قیمت خرید می‌باشد. بنابراین،؛ هزینهٔ ثابت سالانه ماشین i از طریق معاذله (3) محاسبه می شود:

$$C_{iM} P_{iM} = C_{iM}(P_{1,iM} X_{iM}+ P_{0,iM}) = \varphi_{1,i} X_{iM} + \varphi_{0,i} \quad (3)$$

در جمله دوم تابع هدف (جمله وسط)، هزینه‌های ثابت تراکتور محاسبه شده است. در این جا فرض بر این است که قیمت خربد تراکتور، متناسب با توان خروجی تراکتور است.

$$P_T=p_T X \quad (4)$$

P_T: قیمت خرید تراکتوربر حسب ریال

X_T: توان خروجی بر حسب اسب بخار

سومین جمله تابع هدف (جمله سمت راست)، مجموع هزینه‌های متغیر ماشین‌ها و هزینه‌های به موقع انجام دادن فعالیت ها برای تمامی هفته های سال، (k=1,….,52) و برای همه فعالیت ها (j= 1,….., N)می باشد.

معادله (4)، محاسبه هزینه‌های عملیاتی را برای یک ماشین برداشت (چاپر) نشان می دهد:

$$C_v = \frac{AU}{Ke}(r(p_{k0} + p_{k1} K) + B_K K + L + d_{XT}) \quad (4)$$

C_v: هزینه عملیات بر حسب ریال

A: سطح مزرعه برای برداشت محصول برحسب متر مربع

U: عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم بر متر مربع

K: ظرفیت برداشت نئوری بر حسب کیلوگرم بر ثانیه

e: بازده مزرعه ای بین صفر و یک

r: هزینه‌های تعمیر و نگه‌داری مورد انتظار در هر ثانیه ازعملیات است، به عنوان کسری از قیمت خرید بیان شده است.

p_{k0} و p_{k1} : به ترتیب، بخش ثابت و ضریب قیمت خرید به صورت تابعی خطی از ظرفیت برداشت تئوری بر حسب ریال و یا ریال بر کیلوگرم

B_K: هزینه‌های سوخت و روغن در هر ثانیه ازفعالیت و در هر واحد ظرفیت برداشت تئوری بر حسب ریال بر کیلوگرم

L: هزینه نیروی کار بر حسب ریال بر ثانیه

d: ضریب هزینه مرتبط با هزینه‌های تعمیر و نگه‌داری تراکتور بر حسب ریال بر اسب بخار-ثانیه

معادله (5)، محاسبه هزینه‌های عملیاتی را برای ادوات دنباله بندی که اندازه آن‌ها با عرض کارمشخص می شوند، نشان می دهد:

$$C_v = \frac{A}{vbe}(r(p_{b0} + p_{b1} B) + B_b b + L + d_{XT}) \quad (5)$$

v: سرعت پیش‌روی در مزرعه بر حسب متر بر ثانیه

b: عرض اسمی کاربر حسب متر

P_{b0} و p_{b1}: به ترتیب بخش ثابت و ضریب قیمت خرید وسیله دنباله بند به صورت تابعی از عرض اسمی کار بر حسب ریال و یا ریال بر متر

B_b: هزینه‌های سوخت و روغن در هر ثانیه ازفعالیت و در هر واحد از عرض اسمی کار بر حسب ریال بر متر-ثانیه

و هزینه عملیاتی ادوات دنباله بندی که با ظرفیت بارشان تعریف می شوندبه شکل معادله (6) بیان می شود:

$$C_v = \frac{Mt}{m}(r(p_{m0} + p_{m1} m) + B_m m + L + d_{XT}) \quad (5)$$

M: باری که باید جابه جا شود بر حسب کیلوگرم.

t: زمان لازم برای جا به جا کردن بار بر حسب ثانیه

m: میزان بار بر حسب کیلوگرم

P_{m0} و p_{m1}: به ترتیب بخش ثابت و ضریب قیمت خرید وسیله دنباله بند به صورت تابعی از میزان بار بر حسب ریال و یا ریال بر کیلوگرم

Bm: هزینه های سوخت و روغنبه ازای هر ثانیه کاری و هر واحد بار بر حسب ریال بر کیلوگرم-ثانیه

اما معادله جامع تری که می‌تواند برای همه نوع ادوات دنباله بند استفاده گردد، معادله (6) می باشد:

$$Cv=\alpha+\frac{\beta+\gamma XT}{X0} \quad (6)$$

در معادله (6)، مقادیر X_0، α، β و γ بستگی به نوع ادوات دنباله بند دارند. این مقادیر را می توان برای هر عملیات بر اساس پارامترهای مربوط برای هر یک از ماشین های مورد استفاده در عملیات خاص محاسبه کرد.

3- نتایج و بحث

ارزیابی قابلیت‌های مدل اراده شده در این تحقیق، از طریق مقایسه مجموعه ادوات دنباله بند شبیه سازی شده توسط پیاده سازی مدل و مجموعه ماشین‌ها و ادوات دنباله بند واقعی مزرعه مورد مطالعه از طریق مدل برنامه ریزی غیرخطی انجام گرفت.

مزرعه مورد مطالعه در اطراف مشهد می باشد و مساحت آن 830 هکتار است که 130 هکتار آن دارای سنگ و غیر قابل کشت می باشد. 250 هکتار آیش، 250 هکتار زیر کشت گندم و 200 هکتار زیر کشت سیب زمینی است. این مزرعه دارای ماشین‌های خودگردان و ادوات دنباله بند به شرح زیر می باشد:

شش دستگاه تراکتور مس فرگوسن 285 با قدرت هر یک 75 اسب بخار، سه دستگاه تراکتور جاندیر با قدرت-های بین 50 تا 230 اسب بخار و یک دستگاه تراکتور نیوهلند با توان 150 اسب بخار، دو دستگاه کمباین نیوهلند، هریک با قدرت 120 اسب بخار و عرض کار پنج متر.هفت دستگاه گاو آهن با عرض کار یک تا دو و نیم متر با ظرفیت کاری نیم تا یک هکتار در ساعت، سه دستگاه دیسک، هریک با عرض کار سه متر و با ظرفیت کاری یک و نیم هکتار در ساعت، پنج دستگاه لولر با عرض کار سه تا پنج متر و با ظرفیت کاری نیم تا یک هکتار در ساعت، دو دستگاه سیکلوتیلر با عرض کار هر یک ، سه متر و ظرفیت کاری هر یک، یک هکتار در ساعت، پنج دستگاه بذرکار با عرض کار یک و نیم تا سه متر و ظرفیت کاری نیم تا یک هکتار در ساعت، سه دستگاه کودپاش با عرض کاری پنج تا 10 متر و ظرفیت کاری دو تا سه هکتار در ساعت، دستگاه برگ زن با عرض کار هر یک،؛ یک و نیم متر و ظرفیت کاری هر یک، یک و نیم هکتار در ساعت، هفت دستگاه سیب زمینی کن، هریک با عرض یک متر و ظرفیت کاری نیم هکتار در ساعت.

جدول (1)، داده‌های پایه اقتصادی در مزرعه مورد مطالعه می‌باشد. از داده‌های جدول (1)، شامل نرخ بهره، نرخ استهلاک و عمر اقتصادی تراکتورها و ادوات دنباله‌بند جهت محاسبه نرخ هزینه‌های ثابت سالانه مربوط به تراکتور و سایر ماشین‌های کشاورزی که به صورت کسری از قیمت خرید ماشین‌ها می‌باشد، استفاده می‌گردد.

جدول 1: داده‌های اقتصادی مربوط به مزرعه

ردیف	کمیت، واحد	مقدار
1	نرخ بهره، %	18
*2	نرخ استهلاک، %	15
**3	عمر اقتصادی تراکتورها و ادوات، سال	10
4	نرخ هزینه ثابت سالیانه تراکتورها و ادوات	0/14
5	هزینه نیروی کار، ریال بر ساعت	125000
6	قیمت خرید تراکتور به ازای هر واحد توان، ریال بر اسب بخار	15000000
7	قیمت گندم، ریال بر کیلوگرم	16000
8	قیمت سیب زمینی، ریال بر کیلوگرم	80000

ماخذ: [26] و [27]

در جدول (2)، نتایج بعضی از بهینه‌سازی‌ها، در مورد اندازه ماشین‌های کشاورزی و تراکتورها، در این مطالعه موردی آمده است. جدول، شامل داده‌های واقعی ماشین‌های مزرعه و هم چنین داده‌های بهینه‌سازی شده در مدل و در این مطالعه موردی می‌باشد. تعداد تراکتورها در حالت واقعی و بهینه‌سازی شده یکسان است. هم چنین از این جدول مشخص می شود که در حالت بهینه، قدرت تراکتورها، نه تنها افزایش پیدا نکرده‌اند، که در مواردی، کاهش داشته اند که نشان دهنده مناسب بودن تراکتورهای مزرعه مورد مطالعه، برای انجام فعالیت‌های محول بوده است. با نگاهی به ادوات خاک‌ورزی، مشخص می‌شود که مدل، تمایل به افزایش عرض عملیاتی گاوآهن و دیسک دارد. استفاده از این ادوات و به کار بردن مدیریت صحیح استفاده از آن‌ها، می تواند به افزایش کارایی ادوات و تراکتورها بینجامد. در بقیه ادوات دنباله‌بند و پس از بهینه‌سازی، جز در مورد لولرها و کوپاش، که با کاهش عرض کاری خود مواجه شده اند، عرض کاری بقیه ادوات تغییر نکرده است. در ادواتی که پس از بهینه‌سازی با افزایش عرض کاری همراه شده‌اند، باعث کاهش زمان عملیات در وسیله دنباله‌بند مورد نظر می‌شود.

در مورد هزینه‌های واقعی ناشی از کاربرد تراکتور و ادوات در این مطالعه موردی ، می‌توان دید که به جز افزایش در هزینه‌های ثابت تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی، در بقیه موردها و به طور کلی، هزینه‌ها کاهش داشته‌اند. در این میان هزینه‌های ناشی از به موقع انجام ندادن فعالیت‌ها، با حدود 34 درصد، بیش‌ترین کاهش را داشته‌اند. یکی از دلایل تاثیرگذار بزرگ در این مورد، مدیریت صحیح بر روی ادوات و تراکتورها می‌باشد. علت افزایش هزینه‌های پانزده درصدی ثابت را نیز می‌توان به ساخت جایگاه‌های جدید تراکتورها و ادوات نسبت د اد. کاهش حدود بیست و پنج درصدی هزینه‌های کارگری نیز ناشی از مدیریت فعالیت‌های نیروی کار در فعالیت‌های کشاورزی مزرعه مورد

مطالعه بوده است و در نهایت کاهش حدود سی درصدی هزینه‌ها ی کلی را باید به اعمال مدیریت جدید همراه با بهینه-سازی فرایندهای عملیاتی دانست.

جدول 2: نتایج حاصل از بهی‌هانه سازی تراکتورها، ماشین‌های کشاورزی و هزینه‌ها

ردیف	ماشین ها و تعداد، هزینه ها	اندازه ماشین ها و هزینه ها	
		واقعی	بهینه سازی شده
1	تعداد تراکتورها	10	10
2	تراکتور 1، اسب بخار (شش دستگاه	75	71
3	تراکتور 2، اسب بخار(یک دستگاه)	45	31
4	تراکتور 3، اسب بخار(یک دستگاه)	91	84
6	تراکتور 5، اسب بخار(یک دستگاه)	135	135
8	گاوآهن 2، متر (چهار دستگاه)	2/4	4/3
9	دیسک 1، متر(سه دستگاه)	3	4/5
10	سیکلوتیلر 1، متر(دو دستگاه)	3	3
12	لولر 2، متر(سه دستگاه)	5	3/75
13	سیب زمینی کار 1، متر (دو دستگاه)	1/5	1/5
14	بذرکار 1، متر (سه دستگاه)	3	3
15	شیپر 1، متر (دو دستگاه)	1/5	1/5
17	سمپاش 2، متر (یک دستگاه)	20	20
19	کودپاش 2، متر (یک دستگاه)	10	8/33
20	یرگ زن 1، متر (سه دستگاه)	1/5	1/5
21	سیب زمینی کن 1، متر (هفت دستگاه)	1	1
23	هزینه های ثابت، هزار ریال	45000	53325
24	هزینه های عملیاتی به استثنای هزینه های نیروی کار، هزار ریال	300000	224400
25	هزینه های نیروی کار، هزار ریال	130000	97890
26	هزینه های به موقع انجام نشدن فعالیت ها، هزار ریال	51400000	34078200
27	کل هزینه های سالانه،	51875000	34453815

	هزار ریال		

مراجع

[1] Cunha M., and Gonçalves S. G. MACHoice: a Decision Support System for agricultural machinery management. Open Agriculture, 4: 305–321, 2019.

[2] Dash R.C and Sirohi N.P.S. A Computer Model to Select Optimum Size of Farm Power and Machinery for Paddy-Wheat Crop Rotation in Northern India. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript PM 08 012.Vol. X. November, 2008.

[3] Mekalilie B. B., Hassan I. M. and Mohammed A. A. Development of a Computer Model for Machinery Selection and Management. J. Agric. Sci. 14(1), 2006.

[4] Amer M. Mamkagh, A. M. Review of Fuel Consumption, Draft Force and Ground Speed Measurements of the Agricultural Tractor during Tillage Operations. Asian Journal of Advanced Research and Reports. 3(4): 1-9, 2019; Article no.AJARR.47633.

[5] Offor, C. B., Eze, P.C., and Ide, P.E. Appraisal of Agricultural Mechanization in Udi Local Government Area of Enugu State, Nigeria. International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER). International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER). ISSN (Online): 2347-3878. 2018.

[6] Mysara A. Mohamed, Abdalla. N. O. Kheiry, Ren Hongjuan, Abbas E. Rahma, Elnogomi A. Omer, Ebaa M. Ahmed and Hu Jiandong, A COMPUTER PROGRAM FOR AGRICULTURAL MACHINERY SELECTION. International Journal of Engineering and Advanced Technology Studies. 6(1):1-11, 2018 .

[7] Yezekyan, T., Marinello, F,. Armentano, G., Trestini, S., and Sartori, L. Definition of Reference Models for Power, Weight, Working Width, and Price for Seeding Machines. Agriculture. 8, 186. 2018.

[8] Singh, M., Sharma, K., Mishra, P., Patel, B. and S K Singh, S. K. Precision attributes based index for the selection of efficient agricultural machinery. Scientific Research and Essays.. 14(4): 24-31, 2019.

[9] Dahab, M. H., Kheiry, A. N. O., Lliwei, Y., Mohamed, A. M. and Jiandong, H. FARM MACHINERY SIZE AND COST MANAGEMENT SYSTEM IN THE RAIN FED SECTOR OF GEDARIF AREA. Global Scientific Journals. 6 (10) . 2018.

[10] Revanth, K., Prakash, S. K. V, Palled, V. and Yadahalli, G. S. Decision Support System for Matching Tractor - Implement System. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 7(11): 624-632. 2018.

[11] Henning T. Søgaard, H. T. and Sørensen, C, G. A Model for Optimal Selection of Machinery Sizes within the Farm Machinery System. Biosystems Engineering. 89(1): 13–28. 2004.

[12] Poulsen B; Jacobsen B H. Machinery costs on Danish farms: an empirical analysis based on 500 full time farms. Report No. 92. Danish Institute of Agricultural and Fisheries Economics. 1997.

[13] Audsley, E. and Boyce, D. S. Use of weather uncertainty, compaction and timeliness in the selection of optimum machinery for autumn field work: a dynamic programme. Journal of Agricultural Engineering Research, 29(2): 141–149. 1974.

[14] McClendon R W; WetZstein M E; Edwards L H. Risk efficiency of machinery selection for double cropping via simulation. Transactions of the ASAE, 30(5), 1259–1265. 1987.

[15] Parmar R S; McClendon R W; Potter W D. Farm machinery selection using simulation and genetic algorithms. Transactions of the ASAE, 39, 1905–1909. 1996.

[16] Sørensen C G. Workability and machinery sizing for combine harvesting. Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript PM 03 003, Vol. V. 2003.

[17] Nilsson B. Optimering av maskinkapacitet ved spanm(a alsskord. [Optimisation of machinery capacity for combine harvesting.] Report No. 11. Institutionen for Arbetsmetodik och Teknik, Lantbrukshøgskolan, Uppsala, Sweden. 1973.

[18] Bender D A; Peart R M; Barret J.R; Doster D H; Baker T G . Optimizing cropping systems using simulation and linear programming. ASAE Paper No. 84–5017. 1984.

[19] Kline D E; Bender D A; McCarl B. FINDS: farm-level intelligent decision support system. Applied Engineering in Agriculture, 5(2), 273–282. 1989.

[20] Hunt D. Farm Power and Machinery Management. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA. 1983.

[21] Tsai Y J; Jones J W; Mishoe J W . Optimizing multiple cropping systems: a systems approach. Transactions of the ASAE, 30(6), 1554–1561.1987.

[22] Ekman S . Tillage system selection: a mathematical programming model incorporating weather variability. Journal of Agricultural Engineering Research, 77, 267–276, doi: 10.1006/jaer.2000.0602. 2000.

[23] Glen J J . Mathematical models in farm planning: a survey. Operations Research, 35, 641–666. 1987.

[24] Brooke A; Kendrick D; Meeraus A . GAMS: A User's Guide, Release 2.25. The Scientific Press, Redwood City, California, USA. 1992.

[25] Have H . Planlægning og kontrol i markbrugets mekanisering. [Planning and Control in Agricultural Field Mechanisation.] The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark. 1991.

[26] کریمی، ش.؛ مصری گندشمینو ت. خادم‌اتحسینی، ن. مدل سازی ریاضی هزینه‌های نگهداری و تحلیل عمر مفید اقتصادی تراکتورهاي کشاورزی. (مطالعه موردی، استان آذربایجان غربی). نشریه دانش کشاورزي و تولید پایدا ر. 22(4): 87 الی 98. 1391

[27] آأشتیانی، ع. ر.، رنجبر، الف. و تورچی، م. تعیین عمر اقتصادی سه مدل تراکتور کشاورزی در ایران. (مازندران مطالعه موردی شرکت زراعی دشت ناز). مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. 12(1): 221 الی 231.