توسعه یک مدل شبیه سازی رایانه‌ای جهت کاهش خسارت‌های اقتصادی برداشت مکانیزه گندم در خوزستان

عیسی بوگری[1*]، حسن ذکی دیزجی [2] ، اسماعیل خراسانی فردوانی[3]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه شهید چمران
۲و۳- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون دانشگاه شهید چمران
ایمیل مکاتبه کننده: Bougarieisa@yahoo.com

چکیده

هدف از این تحقیق ارائه یک مدل شبیه‌سازی برای کاهش خسارت‌های اقتصادی برداشت گندم در شرایط آب و هوایی استان خوزستان و مناطق مشابه می‌باشد. این مدل از سه زیر مدل تعیین زمان‌های کاری مناسب، زیر مدل تلفات دانه و زیر مدل اقتصادی تشکیل شده است. به منظور تعیین ساعت‌های کاری مناسب برداشت، یک مدل ریاضی برای تعیین محتوای رطوبتی دانه درو نشده تدوین گردید. برای تعیین تلفات دانه، ۵۲ مزرعه در بخش مرکزی و حمیدیه شهرستان اهواز انتخاب شد. تلفات طبیعی، سکوی برش، انتهایی کمباین و درصد شکستگی دانه بررسی گردید و مدل‌های ریاضی این پارامترها بدست آمد. توسط مدل رایانه توسعه یافته میانگین تعداد ساعت‌های مناسب کار، بر اساس اطلاعات هواشناسی یک دوره ۸ ساله برای فصل برداشت بدست آورده شد. بیشینه سرعت پیشروی قابل قبول برای دو کمباین جاندیر۹۵۵ و نیوهلند TC56 به ترتیب ۲/۵ و ۴ کیلومتر بر ساعت بدست آمد. کمترین تلفات گندم، ۴ روز پس از رسیدگی فیزیولوژیکی و بهترین بازه زمانی برای برداشت گندم در خوزستان ۲ تا ۱۵ روز پس از رسیدگی محصول بدست آمد. در ابتدای فصل برداشت تلفات کمباین در ساعت‌های ابتدای روز به علت رطوبت بالای محصول بیشتر از ساعت‌ها میانی روز و بعد از ظهر بود ولی با گذشت تقریباً ۱۰ روز از زمان رسیدگی عکس این حالت اتفاق افتاد. نتایج نشان داد به علت هزینه‌های بالای تأخیر در برداشت هیچ سطحی از مزرعه توجیه کننده مالکیت کمباین نیست و استفاده از کمباین‌های اجاره‌ای در هر اندازه‌ای از مزرعه در استان خوزستان مقرون به صرفه‌تر است.

کلمات کلیدی: گندم، مدل شبیه‌سازی، محتوای رطوبتی دانه، کمباین، برداشت

مقدمه:

اخیراً با پیشرفت فناوری مدل‌های زیادی برای کسب سود بیشتر از محصولات کشاورزی با مدیریت سازمان یافته حاصل از پیش بینی شرایط آب و هوا توسعه یافته‌اند. توسعه چنین مدل‌هایی برای عملیات تهیه زمین، بستر سازی بذر، برداشت، خشک کردن، انبار کردن و حمل و نقل که وابسته به شرایط آب و هوا هستند، بسیار اهمیت دارند (Royce, 2001) اگر چه اطلاعاتی وجود دارد که بررسی‌های برون مزرعه‌ای با بررسی‌های واقعی درون

مزرعه متفاوت است، اما تجزیه و تحلیل و پیش بینی عملکرد ماشین‌های کشاورزی قسمت مهمی از مدیریت ماشین‌ها است(Witney, 1995).

نوید و همکاران (۱۳۸۸) نرخ کوبش در کمباین جاندیر۱۱۶۵ را مورد مطالعه قرار دادند. ایشان عملکرد کوبنده را با دو معیار کوبش (درصد دانه های کوبیده شده نسبت به کل دانه‌های ورودی به کوبنده و درصد جداسازی دانه‌ها در کوبنده نسبت به کل دانه‌های کوبیده شده) بررسی کردند. ایشان برای تحقیق خود از مدل پواسون به عنوان تابع چگالی احتمال استفاده کردند. مصدری و همکاران (۱۳۸۷) مطالعه‌ای جهت پیش‌بینی تلفات گندم و تحلیل داده‌ها به روش مدل متغیرهای موهومی در استان خراسان رضوی انجام دادند. در این مطالعه متغیرهای منطقه، رقم گندم، نوع کشت، مدل کمباین، عمر کمباین، تاریخ برداشت و ساعت برداشت وارد مدل و بررسی شدند.

نزمی[1] و همکاران (۲۰۱۰) یک سیستم شبیه سازی برداشت گندم را با توجه به شرایط آب و هوایی متفاوت در سه منطقه اصلی گندم خیز استرالیا توسعه دادند. در این مطالعه داده‌های هواشناسی یک دوره ۱۵ ساله از سال ۱۹۹۱ تا میلادی۲۰۰۵ برای بدست آوردن محتوای رطوبتی دانه در دوره برداشت گندم مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه مشخص شد که تأثیرات آب و هوایی در طول دوره برداشت بر روی سرمایه بازگشت به مزرعه قابل توجه است و مطلوب‌ترین رطوبت برداشت برای شرایط آب و هوایی مختلف به کشاورزان داده شد که به ترتیب برای مناطق گوندی ویندی[2]، اسکادن[3] و تام ورت[4] ۱۴، ۱۵ و۱۷ درصد تعیین گردید. همچنین مشخص شد کشاورزان در مناطق خشک قادرند سرمایه بازگشت بیشتری داشته باشند و در مناطق مرطوب و خنک تأخیر در برداشت باعث افزایش تلفات محصول به علت ریزش طبیعی، کاهش کیفیت و دانه های برداشت نشده می‌شود.

د تورو[5] و همکاران (۲۰۱۲) در استکهلم سوئد عملیات برداشت گندم را بر پایه اطلاعات هواشناسی شبیه سازی و کل هزینه‌های عملیات برداشت را بررسی کردند. ایشان در این تحقیق دریافتند که زمان دروی گندم با کمباین تا حد زیادی به رطوبت دانه بستگی دارد و رطوبت در هنگام برداشت را ۲۱ درصد گزارش دادند. نتایج این شبیه سازی نشان داد که در بعضی از سال‌ها به اجبار در محتوای رطوبتی حدود ۲۲ تا ۲۴ درصد برداشت انجام می‌شود. به طور کلی هزینه های برداشت حدود ۱۴۰ یورو در هر هکتار پیش بینی شد و بیشترین هزینه‌ها به ترتیب مربوط به هزینه‌های عدم به موقع بودن عملیات و خشک کردن دانه برآورد گردید.

1- Nazmi
2- Goondiwindi
3- Scaddan
4- Tamwort
5- De toro

هدف از این تحقیق ارائه یک مدل شبیه‌سازی برای کاهش خسارت‌های اقتصادی برداشت گندم در شرایط آب و هوایی استان خوزستان و مناطق دارای شرایط آب و هوایی مشابه می‌باشد. درصد قابل توجهی از هزینه های تولید گندم مربوط به مرحله برداشت آن است. مدیریت مطلوب این مرحله برای کاهش تلفات امری ضروری است. رسیدن به این مهم نیازمند مطالعات طولانی و صرف وقت و هزینه‌های زیاد در مزرعه است. شبیه سازی سیستم برداشت علاوه بر صرفه جویی در هزینه‌ها و مطالعه می‌تواند با تجزیه و تحلیل دوره زمانی طولانی مزارع در یک مکان مشخص، اطلاعات ارزشمندی برای مدیریت مطلوب مزارع به کشاورزان بدهد. توسط این مدل کشاورزان و مدیران مزرعه می‌توانند بهترین شیوه‌های برداشت، مطلوب‌ترین ظرفیت‌های برداشت و در نهایت مطلوب‌ترین سرمایه بازگشتی به مزرعه (درآمد) را تا حد امکان تخمین بزنند.

مواد و روش ها :

در این قسمت مراحل مختلف تحقیق جهت ارائه مدل شبیه‌سازی رایانه‌ای برای کاهش خسارت‌های اقتصادی یک سیستم برداشت مکانیزه گندم از جمله جمع‌آوری داده‌های، آزمایش‌های مزرعه‌ای، بدست آوردن روابط مربوطه، تهیه مدل و اعتبار سنجی آن تشریح می‌گردد.

مهم‌ترین قسمت ارائه یک مدل جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز آن است اطلاعات مورد نیاز توسعه مدل شامل دو قسمت عمده اطلاعات هواشناسی و اطلاعات مزرعه ای هستند. داده‌های هواشناسی مورد نیاز این مطالعه شامل طول روز بر حسب ساعت، میزان بارندگی روزانه بر حسب میلی‌متر، بیشینه دمای روزانه ، کمینه دمای روزانه، رطوبت نسبی هوا در ساعت‌های ۷، ۱۳ و ۱۹ بودند. این اطلاعات از سازمان هواشناسی خوزستان و ایستگاه هواشناسی کشاورزی اهواز برای یک دوره ۸ ساله از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۱ دریافت شد.

برای ساخت مدل مورد مطالعه به دلیل نبودن اطلاعات لازم و دقیق، آزمایشات مزرعه‌ای گسترده‌ای انجام گردید تا کمینه اطلاعات لازم برای بدست آوردن روابط مورد نیاز مدل و اعتبار سنجی کسب شود.

تعیین زمان‌های کاری مناسب

محل اجرای این آزمایش‌ها دانشگاه شهید چمران اهواز بود. بدین منظور دو قطعه از زمین‌های زیر کشت گندم دانشگاه انتخاب و نمونه‌برداری به شرح زیر انجام شد.

دانه غلات وقتی به رسیدگی فیزیولوژیکی برسد، دیگر به وزن خشک آن اضافه نمی‌شود و بعد از آن به سرعت رطوبت خود را از دست می‌دهد و خشک می‌شود. اطلاع از زمان رسیدگی فیزیولوژیکی غلات برای کشاورزان و مدیران مزرعه از اهمیت بالایی برخوردار است. ابوی (۱۹۹۳) و نظمی و همکاران(۲۰۱۰) رسیدگی فیزیولوژیکی گندم را در ۳۰ درصد محتوای رطوبتی دانه در نظر گرفتند.

نمونه برداری جهت تعیین رسیدگی فیزیولوژیکی گندم و تعیین زمان‌های کاری مناسب برداشت از تاریخ ۲۳ فرودین ۱۳۹۱ آغاز شد و تا تاریخ ۱۶ اردیبهشت همان سال در دو مزرعه ادامه پیدا کرد.

روش نمونه برداری: با رعایت فاصله‌ی مناسب از حاشیه مزرعه برای هر نمونه ۲۰ الی ۲۵ عدد خوشه گندم به صورت کاملاً تصادفی از قسمت‌های مختلف زمین توسط قیچی چیده شد. سپس دانه‌ها از خوشه‌ها جدا شده و توسط یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن گردید. پس از ثبت وزن، نمونه‌ها درون ظرف‌های مخصوص شماره گذاری شده قرار داده شد. میانگین وزن نمونه‌ها حدود ۳۰ گرم بود. عمل نمونه برداری در هر زمان نمونه گیری سه بار تکرار گردید. لازم به ذکر است که نمونه گیری در هر روز در سه مرتبه در ساعت‌های ۷ صبح، ۱۳ و ۱۹ انجام گرفت و در بعضی از روزها این عمل تا پنج مرتبه در روز افزایش یافت. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه با روش استاندارد(دستگاه آون) خشک و رطوبت دانه ها و کاه آن محاسبه گردید.

بررسی تلفات گندم در مرحله برداشت

به منظور انجام این آزمایش‌ها ۵۲ مزرعه در بخش مرکزی و بخش حمیدیه شهرستان اهواز انتخاب شدند. از بین مزرعه‌های انتخاب شده، در ۲۸ مزرعه از کمباین جاندیر ۹۵۵ و در ۲۴ مزرعه از کمباین نیوهلند TC56 برای برداشت گندم استفاده شد. (لازم به ذکر است که مزرعه‌های بازدید شده خیلی بیشتر از ۵۲ مزرعه بود، با این وجود تعدادی از آن‌ها به دلیل عمر بسیار زیاد کمباین و یا نامناسب بودن شرایط محصول در این تحقیق لحاظ نشدند). به منظور تعیین تلفات کمی و کیفی گندم در مزرعه و تعیین عوامل مورد نظر این مطالعه بر تلفات، اطلاعات لازم با پلات گذاری در مزرعه‌ها و تکمیل پرسشنامه توسط کشاورزان و رانندگان کمباین‌ها جمع‌آوری گردید. عوامل زیادی روی تلفات کمباین‌ها تأثیر دارند ولی در این مطالعه هدف بررسی تأثیر عوامل سرعت پیشروی، عملکرد محصول، رطوبت دانه، نوع کمباین و نوع کشت بر روی تلفات کمباین می‌باشد. در راستای کم کردن سایر عوامل نظیر ارتفاع برش، سرعت چرخ فلک و دور کوبنده توصیه های لازم به رانندگان داده شد تا عوامل دیگر تأثیر پذیری کمی روی عوامل مورد مطالعه داشته باشد.

در تمام مزارع مذکور شاخص‌هایی نظیر نوع کمباین، عمر کمباین، سرعت پیشروی کمباین، دور کوبنده، رطوبت دانه در هنگام برداشت، عملکرد محصول، نوع کشت، تاریخ برداشت، ارتفاع برش و تراکم محصول اندازه گیری و ثبت شد و در نهایت تلفات طبیعی، کل کمباین، سکوی برش، انتهای کمباین، میزان دانه‌های شکسته شده و کاه موجود در مخزن با روش های متداول محاسبه شد.

فرمول بندی و شبیه سازی مدل

در این قسمت به شرح روابط و قسمت‌های مختلف که برای ارائه مدل به کار رفته‌اند، پرداخته می‌شود. این مدل از سه زیر مدل تعیین زمان مناسب کار ، تعیین تلفات محصول و زیر مدل اقتصادی تشکیل شده است.

زیر مدل تعیین زمان مناسب کار

برای بدست آوردن زمان مناسب کار برای برداشت گندم مهم‌ترین عامل تعیین محتوای رطوبت دانه گندم است. از تأثیرگذارترین عوامل بر محتوای رطوبت دانه بعد از رسیدگی فیزیولوژیکی آن رطوبت هوا، دما و تاریخ برداشت است که البته در صورت وقوع بارندگی در محتوای رطوبتی دانه تغییرات چشمگیری متناسب با میزان بارندگی اتفاق خواهد افتاد.به منظور تعیین زمان های مناسب کار از روابطه زیر که توسط کرامپین و دالتون۶ در سال ۱۹۷۱ و نزمی و همکاران (۲۰۰۷) در استرالیا مورد استفاده قرار گرفت استفاده گردید.که البته در مطالعه نیز این رابطه برای شرایط آب و هوای خوزستان با توجه داده‌های محتوای رطوبتی دانه که در مزرعه دانشگاه شهید چمران جمع‌آوری گردید، اصلاح شد.

$$M = W_e + Ae^{-0.04t} \quad (۱$$

$$w_{e=}K[\frac{-log(1-rh)}{1.8T+492}]^{\frac{1}{n}}$$

که در آن :

rh **رطوبت** نسبی به صورت اعشار

T درجه حرارت بر حسب سانتی‌گراد

K و n اعداد ثابت برای گندم به ترتیب ۱۱۳/۱ و ۳/۰۳

W_e رطوبت به تعادل رسیده با محیط

$$A = M_f - \mathrm{W_e} \quad (۲$$

که در آن :

A ثابت شروع زمان خشک شدن

M_f رطوبت دانه در ابتدای دوره (درصدی از وزن تر)

t زمان اندازه گیری شده از شروع دوره خشکی بر حسب ساعت

در صورت وقوع بارندگی ثابت A نیز از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$A = M_i + \Delta\mathrm{M} - W_e \quad (۳$$

که در آن

M_i محتوای رطوبت دانه در ابتدای بارندگی (درصدی از وزن تر)

ΔM افزایش رطوبت دانه در طول بارندگی

$$\Delta\mathrm{M} = 0.345AR + 6.11HR + 0.548 \quad (۴$$

که در آن :

AR مقدار بارندگی بر حسب میلی‌متر

HR مدت زمان بارندگی بر حسب ساعت

زیر مدل تلفات دانه

1-Crampin and dalton

زیر مدل تلفات دانه شامل مدل های تلفات طبیعی، تلفات سکوی برش کمباین، تلفات انتهایی، تلفات کرت‌ها و افت کیفی ناشی از شکستگی دانه به عنوان متغیرهای وابسته پرداخته می‌شود. متغیرهای مستقلی که در این پژوهش برای بررسی شدند برای هر مدل در جدول نشان داده شده اند.

جدول ۱: مدل های تلفات دانه

نام مدل	متغیر ها مستقل در نظر گرفته شده
مدل تلفات طبیعی	زمان (مدت زمان گذشته از شروع فصل برداشت برحسب روز)
مدل تلفات سکوی برش	سرعت پیشروی کمباین (کیلومتر بر ساعت)، عملکرد محصول (تن بر هکتار) و درصد محتوی رطوبتی دانه
مدل تلفات انتهای کمباین	نرخ تغذیه (تن بر ساعت) و درصد محتوی رطوبتی دانه
مدل تعیین درصد شکستگی دانه	نرخ تغذیه (تن بر ساعت) و درصد محتوی رطوبتی دانه

برای بدست آوردن این مدل ها از روابط رگرسیون و همبستگی استفاده شد روابط مختلف رگرسیون (خطی، نمایی، لگاریتمی و غیر) در نرم‌افزار SPSS تعریف شد و بهترین رابطه با کمترین خطا و بیشترین ضریب همبستگی R2 انتخاب شد. حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد داده‌ها جمع آوری شده برای اعتبار سنجی مدل ها کنار گذاشته شد.

زیر مدل اقتصادی

در این قسمت از مدل درآمد خالص و هزینه‌های سیستم برداشت از جمله هزینه‌های ثابت سالیانه و متغیر ماشین‌های مورد استفاده، هزینه‌های کارگری و هزینه‌های حمل و نقل محاسبه شد.

فرضیات مدل

برای کارکرد مدل فرضیاتی به شرح زیر برای مدل در نظر گرفته شد که البته این فرضیات به عنوان متغیر ورودی از کاربر مدل رایانه ای خواسته می شود و در صورت نیاز قابل تغییرند

زمان شروع فصل برداشت: زمان رسیدگی گندم در شهرستان اهواز طبق نظر کارشناسان جهاد کشاورزی و کشاورزان از ۲۰ تا ۳۰ فروردین بیان گردید.

اندازه مزرعه: این مدل بیشتر برای مدیریت مزارع در سطح وسیع ساخته شده ولی می‌تواند اطلاعات مفیدی نیز در اختیار صاحبان مزارع کوچک قرار دهد. و هر اندازه از مزرعه را می توان برای مدل تعریف کرد.

عملکرد دانه در هکتار و نسبت کاه به دانه: با توجه به اطلاعات بدست آمده از ۵۲ مزرعه بررسی شده در این مطالعه میانگین عملکرد دانه ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و نسبت کاه به دانه ۰/۹ در نظر گرفته شد.

قیمت فروش محصول: برای بررسی مدل در یک دوره ۸ ساله، قیمت فروش گندم بر اساس قیمت فروش آن در سال پایه۱۳۹۲ محاسبه شده است.

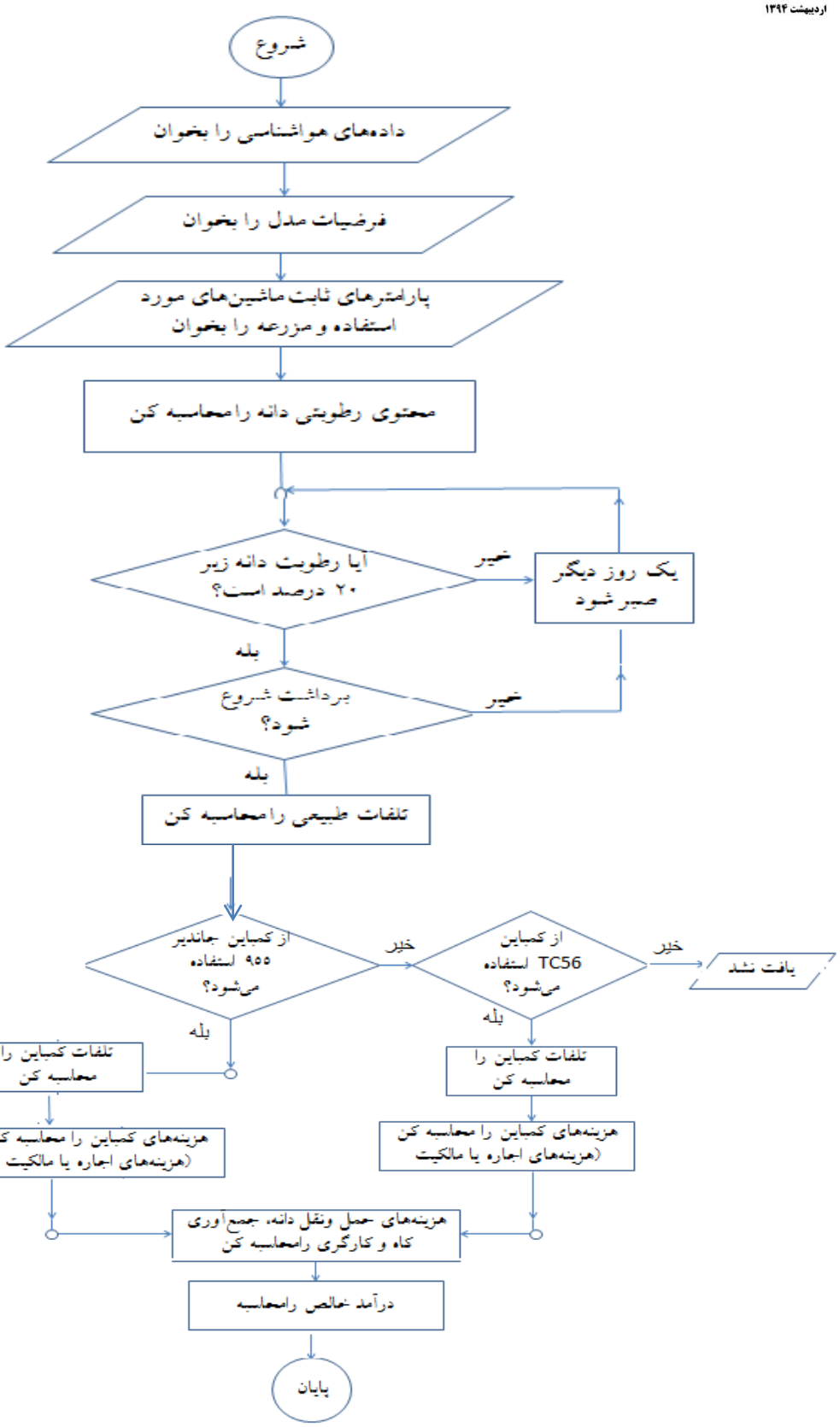
تأخیر به علت بارندگی: در این تحقیق با توجه نظرات کاربران کمباین‌ها، کشاورزان، کارشناسان هواشناسی، بازدیدهای مزرعه‌ای و نوع خاک مزارع گندم خوزستان که از نفوذ پذیری پائینی برخوردارند، لذا بارندگی باعث تاخیر زیادی در عملیات کشاورزی می شوند(جدول ۲).

جدول ۲: تأثیر بارندگی روی تأخیر در برداشت در استان خوزستان (یافته های محقق)

بارندگی (mm)	کم	بین ۲	بین	بین	بیشتر از
تاخیردر بردشت	۰	۱	۳	۴	۵	۷

عملکرد مدل

تمام روابط گفته شده به همراه اطلاعات مورد نیاز دیگر در محیط برنامه نویسی متلب نوشته شد به طوری که هر متغییر با توجه به شرایط مزرعه و نظر مدیر مزرعه به به عنوان یک ورودی قابل تغییر است. این برنامه طوری نوشته شده که به سهولت می تواند مورد استفاده کاربران قرار گیرد و با تغییر در ورودی ها میزان تغییر در خروجی ها (میزان تلفات ، هزینه ها ، درآمد خالص و...) در بدست می آید. مطابق فلوچارت شکل ۱ مدل در ابتدا تمام داده‌های هواشناسی شامل طول روز بر حسب ساعت، بیشینه و کمینه دمای روزانه، رطوبت نسبی هوا و میزان بارندگی را دریافت می‌کند. سایر اطلاعات نظیر اندازه مزرعه، عملکرد محصول، نوع کمباین مورد استفاده، سرعت کمباین و همچنین پارامترهای ثابت مربوط به ماشین‌های مورد استفاده و مزرعه در ادامه کار توسط مدل خوانده می‌شوند. بعد از خواندن ورودی‌ها، مدل محتوای رطوبتی دانه را برای هر ساعت از شبانه روز در کل دوره برداشت محاسبه می‌کند و تعداد ساعت در هر محدوده‌ی رطوبتی را در طول فصل برداشت مشخص می‌کند. اگر رطوبت دانه مناسب برداشت نباشد (۲۰ درصد) ویا شرایط زمین به علت بارندگی اجازه عملیات را ندهد. مدل برداشت را یک روز به عقب می‌اندازد تا زمان مناسب شروع برداشت فرا برسد. بعد از شروع برداشت متناسب با تاریخ برداشت و پارامترهای ورودی مربوط به محصول و کمباین، تلفات طبیعی، تلفات کمباین و تلفات کرت ها و حاشیه‌ها را محاسبه و نمایش می‌دهد. هزینه های اقتصادی برداشت گندم از جمله هزینه‌های کمباین (اجاره‌ای یا مالکیت)، انتقال دانه به مراکز خرید و سیلو، جمع آوری و بسته بندی کاه، انتقال کاه و هزینه های کارگری محاسبه می‌شوند و در نهایت با کسر از فروش محصول، سود خالص مزرعه (بدون احتساب هزینه‌های تهیه زمین، کاشت و داشت) بدست می‌آید.



شکل ۱: فلوچارت مدل شبیه سازی رایانه‌ای سیستم برداشت گندم

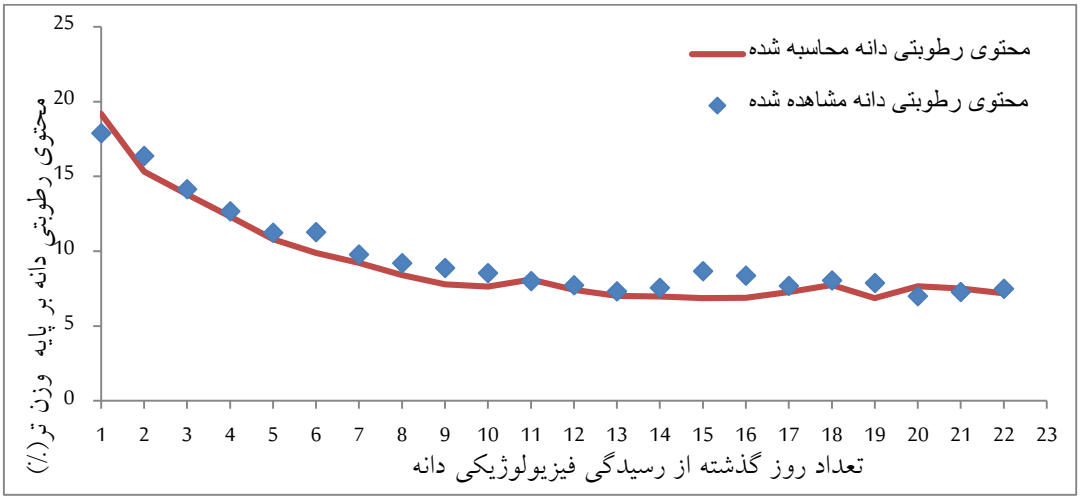
نتایج و بحث

در این قسمت ابتدا زیر مدل‌های تعیین زمان‌های کاری مناسب، تعیین تلفات دانه و اقتصادی که برای توسعه مدل شبیه سازی رایانه‌ای با استفاده اطلاعات آزمایش‌های مزرعه‌ای توسعه یافته‌اند آورده شده است. در ادامه ضمن ارائه نتایج خروجی مدل نهایی، به بحث و تفسیر در مورد نتایج مدل پرداخته شده است.

نتایج استخراج شده از داده‌های محتوای رطوبتی دانه درفصل برداشت نشان داد که تغییرات رطوبت دانه علاوه بر شرایط آب و هوای نسبت به گذشت از زمان رسیدگی واکنش نشان می‌دهند و این تغییرات از لحاظ آماری (در سطح ۱ درصد)معنی دار بود. رابطه محاسبه محتوای رطوبتی دانه در شرایط آب و هوای اهواز با توجه داده‌های محتوای رطوبت دانه جمع‌آوری شده در مزرعه گندم دانشگاه شهید چمران به صورت زیر بدست آمد.

$$M = W_e + Ae^{-\beta t} \qquad (۵$$

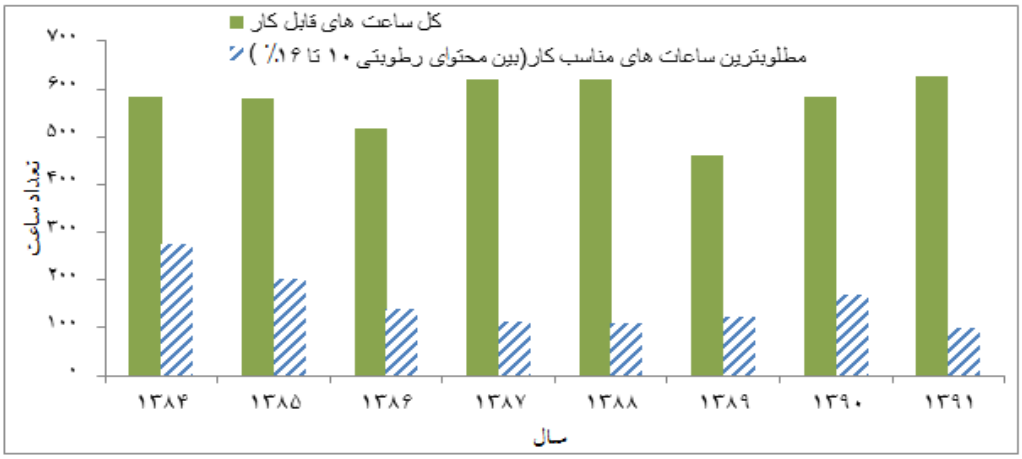
در این رابطه M درصد محتوی رطوبتی دانه و W_e رطوبت به تعادل رسیده با محیط دانه می‌باشد. A (اختلاف رطوبت دانه در ابتدای دوره خشکی از رطوبت به تعادل رسیده با محیط) برابر ۱۴ درصد، β برابر با ۰٫۰۱- و ضریب تبیین($R2$) برابر ۰/۸۶ بدست آمد شد. میانگین درصد خطاهای محاسبات این مدل برای این داده‌ها دو جمع آوری شده در دو مزرعه به ترتیب۹/۵ درصد و ۱۲/۷ درصد بدست آمد شکل ۲ مقایسه نتایج مدل با داده های واقعی مزرعه اول را نشان می‌دهد.



شکل ۲ مقایسه محتوای رطوبتی دانه محاسبه شده توسط مدل و مشاهده شده در مزرعه

.نزمی و همکاران (۲۰۱۰) بهترین محتوای رطوبتی دانه برای برداشت را در سه منطقه گوندی ویندی، اسکادن و تام ورت استرالیا ۱۴، ۱۵ و ۱۷ درصد گزارش کردند. راهاما و علی (۱۹۹۰) رطوبت بهینه برای برداشت گندم در سودان را ۹ تا ۱۴ درصد گزارش دادند. در این مطالعه بر اساس یافته های محقق و توصیه کارشناسان کشاورزی محدوده بهینه برای برداشت گندم در خوزستان بین ۱۰ تا ۱۶ درصد در نظر گرفته شد. در شکل ۴ تعداد کل ساعت های

کاری موجود برای کار و تعداد ساعت بهینه برای برداشت گندم بین محتوای رطوبتی ۱۰ تا ۱۶ درصد در سال‌های مختلف نشان داده شده است. . نتایج مدل رایانه‌ای برای یک دوره ۸ ساله نشان داد که در فصل برداشت به طور میانگین ۵۷۶ ساعت کاری در طول ۴۵ روز برای برداشت گندم وجود دارد، اما تعداد ساعت‌های مناسب برای برداشت به علت افت شدید رطوبت دانه در طول فصل بسیار اندک است. نتایج مشاهدات مزرعه‌ای و مدل شبیه‌سازی نشان داد کمترین تلفات کمباین در محدوده محتوای رطوبتی دانه ۱۰ تا ۱۶ درصد اتفاق می‌افتد(شکل ۳). میانگین کل ساعت‌های کاری موجود در این محدوده رطوبتی دانه در ۸ سال شبیه‌سازی شده جمعاً ۱۵۳ ساعت بدست آمد. این نتایج می‌تواند به عنوان میانگینی برای سال‌های آینده در نظر گرفته شود. از طرفی با پیشرفت شگرف علم هواشناسی در پیش‌بینی اطلاعات هواشناسی تا بیش از یک ماه توسط ماهواره‌ها می‌توان اطلاعات مورد نیاز این مدل برای پیش‌بینی ساعت‌های کاری مناسب را دریافت کرده و برای فصل برداشت سال جدید استفاده کرد.



شکل۳: تعداد کل ساعت‌های کاری موجود و ساعت‌های کاری مطلوب از سال ۱۳۸۴-۱۳۹۱

مدل تعیین تلفات دانه

برای بدست آوردن رابطه پیش بینی میزان تلفات طبیعی بعد از جدا کردن داده های غیر معقول و پرت، دادهای ۴۹ مزرعه باقی ماند. از داده های تلفات طبیعی ۴۱ مزرعه برای ساخت مدل استفاده شد و از داده های ۸ مزرعه که به طور تصادفی جدا شدند برای ارزیابی مدل استفاده شد. به طور کلی میانگین تلفات طبیعی ۲۳/۱۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. تحقیقات مزرعه ای نشان داد مزارعی که با تأخیر برداشت می‌شوند، دارای تلفات مزرعه ای بیشتری می‌باشد. برای بررسی تأثیر متغیر زمان برداشت (تعداد روز گذشته از آغاز فصل برداشت) بر میزان تلفات طبیعی از تحلیل رگرسیون استفاده شد که اثر این متغیر از لحاظ آماری معنی دار گشت.

از این رو با توجه به نتایج پژوهش می‌توان مدل رگرسیونی زیر را برای پیش بینی تلفات طبیعی متناسب با تأخیر در برداشت ارائه داد.

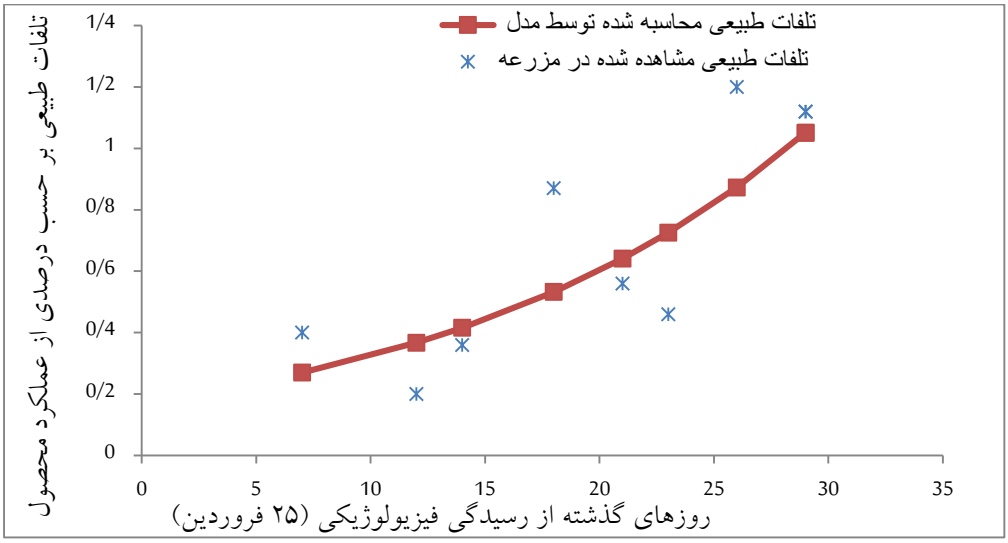
$$nl_w = 0.175e^{(.062t)} \qquad ۶)$$

که در آن:

nl_w تلفات طبیعی گندم (بر حسب درصدی از عملکرد)

t تاریخ برداشت

برای تعیین میزان خطای تقریبی این رابطه در پیش بینی تلفات طبیعی زمان برداشت ۸ مزرعه را که برای مقایسه با مدل به صورت تصادفی از مزارع بررسی شده جدا شده بود در مدل وارده کرده و تلفات طبیعی بدست آمده توسط مدل با تلفات مشاهده شده در این مزارع مقایسه گردید. شکل ۴ تلفات طبیعی محاسبه شده توسط مدل و تلفات طبیعی مشاهده شده در مزرعه را نشان می‌دهد. میانگین خطاهای مشاهده شده در پیش‌بینی تلفات طبیعی توسط این مدل۳۱/۳۶ درصد بدست آمد.



شکل ۴ : مقایسه تلفات طبیعی محاسبه شده توسط مدل و مشاهده شده در مزرعه

مدل تلفات سکوی برش

برای بررسی متغیر وابسته تلفات سکوی برش در کمباین سه متغیر مستقل سرعت پیشروی، عملکرد محصول و رطوبت دانه در نظر گرفته شد. برای تحلیل و پیش بینی تغییر در متغیر وابسته (تلفات سکوی برش) در صورت تغییر متغیرهای مستقل از تحلیل رگرسیون استفاده گردید. که اثر این متغیرها از لحاظ آماری معنی دار گشت .

بر اساس نتایج آماری پژوهش همچنین ضرایب تبیین اصلاح شده مناسب (۸۴ درصد برای کمباین جاندیر ۹۵۵ و۸۱ درصد برای کمباین نیوهلند) می‌توان مدل‌های رگرسیونی خطی زیر را برای تعیین تلفات سکوی برش دو کمباین در صورت کنترل سایر عوامل تأثیر گذار که در این مطالعه بررسی نشدند ارائه داد:

$$CPL_{J955=} 2.93\ e^{-0.106\ P\ +0.42\ S\ -\ 0.11\ GM} \quad (۷$$

$$CPL_{TC56} = 3.5\ e^{-0.14\ P+\ 0.254\ S-0.098\ GM} \quad ۸)$$

که در آن

CPLJ955 درصد تلفات دانه توسط سکوی برش کمباین جاندیر ۹۵۵

CPLTC56 درصد تلفات دانه توسط سکوی برش کمباین نیو هلند TC56

P عملکرد دانه‌ای گندم (تن در هکتار)

S سرعت پیشروی کمباین (کیلومتر بر ساعت)

GM درصد محتوای رطوبت دانه بر پایه وزن‌تر

برای تشخیص میزان خطایی که روابط رگرسیونی مذکور در پیش بینی تلفات سکوی برش دارند تلفات سه کمباین جاندیر و ۲ کمباین TC56 مورد مقایسه قرار گرفت. میانگین خطاهای مشاهده شده برای روابط تلفات سکوی برش کمباین جاندیر و نیوهلند به ترتیب ۲۴ و ۲۷ درصد بدست آمد

تلفات انتهایی کمباین

برای بررسی تلفات انتهایی کمباین نیز دو متغییر نرخ تغذیه(بدست آمده از سرعت پیشروی، عرض مفید برش و عملکرد محصول) و رطوبت دانه در نظر گرفته شد.. که اثر این متغیرها از لحاظ آماری معنی دار شد. بر اساس نتایج پژوهش و همچنین ضرایب تبیین اصلاح شده مناسب (۷۲ درصد برای کمباین جاندیر ۹۵۵ و ۷۷ درصد برای کمباین نیوهلند) می‌توان مدل‌های رگرسیونی نمایی زیر را برای تعیین تلفات انتهایی دو کمباین در صورت کنترل سایر عوامل تأثیرگذار که در این مطالعه بررسی نشدند ارائه داد.

$$BCL_{J955}= 0.04e^{(0.334\,F+0.126\,GM)} \quad (۹$$

$$BCL_{TC56}=0.03e^{(0.17\,F+0.119\,GM)} \quad (۱۰$$

که در آن

BCL_{J955} درصد تلفات انتهایی کمباین جاندیر ۹۵۵

BCL_{TC56} درصد تلفات انتهایی کمباین نیوهلند TC56

F نرخ تغذیه (تن برساعت)

GM درصد محتوای رطوبت دانه بر پایه وزن‌تر

جهت تعیین میزان خطایی که روابط رگرسیونی مذکور در پیش بینی تلفات انتهای سه کمباین جاندیر و دو کمباین TC56 با نتایج این مدل‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. میانگین خطاهای مشاهده شده برای روابط تلفات انتهایی کمباین جاندیر و نیوهلند به ترتیب ۳۵ و ۲۸ درصد بدست آمد.

شکستگی دانه:

در این مطالعه برای بررسی متغیر وابسته میزان شکستگی دانه، دو متغیر مستقل نرخ تغذیه (کل مواد ورودی دانه‌ای و غیر دانه‌ای به کمباین تن بر ساعت) و رطوبت دانه، در نظر گرفته شد که اثر این متغیرها از لحاظ آماری بود. در صورتی که سایر عوامل تأثیر گذار بر شکستگی دانه به خوبی کنترل شوند. بر اساس نتایج جدول ۶ و همچنین

ضرایب تبیین اصلاح شده مناسب (۶۷ درصد برای کمباین جاندیر ۹۵۵ و ۷۳ درصد برای کمباین نیو هلند) می‌توان مدل‌های رگرسیونی خطی زیر را برای تعیین درصد شکستگی دانه دو کمباین ارائه داد:

$$bs_{j955} = e^{(4.31-0.305F-0.321GM)} \quad (11)$$

$$bs_{TC56} = e^{(2.977-0.105F-0.221GM)} \quad (12)$$

نتیجه گیری

بیش از ۹۳۳ مزرعه از مزارع استان خوزستان بالای ۱۰۰ هکتار وسعت دارند که۲۱ درصد وسعت کل مزارع استان را در بر می‌گیرند و غالباً به زیر کشت محصولات سالیانه از جمله گندم می‌روند. برنامه‌ریزی و زمان‌بندی برای برداشت به موقع به مخصوصا در مزارع وسیع از وظایف کشاورزان و مدیران مزارع است. نتایج مدل رایانه‌ای برای یک دوره ۸ ساله نشان داد که در فصل برداشت به طور میانگین ۵۷۶ ساعت کاری در طول ۴۵ روز برای برداشت گندم وجود دارد، اما تعداد ساعت‌های مناسب برای برداشت به علت افت شدید رطوبت دانه در طول فصل بسیار اندک است. نتایج مشاهدات مزرعه‌ای و مدل شبیه‌سازی نشان داد کمترین تلفات کمباین در محدوده محتوای رطوبتی دانه ۱۰ تا ۱۶ درصد اتفاق می‌افتد. میانگین کل ساعت‌های کاری موجود در این محدوده رطوبتی دانه در ۸ سال شبیه‌سازی شده جمعاً ۱۵۳ ساعت بدست آمد. این نتایج می‌تواند به عنوان میانگینی برای سال‌های آینده در نظر گرفته شود. از طرفی با پیشرفت شگرف علم هواشناسی در پیش‌بینی اطلاعات هواشناسی تا بیش از یک ماه توسط ماهواره‌ها می‌توان اطلاعات مورد نیاز این مدل برای پیش‌بینی ساعت‌های کاری مناسب را دریافت کرده و برای فصل برداشت سال جدید استفاده کرد. لذا این نتایج می‌تواند برای برنامه ریزی مدیران و کشاورزان برای کسب آمادگی جهت انجام عملیات برداشت گندم به ویژه در مزارع وسیع مفید باشد و از تلفات محصول در زمان برداشت بکاهد.

نتایج آزمایشات مزرعه‌ای و مدل رایانه‌ای ارائه شده نشان دادند که از مهم‌ترین عواملی که سبب افزایش تلفات دانه می‌شود تاریخ و ساعت برداشت است. بهترین محدوده تاریخ برداشت ۲ تا ۱۵ روز و کمترین میزان تلفات دانه در ۴ روز پس از رسیدگی محصول بدست آمد. بهترین ساعت‌های برداشت در روز در طول فصل برداشت متغیر بود به گونه‌ای که در ابتدای فصل برداشت در ساعات اولیه صبح به دلیل وجود رطوبت بالا تلفات کمباین بیشتر از ساعات میانی روز و بعد از ظهر بود. در حالی با گذشت تقریباً ۲۰ روز پس از رسیدگی، حالت عکس این اتفاق افتاد و در برداشت در ساعت‌های ابتدای صبح تلفات کمتری نسبت به برداشت در ساعات میانی روز و بعد از ظهر داشت و علت این امر افت شدید رطوبت دانه به علت کاهش رطوبت هوا و افزایش شدید درجه حرارت هوا در اردیبهشت ماه در خوزستان بود.

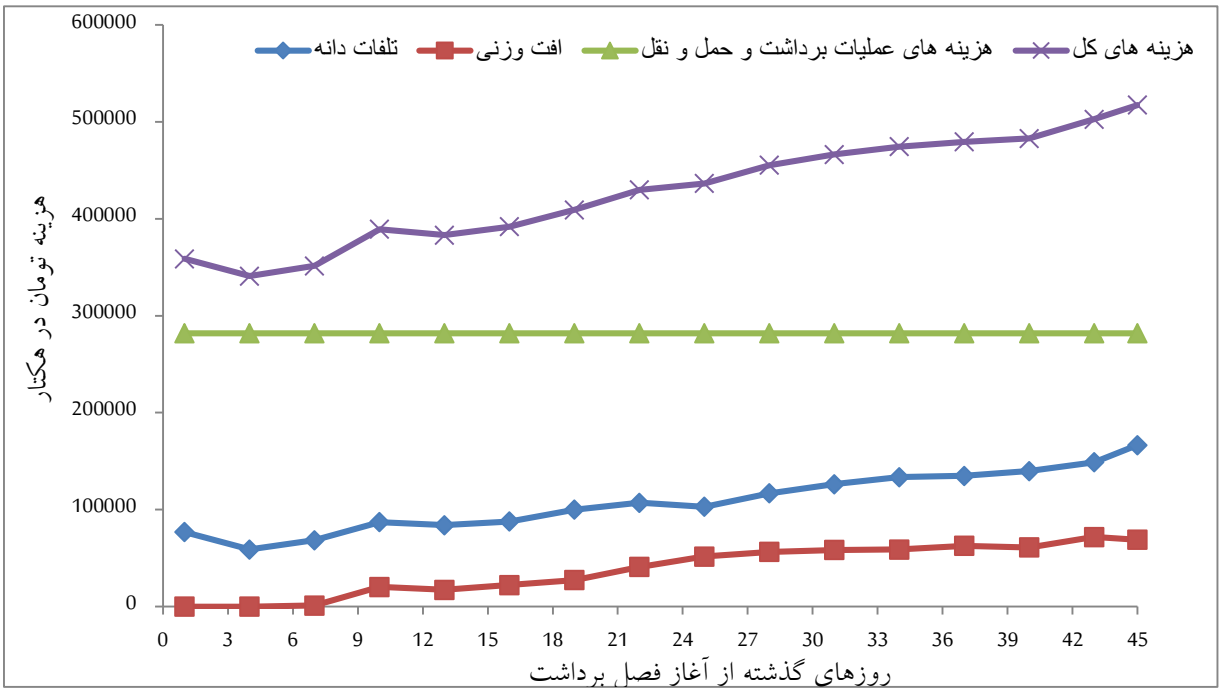
نوع و مدل کمباین انتخابی نیز تأثیر قابل توجهی روی خسارت‌های اقتصادی ناشی از تلفات محصول داشت. کمباین جاندیر در تمام تاریخ‌های برداشت تلفات بیشتری نسبت به کمباین نیوهلند داشت. از آنجا که کمباین نیوهلند دارای

ظرفیت مزرعه‌ای بالاتر از جاندیر است انتخاب این نوع کمباین یا کمباین های مشابه آن در مزارع با وسعت بالا علاوه بر کاهش تلفات معمول، تلفات ناشی از تأخیر در برداشت را کاهش می‌دهد.

از دیگر عوامل مهم تأثیر گذار بر تلفات دانه، سرعت پیشروی کمباین است. در این تحقیق بیشینه سرعت پیشروی مناسب برای برداشت با کمباین جاندیر ۹۵۵ و نیوهلند TC56 به ترتیب ۲/۵ و ۴ کیلومتر بر ساعت بدست آمد. در صورت انجام عملیات برداشت در سرعت‌های بیش از این مقادیر خسارت‌های اقتصادی قابل توجهی به بار خواهد آمد .

میانگین کل هزینه‌های برداشت گندم

متوسط کل هزینه‌های برداشت گندم شامل هزینه‌های عملیات برداشت (اجاره‌بهای کمباین، جمع‌آوری کاه، حمل گندم تا مراکز خرید و هزینه‌های کارگری) و هزینه‌های تلفات دانه (تلفات دانه در هنگام برداشت و افت وزنی ناشی از تاخیر در برداشت به علت کاهش رطوبت دانه) برای دوره ۴۵ روزه فصل برداشت در شکل ۸ آورده شده است. این هزینه‌ها از خروجی مدل رایانه‌ای برای عملکرد متوسط مزرعه ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و استفاده از کمباین جاندیر ۹۵۵ در سرعت پیشروی ۲ کیلومتر بر ساعت در کشت شیاری بدست آمد. هزینه‌های عملیات برداشت و قیمت هر کیلوگرم گندم بر مبنای قیمت سال ۱۳۹۲ در نظر گرفته شد. و هزینه‌های تلفات دانه از میانگین این هزینه‌ها در ۸ سال شبیه‌سازی بدست آمد(شکل ۵).



شکل۵ : میانگین کل هزینه‌های برداشت در طول فصل برداشت

کمینه سطح توجیه کننده مالکیت برای کمباین جاندیر ۳۲۰ هکتار و برای کمباین نیوهلندTC56 ۶۸۳ هکتار بدون در نظر گرفتن هزینه های تأخیر در برداشت بدست آمد. نتایج خروجی مدل رایانه‌ای نشان داد که استفاده از کمباین شخصی برای صاحبان مزارع بزرگ و وسیع به علت بالا بودن هزینه‌های تأخیر در برداشت در استان خوزستان به صرفه نخواهد بود. مگر اینکه در فصل برداشت علاوه بر کمباین شخصی از کمباین های اجاره‌ای کمک بگیرند و کمباین خود را نیز جهت جبران هزینه های مالکیت در مناطقی که فصل برداشت آن‌ها متفاوت است اجاره بدهند

منابع

۱- مصدری، ا. عدالت، م، ح. خلیلی، م، ج. و طاهر پور کلانتری، ح. ۱۳۸۷. پیش بینی تلفات برداشت گندم و تحلیل داده ها به روش مدل متغیرهای موهومی. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، ۶-۷ شهریور ماه، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- نوید، ح. محتسبی، س، س. م، بهروزی لار. ۱۳۸۸. مدل سازی ریاضی نرخ کوبش کمباین ۱۱۶۵جاندیر. مجله دانش کشاورزی. جلد ۱۹. شماره ۲: ۱۹۷-۲۰۵.

3- Abawi, G. Y., 1993. A simulation model of wheat harvesting and dryng in northern australia. Journal of Agricultural Engngeering Research, 54: 141- 158.
4- Asadi, A. M., Akbari, Y., Mohammadi, G. H. and Hossaininia, H, G. 2010. Agricultureal wheat waste management in Iran. Australian
Journal of Basic and Applied Sciences, 4(3): 421-428.
5- Crampin, D. J. and Dalton, G. E. 1971 . The determination of moisture content of standing grain from weather Record. Journal of Agricultural Engineering. 16: 88-91.
6- De Toro, A., Gunnarsson, G., Lundin, G. and Jonsson, N. 2012. Cereal harvesting estrategies and costs under variable weather conditions. Biosystem Engneering. (3): 429 – 439
7- Nazmi, M. W., Chen, G. and Zare, D. 2010. The effect of different climatic conditions on wheat harvesting strategy and return. Biosystems Engineering, 106. 493 – 502.
8- Royce, F, S., Jones, J. W. and Hansan, J. W. 2001. Model – based optimization of crop management for climate forecast applications. Transaction of The ASAE, 44: 1319 -1327.

9- Witney. B. 1995. Choosing and using farm machines. UK: Longman Scientific and Technical, 420 page

نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

Development of a Computer Simulation Model for Reducing Economic Damage of Mechanized Wheat Harvesting in Khuzestan Province of Iran.

Abstract

The aim of this research is to present a simulation model for reducing economic damages of mechanized wheat harvesting according to weather conditions in Khuzestan province and similar areas. The simulated model is composed of three sub-models, determination appropriate working hours, losses grain and economic sub-model. In order to determine appropriate working hours a mathematical model was prepared. For determining of grin losses, 52 fields in the central and Hamidieh county of Ahvaz were selected. Several mathematical models were developed for prediction of The Natural, cutting platform and combine end losses plus the percentage of seed broken. The average of appropriate working hours, according to meteorological information for a period of 8 years was obtained as a result of the computer simulation model run. The maximum acceptable speed for two combines 955 John Deere and TC56 was 2.5 and 4 km per hour respectively. The minimum grain losses happened in 4 days after physiological maturity and the best time ranges for wheat harvesting in Khuzestan was obtained 2 to 15 days after physiological maturity. At the beginning of the harvest season the combine losses in the early hours of day was more than the mid-day time or afternoon due to high moisture of crop but after almost 10 days of physiological maturity, the reverse happened. Results showed that despite the growing costs of delay in harvesting none of the field levels Justify combine ownership employ of rental combines is more cost-effective in any size of fields in Khuzestan province.

Key words: Wheat, simulation model, grain moisture content, combine, harvesting, Losses