

مطالعه‌ی هزینه‌ی تأخیر در انجام عملیات خاک‌ورزی اولیه‌ی گندم آبی استان فارس با روش

پویایی سیستم

غلامرضا رابط^{۱*} - هوشنگ بهرامی^۲ - محمدجواد شیخ داوودی^۳

تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۴

تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۶

چکیده

در استان فارس، به موقع انجام نشدن عملیات خاک‌ورزی گندم آبی، موجب کاهش عملکرد و ایجاد هزینه‌ی پنهان می‌گردد. با استفاده از روش پویایی‌های سیستم^۴ مکانیزاسیون عملیات خاک‌ورزی اولیه‌ی گندم آبی فارس شبیه‌سازی شد. بخشی از ساختار مدل، مربوط به هزینه‌ی به موقع انجام نشدن عملیات بود. برای شبیه‌سازی مذکور، روابط علت و معلولی اجزاء سیستم معلوم گردید و مدل بر اساس مرحله‌ی زمانی ۰/۱۲۵ سال اجرا شد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که در حد فاصل سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۳ هزینه‌ی به موقع انجام نشدن عملیات، ثابت و در حدود یک میلیون ریال در هکتار بوده است. از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۶ به دلیل پراکنش بارش‌های جوی در استان و عدم امکان عملیات خاک‌ورزی، هزینه‌ی مذکور، افزایش پیدا کرده به طوری که در سال ۱۳۸۶ به ۱۲۱۱۷۲۹ ریال در هکتار رسیده است. در بین سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۹ به دلیل استفاده از گاوآهن‌های برگرداندار مستهلک، هزینه‌ی مذکور، افزایش یافته است. مدل حاصل پیش‌بینی نمود که میزان هزینه در سال ۱۳۹۷، به حداکثر مقدار خود، یعنی ۲۰۹۰۷۲۹ ریال در هکتار می‌رسد. به علاوه معلوم گردید چنانچه بتوان سرعت شخم را در دامنه‌ای مجاز به میزان ۳۰٪ و ساعات کار روزانه را به مقدار ۴ ساعت در روز افزایش داد، در هر مورد کاهش تقریباً یکسان در هزینه‌ی به موقع انجام نشدن عملیات خاک‌ورزی اولیه‌ی گندم آبی فارس، به وجود می‌آید.

واژه‌های کلیدی: پویایی سیستم، خاک‌ورزی اولیه، گندم، هزینه‌ی تأخیر

مقدمه

کیفیت محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Witney, 1995). به طور کل، هزینه‌ی تأخیر در انجام عملیات در مناطقی با فصل رویش کوتاه یا بارش‌های جوی زیاد، بالاتر است (Lund, 1996). هزینه‌های به موقع انجام نشدن عملیات، بیشتر در مناطقی رخ می‌دهند که در زمان کاشت و برداشت محصول، دوره‌ی زمان کوتاهی برای انجام عملیات، موجود باشد (De Toro, 2004). سازماندهی بهینه در انجام کار و استفاده از ماشین‌های کشاورزی، در کاهش هزینه‌های تأخیر در انجام عملیات، مهم هستند (Soerensen, 2003). یکی از راه‌های کاهش هزینه‌های مذکور، کاشت واریته‌های مختلف با تاریخ‌های متفاوت در رسیدن، می‌باشد (Nillson, 1987). در استان فارس به دلیل تنوع اقلیمی و متفاوت بودن زمان بارش‌های جوی در شهرستان‌های مختلف، زمان انجام عملیات خاک‌ورزی اولیه‌ی گندم آبی در مناطق مختلف استان متفاوت است. عدم انجام به موقع عملیات خاک‌ورزی اولیه، موجب کاهش عملکرد و نهایتاً ایجاد هزینه‌ی تأخیر در انجام عملیات می‌گردد (Rumsey, 2005). این هزینه، پنهان است و آگاهی کشاورزان از میزان آن، به تلاش برای

هنگام انجام امور زراعی، معمولاً بر اساس نوع محصول، مدت زمانی بهینه برای انجام عملیات وجود دارد. چنانچه عملیات، زودتر یا دیرتر از زمان مذکور انجام گردد، تغییراتی کمی یا کیفی در محصول رخ داده و موجب کاهش ارزش آن می‌گردد (ASABE, 2006). هزینه‌ی به موقع انجام نشدن عملیات، به عنوان جریمه‌ای تعریف می‌گردد که به دلیل تأخیر زمانی عملیات، به کشاورز تحمیل شده و موجب کاهش درآمد در تولید محصول می‌گردد. این جریمه که توأم با ریسک می‌باشد، هنگامی که عملیات زراعی، در زمان نامناسب و یا با ظرفیت غیر بهینه‌ی ادوات انجام گیرد، افزایش یافته و میزان یا

۱، ۲ و ۳- به ترتیب فارغ التحصیل دکتری مکانیزاسیون و دانشیاران گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه شهید چمران اهواز
(Email: rabet_r@yahoo.com) * - نویسنده مسئول:

دانش نگاه سیستمی به رویدادها با ملاحظه عامل 4- System dynamics
زمان

در ابتدا عوامل فنی و اقتصادی مؤثر بر مکانیزاسیون خاک‌ورزی اولیه، شناسایی گردید و به وسیله نرم افزار Vensim DSS نحوه ارتباط آن‌ها با یکدیگر مشخص شد. کلیه معادلات و روابط ریاضی مبین ارتباط اجزای سیستم، برای نرم افزار تعریف گردید و در خصوص عواملی که مقدارشان سالانه تغییر می‌کند، به ازای هر سال، مقداری برای آن عامل لحاظ شد. مقادیر کمی این گونه داده‌ها از اداره امور فناوری‌های مکانیزه‌ی سازمان جهاد کشاورزی فارس گرفته شد. در این مدل از سه نوع متغیر استفاده گردید. دسته اول متغیرهای حالت بودند که با گذشت زمان مقدار آنها کاهش یا افزایش پیدا می‌کرد. گروه دوم متغیرهای نرخ بودند که با زمان مفهوم پیدا می‌کردند و دسته سوم متغیرهای کمی بودند که در تبیین روابط بین متغیرهای مدل، ایفای نقش می‌نمودند. جدول ۱، متغیرهای مدل را نمایان می‌سازد. نرم افزار مورد استفاده، بر اساس مرحله‌ی زمانی شبیه سازی که ۰/۱۲۵ سال تعیین شده بود و با توجه به روابط بین متغیرها و تأثیرات علت و معلولی موجود که در شکل ۱ نشان داده شده است، محاسبات مربوطه را انجام داده و پس از انجام شبیه سازی، روند تغییرات را معلوم نمود.

کاهش و به حداقل رساندن آن می‌انجامد. میزان این هزینه بستگی به عواملی نظیر ارزش محصول، عملکرد محصول، کار ماشین‌ها، وضعیت هوا و تعداد ساعات کاری در هر روز دارد (Modarres Razavi, 2008). بنابراین استفاده از روش‌هایی که با ملاحظه‌ی عوامل مذکور، روند تغییرات هزینه‌ی تأخیر در انجام عملیات خاک‌ورزی اولیه‌ی گندم آبی فارس را شبیه‌سازی کند، در اتخاذ راهکارهای مناسب در جهت کاهش این هزینه، مؤثر خواهد بود. در تحقیق حاضر جهت کاهش هزینه‌های تأخیر، مدلی از این هزینه‌ها بر اساس کلیه عوامل اثرگذار بر هزینه‌ی تأخیر در انجام خاک‌ورزی اولیه‌ی گندم آبی فارس، تدوین شده و راه کارهایی جهت کاهش این هزینه‌ها ارائه گردیده است.

مواد و روش‌ها

برای شبیه‌سازی روند تغییرات هزینه‌ی تأخیر در انجام عملیات خاک‌ورزی اولیه‌ی گندم آبی فارس از روش پویایی سیستم، استفاده شد. پویایی سیستم دانش نگاه سیستماتیک به رویدادها با ملاحظه‌ی عامل زمان و تأثیرات بازخوردی اجزاء سیستم بر روی یکدیگر می‌باشد (Forrester, 1961).

جدول ۱ - متغیرهای مدل خاک‌ورزی اولیه‌ی گندم آبی

Table 1- Variables of primary tillage for Fars irrigated wheat

نوع متغیر	واحد اندازه‌گیری	نام متغیر	ردیف
Type variable	Unit of Measure	Variable name	Row
ثابت	کیلومتر بر ساعت	سرعت پیشروی	1
Fixed	km hr ⁻¹	Forward travel speed	
ثابت	روز	روزهای موجود برای فعالیت	2
Fixed	day	Existent days for activities	
ثابت	ساعت در روز	ساعات کار روزانه	3
Fixed	hr day ⁻¹	Working hours in day	
کمکی	ریال بر ساعت	هزینه‌های کارگری	4
Auxiliary	rial hr ⁻¹	Labour costs	
ثابت	بدون واحد	ارزش اسقاط تراکتور	5
Fixed	-	Tractor salvage value	
کمکی	سال	عمر اقتصادی تراکتور	6
Auxiliary	year	Tractor economical life	
کمکی	ریال	قیمت خرید تراکتور	7
Auxiliary	rial	Tractor purchase price	
کمکی	متر	عرض کار ادوات	8
Auxiliary	m	Work width of implements	
کمکی	بدون واحد	نرخ بهره‌ی مرسوم	9
Auxiliary	-	Common interest rate	
کمکی	بدون واحد	نرخ تورم کلی	10
Auxiliary	-	General inflation rate	

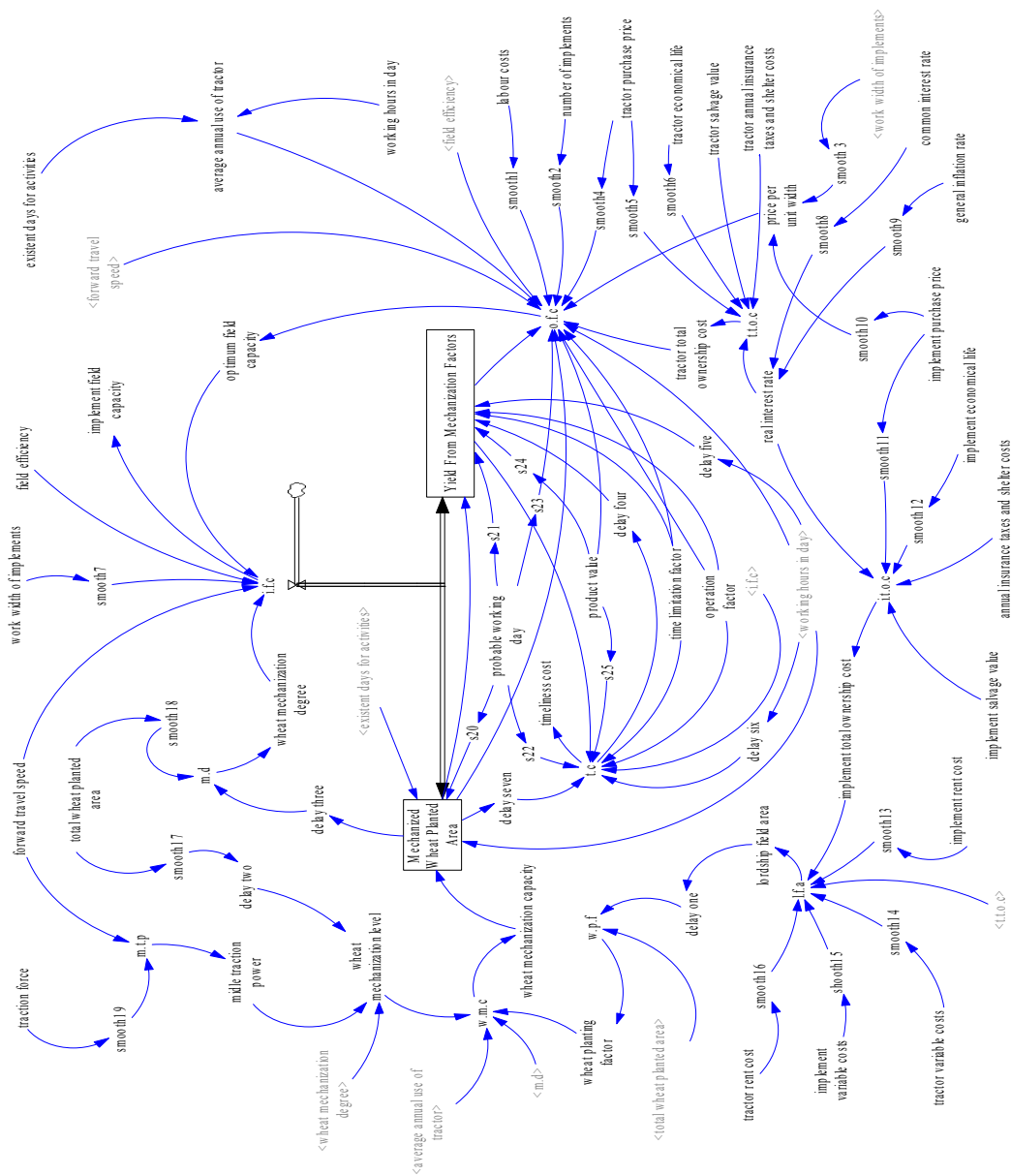
کمکی	ریال	قیمت خرید ادوات	11
Auxiliary	rial	Implement Purchase price	
کمکی	سال	عمر اقتصادی ادوات	12
Auxiliary	year	Implement economical life	
ثابت	ریال بر سال	هزینه‌های سالیانه‌ی بیمه، مالیات و سایه‌بان	13
Fixed	rial yr ⁻¹	Annual insurance & taxes and shelter costs	
ثابت	بدون واحد	ارزش اسقاط ادوات	14
Fixed	-	Implement salvage value	
کمکی	ریال بر هکتار	هزینه‌ی اجاره‌ی ادوات	15
Auxiliary	rial ha ⁻¹	Implement rent cost	
کمکی	ریال بر هکتار	هزینه‌های متغیر تراکتور	16
Auxiliary	rial ha ⁻¹	Tractor variable costs	
کمکی	ریال بر هکتار	هزینه‌های متغیر ادوات	17
Auxiliary	rial ha ⁻¹	Implement variable costs	
کمکی	ریال بر هکتار	هزینه‌ی اجاره‌ی تراکتور	18
Auxiliary	rial ha ⁻¹	Tractor rent cost	
کمکی	تعداد	تعداد تراکتورها	19
Auxiliary	Number	Number of tractors	
کمکی	کیلو نیوتون	نیروی کششی	20
Auxiliary	kN	Traction force	
کمکی	تعداد	تعداد ادوات	21
Auxiliary	Number	Number of implements	
کمکی	هکتار	کل سطح زیر کشت گندم	22
Auxiliary	ha	Total wheat planted area	
کمکی	بدون واحد	احتمال وجود روزهای خوب کاری	23
Auxiliary	-	Probable working day	
کمکی	ریال بر کیلوگرم	قیمت محصول	24
Auxiliary	rial kg ⁻¹	Product value	
ثابت	بدون واحد	ضریب محدودیت زمانی	25
Fixed	-	Time limitation factor	
ثابت	بدون واحد	فاکتور عملیات	26
Fixed	-	Operation factor	
سطح	هکتار	سطح زیر کشت مکانیزی گندم	27
Surface	ha	Mechanized wheat planted area	
سطح	کیلوگرم بر هکتار	عملکرد	28
Surface	kg ha ⁻¹	Yield	
ثابت	بدون واحد	بازده مزرعه‌ای	29
Fixed	-	Field efficiency	
کمکی	ریال بر هکتار	هزینه‌ی بموقع انجام نشدن عملیات	30
Auxiliary	rial ha ⁻¹	Timeliness cost	

هزینه‌ی تأخیر در انجام عملیات نیز که جزئی از مدل مورد نظر بیان می‌دارد (Almasi *et al.*, 1999). بود، از تعدادی عامل، تأثیر می‌پذیرد که معادله‌ی (۱) این ارتباط را

این شبیه‌سازی مربوط به سال‌های ۱۳۸۰ الی ۱۴۰۰ بود. بدین صورت که اطلاعات مربوط به کلیه متغیرهای مدل از سال ۱۳۸۰ الی ۱۳۸۹ وارد مدل گردید و پس از اجرای شبیه‌سازی، روند تغییرات متغیرها از جمله هزینه‌ی تأخیر در عملیات از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۴۰۰ معلوم شد. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، مرحله‌ی زمانی شبیه‌سازی، ۰/۱۲۵ سال تعیین گردید زیرا لحاظ نمودن حداقل فاصله‌ی زمانی که عوامل دخیل در مدل در آن مدت تغییر می‌نمایند، ضروری است و بنابراین در این مدل انجام محاسبات در هر ۰/۱۲۵ سال، لازم می‌نماید.

$$C_t = \frac{K_p \cdot A \cdot Y \cdot V}{\lambda_p \cdot T \cdot C_a \cdot P_{wd}} \quad (1)$$

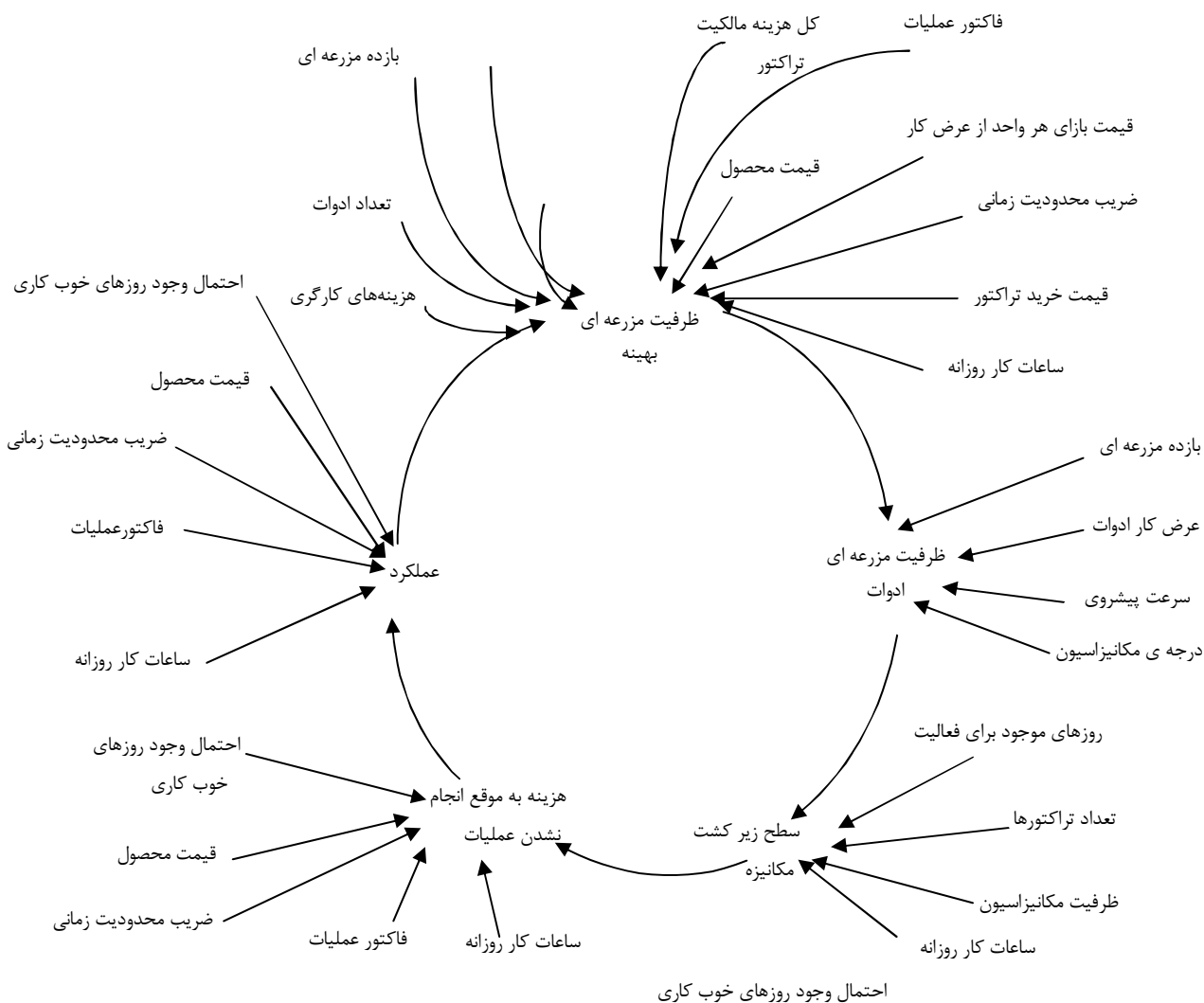
که در این معادله، C_p : هزینه‌ی به‌موقع انجام نشدن عملیات بر حسب $rial \ ha^{-1}$ ، A : سطح عملیات خاک‌ورزی اولیه‌ی سالانه‌ی گندم بر حسب $ha \ yr^{-1}$ ، γ : عملکرد محصول گندم بر حسب $Mg \ ha^{-1}$ ، ضریب ثابت که برای عملیات شخم ۴ در نظر گرفته می‌شود (بدون واحد)، K_p : ضریب محدودیت زمانی (بدون واحد)، T : ساعات کارکرد روزانه بر حسب $hr \ day^{-1}$ ، C_a : ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای ماشین بر حسب $ha \ hr^{-1}$ و P_{wd} : احتمال یک روز مناسب کاری می‌باشد.



شکل ۱ - نمودار جریان مدل پویایی‌های سیستم خاک‌ورزی اولیه‌ی گندم آبی استان فارس
Fig.1. Stock flow diagram for system dynamics model of primary tillage for irrigated wheat in Fars Province

باشد. اگر ازدیاد هر عامل، باعث زیاد شدن متغیر بعد از خودش شود پیوند را مثبت و در غیر این صورت پیوند را منفی می‌گویند. آثار بازخوردی متغیرها در شکل ۲ نشان داده شده است. در این شکل، هزینه‌ی به موقع انجام نشدن عملیات، از عواملی مانند سطح زیر کشت، ساعات کاری روزانه و قیمت محصول تأثیر می‌گیرد و ازدیاد آن، پس از تأثیر زنجیره‌وار بر عوامل شکل ۲، مجدداً به صورت اثر افزایشی به خودش برمی‌گردد. این گونه حلقه‌ها را حلقه‌ی با قطبیت مثبت می‌گویند (Forrester, 1995).

همچنین از روش انتگرال‌گیری اولر استفاده شد. نمودار جریان مدل که شامل اجزای مدل می‌باشد و الگوی ریاضی مدل بر اساس آن اجرا گردید، در شکل ۱ نشان داده شده است. هزینه‌ی تأخیر در انجام عملیات در این شکل بر روی حلقه‌ای قرار گرفته که ضمن تأثیر پذیرفتن از چند عامل، اثر آن بعد از عبور از چند عامل، نهایتاً به خودش بر می‌گردد که این پدیده، بازخور نام دارد (Forrester, 1995). در شکل ۱ تأثیر هر متغیر بر دیگری توسط فلاش اتصال، معلوم گردیده است. این تأثیر می‌تواند دارای پیوند مثبت یا منفی



شکل ۲- حلقه‌ی هزینه‌ی انجام نشدن به موقع عملیات خاک‌ورزی اولیه

Fig.2. The loop of primary tillage timeliness cost

عین حال، مدل نیز مقادیری برای آنها برآورد نمود. مقادیر واقعی و شبیه‌سازی شده در جدول ۲ آمده‌اند. با محاسبه تعدادی از شاخص‌های آماری که بر مبنای مقادیر واقعی و شبیه‌سازی شده‌ی فاکتورهای مذکور، به دست آمدند، میزان اعتبار مدل، ارزیابی گردید.

هر چه مدل‌های سیستم دینامیکی، مقادیر پارامترهای مدل را نزدیک‌تر به مقادیر آنها در جهان واقعی، شبیه‌سازی کنند از اعتبار بالاتری برخوردار هستند. میزان عملکرد و سطح زیر کشت واقعی گندم آبی فارس از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ طبق آمار، موجود بود. اما در

جدول ۲- مقادیر واقعی و شبیه‌سازی شده عملکرد و سطح زیر کشت گندم آبی استان فارس

Table 2- The actual and simulated values of wheat yield and planted area in fars province

سال Year	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) Yield (kg ha ⁻¹)		سطح زیر کشت (هکتار) Cultivation (ha)	
	واقعی actual	شبیه‌سازی شده Simulated	واقعی actual	شبیه‌سازی شده Simulated
1380	3450	3450	347500	347500
1381	3492	3476	360812	350942
1382	3504	3525	341293	355157
1383	3541	3571	375211	360001
1384	3594	3617	356221	365136
1385	3650	3662	376712	370140
1386	3731	3705	372228	374714
1387	3742	3756	38560	379898
1388	3854	3804	383402	385113
1389	3852	3856	395447	390234

بنابراین به هر میزان که UT به صفر نزدیکتر باشد، اعتبار مدل، بالاتر است. همچنین از ضرائب نابرابری تیل، که U^c, U^s, U^m نام دارند و روابط (۵) الی (۷) آنها را تبیین می‌کند، در پیش‌بینی منابع ایجاد خطا در مدل استفاده گردید.

$$U^m = \frac{(\bar{y}^s - \bar{y}^a)^2}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{T+i}^s - y_{T+i}^a)^2} \quad (5)$$

$$U^s = \frac{(SDS - SDA)^2}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{T+i}^s - y_{T+i}^a)^2} \quad (6)$$

$$U^c = \frac{r(1-r)(SDS)(SDA)}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{T+i}^s - y_{T+i}^a)^2} \quad (7)$$

مجموع سه شاخص اخیر همواره مساوی یک است. U^m میزان خطای سیستماتیک را بیان می‌دارد و حالت مطلوب، آن است که به صفر، نزدیکتر یا مساوی باشد.

U^s نوعی واریانس است که میزان برابری انحراف استاندارد مقادیر شبیه‌سازی شده (SDS) و مقادیر واقعی (SDA) را نشان می‌دهد؛ و مطلوب آن است که مقادیر مساوی و یا نزدیک به صفر اختیار نماید. U^c نوعی کواریانس است که خطای غیرسیستماتیک را اندازه می‌گیرد و هر چه به یک نزدیکتر باشد، بهتر است. در رابطه‌ی

در این ارتباط، جذر میانگین مربعات خطا شاخصی است که از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{T+i}^s - y_{T+i}^a)^2} \quad (2)$$

این شاخص در واقع انحراف مقادیر شبیه‌سازی شده (y^s) را از داده‌های واقعی (y^a) معلوم می‌کند. در رابطه مذکور، n تعداد سال‌ها می‌باشد که در این پژوهش، عدد ۱۰ را اختیار می‌کند. درصد جذر میانگین مربعات خطا (RMSPE) شاخص دیگری است که در رابطه (۳) نشان داده شده است و میزان انحراف مقادیر شبیه‌سازی شده را از مقادیر واقعی برحسب درصد، بیان می‌دارد.

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_{T+i}^s - y_{T+i}^a}{y_{T+i}^a} \right)^2} \times 100 \quad (3)$$

یکی دیگر از شاخص‌های معلوم‌کننده‌ی میزان انحراف مقادیر شبیه‌سازی شده از مقادیر واقعی، ضریب نابرابری UT بود که از رابطه (۴) به دست می‌آید. این ضریب، بین اعداد صفر و یک تغییر می‌کند. اگر صفر باشد، یعنی مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل، با مقادیر واقعی برابرند؛ و اگر یک باشد، مدل در پیش‌بینی مقادیر پارامترها، عملکرد مناسبی نداشته است.

$$UT = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{T+i}^s - y_{T+i}^a)^2}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{T+i}^s)^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{T+i}^a)^2} \quad (4)$$

نتایج و بحث

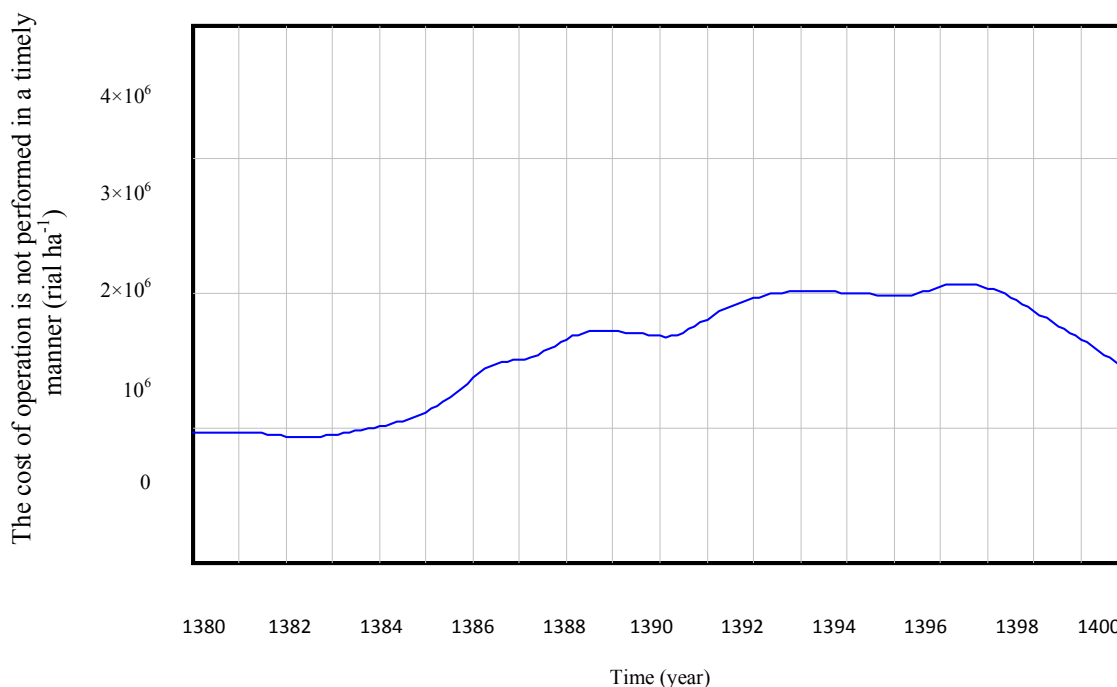
یکی از دلایل مهم تأخیر در انجام عملیات شخم اولیه‌ی گندم آبی، بارش‌های جوی پاییزه است که شرایط خاک را در استان فارس غیر قابل شخم می‌سازد، و لذا شخم اولیه، با تأخیر توأم است. بخشی از هزینه‌ی عدم انجام به موقع عملیات که روند شبیه‌سازی شده‌ی آن در نمودار شکل ۳ نشان داده شده، به همین خاطر است. نمودار مذکور، نشان می‌دهد که هزینه در حد فاصل سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۳، ثابت و در حدود یک میلیون ریال بوده است و از سال ۱۳۸۳ تا ابتدای سال ۱۳۹۷، روند افزایشی را طی می‌نماید و بعد از سال ۱۳۹۷، کاهش خواهد یافت.

آخر، T ضریب همبستگی بین مقادیر شبیه‌سازی شده و واقعی است. هنگامی که بین مقادیر شبیه‌سازی شده و واقعی، همبستگی کامل؛ موجود باشد، دلالت بر توزیع ایده‌آل میزان نابرابری بین ضرایب تیل دارد و در این حالت U^m با U^s برابر می‌گردد. با توجه به اعداد جدول ۲، شاخص‌های آماری ششگانه‌ی اخیر، محاسبه گردید که مقادیر آنها در خصوص پارامترهای عملکرد و سطح زیر کشت مکانیزه‌ی گندم در جدول ۳ ارائه شده است. همان طور که از جدول مذکور پیداست کلیه شاخص‌ها، در محدوده‌هایی قرار دادند که اعتبار مدل تدوین شده را، نسبتاً بالا می‌نمایند.

جدول ۳- شاخص‌های آماری مبین میزان اعتبار مدل برای عملکرد و سطح زیر کشت گندم آبی استان فارس

Table 3- Statistical indices for model validity test about wheat yield and planted area in Fars province

شاخص آماری	سطح زیر کشت مکانیزه	عملکرد گندم
Statistical Indicators	Mechanized Cultivation Area (ha)	Yield (kg ha ⁻¹)
RMSE	8440.66	23.79
RMSPE	2.3	0.64
U^T	0.016	0.0046
U^m	0.03	0.0025
U^s	0.11	0.16
U^c	0.96	0.94



شکل ۳- روند هزینه‌ی تأخیر در انجام عملیات شخم اولیه
Fig.3. Trend of primary tillage timeliness cost

را به مدل اعمال نمود، هزینه‌ی مذکور مطابق شکل ۴ کاهش خواهد یافت. در این شکل نمودار بالایی روند جاری و پایینی روند حاصل از افزایش سرعت شخم را نمایان می‌سازد. این تغییر، به ویژه در شرایطی که تعداد روزهای مناسب موجود برای عملیات شخم، به دلیل شرایط جوی، محدود گردد، حائز اهمیت است.

همچنین می‌توان با افزایش ساعات کار روزانه در حد مجاز، هزینه‌ی عدم انجام به موقع عملیات را در سال‌های آتی، کم نمود. به عنوان مثال اگر ساعات کار روزانه ادوات خاک‌ورزی اولیه در هر روز ۴ ساعت افزایش داده شود، هزینه‌ی تأخیر مطابق شکل ۵ کاهش می‌یابد که تقریباً تأثیری مشابه با روش اول دارد. در شکل مذکور نمودار بالایی نشان دهنده روند جاری است. البته افزایش ساعات کار روزانه، با امکانات موجود، انجام پذیر است اما افزایش سرعت شخم نیاز به فناوری و تجهیزات جدید خاک‌ورزی اولیه دارد.

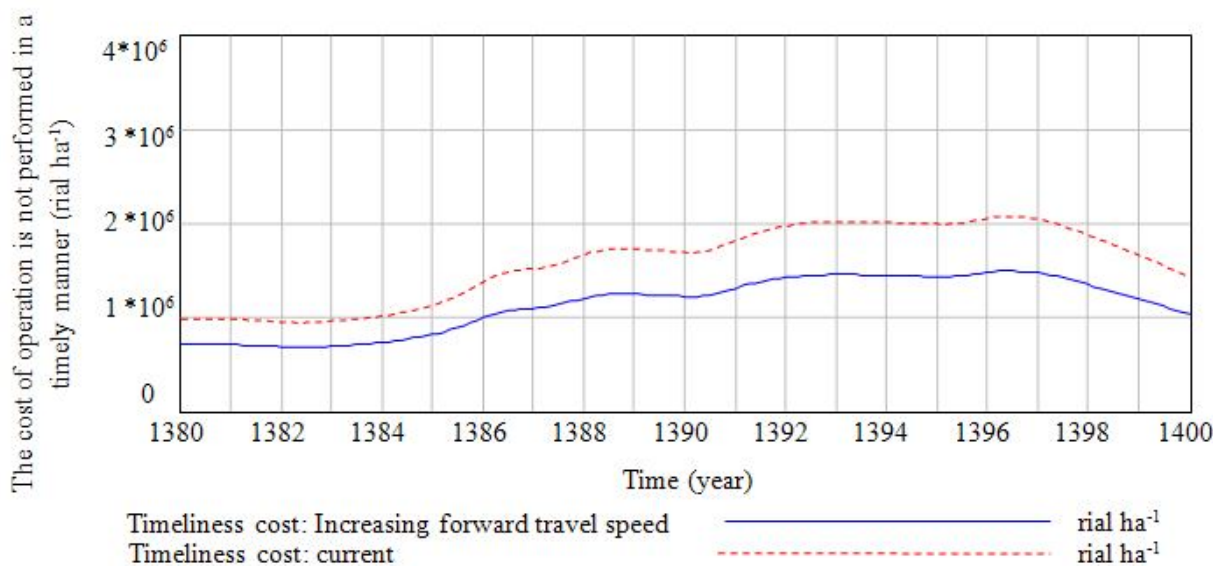
با توجه به ساختار مدل (شکل ۳)، و توجه به اثر پذیری مستقیم و غیر مستقیم هزینه‌ی عدم انجام به موقع عملیات خاک‌ورزی از عوامل دیگر، روش‌های دیگری نیز به کاهش هزینه‌ی مذکور، کمک می‌کند. از جمله افزایش ظرفیت مزرعه‌ای ادوات شخم به وسیله افزایش عرض کار ادوات. این به مفهوم خرید ادوات جدید بوده و هزینه بر است. اما روش‌های ذکر شده‌ی قبلی این گونه نیستند.

افزایش هزینه از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۶ عمدتاً به دلیل پراکنش بارش‌های جوی در استان فارس و عدم امکان انجام عملیات خاک‌ورزی اولیه‌ی گندم بوده است به طوری که در سال ۱۳۸۶، میزان هزینه‌ی انجام نشدن به موقع عملیات را به ۲۱۱۷۲۹ ریال رسانده است.

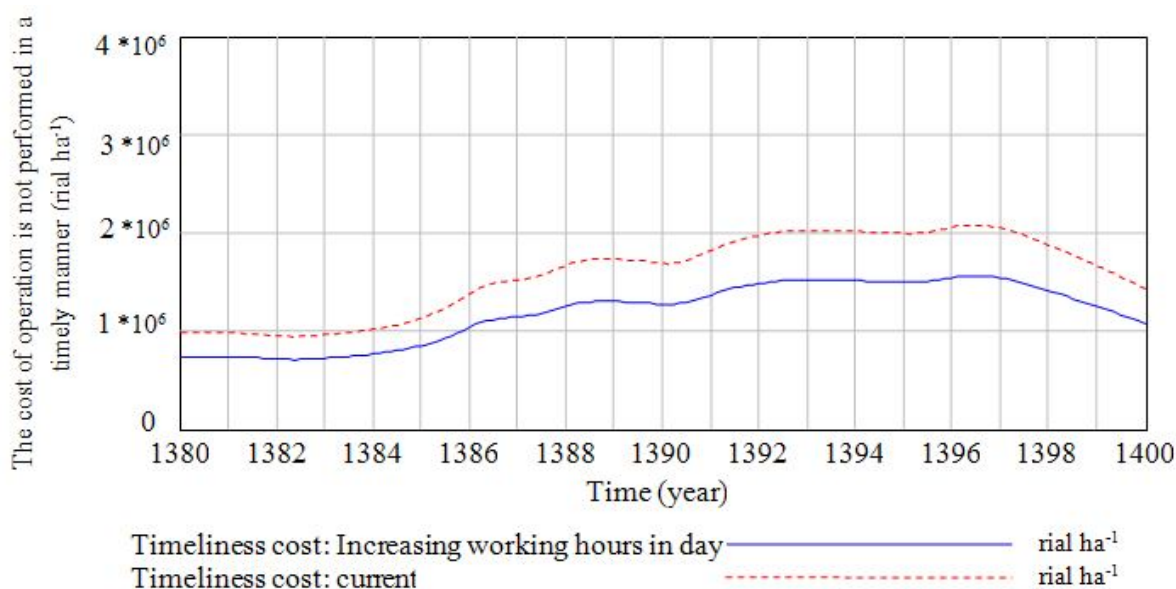
همچنین در بین سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹، شاهد ادامه‌ی روند افزایشی در هزینه‌ی به موقع انجام نشدن عملیات هستیم که دلیل آن، استفاده از گاواهن‌های برگرداندار مستهلک می‌باشد به نحوی که خرابی آن‌ها در حین کار، باعث به تعویق افتادن عملیات خاک‌ورزی اولیه‌ی گندم آبی فارس می‌گردد.

پیش بینی مدل، این بود که هزینه‌ی به موقع انجام نشدن عملیات، همچنین تا سال ۱۳۹۷، زیاد می‌گردد و به طوری که در سال مذکور به ۲۰۹۰۷۲۹ ریال در هکتار خواهد رسید که نسبت به سال ۸۳ تقریباً دو برابر می‌باشد. به نظر می‌رسد بخشی از این افزایش هزینه به دلیل تورم و بخشی نیز به دلیل افزایش احتمالی سطح زیر کشت در سال ۱۳۹۷ می‌باشد.

برای کاهش هزینه در سال‌های آتی، با توجه به تأثیر پذیری با واسطه‌ی هزینه‌ی به موقع انجام نشدن عملیات از سرعت پیشروی ادوات شخم (شکل ۱)، چنانچه قدرت تراکتورهای کشنده و نیز طراحی گاواهن‌های برگرداندار، به نحوی ارتقاء یابند که بتوان سرعت شخم را در دامنه‌ای مجاز مثلاً به میزان ۳۰٪ افزایش داد و این تغییر



شکل ۴ - کاهش هزینه‌ی تأخیر در انجام عملیات به دلیل افزایش سرعت شخم
Fig.4. Timeliness cost reduction due to increasing of plowing speed



شکل ۵- کاهش هزینه‌ی عدم انجام به موقع عملیات به دلیل افزایش ساعات کار روزانه
 Fig.5. Timeliness cost reduction due to increasing of working hours in day

ادامه داشته است و این هزینه در سال ۱۳۹۷ به ۲۰۹۰۵۱۱ ریال در هکتار خواهد رسید. افزایش ۳۰ درصدی سرعت شخم و ازدیاد ساعات کار روزانه به میزان ۴ ساعت در هر روز در فصل کار، هر کدام باعث کاهش هزینه‌ی به موقع انجام نشدن عملیات خاک‌ورزی اولیه‌ی گندم آبی استان فارس در سال‌های آتی خواهد شد که انجام این مهم، مستلزم اصلاح طراحی گاوآهن‌های برگرداندار و افزایش قدرت کششی تراکتورها می‌باشد.

نتیجه‌گیری

پراکنش بارش‌های جوی در استان فارس باعث افزایش هزینه‌ی عدم انجام به موقع عملیات خاک‌ورزی اولیه از ۱۰۰۰۰۰ ریال در هکتار در سال ۱۳۸۳ به ۱۲۱۱۷۲۹ ریال در هکتار در سال ۱۳۸۶ گردیده است. روند افزایشی هزینه‌ی مذکور در بین سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۹ به دلیل استفاده از ادوات خاک‌ورزی اولیه‌ی مستهلک همچنان

منابع

1. ASABE. 2006. Agricultural machinery management data. St. Joseph, Michigan, USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASAE D497,5 Feb 2006).
2. Almasi, M., N. Lovaimi, and Sh., kiani. 1999. Principles of agricultural mechanization. Hazrate Masoomeh pub. (In Farsi).
3. De Toro, A. 2004. Machinery co-operatives, a case study in Sweden. Biosystems Engineering 87: 23-34.
4. Forrester, J. W. 1961. Industrial dynamics. Cambridge, MA: MIT Pub.
5. Forrester, J. W. 1955. Counterintuitive behavior of social systems, Available from: <http://www.sysdyn.mit.edu>.
6. Modarres Razavi, M. R. 2008. Farm machinery management. Ferdowsi university of Mashhad pub. (In Farsi).
7. Nilsson, B. 1987. Planering av arbets – och maskinsystem-resultat och erfarnheter. Uppsala: Departement of Agricultural engineering. Swedish university of agricultural sciences. (Institutionsmed de lande 87:03).
8. Rumsey, J. 2005. When and why to replace farm machinery. Lecture 10 ABT147 Davis University of California. U. S. A.
9. Soerensen, C. G. 2003. Workabiliry and machinery sizing for combine harvesting. Agricultural

engineering international: the CIGR Journal of scientific research and development. Manuscript pm. 3003, Vd5.

10. Witney, B. 1995. Choosing and using farm machines. Edinburgh, Scotland, UK: Land technology Ltd.