تبیین مدل ریاضی برای هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون و تعیین اندازه بهینه مزرعه در تولید غلات آبی (مطالعه موردی: شهرستان کبودراهنگ)

سعید عباسی[1*]، احمد حیدری[2]

۱- محقق مکانیزاسیون کشاورزی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

۲- محقق مکانیک ماشین‌های کشاورزی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

* ایمیل نویسنده مسئول:abbassisaeed2@gmail.com

چکیده

کاربرد و توسعه مکانیزاسیون در کشاورزی بدون بهینه‌یابی و در نظر گرفتن جوانب اقتصادی، پس از مدتی باعث عدم رونق‌بخشی و ارزش‌افزوده لازم در این بخش خواهد شد. در این راستا، یکی از پارامترهای تاثیرگذار بحث هزینه‌های جاری ماشین‌های کشاورزی به ویژه خود تراکتور می‌باشد که بخش عمده‌ای از این هزینه‌ها را به خود اختصاص داده و اندازه بهینه مزرعه منجر به حداقل شدن این هزینه‌ها می‌گردد. یکی از راهکارها، پیش‌بینی این هزینه‌ها می‌باشد که بر مبنای سطح زیرکشت محصولات قابل بررسی می‌باشد. در این مطالعه اندازه مزرعه به عنوان یک متغیر مستقل برای مدل‌سازی و پیش‌بینی هزینه‌های جاری مکانیزاسیون جهت تولید غلات آبی در شهرستان کبودراهنگ در نظر گرفته شد و پس از جمع‌آوری داده‌های لازم بر اساس تعداد نمونه برآورد شده با روش کوکران، مدل اقتصادی متعالی به عنوان مناسب‌ترین مدل برای پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون در واحد سطح زیرکشت غلات آبی انتخاب گردیدکه دارای ضریب تبیین تعدیل شده برابر ۰/۷۱۶، آزمون F معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۰۰۱ و درصد میانگین مطلق خطا برابر ۳/۳۹ بود. در نهایت، اندازه بهینه اقتصادی سطح زیرکشت غلات آبی در این شهرستان با استفاده از مدل انتخاب شده برابر ۸۴/۵ هکتار برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی: "اندازه بهینه" ، "غلات"، "مدل‌سازی"، " هزینه"، "مکانیزاسیون"

۱- مقدمه

با ورود هر چه بیشتر ماشین به عرصه کشاورزی، پس از برطرف شدن سختی کارهای کشاورزی و نیز افزایش تولید که جزء اهداف اولیه مکانیزاسیون می باشند، هدف بعدی اقتصادی شدن تولید در همه زمینه ها و در نتیجه به حداقل رسیدن هزینه های تولید می باشد. در این میان هزینه های کاربرد تراکتور و تجهیزات زراعی بخش عمده ای از این هزینه ها را به خود اختصاص می دهند که کاهش این هزینه ها در واحد سطح ویا در واحد تولید می تواند موجب افزایش قابل ملاحظه در سود نهایی گردد. در راستای کاهش هزینه های متغیر مکانیزاسیون که با روش های مختلف مدیریتی انجام می‌شود، یکی از راه ها انتخاب بهترین اندازه برای مزرعه جهت کشت یک محصول مشخص می باشد که در این سطح از مزرعه هزینه های متغیر مکانیزاسیون به حداقل مقدار خود می‌رسد. به علاوه، توانایی کشاورزان در دستیابی به بیشترین تولید با استفاده از منابع محدود، که به عنوان بازدهی فنی از آن یاد می‌شود، فاکتوری بسیار مهم در افزایش تولیدات کشاورزی و رسیدن به خودکفایی می‌باشد که می‌بایستی مدنظر قرار گیرد(کوالی، ۱۹۹۵).

روحانی(Rohani, 2002) به منظور برآورد اندازه بهینه مزرعه در تعاونی‌های تولید روستایی در استان همدان، از تخمین عملکرد هزینه تولید و نیز از روش‌های اقتصادسنجی استفاده نمود. نتایج نشان داد که اندازه بهینه مزرعه برای حداقل شدن هزینه تولید در مزارع گندم آبی برابر ۱۲/۸ هکتار و برای مزارع گندم دیم برابر ۷۴/۴ هکتار می‌باشد. سونجکینگ و همکاران(Songqing *et al.*, 2006) با استفاده از تابع هزینه درجه۲، اندازه و بازده اقتصادی مزارع کشاورزی چین را مورد مطالعه قرار دادند. حسین‌زاده و همکاران(Hoseinzade *et al.*, 2009) مطالعه‌ای به منظور برآورد اندازه بهینه مزارع برنج در استان گیلان انجام دادند. نتایج نشان داد که درآمد زارعین دارای هبستگی مثبت با اندازه مزارع می‌باشد. هم‌چنین اندازه بهینه مزرعه برای کاشت برنج برابر ۲/۱۷ هکتار برآورد گردید. لذا به کشاورزان توصیه شد تا به سمت مدیریت یکپارچه‌سازی اراضی حرکت کنند. حسن‌پور(Hassanpour *et al.*, 2013) در تحقیقی به منظور برآورد اندازه بهینه مزارع برنج در استان کهگیلویه و بویراحمد از تابع هزینه، خصوصیات فنی، پراکندگی و بازدهی اقتصادی مزارع و با استفاده از تئوری تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نمود. بر اساس نتایج به دست آمده، اندازه بهینه مزرعه برای کشت برنج در این استان برابر ۱/۷ هکتار می‌باشد و نیز تفاوت بین بهترین زارع و زارع متوسط از نظر شاخص-های تعریف شده برابر ۵۵ درصد برآورد گردید.

وفایی و همکاران(Vafaei *et al.*, 1386) در تعیین مدل ریاضی هزینه‌های تعمیر و نگهداری تراکتورهای نیوهلند مدل TM155 و Walter8400 ، دریافتند که میانگین هزینه سالانه تعمیر و نگهداری تراکتورهای نیوهلند TM155 و Walter8400 به ترتیب ۳۳۰۴ و۳۶۳۵ ریال به ازای هر ساعت کارکرد می باشد. هم چنین، میانگین هزینه های تراکتور والترا در سطح اطمینان ۵ درصد از تراکتور نیوهلند بیشتر بود.

ایرل و همکاران(Earl *et al.*, 1962) به منظور تخمین توابع هزینه‌ای برای مزارع با اندازه‌های مختلف از روش‌های بودجه-بندی استفاده نمودند. نتایج نشان داد که افزایش اندازه مزرعه از ۲۰۰ ایکر (که از تجهیزات ۲ ردیفه استفاده می‌شود) به ۴۰۰ ایکر

و استفاده از تجهیزات ۴ ردیفه، موجب کاهش هزینه‌ها به میزان ۶ سنت به ازای هر یک دلار محصول تولیدی می‌شود. هم‌چنین افزایش بیشتر اندازه مزرعه تا ۶۰۰ ایکر و استفاده از تجهیزات ۶ ردیفه باعث کاهش بیشتر هزینه یعنی ۱/۵ سنت به ازای هر یک دلار محصول تولیدی می‌گردد. بیشترین کاهش در هزینه‌ها به ازای هر واحد محصول تولیدی در مزرعه‌ای با اندازه حدود ۳۲۰ ایکر به‌دست می‌آید. در بالاتر از این مقدار، هزینه‌های ثابت مربوط به ماشین‌های جدید سریعا با افزایش اندازه مزرعه و نیز محصول تولیدی کاهش می‌یابد.

قاسمی نژاد رائینی و همکاران (Ghaseminegad *et al*.,1385)) در مطالعه ای که به منظور تعیین سطح بهینه اقتصادی برای فن آوری برداشت گندم با کمباین در شهرستان مسجد سلیمان انجام دادند به این نتیجه رسیدند که سطح توجیه کننده مالکیت برای کمباین ۴۳۳/۹ هکتار می باشد. با این سطح کار در سال هزینه های انجام عملیات در هکتار به کمترین مقدار خود می رسد.

بیگدلی و همکاران (Bigdeli *et al*., 1385) در مطالعه ای که جهت تعیین سطح توجیه‌کننده مالکیت و بهینه اقتصادی برای فن آوری برداشت گندم در شهرستان رزن انجام دادند دریافتند که سطح توجیه‌کننده مالکیت اقتصادی برای کمباین کلاس، جاندیر و دروگر به ترتیب ۲۱۵، ۲۵۵ و ۴۲/۱ هکتار در سال می باشد. به عبارت دیگر، این مقدار سطح کار در سال لازم است تا خرید یک ماشین برداشت گندم دارای صرفه اقتصادی باشد. در پایین تر از این سطح استفاده از ماشین های اجاره ای به صرفه تر بوده و هزینه کمتری دارد. هم چنین سطح بهینه اقتصادی برای فن آوری برداشت گندم نیز برای کمباین کلاس ۴۸۰ هکتار، جاندیر ۴۸۰ هکتار و دروگر ۵۰/۴ هکتار به دست آمد که با این سطح کار در سال هزینه های مربوط به ماشین ها به حداقل خود می رسد. اما در بالاتر از این سطوح شاهد تاخیر در انجام عملیات خواهیم بود که موجب خسارت کمی و کیفی به محصول می شود.

شیرالی نژاد و همکاران(Shiralinegad *et al*. 1389) به منظور بررسی سطح کشت بهینه جهت مالکیت تراکتور و ماشین های کشاورزی در خوزستان، مطالعه‌ای در مورد شش محصول زراعی متداول در دو کشت پاییزه و بهاره و نیز تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵ و ۳۹۹ به عنوان تراکتورهای در دسترس انجام دادند. نتایج نشان داد که تراکتورهای ۲۸۵ و۳۹۹ به ترتیب قادرند حداکثر سطح ۲۹ و ۳۶ هکتار را تحت عملیات قرار دهند که حداکثر عایدی در این سطوح در مجموع دو کشت پاییزه و بهاره به‌دست می‌آید.هم‌چنین، نتایج نشان داد که از نظر اقتصادی استفاده از تراکتور ۲۸۵ تا سطح ۲۰ هکتار مناسب‌تر از ۳۹۹ بوده و کاربرد ۳۹۹ در انجام عملیات مختلف زراعی در سطوح کشت بالاتر از ۲۰ هکتار از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر است. از طرفی، سطح توجیه کننده مالکیت تراکتور و ماشین‌های کشاورزی با استفاده از ۲۸۵ و ۳۹۹ به ترتیب ۱۴/۳ و ۲۰ هکتار برآورد گردید.

مطالعه حاضر به بررسی و ارائه روشی جدید در مدل‌سازی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون بر اساس سطح زیرکشت پرداخته که از رهیافت آن تعیین اندازه بهینه مزرعه در اقتصادی شدن تولید محصول هدف می‌باشد. در این رابطه، سعی بر آن شده است که ضمن بررسی اکثر مدل‌های رایج در مباحث اقتصادی و کشاورزی، از مدلی که حداقل به ندرت در مباحث مکانیزاسیون رایج بوده

است، استفاده گردد و به این ترتیب روشی جدید در عرصه تحلیل و ارزیابی مباحث مربوط به توسعه مکانیزاسیون در کشاورزی ارائه گردد.

۲- مواد و روش‌ها

در این بخش، اطلاعات مربوط به مشخصات منطقه مورد مطالعه از نظر مشخصات عمومی ، وضعیت زراعی و پتانسیل منابع توان در توسعه مکانیزاسیون به همراه جزئیات مربوط به روش انتخاب شده برای مطالعه آورده شده است.

۲-۱ شرایط اکولوژیکی منطقه اجرای پروژه

شهرستان کبودراهنگ که به عنوان پایلوت این تحقیق در نظر گرفته شده است، به مرکزیت کبودراهنگ در محدوده مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۴ دقیقه طول شرقی در شمال استان همدان واقع شده است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ متر بسته به محل تغییر می‌کند. میزان بارندگی بلندمدت این شهرستان از شهریور تا مهر ماه برابر ۳۰۷/۴ میلیمتر برآورد شده است که از مقدار مربوط به متوسط استان که برابر ۳۴۷/۱ میلیمتر می‌باشد پایین‌تر است.

۲-۲ وضعیت زراعی منطقه اجرای پروژه

وضعیت کلی کشاورزی شهرستان کبودراهنگ که به عنوان پایلوت این مطالعه در نظر گرفته شده است به شرح جداول (۱) تا (۳) می‌باشد:

جدول ۱: اطلاعات کلی کشاورزی شهرستان کبودراهنگ

مساحت اراضی کشاورزی(هکتار)	تعداد بهره‌برداران(نفر)	سطح زیرکشت سالانه(هکتار)	
		۱۳۰۰۲۴	
		آبی	دیم
۲۱۱۷۰۹	۱۵۸۸۹	۳۰۲۲۲	۹۹۸۰۲

منبع: کتابچه گزیده آمار پایه‌ای سال ۱۳۹۰. سازمان جهاد کشاورزی استان همدان

جدول ۲: اطلاعات مربوط به محصولات رایج در منطقه مورد مطالعه

محصول	غلات	یونجه	سیب‌زمینی	ذرت علوفه‌ای	جمع
سطح زیرکشت(هکتار)	۱۱۷۱۴۷	۶۶۷۴	۳۰۰۶	۱۷۸۵	۱۲۸۶۱۲

منبع: کتابچه گزیده آمار پایه‌ای سال ۱۳۹۰. سازمان جهاد کشاورزی استان همدان

جدول ۳: اطلاعات مربوط به محصول غلات در منطقه مورد مطالعه

غلات	آبی	دیم

	گندم	جو	گندم	جو
سطح زیرکشت(هکتار)	۸۴۲۹	۸۹۸۶	۹۴۱۸۶	۵۵۴۶
جمع	۱۷۴۱۵		۹۹۷۳۲	

منبع: کتابچه گزیده آمار پایه‌ای سال ۱۳۹۰. سازمان جهاد کشاورزی استان همدان

بر اساس اطلاعات مربوط به جداول(۱) تا (۳)، سطح زیر کشت غلات آبی در شهرستان کبودراهنگ که به عنوان محصول هدف انتخاب شده است برابر ۱۷۴۱۵ هکتار می‌باشد.

۲-۳ پتانسیل مکانیزاسیون از نظر منابع توان در منطقه اجرای پروژه

پتانسیل مکانیزاسیون شهرستان کبودراهنگ از نظر منابع توان به شرح جدول (۴) می‌باشد:

جدول ٤: اطلاعات مربوط به تراکتورهای فعال در منطقه مورد مطالعه

محدوده توان(اسب بخار)	نوع تراکتور رومانی	مسی فرگوسن	جاندیر	گلدونی	نیوهلند	سایر
پایین‌تر از ۴۵	–	–	–	–	–	۱۴۸
۴۵-۶۰	–	–	–	–	–	۲۲
۶۰-۹۰	۲۶۱۵	۱۵۱۲	۱۷	–	–	۱۱۸
۹۰-۱۲۵	–	۲۱۰	۸۵	–	–	۷
۱۲۵-۱۶۰	–	۶	–	–	۹	۱
۱۶۰-۲۵۰	–	–	–	–	–	–
بیشتر از ۲۵۰	–	–	–	–	–	–
جمع	۲۶۱۵	۱۷۲۸	۱۰۲	–	۹	۲۹۶

منبع: آمار رسمی تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی فعال در شهرستان کبودراهنگ در سال ۱۳۹۱. اداره مکانیزاسیون. سازمان جهاد کشاورزی استان همدان.

۲-٤ روش مطالعه

به منظور محاسبه اندازه بهینه اقتصادی مزرعه در تولید غلات دیم از برآورد تابع هزینه متوسط بلند مدت و ارتباط آن با هزینه متوسط کوتاه مدت استفاده می شود. در برآورد هزینه متوسط بلند مدت لازم است از داده های مقطع زمانی به جای داده های سری زمانی و یا داده های ترکیب شده استفاده نمود. زیرا هدف از تخمین هزینه متوسط بلند مدت یافتن اندازه های مختلف می باشد که در یک مقطع از زمان قابل دسترس است. یعنی هزینه متوسط بلند مدت باید با فرض ثابت بودن تکنولوژی و قیمت عوامل تولید تخمین زده شود. برای این منظور لازم است فرم صریح تابع هزینه ارائه شود(سلطانی و همکاران. ۱۳۸۶).

هزینه‌های تراکتور شامل دو بخش می‌باشد:

۱- هزینه‌های جاری و ۲- هزینه‌های ثابت

هزینه‌های جاری که در این مطالعه تحت عنوان هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون از آن یاد می‌شود شامل: ۱- هزینه سوخت مصرفی(گازوئیل)- بر حسب لیتر در هکتار، ۲- هزینه تعمیر و نگهداری موتور- بر حسب ریال در هکتار، ۳- هزینه روغن و فیلتر-

بر حسب ریال در هکتار، ۴- هزینه خرید قطعات غیر از موتور- بر حسب ریال در هکتار و ۵- هزینه دستمزد راننده بر حسب ریال در هکتار.

هزینه‌های ثابت شامل: ۱- هزینه بهره سرمایه، ۲- هزینه استهلاک، ۳- هزینه سایبان ، ۴- هزینه بیمه (در صورت وجود) و ۵- هزینه مالیات (در صورت وجود).

جهت جمع‌آوری اطلاعات یاد شده از پرسشنامه‌های مخصوصی در این زمینه استفاده گردید.

نکته‌ای که لازم است در اینجا به آن اشاره شود این است که در تکمیل پرسشنامه‌ها به منظور برآورد هزینه‌های یاد شده، کل هزینه‌ها ی صرف شده برای عملیات مختلف در تولید محصولات رایج شهرستان از زارعین نمونه و شرکت‌های تعاونی تولید دریافت گردید و سپس بر اساس نسبت سطوح زیر کشت غلات آبی نسبت به محصولات رایج دیگر میزان تقریبی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون مربوط به محصول هدف برآورد شد.

۲-٤-۱ روش نمونه‌گیری

قبل از برآورد تعداد نمونه مورد نیاز جهت مطالعه، به تعداد ۱۵ بهره‌بردار مورد مطالعه قرار گرفت که میزان انحراف معیار مربوط به سطح زیرکشت غلات آبی برابر ۱۸/۰۶۳ هکتار برآورد گردید. انتخاب زارعین نمونه شهرستان با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی سیستماتیک(منظم) انجام شد و نیز به منظور به‌دست آوردن تعداد نمونه از جامعه یاد شده در منطقه مورد مطالعه از فرمول کوکران به شرح ذیل استفاده گردید (کوکران، ۱۹۶۳):

$$n = \frac{NZ^{۲} pq}{Nd^{۲} + Z^{۲} pq} \qquad (۱)$$

در این رابطه:

n= تعداد نمونه که در این مطالعه برابر ۵۱ بهره‌بردار برآورد گردید، N= تعداد جامعه آماری که برابر ۱۵۱۲ بهره‌بردار می‌باشد، z= مقدار متغیر نرمال واحد استاندارد، P= مقدار نسبت بهره‌برداران هدف در جامعه است که به دلیل در اختیار نبودن مقدار دقیق آن برابر ۰/۵ درنظر گرفته شد، q= درصد بهره‌برداران غیر هدف در شهرستان مورد مطالعه ($q = 1-p$) و d= مقدار اشتباه مجاز که در این مطالعه بر اساس محدودیت در نمونه‌گیری برابر ۰/۱۳۵ در نظر گرفته شد.

پس از انتخاب بهره‌برداران نمونه، پرسشنامه‌های تهیه شده در بین کشاورزان به صورت کاملا تصادفی تکمیل شده و داده‌های خام مورد نیاز به دست آمد. هم‌چنین تعدادی از داده‌های به‌دست آمده در مطالعه میدانی، به دلیل پرت بودن از جریان مطالعه حذف شدند.

۲-٤-۲ اعتبارسنجی مدل برازش شده

به‌منظور اندازه‌گیری قدرت پیش‌بینی مدل (اعتبارسنجی) از آزمون درصد میانگین مطلق خطا (*MAPE*) به‌صورت رابطه (۲) استفاده شد:

$$MAPE = \left[\frac{\sum \frac{|Y_{pred.} - Y_{obs.}|}{Y_{pred.}}}{n} \right] \times ۱۰۰ \qquad (۲)$$

در این رابطه:

$Y_{pred.}$: مقدار پیش بینی شده با استفاده از مدل (لیتر در هکتار)، $Y_{obs.}$: مقدار مشاهده شده (لیتر در هکتار) و n: تعداد نمونه مورد مطالعه.

۲-٤-۳ تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی

داده‌های خام که شامل اطلاعاتی در مورد هزینه‌های متغیر سالیانه تراکتور (شامل: دستمزد راننده تراکتور، هزینه سوخت مصرفی، هزینه روغن، هزینه تعمیر تراکتور و تجهیزات دنباله‌بند و هزینه خرید قطعات یدکی مربوطه)، سطوح زیرکشت سالیانه محصولات رایج در شهرستان (شامل: غلات آبی، غلات دیم، یونجه و سیب‌زمینی) و دیگر اطلاعات مرتبط بود، جمع‌آوری گردید و به منظور برازش مدل‌های پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون در مورد محصول هدف، از نظر نرمال بودن مورد آزمون قرار گرفتند. به طوری که ارزیابی نرمالیته داده‌ها با استفاده از آزمون‌های اسکیونس[۱] – کورتوسیس[۲] و شاپیرو– ویلک[۳] انجام گردید. هم‌چنین، لازم به یادآوری است که تعدادی از داده‌های جمع آوری شده به دلیل پرت بودن نسبت به سایر داده‌ها، حذف گردیده و عملیات برازش رگرسیونی بر روی باقیمانده داده‌ها انجام گردید.

با استفاده از داده‌های به دست آمده تابع هزینه متغیر سالیانه مکانیزاسیون با استفاده از رگرسیون غیرخطی به فرم های مختلف شامل: ۱– مدل درجه اول(خطی)[۴] ، ۲– مدل چند جمله‌ای درجه دو[۵]، ۳– مدل چند جمله‌ای درجه سه[۶]، برازش گردید. هم-چنین با توجه به ماهیت هزینه‌ای متغیرهای مورد نظر در مدل‌های مربوط به این مطالعه از دو مدل معروف در تحلیل مباحث اقتصادی شامل مدل کاب داگلاس[۷] و مدل متعالی (ترانسندنتال)[۸] نیز به منظور تصریح مدل هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون بر حسب سطح زیر کشت غلات آبی در منطقه مورد مطالعه استفاده گردید. لذا، در مجموع از پنج مدل برای پیش‌بینی هزینه‌های یاد

---

[1] - Skewness
[2] - Kortosis
[3] - Shapiro- Wilk
[4] - Linear model
[5] - Quadratic model
[6] - Cubic model
[7] -Cab daglas model
[8] -Transcendental model

شده استفاده شد و بهترین این مدل‌ها که با مبانی تئوریکی و اقتصادسنجی انطباق بیشتری داشت انتخاب گردید. لازم به توضیح است که در ارزیابی و انتخاب مناسب‌ترین مدل ریاضی به منظور پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون بر اساس سطح زیر کشت سالیانه غلات آبی از شاخص‌ها و پارامترهای مختلف شامل: ضریب تبیین، ضریب تبیین اصلاح شده، آزمون F و درصد میانگین مطلق خطا استفاده گردید.

پس از انتخاب مناسب‌ترین مدل ریاضی به منظور پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون، در مرحله بعد به منظور برآورد اندازه بهینه مزرعه غلات آبی به منظور حداقل شدن هزینه‌های یاد شده از روش مشتق‌گیری تابع مربوطه استفاده گردید.

لازم به توضیح است که کلیه عملیات آماری، مدل‌سازی و سایر محاسبات در مورد داده‌های این مطالعه با استفاده از نرم-افزار های *SPSS16* ، *MATLAB12* و*Office2007* انجام گردید.

۳- نتایج و بحث

نتایج به دست آمده در مورد مدل‌سازی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون در این بخش مورد بحث، بررسی و ارزیابی قرار می-گیرد تا اینکه بهترین مدل بر اساس معیارها وشاخص‌های آماری و اقتصادسنجی انتخاب شده و با توجه به آن، ضمن دستیابی به توانایی پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون در واحد سطح برای تولید غلات آبی، امکان یافتن اندازه بهینه سطح زیرکشت این محصول در جهت حداقل نمودن این هزینه‌ها نیز فراهم گردد.

۳-۱خلاصه وضعیت پیش‌بینی مدل‌ها

جدول (۷) خلاصه وضعیت پیش‌بینی مدل‌های انتخاب شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، به منظور پیش-بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون در واحد سطح برای تولید غلات آبی در شهرستان کبودراهنگ از پنج مدل خطی، درجه دو، درجه سه به همراه دو مدل معروف در مباحث اقتصادی یعنی کاب داگلاس و متعالی استفاده شده است.

جدول۵: خلاصه وضعیت پیش‌بینی مدل‌ها

نوع مدل	شکل ریاضی مدل	ضریب تبیین تعدیل شده
خطی	$VC = \beta_0 + \beta_1 A$	۰/۴۲۰
درجه دو	$VC = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 A^2$	۰/۴۰۴
درجه سه	$VC = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 A^2 + \beta_3 A^3$	۰/۵۸۶
کاب داگلاس	$LnVC = \beta_0 + \beta_1 LnA$	۰/۷۲۴
متعالی	$LnVC = \beta_0 + \beta_1 LnA + \beta_2 A$	۰/۷۱۶

VC: هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون (ریال در هکتار)
A: سطح زیرکشت غلات آبی در منطقه مورد مطالعه (بر حسب هکتار)

با توجه به نتایج جدول (۵)، ضریب تبیین تعدیل شده برای مدل‌های کاب داگلاس و متعالی به ترتیب برابر ۰/۷۲۴ و ۰/۷۱۶ بالاترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند و نشان می‌دهد که تقریبا ۷۲ درصد از مقادیر مربوط به هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون در

واحد سطح غلات آبی توسط متغیر سطح زیرکشت تبیین می‌گردد. پس از این دو مدل که دارای بیشترین مقدار ضریب تبیین تعدیل شده می‌باشند، مدل درجه سه با ضریب تبیین اصلاح شده برابر ۰/۵۸۶ در رتبه سوم از نظر این پارامتر قرار دارد. سایر مدل-های ارائه شده نسبت به این سه مدل (و البته با مقادیر متفاوت) دارای ضرایب تبیین پایین‌تری بوده و قدرت تبیین هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون توسط این مدل‌ها به خصوص نسبت به دو مدل کاب داگلاس و متعالی ضعیف‌تر می‌باشد.

۳-۲ سنجش توانایی پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون با استفاده از مدل‌های مختلف

یکی از آزمون‌های معروف آماری در مورد سنجش معنی‌دار بودن پیش‌بینی متغیر تابع توسط متغیر یا متغیرهای مستقل، آزمون F می‌باشد که هم معنی‌داری همزمان ضرایب رگرسیونی را نشان می‌دهد و هم اینکه برتری مدل برازش شده را نسبت به روش استفاده از میانگین برای پیش‌بینی مورد نظر بازگو می‌کند. در مطالعه حاضر نتایج این آزمون به شرح جدول (۶) ارائه شده است.

جدول ٦: تجزیه واریانس و اعتبارسنجی مدل‌های پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون

نوع مدل	آزمون F	درصد میانگین مطلق خطا (*MAPE*)
خطی	۱۶/۲۲۶***	۲۱۵/۵
درجه دو	۸/۱۱۶**	۱۷۳/۰۷
درجه سه	۱۰/۸۹۲***	۲۶۵/۴۰
کاب داگلاس	۵۶/۱۱۲***	۳/۳۶
متعالی	۲۷/۴۷۴***	۳/۳۹

نتاج حاصل از جدول (۶) نشان می‌دهد که کلیه مدل‌های برازش شده دارای توانایی پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون در واحد سطح تولید غلات آبی را داشته و مدل‌سازی این هزینه می‌تواند نتایج قابل قبولی به همراه داشته باشد. بنابراین، ضرایب رگرسیونی کلیه مدل‌ها به طور همزمان معنی‌دار می‌باشند. به عبارت دیگر، پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون در واحد سطح زیرکشت غلات آبی با استفاده از مدل‌های برازش شده بهتر از استفاده از روش میانگین‌گیری بوده و خطای تخمین آن پایین‌تر خواهد بود. به طوریکه، مدل‌های درجه سه، کاب داگلاس و ترانس‌سندنتال دارای مقدار پارامتر F معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۰۱ بوده و سایر مدل‌ها در سطوح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشند. لذا، با توجه به این پارامتر نیز برتری دو مدل کاب داگلاس و ترانس‌سندنتال نسبت به سایر مدل‌ها مشخص است.

۳-۳ اعتبارسنجی مدل‌ها

یکی از معیارهای ارزیابی اعتبار مدل‌های پیش‌بینی کننده عبارت است از درصد میانگین مطلق خطا (*MAPE*) که هرچقدر مقدار این شاخص برای مدلی کمتر باشد، مدل مربوطه دارای اعتبار بیشتری از نظر پیش‌بینی بوده و میزان خطا حداقل خواهد بود. نتایج این آزمون در مطالعه حاضر به شرح جدول (۶) می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده در جدول (۶)، مقدار این شاخص برای کلیه مدل‌های برازش شده به استثنای مدل‌های کاب داگلاس و متعالی بالا می‌باشد. به طوری که دو مدل کاب داگلاس و متعالی

با اختلاف جزئی نسبت به همدیگر دارای مقدار درصد میانگین مطلق خطا به ترتیب برابر ٪۳/۳۶ و ٪۳/۳۹ می‌باشند. لذا، این شاخص نیز برتری این دو مدل را نسبت به سایر مدل‌های برازش شده از نظر توانایی پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون در واحد سطح زیرکشت غلات آبی نشان می‌دهد.

۳-۵ وضعیت ضرایب رگرسیونی مدل‌ها

جدول ۷ وضعیت معنی‌دار بودن ضرایب را در مدل‌های برازش شده نشان می‌دهد.

جدول ۷: وضعیت ضرایب رگرسیونی مدل‌های پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون

نوع مدل	متغیر مستقل	ضریب	ضریب استاندارد بتا	*p –value*
خطی	ثابت	۳۲۶۰۴۲۷/۴۳	–	۰/۲۷۴
	A	۴۳۷۷۴۲/۲۶	۰/۶۶۹	۰/۰۰۱
درج دو	ثابت	۹۴۸۳۵۶/۳۴	–	۰/۸۳۶
	A	۷۵۰۷۴۳/۸۲	۱/۱۴۸	۰/۱۳۳
	A^2	−۵۵۴۹/۱۴	−۰/۴۹۲	۰/۵۱۰
درجه سه	ثابت	۱/۵۲۴×۱۰^{۷}	–	۰/۰۲۱
	A	−۲/۱۴۹×۱۰^{۶}	−۳/۲۸۶	۰/۰۵۱
	A^2	۱۱۵۷۳۳/۷۶۱	۱۰/۲۵۶	۰/۰۱۰
	A^3	−۱۳۳۹/۱۰۱	−۶/۵۲۸	۰/۰۰۷
کاب داگلاس	ثابت	۱۸/۲۳۰	–	۰/۰۰۰
	lnA	−۱/۱۸۶	−۰/۸۵۹	۰/۰۰۰
متعالی	ثابت	۱۸/۷۳۵	–	۰/۰۰۰
	lnA	−۱/۵۲۱	−۱/۱۰۱	۰/۰۱۰
	A	۰/۰۱۸	۰/۲۵۵	۰/۵۱۹

با توجه به نتایج جدول (۷)، به استثنای مدل درجه ۲ که در آن هیچکدام از ضرایب معنی‌دار نمی‌باشند، در سایر مدل‌های ارائه شده به جز در برخی موارد خاص، تقریبا کلیه ضرایب معنی‌دار بوده و از نظر این آزمون مشکل خاصی ندارند. نکته قابل توجه در این جدول در مورد مدل متعالی می‌باشد که قدرمطلق ضریب استاندارد شده‌ی بتا در مورد ضریب متغیر lnA بیشتر از ضریب مربوطه در مورد متغیر A می‌باشد که نشان‌دهنده تاثیر گذاری بیشتر شکل لگاریتمی متغیر سطح زیرکشت نسبت به حالت ساده آن در پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون در واحد سطح می‌باشد.

۳-۶ انتخاب مناسب‌ترین مدل برای پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون در واحد سطح

در انتخاب مناسب‌ترین مدل ریاضی برای پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون در واحد سطح زیرکشت غلات آبی، همان‌طور که بحث شد، بر اساس شاخص‌های آماری و اقتصادسنجی (ضریب تبیین، آزمون F و آزمون اعتبار سنجی مدلها یا همان $MAPE$ مشخص شد که از بین یازده مدل ارائه شده دو مدل کاب داگلاس و متعالی بیشترین مقبولیت را دارا می‌باشند. حال از بین این دو مدل نیز مدل متعالی به چند دلیل بر مدل کاب داگلاس ارجحیت دارد. دلیل اول و اصلی اینکه تابع متعالی شکل تکامل

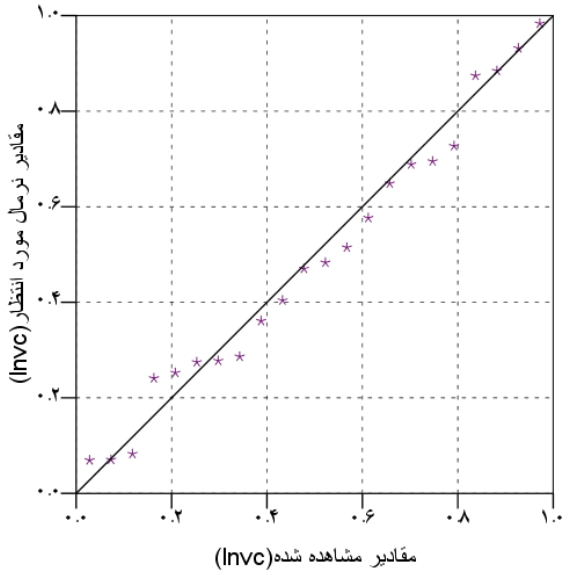
یافته تابع کاب داگلاس بوده و علاوه بر اینکه کلیه ویژگی‌های تابع کاب داگلاس را دارا می‌باشد، در واقع تابع کاب داگلاس را جزئی از تابع متعالی به حساب می‌آورند. دلیل دوم اینکه اعتبار این مدل با توجه به شاخص $MAPE$ هر چند به صورت جزئی) بیشتر از مدل کاب داگلاس می‌باشد. دلیل سوم اینکه مدل انتخاب شده بایستی دارای ویژگی‌هایی نظیر پیوستگی، متناهی بودن، تقعر، یکنواختی، دوبار مشتق‌پذیر بودن، غیر منفی بودن، ضرورت (با موجود بودن مقادیر بزرگتر از صفر کلیه متغیرهای مستقل، دستیابی به مقدار متغیر تابع را نشان دهد.)، خوبی برازش، سادگی محاسباتی و پیش‌بینی باشد. لذا، با استناد به این دلایل و با توجه به شرایط تقریبا یکسان این مدل با مدل کاب داگلاس از نظر سایر معیارهای اقتصادسنجی، مدل متعالی به منظور پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون در واحد سطح زیرکشت غلات آبی به عنوان مناسب‌ترین مدل انتخاب گردید. لذا، شکل ریاضی مدل متعالی به منظور پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون در واحد سطح غلات آبی در منطقه مورد مطالعه به صورت رابطه (۳) می-باشد.

$$\ln(vc) = ۱۸.۳۵ - ۱.۵۲۱ \ln A + ۰.۰۱۸A \qquad (۳)$$

در این رابطه:

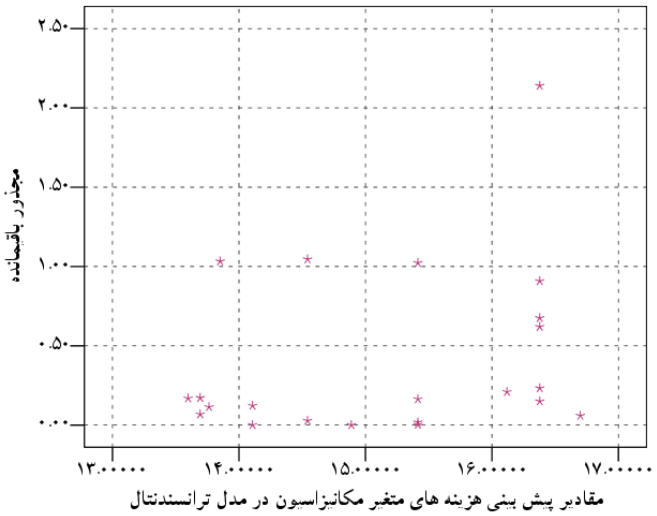
vc: هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون برای تولید غلات آبی (ریال در هکتار)، و A: سطح زیرکشت غلات آبی (هکتار)

در مدل ارائه شده، داده‌ها از نظر نرمال بودن مشکلی نداشته و نحوه پراکندگی داده‌ها در شکل (۱) موید این امر می‌باشد.



شکل ۱: آزمون تصویری نرمال بودن داده‌ها در مدل متعالی

هم‌چنین در مدل انتخاب شده (متعالی) مشکل ناهمسانی واریانس نیز وجود ندارد و شکل توزیع مجذور باقیمانده‌ها نسبت به مقادیر پیش‌بینی شده هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون با استفاده از مدل متعالی که در شکل (۲) نشان داده شده است به صورت خیلی نامنظم بوده و از روند خاصی تبعیت نمی‌کند.



شکل ۲: نحوه پراکندگی مقادیر باقیمانده‌ها نسبت به مقادیر پیش بینی هزینه های متغیر مکانیزاسیون در مدل متعالی

۳-۷ تعیین اندازه بهینه مزرعه بر اساس هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون در تولید غلات آبی شهرستان کبودراهنگ

اندازه بهینه مزرعه که بر مبنای حداقل شدن هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون برآورد می‌گردد، با استفاده از روش مشتق‌گیری از مدل پیش‌بینی هزینه مربوطه بر حسب سطح زیرکشت محصول غلات آبی قابل محاسبه است. لذا، مشتق تابع مربوطه در رابطه دو به صورت رابطه (۴) می‌باشد.

$$\frac{d(vc)}{dA} = \frac{۱۵۲۱}{۱۰۰۰A} - \frac{۹}{۵۰۰} \qquad (۴)$$

به این ترتیب و با استفاده از رابطه سه، اندازه بهینه اقتصادی سطح زیرکشت غلات آبی برابر ۸۴/۵ هکتار برآورد می‌گردد. به عبارت دیگر، در صورتیکه سطح زیرکشت غلات آبی در شهرستان کبودراهنگ در محدوده مقدار برآورد شده باشد، هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون با کاربرد تجهیزات زراعی رایج در منطقه به حداقل خواهد رسید. در مطالعه‌ای که توسط روحانی (۲۰۰۲) به منظور برآورد اندازه بهینه مزرعه در تعاونی‌های تولید روستایی در استان همدان انجام شد، اندازه بهینه مزرعه برای حداقل شدن هزینه تولید در مزارع گندم آبی برابر ۱۲/۸ هکتار و برای مزارع گندم دیم برابر ۷۴/۴ هکتار برآورد شد.

یکی از دلایل اصلی نزدیک شدن اندازه بهینه مزرعه برای تولید غلات آبی به مقدار مورد نظر در مورد غلات دیم این است که در منطقه مورد مطالعه به خصوص در سال‌های اخیر، به دلایلی نظیر کاهش منابع آب زیرزمینی و نیز توسعه سطوح زیرکشت، سیستم آبیاری بارانی رواج بیشتری پیدا کرده و در این میان برخی از عملیات خاکورزی ثانویه که در سیستم آبیاری سنتی وجود داشت عملا حذف شده است. لذا، نیاز به عملیات مکانیزه در سیستم کشت آبی تا حدود زیادی مشابه روش کشت دیم بوده و هزینه‌های کاربرد ماشین‌های کشاورزی تقریبا نزدیک به مقدار مورد نظر در روش کشت دیم شده است.

٤- نتیجه‌گیری نهایی

اهم نتایج به دست آمده و پیشنهادهای مورد نظر در این مطالعه به شرح زیر می‌باشد:

۱- استفاده از مدل‌های کاب داگلاس و متعالی (که در مطالعات اقتصادی و به منظور پیش‌بینی تغییرات تولید بر اساس اعمال تغییرات در نهاده‌ها به کار می‌روند) برای مدل‌سازی و پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون بر حسب سطح زیرکشت، نتایج خوب ومعنی‌داری ارائه می‌دهد، ۲- مدل متعالی به عنوان مناسب‌ترین مدل ریاضی برای پیش‌بینی هزینه‌های متغیر مکانیزاسیون برای تولید غلات آبی در شهرستان کبودراهنگ بر حسب متغیر مستقل سطح زیرکشت انتخاب گردید، ۳- پیشنهاد می‌گردد مدل‌سازی ریاضی به منظور پیش‌بینی هزینه‌های مکانیزاسیون برای سایر محصولات رایج در استان همدان نیز انجام شده و اندازه بهینه سطوح زیرکشت برای این محصولات برآورد گردد و ۴- پیشنهاد می‌گردد در مدل‌سازی به منظور پیش‌بینی هزینه‌های مکانیزاسیون برای محصولات مختلف، علاوه بر متغیر اندازه سطح زیرکشت، سایر نهاده‌ها نیز به صورت یکجا در نظر گرفته شوند.

سپاسگذاری

لازم می‌دانیم تشکر و قدردانی خود را از همکاری موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و نیز مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان در انجام این مطالعه ابراز کنیم.

منابع

بیگدلی، علی و محمد حسین رزاقی . ۱۳۸۵. تعیین سطح حداقل و بهینه اقتصادی برای فن آوری برداشت گندم در شهرستان رزن. خلاصه مقالات چهارمین کنگره مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه تبریز. هفتم و هشتم شهریور ۱۳۸۵.

بی‌نام.۱۳۹۰. کتابچه گزیده آمار پایه‌ای. معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی. سازمان جهاد کشاورزی استان همدان.

بی‌نام.۱۳۹۱. آمار تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی در شهرستان کبودراهنگ.اداره مکانیزاسیون. سازمان جهادکشاورزی استان همدان.

شیرالی نژاد، محمد و رضا مقدسی. ۱۳۸۹. بررسی سطح بهینه مزرعه در توجیه اقتصادی مالکیت ماشین‌های کشاورزی (مطالعه موردی شهرستان شوشتر). ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج). ۲۴ و ۲۵ شهریور ۱۳۸۹.

قاسمی نژاد رائینی و همکاران.۱۳۸۵. تعیین سطح بهینه اقتصادی برای فن آوری برداشت گندم با کمباین در شهرستان مسجد سلیمان.

وفایی، محمدرضا و همکاران.۱۳۸۶. تعیین مدل ریاضی هزینه های تعمیر و نگهداری تراکتورهای نیوهلند مدلTM۱۵۵ و والترا ۸۴۰۰ در استان‌های مرکزی و فارس.یافته‌های نوین کشاورزی.سال دوم.شماره۲. زمستان ۱۳۸۶.

Cochran, W. G. (1963), Sampling Techniques, 2nd Ed., New York: John Wiley and Sons, Inc.

TJ. 1995. Recent developments in frontier modeling and efficiency measurement. Australian Agricultural Economics, 39: 219-245.

Earl O. Heady and Ronald D. Krenz.1962. Department of Economics and sociology center for agricultural and economic adjustment cooperating. Research bulletin 504-May 1962-AMES, Iowa.

Hassanpour B. 2013. Determining the Optimal Size and Economic Efficiency of Paddy Farms in KB Province, Iran. International journal of agriculture and crop sciences. IJACS. Vol.5-19. 2318-2321.

Hosseinzadeh J, Aref Eshghi T, Dashti GH. 2009. Determination of the optimal size of Guilan rice fields, Agricultural Economics and Development, 23, 2: 117-127.

Rohani S. 2002. Calculation the optimal size of farm land in rural production cooperatives in Hamedan province. The Journal of Agricultural Science, 12, 2: 97-107.

Songqing J, Rozelle S, Alston J, Huang J. 2006. Economies of scale and scope, and the economic efficiency of China’s Agricultural Review, 46, 3: 1033–1057.