

## بهینه سازی عملیات ماشینی با تاکید بر هزینه تاخیر زمانی: مطالعه موردی

### منطقه مرودشت

بهاالدین نجفی، سارا ترابی، دستگردوئی<sup>۱</sup>

#### چکیده

با توجه به اینکه عدم دسترسی به موقع کشاورزان به ماشین آلات موجب کاهش تولید و افزایش هزینه می‌گردد. این مطالعه با هدف تعیین هزینه تاخیر زمانی عملیات ماشینی انجام گردید. جهت انجام مطالعه از روش برنامه‌ریزی خطی استفاده شده است. جهت انجام مطالعه منطقه مرودشت انتخاب و اطلاعات مورد نیاز از طریق پرسشنامه و مصاحبه با نمونه 80 نفری از بهره‌برداران در 14 دهستان جمع‌آوری گردید. بهره‌برداران بر اساس سطح زیرکشت به سه گروه مجزا تقسیم گردیده‌اند. به منظور تعیین وضعیت مطلوب در سرمایه‌گذاری ماشین‌آلات (تراکتور و کمباین) با ایجاد بهره‌بردار نماینده با استفاده از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط (حداقل‌سازی هزینه) بهترین روش (خرید یا اجاره ماشین‌آلات) برای هر یک از گروه‌های ملکی تعیین گردید. نتایج مطالعه نشان داد که در سطوح بیش از 5 هکتار در حالت بهینه خرید تراکتور و اجاره کمباین باعث کاهش هزینه و در سطوح کمتر از 5 هکتار استفاده از خدمات اجاره‌ای تراکتور و کمباین مقرون‌به‌صرفه است.

---

<sup>1</sup> - استاد و دانش‌آموخته اقتصاد کشاورزی دانشگاه شیراز

## مقدمه:

کشاورزی با سهم قابل ملاحظه خود در تولید ناخالص ملی و درآمدهای ناشی از صادرات، مستلزم توجه بیشتر به ارتقا کمی و کیفی تولیدات است. گسترش تکنولوژی در امر بالا بردن بهره‌وری عوامل تولید این بخش جایگاه ویژه‌ای در استراتژی‌های توسعه اقتصادی دارد. بر خلاف جوامع توسعه‌یافته، کشورهای در حال توسعه مجبورند تکنولوژی‌هایی را که عمدتاً از خارج قرض گرفته شده با وضعیت موجود خود تطبیق دهند. یکی از مسائل اصلی در مکانیزاسیون کشاورزی سرمایه‌گذاری عاقلانه در خرید تجهیزات و استفاده درست و بهینه از آنهاست. در حقیقت در بسیاری از کشورها مدیریت مناسب ماشین‌آلات یکی از مشکلات عمومی آنهاست و تحقیقات بسیاری برای یافتن عوامل بهینه در فعالیت ماشینی بخش کشاورزی کشورها صورت گرفته است. هزینه سالانه ماشین‌آلات شامل، هزینه اجاره یا خرید ماشین‌آلات، هزینه سوخت و تعمیرات و بیمه، هزینه کارگر و هزینه تاخیر زمانی فعالیت ماشینی<sup>۱</sup> می‌باشد. هزینه تاخیر زمانی هزینه‌ای است که زارع به علت عدم اجرای به موقع عملیات کاشت و یا برداشت متحمل می‌شود. مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که کشاورزان با این هزینه روبرو می‌باشند. قسمتی از این هزینه غیرقابل اجتناب می‌باشد. به طور مثال چنانچه رطوبت خاک تا اندازه‌ای زیاد باشد که ماشین‌آلات نتواند در زمین به کار برده شود، ممکن نیست که عملیات در زمان بهینه انجام شود. قسمتی از آن هم مربوط به میزان دسترسی به ماشین‌آلات است. به طور مثال چنانچه ماشین برداشت به موقع در دسترس کشاورز قرار نگیرد، محصول به موقع برداشت نشده و آسیب می‌بیند (گونارسون و هانسون، 2004). در کشور ما دسترسی به ماشین‌آلات به دو صورت می‌باشد. یکی اینکه کشاورز خود مالک بوده و دیگر اینکه آن را اجاره نماید. براساس یافته‌های تفصیلی در سرشماری عمومی کشاورزی 1376 رایج‌ترین و متداول‌ترین روش ارائه خدمات ماشینی بصورت اجاره‌ای می‌باشد. بطوریکه از کل بهره‌برداران 88 درصد از تراکتور و 98 درصد از کمباین و 70 درصد از تیلر بصورت خدمات

---

<sup>1</sup> Timeliness cost

اجاره‌ای بهره‌مند می‌شوند. این ویژگی نه تنها در بهره‌برداران با وسعت کم و با مالکیت‌های کوچک اراضی صادق است، بهره‌برداران 50 تا 100 هکتار نیز به میزان 66 درصد خدمات تراکتور را بصورت کرایه‌ای دریافت می‌دارند. رایج‌ترین روش ارائه خدمات ماشینی بصورت غیرمتشکل و توسط رانندگان حرفه‌ای و صاحبان منفرد ماشین‌های کشاورزی می‌باشد که عموماً در هیچ‌یک از شکل‌های ماشینی عضویت ندارند. اما طی سنوات گذشته و بخصوص بعد از ارائه خدمات ماشینی به کشاورزان که شخصاً دارای ماشین نمی‌باشند، دائر گردیده‌است. عمومی‌ترین آنها تعاونی‌های روستائی 3030 واحد، واحدهای مکانیزاسیون 346 واحد، تعاونی تولید روستائی 64 واحد، شرکت‌های سهامی زراعی 8 واحد و سایر شرکتها و تعاونی‌های متفرقه می‌باشند. در صورت استیجاری-بودن ماشین‌آلات ممکن است که زارعین با هزینه تاخیر بیشتری روبرو شوند. ارزیابی میزان هزینه ایجادشده برای زارعینی که ماشین‌آلات را اجاره می‌کنند، ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به اهمیت افزایش بازده محصولات کشاورزی در رشد اقتصادی کشور و اینکه در بیشتر مطالعات صورت گرفته اثر هزینه تاخیر عملیات ماشینی وارد نشده‌است، در مطالعه حاضر با در نظر گرفتن هزینه تاخیر زمانی عملیات ماشینی به بررسی فعالیت ماشینی موجود در منطقه مرودشت استان فارس خواهیم پرداخت.

طبق نظر ادوارد و بوهجی (1980) و هانگس و هالتمن (1976) عملیات ماشینی مناسب از لحاظ اقتصادی انتخاب حداقل هزینه در هزینه‌های خاص عملیاتی که شامل نیروی کار و هزینه تاخیر زمانی می‌شود، می‌باشد. از آنجا که یافتن حداقل هزینه‌ها با روش‌های ساده ریاضی امکان‌پذیر نیست. بسیاری از مدل‌های مورد استفاده بر اساس تکنیک‌های بهینه‌سازی مانند برنامه‌ریزی خطی استوارند، در حالیکه احتمال روزهای قابل کار در آن وارد شده است. وتزستین و همکاران (1990) دراهمیت به موقع انجام نشدن عملیات ماشینی را در یک سیستم دو کشتی گندم و سویا مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که جهت استفاده بهینه از رطوبت کافی خاک و به موقع انجام‌شدن عملیات و کاهش هزینه‌های ناشی از آن، انتخاب مناسب ماشینها و درجه اعتماد به آنها

در عملیات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. سورنسون (1999) با استفاده از مدل تطبیقی زمان مناسب برداشت را با توجه به وضعیت رطوبت محصول پیش‌بینی نموده است. با شبیه‌سازی دوره ساعتی از وضعیت رطوبت محصول رسیده برای 30 سال زمان برداشت مناسب را در شرایط آب و هوایی مختلف و مکان‌های متفاوت پیش‌بینی نموده‌است. نتایج نشان می‌دهد، تغییرات آن بطور نسبتاً زیادی به نوع محصول و آستانه رطوبت آن بستگی دارد. در انواع محصولات ضریب بهره‌برداری زمان بالقوه برداشت به صورت بخشی از کل روز بین 21 تا 36٪ در رطوبت آستانه 18٪ بدست آمد. روش ساده انتخاب ظرفیت ماشین آلات با استفاده از محاسبه تعداد روزهایی که در یک دوره معین زمانی هر فعالیت لازم دارد تا کامل شود و محاسبه احتمال روزهای قابل کار در همان دوره ظرفیت مورد نیاز ماشین آلات در سطح را تعیین می‌نماید. این روش در انجمن مهندسی کشاورزی آمریکا (2003) مورد تصویب قرار گرفته و در مطالعات بسیاری این روش مورد استفاده قرار گرفته است. در این مدل هزینه تاخیر زمانی ماشین‌آلات محاسبه و وارد شده است. بدین ترتیب ظرفیتی که تولید دارای پائین‌ترین هزینه خالص می‌باشد محاسبه می‌گردد. در اکثر ماشین‌آلات افزایش قیمت یک واحد طول موثر رابطه خطی و مستقیم با قیمت بر ظرفیت دارد.

دتورو و هانسون (2003) اینگونه بیان می‌کند که با توجه به اینکه مزرعه چگونه باشد، تعیین اندازه بهینه ماشین بسیار مشکل می‌باشد. به این دلیل که هزینه‌های خاص ماشین‌آلات رابطه مستقیم با هزینه تاخیر زمانی دارد، که به روزهای قابل کار بر روی زمین بستگی دارد. این متغیر قابل پیش‌بینی نیست و تحت کنترل نیز نمی‌باشد و عملکرد مزرعه را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

دتورو و هانسون (2004) با استفاده از تکنیک شبیه‌سازی مجزا هزینه‌های تاخیر زمانی را با استفاده از فرمول‌های تهیه شده در انجمن مهندسی کشاورزی آمریکا<sup>1</sup> (ASAE) محاسبه نموده‌اند.<sup>2</sup> در این روش شبیه‌سازی تحلیل میزان کارایی ماشین‌آلات بر اساس وضعیت روزانه

---

<sup>1</sup> American Society of Agricultural Engineers

<sup>2</sup> ASAE EP496.2 DEC99

قابلیت کار بر خاک طی چند سال (روش کار روزانه<sup>۱</sup>) انجام شده و نتایج آن با نتایج مطالعات صورت گرفته با روش‌های ساده‌تر بر اساس ارزش میانگین احتمال روزهای کاری فعالیت‌ها و فصل‌ها (روش میانگین کار<sup>۲</sup>) مقایسه گردیده است. در مطالعه هانسون و تورو با هر دو روش برحسب هزینه کل (نیروی کار، هزینه‌های ثابت، هزینه تاخیر) به منظور یافتن اثر روش‌ها بر برآورد هزینه‌های تاخیر زمانی هفت دستگاه ماشین در 400 هکتار زمین تعیین شد. نتایج روزانه مدل انطباق خوبی بر پیشرفت عملکرد در مزارع واقعی داشته است. برآورد انجام شده بین هفت دستگاه ماشین نشان می‌دهد که هزینه‌های ماشین‌آلات اصلی‌ترین هزینه‌ها هستند که همانطور که پیش‌بینی شد با افزایش اندازه ماشین افزایش می‌یابند. هزینه نیروی کار و هزینه‌های تاخیر زمانی در هر دو روش زمانی که اندازه ماشین افزایش می‌یابد، کاهش می‌یابند.

دتورو و هانسون (2004) مکانیزاسیون شش مزرعه که به سیستم سرمایه‌گذاری مشترک در ماشین‌آلات پیوسته‌اند را مورد بررسی قرار داده‌اند. مدل شبیه‌سازی عدد صحیح برای عملیات زراعی مزارع طی 20 سال به منظور بهینه‌سازی هزینه تاخیر زمانی با توجه به تفاوت‌های سالانه کاشت و برداشت اجرا شد. نتایج نشان داد که اشتراک ماشین‌آلات مزارع را قادر می‌سازد تا هزینه کل‌شان (نیروی کار + هزینه‌های ویژه ماشین‌آلات + هزینه تاخیر زمانی) را تا 15 درصد و سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای ماشین‌آلات را تا 50 درصد کاهش دهند. این دو عامل با تعداد کمتری ماشین‌آلات بزرگتر بیشتر از این میزان نیز کاهش می‌یابند. کلیه زارعین از نتیجه همکاری راضی بوده‌اند. تحت شرایطی که مزارع در مطالعه شرکت داشتند، هم از لحاظ نوع خاک، اندازه مزرعه، زارعین نیمه‌وقت نتایج خوبی برای مزارع کوچک و در اندازه متوسط در مشارکت بدست آمد.

کامارنا و گراسیا (2004) با استفاده از برنامه پیوسته‌ای به نام چنددوره‌ای<sup>۳</sup> در دانشگاه گواناتاجو و پلی تکنیک والنسیا تکنیک برنامه‌ریزی اعداد صحیح مختلط را با استفاده از صفحات اطلاعاتی محیط Excel اجرا و به انتخاب ماشین‌آلات کشاورزی برای سیستم چند مزرعه‌ای پرداختند. این

---

<sup>1</sup> Daily work method

<sup>2</sup> Average work method

<sup>3</sup> Multiperiod

برنامه ماشین‌آلات را برای هر مزرعه به طور جداگانه انتخاب می‌نماید. از نمونه‌ای در گواناجوتا مکزیک شامل پنج مزرعه که گندم و سورگوم کشت می‌کنند، برای شرح کاربردی مدل استفاده کردند.

گانارسون و هانسون (2004) مطالعه‌ای در زمینه بهینه‌سازی عملیات ماشینی مزرعه در منطقه جنوب مرکزی سوئد انجام دادند. بخش مهمی از این مطالعه محاسبه عوامل مؤثر بر تأخیر عملیات ماشینی در مزرعه است. برای بهینه‌سازی سیستم‌های ماشینی مزرعه از روش برنامه‌ریزی خطی استفاده نمودند. اولین فایده از استفاده از روش برنامه‌ریزی اعداد صحیح ترکیبی این است که هر ماشینی که در مدل وارد می‌شود، می‌تواند به وسیله داده‌های بخصوصی از قیمت، اندازه و ظرفیت تعریف شود. هیچ رابطه غیر ممکن بین اندازه و ظرفیت یا قیمت و ظرفیت تخمین زده نمی‌شود. تابع هدف  $Z$  حداقل می‌شود. شامل میانگین هزینه سالانه ماشین‌آلات که شامل هزینه تأخیر زمانی و هزینه کارگر است. نتایج نشان می‌دهد که کل هزینه‌های ماشینی در تولید محصولات ارگانیک 7 درصد بالاتر از تولید محصولات به روش سنتی بوده است. هزینه‌های ماشین‌بازای هر کیلوگرم دانه تولید شده در محصولات ارگانیک 58 درصد بالاتر از روش تولید سنتی است. شجری (1386) در مناطقی از استان فارس اقلید، فسا و مرودشت عوامل مؤثر بر عدم انجام بموقع عملیات ماشینی در مراحل مختلف تولید چغندر قند را با استفاده از الگوی پروبیت مورد بررسی قرار داده است. نتایج نشان می‌دهد که تراکم تقاضا برای استفاده از امکانات و خدمات ماشینی کارخانه‌های قند و در نتیجه تأخیر در ارائه خدمات ماشینی توسط کارخانه‌های قند شهرستانهای مورد مطالعه، نقدینگی پایین چغندرکاران به منظور اجاره ماشین‌آلات، تراکم حجم فعالیت‌های زراعی محصولات رقیب چغندر قند و عدم دسترسی بموقع چغندرکاران به نهاده‌های تولید (از جمله کودها و سموم شیمیایی) بر عدم انجام بموقع عملیات ماشینی در مزارع چغندر قند مؤثر بوده‌اند. وی در محاسبه میزان هزینه تأخیر در عملیات ماشینی در مراحل مختلف تولید چغندر قند به نتایج زیر دست یافته، هزینه به موقع انجام نشدن عملیات شخم، لولر، کودپاشی قبل از کاشت و تأخیر در کاشت

چغندر قند بازاء هر روز تاخير بترتيب برابر با 12237، 3147، 881 و 2622 ريال در هكتار محاسبه شده است.

### تئوری و روش تحقیق

اطلاعات مورد نیاز با استفاده از پرسشنامه و روش مصاحبه حضوری از 80 نفر از زارعین منطقه جمع‌آوری شد. اطلاعات مورد نظر شامل دو قسمت بهره‌بردار و روستاست. ابتدا با تهیه پرسشنامه مقدماتی و مصاحبه با 10 بهره‌بردار در پنج روستای منطقه نواقص موجود در پرسشنامه برطرف گردید.

عواملی که می‌تواند ملاک طبقه‌بندی باشد، عبارت است از 1- سطح زیر کشت 2- میزان تحصيلات 3- سن بهره‌بردار 4- تعداد محصولات کشت شده در سال زراعی 5- دارا بودن تراکتور 6- داشتن پمپ آب. از آنجا که در منطقه مورد مطالعه کشت به صورت نیمه مکانیزه بوده و کسب درآمد از اهداف مهم زارعین است به منظور بررسی تاثیر هر یک از عوامل فوق بر روی درآمد خالص بهره‌برداران یک معادله رگرسیون خطی برآورد گردید که در آن درآمد خالص متغیر وابسته و عوامل فوق به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. برآورد معادله نشان داد سطح زیر کشت به طور معنی‌داری بر روی درآمد خالص بهره‌برداران موثر است و سایر متغیرها تاثیر مهمی به درآمد خالص ندارند.

از اینرو سطح زیر کشت مبنای طبقه‌بندی واقع گردید. سلطانی و نجفی (1362) با توجه به مطالعه انجام شده در رامجرد، مرودشت، بیضا و کربال حداقل مساحت زیر کشت زارعین را  $1/5$  و حداکثر 16 هکتار و متوسط سطح زیر کشت را  $5/58$  هکتار عنوان کردند. به لحاظ مشابهت منطقه مورد مطالعه با مناطق یاد شده تقسیم بندی زارعین در سه سطح زیر کشت الف) زیر 5 هکتار ب) بین 5 تا 10 ج) 10 هکتار به بالا انجام گرفت.

در زمینه استفاده کارا از نهاده ماشین‌آلات و تعیین اقتصادی بودن خرید آن به جای استفاده استیجاری از خدمات ماشینی با در نظر گرفتن هزینه تاخیر زمانی تحقیقات متعددی بویژه در خارج

از ایران انجام شده است، که متداول ترین روش های مورد استفاده در این تحقیق تکنیک شبیه سازی و برنامه ریزی اعداد صحیح مختلط بوده است. با توجه به داده های موجود در منطقه مدل برنامه ریزی اعداد صحیح مختلط<sup>1</sup> به منظور بهینه یابی اقتصادی خرید ماشین آلات انتخاب گردید.

یکی از فرضیات معمول مسائل برنامه ریزی خطی این است که منابع می توانند به صورت کسری یا اعشاری مورد استفاده قرار گیرند و محصولات نیز به صورت واحدهای کسری تولید گردند. اما چنانچه بخواهیم برای واحد فعالیت های کشاورزی برنامه ریزی کنیم، مثلاً 5/32 دستگاه تراکتور قابل قبول نخواهد بود. از این رو اگر متغیرها تنها مجاز به قبول مقادیر گسسته باشند، میبایستی از تکنیک برنامه ریزی خطی با اعداد صحیح استفاده نمود و زمانی که بعضی از متغیرها نه تمام آنها مقید به صحیح بودن باشند، بایستی از برنامه اعداد صحیح مختلط (MIP) بهره گرفت (سلطانی و همکاران 1378). بدین ترتیب در مطالعه حاضر به دلیل استفاده از هر دو نوع داده گسسته و پیوسته بایستی از الگوی برنامه ریزی اعداد صحیح مختلط استفاده نماییم.

با توجه به داده های موجود در منطقه مناسب ترین روش برای مطالعه حاضر، روش مورد استفاده در مطالعه گونارسون و هانسون تشخیص داده شد. این الگو با داده های موجود تطبیق داده شده و مدل مورد استفاده به ترتیب زیر می باشد. اطلاعات شامل هزینه های سالانه ماشین آلات و هزینه تاخیر زمانی عملیات ماشینی، هزینه و مقدار مورد استفاده نهاده های دیگر مانند کود، سموم و نیروی کار در منطقه مرودشت استان فارس طی سال زراعی 1385-1386 می باشد در این برنامه تابع هدف مورد نظر تابع هزینه هاست با عنوان Z که آن را حداقل می کنیم و شامل میانگین هزینه سالانه ماشین آلات، تاخیر زمانی فعالیت ماشینی، کود، سموم و نیروی کار می باشد.

$$\begin{aligned} \text{Min} : Z = & C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + C_4 X_4 + \\ & + e_1 W_{11} + \dots + e_l W_{l1} + e_2 W_{21} + \dots + e_2 W_{l2} + \dots + e_l W_{lp} \end{aligned}$$

---

<sup>1</sup> Mixed integer programming



Sub to:

$$X_1 + X_2 \geq 1$$

$$X_3 + X_4 \geq 1$$

$$X_1 = 1, 2, \dots, n$$

$$X_3 = 1, 2, \dots, n$$

$$X_2 = 0 \text{ or } 1$$

$$X_4 = 0 \text{ or } 1$$

$$W_{11} \geq E_{11}$$

$$W_{12} \geq E_{12}$$

⋮

$$W_{1p} \geq E_{1p}$$

⋮

$$W_{l1} \geq E_{l1}$$

⋮

$$W_{lp} \geq E_{lp}$$

شکل فشرده معادله به صورت زیر می باشد:

$$\text{Min} : Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + C_4 X_4 + \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^p e_k W_{kj}$$

Subject to :

$$X_1 + X_2 \geq 1$$

$$X_3 + X_4 \geq 1$$

$$W_{kj} \geq E_{kj}$$

تعداد محصولات

تعداد نهاده‌ها

$$j = 1, \dots, p$$

$$k = 1, \dots, l$$

$C_1$  : هزینه سالیانه خرید تراکتور در هر هکتار

$X_1$ : تعداد تراکتور

$C_2$ : کل هزینه اجاره تراکتور به اضافه کل هزینه تاخیر در هر هکتار

$X_2$ : اجاره و یا عدم اجاره کمباین

$C_3$ : هزینه سالیانه خرید کمباین در هر هکتار

$X_3$ : تعداد کمباین

$C_4$ : کل هزینه اجاره کمباین به اضافه کل هزینه تاخیر در هر هکتار

$X_4$ : اجاره و یا عدم اجاره کمباین

$e$ : هزینه هر واحد نهاده در هر هکتار

$W$ : مقدار مصرف هر نهاده برای هر واحد محصول

$E_{kj}$ : حداقل نیاز هر محصول به هر نهاده

هزینه تاخیر کاشت و برداشت بوسیله دو معادله که در زیر آمده محاسبه گردید. و در بردار  $d$

قرار گرفت.

$$d_j = L_j \cdot P_j \cdot A_j$$

$L_j$ : خسارت تاخیر زمانی به صورت کیلوگرم در روز در هکتار برای هر محصول زراعی  $j$

$P_j$ : قیمت هر محصول زراعی بر اساس ریال در کیلو گرم

$A_j$ : کل مساحت کشت شده هکتار

. هزینه تاخیر در زمان برداشت  $S$  برای ماشین با فرمول زیر محاسبه می شود. به طور خلاصه

برای هر محصول  $j$  به کار برده می شود.  $m$  تعداد محصولاتی است که کشت می شود.

$$S = \sum_{j=1}^m \left( \frac{n_j - 1}{2} \right) k_j \cdot P_j \cdot l_j \cdot n_j$$

$n_j$ : میانگین تعداد روزهایی است که عملیات در آن اجرا می شود، برای محصول  $j$

$k_j$ : مساحتی که محصول  $j$  در روز برداشت می شود، هکتار در روز شامل روزهایی که کار

نمی کنند نیز می باشد.

پارامتر به ترتیب زیر محاسبه می‌شود:

$$n_j = \frac{A_j}{B.P.C}$$

$A_j$ : کل سطح زیر کشت محصول زراعی

$B$ : تعداد ساعت های کار در روز

$P$ : احتمال روزهای قابل کار کردن

$C$ : به ظرفیت ماشین بستگی دارد

### نتایج و بحث

از 80 بهره‌بردار نمونه تنها 18 نفر مالک تراکتور (26 درصد) بوده‌اند و مابقی خدمات ماشینی را خریداری می‌نمایند.

با توجه به اینکه اکثر بهره‌برداران منطقه از ماشین‌آلات به صورت خدمات اجاره‌ای بهره‌مند می‌شوند و به علت کمبود تعداد کافی تراکتور و کمباین در منطقه اکثراً با تاخیر در دریافت و کاربرد ماشین‌آلات در هنگام کاشت و یا برداشت روبرو هستند. با استفاده از روش‌های شرح داده‌شده در قسمت تئوری تحقیق هزینه تاخیر زمانی عملیات ماشینی محصولات مختلف برآورد گردید. میانگین هزینه تاخیر در گروه‌های مختلف برای تک‌تک محصولات در زیر آمده‌است. همانطور که در جدول آمده در تمامی گروه‌ها گندم دارای هزینه تاخیر زمانی بالایی می‌باشد. محصول جو نیز به دلیل همزمانی عملیات کاشت و برداشت‌اش با محصول گندم و ارجح بودن اجرای عملیات کاشت و برداشت گندم متقبل هزینه تاخیر زمانی بالایی است. محصول چغندر به دلیل استفاده کشاورزان از امکاناتی که کارخانه در اختیارشان قرار می‌دهد، در نمونه بررسی شده دارای تاخیر زمانی نبوده‌اند. ذرت، کلزا و چغندر تنها محصولاتی هستند که در بهره‌برداری‌های نمونه دارای تاخیر کاشت نبوده‌اند. گندم بیشترین سطح زیر کشت را در منطقه به خود اختصاص داده که این امر با توجه به همزمانی مراحل کاشت و برداشت بهره‌برداران و کافی نبودن تعداد ماشین‌آلات در منطقه باعث

ایجاد هزینه تاخیر زیادی شده است. محاسبات هزینه تاخیر زمانی با استفاده از تخمین بهره‌برداران از میزان افت عملکرد در هنگام تاخیر انجام گرفته است.

جدول (1) میانگین هزینه تاخیر زمانی ماشین‌آلات (تراکتور و کمباین) در هکتار به ازای هر روز تاخیر (ریال)

>10 هکتار		5-10 هکتار		1-5 هکتار		گروه
برداشت	کاشت	برداشت	کاشت	برداشت	کاشت	محصول
373173	542485	286839	277768	143930	222937/5	گندم
			85260	185000	556250	برنج
281250	327150		61250	410040	410040	جو
663335						ذرت
				20830		چغندر
1191700						کلزا

ماخذ: داده‌های بررسی

ضریب متغیرهای  $X_1$  و  $X_3$  هزینه سالانه خرید تراکتور و خرید کمباین برای هر هکتار می‌باشد. ضریب متغیرهای  $X_2$  و  $X_4$  کل هزینه اجاره تراکتور و کمباین به اضافه کل هزینه تاخیر زمانی در هر هکتار می‌باشد. ضریب متغیرهای  $W_{ij}$  نیز هزینه هر واحد از نهاده‌های مختلف در هر هکتار می‌باشد.

جدول (2) نتایج برنامه بهینه به منظور خرید یا اجاره ماشین‌آلات به ریال (تراکتور و کمباین)

$X_4$	$X_3$	$X_2$	$X_1$	نام متغیر	
1	0	1	0	ضریب متغیر	1-5 هکتار
300000	1380000	552686	679000	هزینه فرصت	
1	0	0	1	ضریب متغیر	5-10 هکتار
449736	1380000	907160	798250	هزینه فرصت	
1	0	0	1	ضریب متغیر	>10 هکتار
720000	1380000	2646660	1000000	هزینه فرصت	

ماخذ: داده‌های بررسی

در گروه اول اجاره تراکتور و کمباین هر دو مقرون به صرفه است. در حالیکه در گروه دوم و سوم خرید تراکتور و اجاره کمباین در برنامه بهینه منظور شده است. نتایج هزینه در برنامه بهینه و برنامه فعلی در سه گروه بهره‌برداران در جدول 3 آورده شده است.

جدول (3) تفاوت هزینه برنامه بهینه و برنامه فعلی در گروه‌های مختلف بهره‌برداری (ریال)

هزینه کل	بهره‌برداران 1-5 هکتار	بهره‌برداران 5-10 هکتار	بهره‌برداران >10 هکتار
هزینه کل در برنامه فعلی	2636286	3615841	4832730
هزینه کل در برنامه بهینه	2624286	3537386	4009400

ماخذ: داده‌های بررسی

هزینه در برنامه فعلی بهره‌برداران 1-5 هکتار به میزان بهینه آن بسیار نزدیک است، اکثر بهره‌برداران این گروه در شرایط فعلی تراکتور و کمباین را اجاره می‌کنند. نتایج الگوی بهینه نیز نشان می‌دهد که خرید ماشین‌آلات در این گروه مقرون به صرفه نمی‌باشد. در الگوی بهینه نیز هر دو ماشین بایستی اجاره شوند. در گروه دوم هزینه در برنامه فعلی بهره‌برداران 5-10 هکتار بیشتر از برنامه بهینه است، در برنامه بهینه تراکتور بایستی خریداری و کمباین بهتر است که اجاره شود، این در حالی است که در این گروه تنها درصد کمی از بهره‌برداران مالک تراکتور هستند و اکثراً از خدمات ماشینی به صورت اجاره استفاده می‌نمایند. در گروه سوم بهره‌برداران بالای 10 هکتار بهترین حالت خریداری تراکتور و اجاره کمباین می‌باشد. در این گروه تفاوت میان هزینه فعلی و هزینه الگوی بهینه زیاد است، به این دلیل که اکثر بهره‌برداران از خدمات ماشینی استفاده می‌کنند و با توجه به سطح زیر کشت بالا در میان بهره‌برداران این گروه و هزینه تاخیر زمانی عملیات ماشینی بالاتر تفاوت میان هزینه‌ها افزایش یافته است. با وجود هزینه تاخیر زمانی عملیات ماشینی در گروه اول به دلیل کوچکی مزارع و بالا بودن هزینه خرید ماشین‌آلات برنامه بهینه اجاره ماشین‌آلات را مقرون به صرفه می‌یابد. اما در گروه دوم و سوم با توجه به افزایش سطح مزارع هزینه‌ها به گونه‌ای است که خرید تراکتور مقرون به صرفه است. با توجه به نتایج مطالعه پیشنهادات زیر ارائه گردید:

1. با توجه به هزینه تاخیر زمانی در ارائه خدمات توسط مالکین ماشین‌آلات و استفاده بیش از نیمی از بهره‌برداران از خدمات ماشینی اجاره‌ای، پیشنهاد می‌شود که کشاورزان با مشارکت یکدیگر در قالب شرکت‌های تعاونی مکانیزاسیون نسبت به خرید و بهره‌برداری مشترک از ماشین‌آلات اقدام نمایند.
2. با توجه به باصرفه بودن خرید تراکتور در بهره‌برداری‌های با سطح زیرکشت بالای 5 هکتار، تخصیص سرمایه به خرید ماشین‌آلات به افزایش درآمد این گروه از بهره‌برداران کمک خواهد کرد.
3. با توجه به اینکه بیشتر مالکین تراکتور و کمباین با استفاده از سوبسید دولتی اقدام به خرید ماشین‌آلات نموده و به طور ضمنی عهده‌دار استفاده صحیح از آن و ارائه خدمات به غیرمالکین شده‌اند، و با توجه به عدم رضایت استفاده‌کنندگان از خدمات اجاره‌ای، نظارت دولت بر نحوه کار مالکین ماشین‌آلات توصیه می‌شود.
4. تجربه موفق "سیستم کشت چندمزرعه‌ای" و استفاده‌ی مشترک از ماشین‌آلات که در آن ماشین‌آلات توسط چند بهره‌بردار مجاور هم خریداری و به صورت مشترک مورد استفاده قرار می‌گیرد، جهت حذف تاخیر زمانی پیشنهاد می‌گردد.
5. با توجه به اینکه یکی از مشکلات عمده کشاورزان فرسودگی ماشین‌آلات، عملکرد پائین و ضایعات بالای آن هنگام برداشت است، حمایت دولت از طریق اعطای اعتبار به منظور نوسازی ماشین‌آلات پیشنهاد می‌گردد.
6. با توجه به پیشنهادات ارائه‌شده استفاده از برنامه‌های ترویجی و آموزشی ضروری به نظر می‌رسد

## منابع:

- 1- بهرامی، ا. (1383). "مکانیزاسیون کشاورزی در ایران." کشاورز جوان. مجله اینترنتی علوم کشاورزی و منابع طبیعی: <http://www.keshavarzejavan.com> > .
- 2- سلطانی، غ؛ زیبایی، م؛ کهخا، ا؛ (1378). کاربرد برنامه ریزی ریاضی در کشاورزی. تهران: انتشارات سازمان تحقیقات. آموزش و ترویج کشاورزی.
- 3- سلطانی، غ؛ نجفی، ب؛ (1385). اقتصاد کشاورزی. ویرایش سوم. تهران: انتشارات مرکز نشر دانشگاهی.
- 4- شجری، ش. (1386). "تأثیر عدم انجام بموقع عملیات ماشینی بر عملکرد تولید چغندر قند در استان فارس." مقاله در دست چاپ در مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه.
- 5- شجری، ش. (1386). "عوامل مؤثر بر عدم انجام به موقع عملیات ماشینی در مراحل مختلف تولید چغندر قند در استان فارس." مقاله در دست چاپ در مجله اقتصاد کشاورزی.
- 6- مکانیزاسیون کشاورزی در ایران [www.govashir.com](http://www.govashir.com)
- 7- نبی‌ثیان، ص. (1369). "اثر مکانیزاسیون بر نیروی کار کشاورزی در استان فارس." پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز.

8- Gunnarsson C., P. A. Hansson, (2004). "Optimisation of field machinery for an arable farm converting to organic farming." *Agricultural systems.*, Vol 80, p 85-103.

9- Hunghe, A. H., J. B. Holtman, (1976). "Machinery complement selection based on time constraints." *Transactions of the ASAE.*, Vol 19, p 812-814.

10- Edwards, W., M. Boehlje, (1980). "Machinery selection considering timeliness losses." *Transactions of the ASAE.* Vol 23, p 810-815, 821.

11- Wetzstein, M. E., W. N. Musser, R. W. Mc clendon and D. M. Edwards. (1990). "A case study of timeliness in the selection of risk- efficient machinery components." *Southern Journal of Agricultural Economics.*, Vol 22. p 165-177.

12- Sorensen, C. G. (2003). "Workability and Machinery Sizing for combine harvesting." *Agricultural Engineering International, the CIGR Journal of Scientific Research and Development.*, Vol V.

13- De Toro, A., P.-A. Hansson, (2004). "Analysis of field machinery performance based on daily soil workability status using discrete event simulation or on average workday probability." *Agricultural Systems.*, Vol 79, p 109-129.

14- De Toro, A., P.-A. Hansson, (2004). "Machinery Cooperatives – a case study in Sweden." *Biosystems Engineering.*, Vol 87, p 13-25.

15- De Toro, A, (2004). "Assessment of field machinery performance in variable weather conditions Using discrete event simulation." Doctoral thesis. Swedish university of agricultural science Uppsala.

16- Camarena, E. A., C. Gracia, J. M. Cabera Sixto, (2004). "A Mixed Integer Linear programming Machinery Selection Model for Multifarm Systems." *Biosystems Engineering.*, Vol 87, p 145-154.