

تعیین ترتیب عوامل موثر در مقدارافت کزل الک رویی

علی میرزازاده^{۱*}، شمس‌اله عبدالله پور^۱ و محمد مقدم^۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱۷

۱- گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

۲- گروه به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبه: E-mail: ali.mirzazadeh@tabrizu.ac.ir

چکیده

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی کشور است که نقش عمده‌ای در تامین مواد غذایی دارد. ولی تولید آن در ایران با ضایعات بسیاری همراه است. از این رو هر گونه تلاش در راستای افزایش تولید محصول از طریق کاهش ضایعات مورد توجه می‌باشد. متاسفانه براساس تحقیقات برخی پژوهشگران این عرصه، ضایعات گندم در ایران تا ۲۰٪ و حتی بیشتر نیز گزارش شده است. یکی از راه‌های کاهش افت در کمباین غلات، تفکیک فرآیندها و ارائه مدل ریاضی متناسب برای تک تک آنها بر پایه بررسی و اندازه‌گیری عوامل موثر در افت‌ها است. یکی از این فرآیندهای مهم که تاثیر بسزایی در افت کمباین دارد، مربوط به سیستم تمیزکننده می‌باشد. عملکرد سیستم تمیزکننده با سه فاکتور افت کمی، افت کیفی و ظرفیت کاری آن سنجیده می‌شود. شدت تغذیه مواد، سرعت فن و میزان بازشدگی سوراخ الک رویی از جمله عوامل کاری موثر بر عملکرد بهینه سیستم تمیزکننده می‌باشد. در این راستا، یک آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار با کمباین سهند S۶۸ انجام گرفت. متغیرهای مستقل مد نظر در این آزمایش عبارت بودند از: شدت تغذیه مواد، سرعت فن و میزان بازشدگی سوراخ الک رویی. افت کزل الک رویی نیز به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان دادند که اثر هر دو فاکتور شدت تغذیه مواد و میزان بازشدگی سوراخ الک رویی و اثر متقابل B×C روی میزان افت در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی دار و اثر فاکتور سرعت هوا و سایر اثرات متقابل غیر معنی دار می‌باشند. به طوری که میزان افت با افزایش شدت تغذیه مواد و کاهش میزان بازشدگی سوراخ الک رویی، افزایش یافت. با توجه به معنی دار بودن اثر این دو عامل روی افت و برای بیان رابطه ریاضی متغیرهای مستقل و وابسته در این پژوهش از رگرسیون چند متغیره استفاده گردید. نتایج حاصل از تجزیه واریانس رگرسیون نشان دادند که یک رابطه معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۰۱ بین متغیرهای وابسته و مستقل وجود دارد. در نهایت مناسب‌ترین مدل افت کزل (y_2) به ترتیب زیر برآورد شد:

$$y_2 = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$$

که در آن x_1 ، x_2 و x_3 به ترتیب شدت تغذیه مواد، سرعت فن و میزان بازشدگی سوراخ الک رویی و a_0 ، a_1 ، a_2 و a_3 ضرایب ثابت می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: افت کزل الک رویی، سرعت فن، شدت تغذیه مواد، کمباین، مدلسازی، میزان بازشدگی سوراخ الک

۱- مقدمه

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی کشور است که نقش عمده‌ای در تامین مواد غذایی دارد. ولی تولید آن در ایران با ضایعات بسیاری همراه است. از این رو هر گونه تلاش در راستای افزایش تولید محصول از طریق کاهش ضایعات مورد توجه می‌باشد. قسمت عمده ضایعات گندم در مرحله برداشت رخ می‌دهد. برداشت گندم اغلب توسط کمباین غلات انجام می‌گیرد. با وجود این که میزان متوسط افت کمباین‌ها در کشورهای توسعه یافته ۴ الی ۵ درصد تخمین زده می‌شود، متاسفانه براساس تحقیقات برخی پژوهشگران این عرصه، این مقدار برای کشور ایران تا ۲۰٪ و حتی بیشتر نیز گزارش شده است و این موضوع از نظر

اقتصادی مقرون به صرفه نیست. عوامل متفاوتی مانند تنظیم نبودن کمباین، به هنگام نبودن زمان برداشت، نوع کمباین، نوع بذری، شیب مزارع بر افت گندم در هنگام برداشت مؤثرند (مقدم، ۱۳۸۵). برداشت توسط کمباین غلات چهار مرحله دارد که عبارتند از: برش و جمع‌آوری محصول، کوبیدن مواد، جداسازی دانه از مواد غیردانه‌ای و جداسازی و تمیز کردن دانه‌های آزاد. تمیز کردن آخرین مرحله از جداسازی دانه از مواد غیردانه‌ای می‌باشد که این مواد غیردانه‌ای اغلب از کاه و تکه‌های کوچک کلش تشکیل می‌شود. عملکرد واحد تمیزکننده در سه بخش قابل پیگیری است: ۱- افت کمی دانه که شامل همه دانه‌های آزاد از دست رفته از عقب الک است. ۲- افت کیفی که شامل همه مواد غیردانه‌ای موجود در مخزن دانه را شامل می‌شود و ۳- ظرفیت کاری

پژوهش، نمودارهای توزیع مواد در الک‌های سیستم تمیزکننده کمباین مطابقت بیشتری با نمودارهای توابع توزیع احتمال گاما و بتا دارد. رامبل و لی (به نقل از سرواستاوا و همکاران، ۲۰۰۶)، مدل آبرودینامیکی برای کارکرد الک‌ها ارائه نمودند. کاربرد این مدل برای موقعی است که دانه با حرکت نوسانی سینی به عقب کمباین رانده شده و به تدریج از سوراخ‌های سینی روی الک بالایی پایین ریخته و در این حال تحت تاثیر وزش باد نیز قرار می‌گیرد. ماینل و شوبرت (۱۹۷۱) نیز برای جداسازی دانه از مواد غیردانه‌ای و عبور آن‌ها از سوراخ‌های الک، مدل انتشار همرفتی^۱ را ارائه کردند. این مدل که بعداً توسط بک (۱۹۹۹) توسعه داده شد، فرآیند فیزیکی نفوذ دانه در لایه MOG و جداسازی آن را در سیستم تمیزکننده کمباین تشریح می‌کند. بر پایه این مدل، حرکت‌های عمودی احتمالی دانه در بین لایه MOG، ترکیبی از حرکت‌های غرق شدن ثابت (همرفت) و پراکندگی تصادفی (انتشار) می‌باشد. جرمن و لی (۱۹۶۹) (به نقل از سرواستاوا و همکاران، ۲۰۰۶) اثر فرکانس لرزشی را بر عملکرد الک‌ها گزارش نمودند. دامنه فرکانسی که آن‌ها به کار بردند ۲۶۰-۴۶۰ دور در دقیقه بود. با جریان مواد ۹۰ kg/min، افزایش فرکانس به کاهش چشم‌گیر تلفات دانه‌ای انجامید. البته آن‌ها فرکانس بالا را به سبب ارتعاشات مکانیکی زیاد حاصل از آن-ها، توصیه نمی‌کنند. جرمن و لی همچنین اثر حجم هوا را بر عملکرد واحد تمیزکننده مطالعه نموده و رابطه ریاضی بین حجم هوا و میزان ناخالصی همراه دانه ارائه کردند. بر پایه‌ی این مدل حجم هوا باید متناسب با شدت تغذیه باشد. بوتینگر و کوتزباخ (۱۹۸۷) اثر سرعت پروانه و شدت تغذیه را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج کار این پژوهش به صورت نمودار سه بعدی ارائه گردید. مطابق این نمودار تلفات دانه به نسبت شدت باد و تغذیه تقریباً به صورت نمایی افزایش می‌نماید. نایبرگ و همکاران در سال ۱۹۶۹ (به نقل از سرواستاوا و همکاران، ۲۰۰۶) دریافتند که تلفات تمیزکننده با افزایش سرعت تغذیه MOG و نسبت دانه به کلش زیاد می‌شود. به طوری که هرچه نسبت دانه به کلش زیادتر باشد، اثر شدت تغذیه نیز بالا می‌رود و بالعکس. در مطالعه-ای که توسط لی و وین‌فیلد در سال ۱۹۶۹ (به نقل از سرواستاوا و همکاران، ۲۰۰۶) صورت گرفت، افزایش زاویه زبانه از ۳۰ به ۳۶ درجه (زیاد کردن قطر سوراخ الک‌ها) به کاهش اتلاف دانه‌ای منجر گردید. ولی اثر این زاویه بستگی شدیدی به سایر عوامل هم‌چون شدت تغذیه دارد. سرواستاوا و همکاران (۲۰۰۶) اثر ویژگی گندم و جو را بر ظرفیت تمیز کردن مطالعه نمودند. آن‌ها دریافتند که زاویه اصطکاک اثری منفی بر ظرفیت تمیز کردن دارد. افزایش اصطکاک کاه نیز به کاهش این ظرفیت می‌انجامد. در مقابل، افزایش وزن مخصوص دانه به زیاد شدن ظرفیت تمیزکن منجر می‌گردد. زیاد شدن محتوای رطوبت دانه و کاه، هردو، به کاهش این ظرفیت می‌انجامد. کراسائرتس و همکاران (۲۰۰۷a,b) به منظور بررسی اثرات متقابل فاکتورهای احتمالی موثر بر

سیستم تمیزکننده (سرواستاوا و همکاران، ۲۰۰۶). عوامل متعددی وجود دارند که عملکرد واحد تمیزکننده را تحت تاثیر قرار می‌دهند. این عوامل در چهار بخش شامل عوامل طراحی، شرایط کاری، شرایط محصول و شرایط مزرعه‌ای قابل شناسایی و تفکیک می‌باشند. پژوهشگران در گذشته از مدل‌های مختلفی از جمله مدل‌های تجربی، فیزیکی و آماری در جهت شناسایی و نحوه‌ی تاثیرگذاری این عوامل بر عملکرد واحد تمیزکننده بهره گرفته‌اند. این مدل‌ها ابزاری برای محققین و طراحان برای شبیه‌سازی و بهینه کردن این فرآیند و در نتیجه کنترل اتوماتیک تنظیمات مربوط به آن است. ایراد اساسی وارد به اغلب این مدل‌ها منحصر به فرد بودن آن‌هاست به طوری که اغلب این مدل‌ها تنها در شرایط مخصوص همان آزمایشات معتبر بوده و جای خالی یک مدل جامع و کامل ریاضی برای تشریح عملکرد سیستم تمیزکننده قابل محسوس برای پژوهشگران این عرصه می‌باشد. یک مدل جامع و کامل ریاضی برای واحد تمیزکننده بایستی موارد زیر را تحت پوشش قرار دهد:

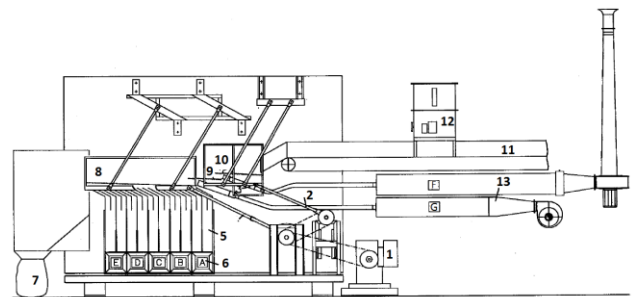
- ۱- جداسازی آبرودینامیکی به وسیله بادزن
 - ۲- حرکت دانه روی الک به وسیله رفتار ارتعاشی سیستم تمیزکننده
 - ۳- حرکت دانه در بین مواد به علت نیروی گراویته و نیروهای مقاومت ایجاد شده توسط کاه و کلش
 - ۴- عبور دانه از سوراخ الک بر پایه تئوری احتمالات
 - ۵- تقابل این شاخه‌ها بر هم (جاگاموهان، ۱۹۸۵).
- با این وجود، ایجاد تنظیمات جدید و تغییرات بخش‌های لازم آن مستلزم تشخیص اجزای کاری کمباین و نیز کمی کردن افت در این اجزا و ارائه مدل ریاضی مناسب می‌باشد. ارائه مدل ریاضی مناسب مزیت‌های زیر را در بر دارد:

- ✓ ایجاد درک جامع از روابط اساسی فرآیندهای فیزیکی
- ✓ کمی کردن پارامترهای فرآیندهای دینامیکی غیر قابل اندازه‌گیری
- ✓ کاهش موثر هزینه‌ها و زمان آزمایش
- ✓ پیش بینی دقت عملکرد واحد در طی گستره وسیعی از تغییرات پارامترها
- ✓ کلیدهای برنامه‌ریزی برای شبیه‌سازی فرآیند دینامیکی و بهینه سازی پارامترهای طراحی و عملیاتی واحد کاری
- ✓ محاسبه اجزاء برای توسعه سیستم کنترل خودکار کمباین برای بهبود عملکرد کلی در عملیات مزرعه‌ای
- ✓ ابزار تحقیقاتی برای بهبود بیشتر طراحی و توسعه واحدهای جدید (میرزازاده، ۱۳۸۸).

مطالعات انجام یافته توسط ویس و همکاران (۲۰۰۷ و ۲۰۰۸)، حکایت از چولگی مثبت و تیزی شدید نمودارهای توزیع مواد جداساده در طول الک نسبت به نمودار توزیع احتمال نرمال دارند. بر اساس این

¹Convection Diffusion Model

کارکرد واحد تمیز کننده (همانند سرعت فن، میزان بازشدگی سوراخ-های الک رویی و زیری، شیب دستگاه، شرایط محصول، میزان تغذیه مواد) و اولویت بندی کردن این فاکتورها از حسگرهای متنوعی روی کمباین مورد آزمایش (Holland CX840 New) استفاده کرده و اقدام به ثبت آنالیز این فاکتورها و افت واحد تمیز کننده نمودند. در این پژوهش افت تمیز کننده در قالب کیفی و کمی در نظر گرفته شد. این پژوهش، که به منظور کنترل اتوماتیک سیستم تمیز کننده با استفاده از تکنیک‌های مدل سازی فازی انجام شده، در نهایت توابعی برای افت کیفی و کمی سیستم تمیز کننده به صورت تابعی از فاکتورهای اولویت-دار پیشنهاد کرد. بعد از شناسایی فاکتورهای موثر اولویت دار در افت الک، کراساژتس و همکاران (۲۰۰۸ و ۲۰۱۰)، هم چنین برای پیش-بینی افت کیفی و کمی تمیز کننده کمباین، مدل پیش بینی غیر خطی با کمک تکنیک مدل سازی فازی ارائه کردند. این مطالعات نشان دادند که افت کیفی بیشتر متأثر از دو فاکتور سرعت بادزن و بار الک رویی و افت کمی بیشتر متأثر از فشار سمت عقب-چپ الک رویی (بار انتهایی الک) می باشد. آن‌ها در این مطالعات در راستای کاهش افت‌های الک و برای کنترل خودکار آن، هر کدام از مدل های غیر خطی مذکور را به سه زیر مدل خطی تبدیل کردند. کوتزباخ (۲۰۰۳) برای مطالعه دقیق واحد تمیز کننده کمباین، نمونه آزمایشگاهی سیستم تمیز کننده ای را در کارگاه پیاده سازی نمود (شکل ۱). نتایج آزمایشات این پژوهش در قالب پارامترهایی مانند شدت جداسازی، نحوه توزیع دانه در طول الک، توزیع تجمعی دانه های جدا شده، دانه های جدا شده و بازده جداسازی بیان شدند. نتایج این پژوهش هم چنین نشان دادند که نمودار توزیع تجمعی و شدت جدا شدن دانه، در حالتی که دانه در بین مواد غیردانه-ای قرار داده می شود، با کمی تاخیر نسبت به حالتی که دانه در زیر مواد غیردانه ای قرار داده می شود، شروع می گردد. لذا در ارایه مدل ریاضی برای جدا شدن مواد در حالت تاخیری اخیر، اغلب از توابع نمایی منفرد با توابع گسترش یافته در نما و یا دو تابع نمایی به صورت تفریقی استفاده می کنند.



شکل (۱): طرح حواره دستگاه تمیز کننده مورد استفاده در کارگاه توسط کوتزباخ (۲۰۰۳)

والس و همکاران (۲۰۰۹)، در راستای اندازه گیری آنالیز افت کیفی سیستم تمیز کننده کمباین و تفکیک MOG از دانه در مخزن کمباین، انتخاب باند رادیویی ماورای طیفی را بر پایه سیستم بینایی چند طیفی

¹Fuzzy logic controller

سپس با در نظر گرفتن اهداف این مطالعه، اندام‌های لازم از جمله سینی دانه، الک رویی و فن رویی و فن شاسی اصلی سوار شدند. شکل ۲ طرحواره نمونه کارگاهی آزمایش تمیزکننده کمباین مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد.

جهت به حرکت در آوردن سینی دانه و الک رویی و در نتیجه ایجاد ارتعاش لازم در آن‌ها، از یک دستگاه تیلر ساخت شرکت میتسوبیشی استفاده گردید. دور موتور تیلر (میتسوبیشی) طوری تنظیم گردید که ارتعاش مورد نیاز الک، همانند آن‌چه در کمباین اتفاق می‌افتد، ایجاد شود. به منظور تامین توان لازم برای به گردش درآمدن فن نیز از یک دستگاه الکتروموتور مجزا استفاده گردید.

نظر به این‌که ایجاد سرعت‌های مختلف فن و اثرات آن روی پارامترهای وابسته در این پژوهش از جمله افت دانه و افت کزل الک رویی از اهداف مطالعه حاضر بود، از یک دستگاه اینورتر جهت ایجاد دوره‌های مختلف برای الکتروموتور و در نتیجه فن استفاده گردید.

برای اندازه‌گیری میزان دانه و کزل جداشده در هر قسمت از الک رویی و همچنین اندازه‌گیری افت در قسمت انتهایی الک رویی، یک عدد سینی جمع‌آوری دانه به ابعاد ۱۶۰×۱۰۲ سانتی‌متر طراحی و ساخته شد به طوری که این سینی به ده سلول مجزا، هر کدام با ابعاد ۱۴×۱۰۲ ، به منظور اندازه‌گیری پارامترهای فوق در طول الک رویی و سلول انتهایی به منظور اندازه‌گیری افت عقب، تقسیم شد. جهت اینکه دیواره‌های سینی تست مانعی برای حرکت آزاد باد ایجاد شده توسط فن نباشد، دیواره‌های کناری و داخلی سینی آزمون از توری ساخته شد. سپس سینی آزمون ساخته شده دقیقاً زیر الک رویی قرار گرفت. شکل ۳ نحوه قرار گرفتن سینی آزمون را زیر الک رویی و نیز نحوه کوپل شدن تیلر به دستگاه آزمون را نشان می‌دهد.



شکل (۲): طرحواره نمونه کارگاهی آزمایش تمیزکننده کمباین و نحوه جمع‌آوری محصول

انسانی عمل نماید و این قابلیت یادگیری به دلیل وجود شبکه عصبی مصنوعی در این سیستم کنترلی ایجاد شد. جاویدی (۱۳۸۴) نیز یک سیستم هشدار دهنده فازی برای کمباین جاندیر ۹۵۵ شبیه‌سازی کرد. این سیستم با استفاده از اطلاعات مربوط به تلفات سیستم بوجاری، هشدارهایی را در مورد تلفات غیراستاندارد به دلیل عدم تنظیمات صحیح سیستم بوجاری و یا سیستم کوبنده و ضدکوبنده، شیب زمین و رطوبت بسیار کم محصول به راننده کمباین می‌دهد. راننده کمباین با برطرف کردن مشکلات مربوطه و یا کاهش شدت تغذیه از بروز تلفات بیش از حد در کمباین جلوگیری می‌کند. مصری گندشمین و همکاران (۱۳۸۸) افت کمی و افت کیفی کمباین را بر اساس متغیرهای عملکرد مزرعه‌ای، رطوبت دانه، ارتفاع بوته، ارتفاع برش، سرعت پیشروی، سرعت دورانی کوبنده، فاصله کوبنده و ضدکوبنده، دور دمنده، میزان باز بودن الک‌ها، رطوبت نسبی پای بوته و دمای پای بوته، به روش شبکه عصبی مدل کردند. زارعی (۱۳۹۱) نیز اثر فاکتورهای شاخص سینماتیک چرخ‌فلک، ارتفاع برش محصول و فاصله افقی و عمودی چرخ‌فلک از شانه‌برش را بر افت دماغه کمباین مورد بررسی قرار داده و یک کنترل-کننده فازی تطبیق پذیر مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از نتایج آزمون‌های مزرعه‌ای، در محیط نرم‌افزار MATLAB طراحی کرد. در این مطالعه کنترل‌کننده طراحی شده در نرم‌افزار SIMULINK شبیه‌سازی و اجرا شد. نتایج شبیه‌سازی مؤید عملکرد رضایت‌بخش کنترل‌کننده مذکور بود.

نظر به مطالعات فوق، از فاکتورهای مهم که بررسی اثرات آن خیلی مهم می‌باشد، اثر شدت تغذیه مواد روی الک است. افزایش شدت تغذیه روی الک کمباین می‌تواند متاثر از دو موضوع باشد:

- ۱- افزایش سرعت پیشروی کمباین
 - ۲- کاهش ارتفاع هد کمباین در حین انجام عملیات برداشت.
- هر دو موضوع فوق علاوه بر افزایش تلفات دانه در واحد کوبنده کمباین و سایر واحدها، سبب افزایش تولید کزل در واحد کوبنده می‌شود (میرزازاده و همکاران، ۱۳۹۰). لذا با در نظر گرفتن موارد اخیر و نیز اهمیت بادزن در عملکرد الک و میزان بازشدگی سوراخ الک رویی، در این پژوهش سعی می‌شود اثرات فاکتورهای شدت تغذیه مواد، بده بادزن و میزان بازشدگی سوراخ الک رویی روی افت کزل الک مورد بررسی و مدل ریاضی مناسب ارائه گردد.

۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش در سه مرحله انجام شد:

۱-۲- آماده‌سازی دستگاه آزمون

در این پژوهش برای اجرای آزمایشات از سیستم تمیزکننده کمباین سه‌پند S۶۸، ساخت شرکت گسترش و توسعه صنعت آذربایجان، استفاده گردید. بدین منظور ابتدا شاسی اصلی کمباین تهیه گردید و

فن و میزان بازشدگی الک رویی انجام می‌گرفت. به عنوان مثال تیمار شماره ۱۶ در تکرار اول (E_1)، تحت شدت تغذیه ۱/۵۶ کیلوگرم بر ثانیه (A_1)، سرعت فن ۶۰۰ دور در دقیقه (B_2) و میزان بازشدگی ۱۰ میلی-متر (C_3) انجام شد.

بعد از هر آزمایش، مواد عبوری از سوراخ‌های الک رویی و ریخته شده در داخل هر سلول به داخل کیسه‌های کوچک پلاستیکی ریخته شدند.

سپس به منظور تفکیک مواد عبوری از سوراخ‌های الک رویی و توزین تک تک آن‌ها، کیسه‌های حاوی مواد به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز منتقل شدند. در این مرحله مواد داخل کیسه‌ها به اجزای تشکیل دهنده‌اش یعنی دانه، کزل و مواد غیردانه‌ای تفکیک و توسط ترازوی دیجیتالی با حساسیت ۰/۰۱ گرم توزین شده و سپس یادداشت گردیدند.

جدول (۱): سطوح مختلف فاکتورهای مورد استفاده در آزمایش

فاکتور	سطح
شدت تغذیه (A)	$A_1 = 1/56 \text{ kg/s}$
	$A_2 = 1/93 \text{ kg/s}$
	$A_3 = 2/33 \text{ kg/s}$
سرعت فن (B)	$B_1 = 450 \text{ rpm}$
	$B_2 = 600 \text{ rpm}$
	$B_3 = 750 \text{ rpm}$
میزان بازشدگی سوراخ الک (C)	$C_1 = 6 \text{ mm}$
	$C_2 = 8 \text{ mm}$
	$C_3 = 10 \text{ mm}$

داده‌های بدست آمده از آزمایشات در نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. داده‌های بدست آمده از میزان درصد افت کزل در کمباین سه‌دند ۶۸ دارای توزیع نرمال و یکنواختی درون تیماری بودند. به همین منظور از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) برای مقایسه مقادیر متوسط تیمارها استفاده گردید (ولی زاده و مقدم، ۱۳۸۶).

۳- نتایج و بحث

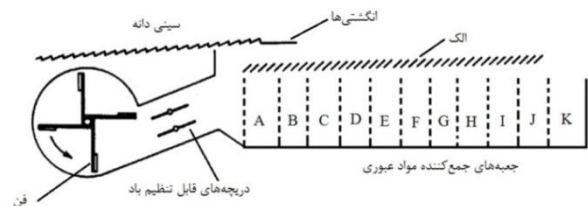
نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر شدت تغذیه (A)، سرعت فن (B) و میزان بازشدگی سوراخ الک (C) روی میزان افت کزل الک رویی در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. اثر هر دو عامل به تنهایی و نیز اثر متقابل $B \times C$ در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار شدند. ولی سایر اثرهای متقابل معنی‌دار نشدند. از این رو علاوه بر نتایج مربوط به اثرات اصلی، اثر متقابل دوگانه $B \times C$ نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نمونه‌برداری آزمایشگاهی از مزارع گندم شهرستان مراغه (مزارع سازمان تحقیقات دیم ایران، مراغه) انجام شد. به منظور شبیه‌سازی بهینه‌ی آزمایشات با عملیات مزرعه‌ای، نمونه‌های آزمایشگاهی از همان نوع کمباین (سه‌دند ۶۸) در حال کار برداشته شد. بدین ترتیب که ابتدا الک رویی و زبری کمباین برداشته شده و فن آن نیز به طور کامل از کار انداخته شد. سپس اندازه‌ی کرت‌های آزمایشی (به طول ۱۰ متر و به تعداد ۸۱) روی مزرعه تعیین گردید. قبل از انجام عملیات برداشت و نمونه‌برداری نیز تمامی تنظیمات کمباین از جمله سرعت پیشروی، سرعت کوبنده و لقی آن و سرعت چرخ و فلک به صورت پیشنهاد راننده (فرد خبره) انجام گرفت. در حین برداشت، تمامی مواد منتقل شده به جایگاه الک‌ها، از طریق هلیس دانه‌بر به مخزن منتقل شده و سپس از آنجا به داخل کیسه‌های پلاستیکی، به منظور حفظ محتوی رطوبت مواد، انتقال داده شد. در نهایت مواد برداشته شده، توسط کامیون، به محل انجام آزمایشات (واحد تحقیق و توسعه شرکت گسترش و توسعه صنعت آذربایجان) منتقل و انبار گردید.

متغیرهای مستقل مورد نظر در این آزمایش‌ها عبارت بودند از:

- ۱- شدت تغذیه (A)
 - ۲- سرعت فن (B)
 - ۳- میزان بازشدگی سوراخ الک رویی (C)
- میزان درصد افت کزل الک رویی به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد که به شکل زیر مورد محاسبه واقع گردید.

$$(1) \quad \text{میزان کل کزل تغذیه شده} \times 100\% = \frac{\text{میزان کزل آخرسول}}{\text{میزان کل کزل تغذیه شده}} = \text{افت کزل (\%)}$$



شکل (۳): نحوه قرارگیری سینی تست زیر الک رویی و نحوه کوبل شدن تیلر به دستگاه تست

۲-۲- نحوه اجرای آزمایش‌ها

آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. جدول ۱ سطوح مختلف انتخاب شده هر تیمار در این طرح را نشان می‌دهد. قبل از شروع هر آزمایش، شناسنامه آن تهیه و سپس محصول از داخل کیسه درآورده شده و به مقدار از قبل تعیین شده توزین می‌گردد. با توجه به شماره آزمایش، تنظیمات لازم به ترتیب روی سرعت

جدول (۲): تجزیه واریانس اثر سه عامل مورد بررسی بر میزان افت کزل الک رویی کمباین سه‌سهند S۶۸

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
شدت تغذیه (A)	۲	۱۶۲/۳۶	۱۲/۷۲**
سرعت فن (B)	۲	۱۶/۶۵	۱/۳۰۴ ^{ns}
میزان بازشدگی سوراخ الک (C)	۲	۱۱۰/۱۹/۱	۸۶۳**
A×B	۴	۱۴/۲۳۴	۰/۵۵۷ ^{ns}
A×C	۴	۱۹/۶۸	۰/۷۷ ^{ns}
B×C	۴	۳۱۵/۳۴	۱۲/۳۴۸**
A×B×C	۸	۳۱/۵۳	۰/۶۱۷ ^{ns}
خطای آزمایشی	۵۲	۳۳۱/۹۷۹	

ns و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

میانگین افت کزل الک رویی در کمباین سه‌سهند S۶۸ در سطوح مختلف عوامل مورد مطالعه در جدول ۳ درج شده است. در این بخش با در نظر گرفتن این موضوع که اثرات دو عامل شدت تغذیه و میزان بازشدگی سوراخ الک روی افت کزل الک رویی معنی‌دار شدند، اثرات مربوط به مقایسه میانگین این دو عامل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

جدول ۳ نشان می‌دهد که بین اثرات هر سه سطح شدت تغذیه اختلاف معنی‌داری وجود دارد به طوری که این اختلاف در بین سطوح اول و دوم و نیز سطوح دوم و سوم در سطح احتمال ۰/۰۵ و بین سطوح اول و سوم در سطح احتمال ۰/۰۱ وجود دارد. مطابق این جدول بیشترین میزان افت کزل با مقدار ۲۷/۳۹ درصد مربوط به سطح سوم شدت تغذیه یعنی ۲/۳۳ کیلوگرم بر ثانیه می‌باشد و این در حالی است که کمترین میزان افت کزل مربوط به سطح اول شدت تغذیه یعنی ۱/۵۶ کیلوگرم بر ثانیه است.

جدول (۳): میانگین میزان افت کزل در الک رویی در سطوح مختلف هر کدام از عامل‌ها

عامل	سطوح عامل‌ها	میانگین
شدت تغذیه	۱/۵۶ (kg/s)	۲۳/۹۳a
	۱/۹۳ (kg/s)	۲۵/۷۴b
	۲/۳۳ (kg/s)	۲۷/۳۹c
سرعت فن	۴۵۰ (rpm)	۲۵/۶۷a
	۶۰۰ (rpm)	۲۶/۲۵a
	۷۵۰ (rpm)	۲۵/۱۴a
میزان باز شدگی سوراخ الک	۶ (mm)	۴۱/۴۴a
	۸ (mm)	۲۲/۰۳b
	۱۰ (mm)	۱۳/۵۹c

هم‌چنین جدول اخیر نشان می‌دهد که با افزایش شدت تغذیه مواد روی الک رویی در کمباین سه‌سهند S۶۸، میزان افت کزل الک رویی افزایش می‌یابد. یکی از دلایل مهم این اتفاق، کاهش احتمال عبور کزل از سوراخ‌های الک رویی در شدت تغذیه‌های بالای مواد می‌باشد. زمانی که شدت تغذیه مواد روی الک زیاد می‌شود، ضخامت مواد روی الک افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه کزل زمان زیادی برای نفوذ در بین لایه مواد و رسیدن به سطح الک به منظور عبور از سوراخ‌های آن نیاز دارد. به عبارت دیگر جداسازی کزل از سایر مواد سخت‌تر می‌شود. این موضوع سبب افزایش افت کزل از عقب الک رویی می‌گردد. از دلایل مهم دیگر افزایش افت کزل در شدت تغذیه‌های بالای مواد روی الک، می‌توان به زمان ماندن کزل روی الک به منظور جداسازی و عبور از سوراخ‌های الک اشاره کرد. بدین طریق که در شدت تغذیه‌های بالای مواد، زمان کمتری در اختیار کزل جهت پیمودن مسیر سطح روی الک از جلوی آن تا انتها وجود دارد و این باعث انتقال سریع مواد و از جمله کزل به عقب الک شده و در نتیجه افت آن افزایش می‌یابد.

همان‌طوری که در مقدمه اشاره گردید، فاکتور شدت تغذیه را می‌توان به منزله‌ی اثرات متفاوت سرعت برداشت محصول و نیز کاهش ارتفاع هد کمباین در حین انجام عملیات برداشت و در نتیجه تغذیه مواد با سرعت‌های متفاوت بر روی سیستم تمیزکننده نیز تفسیر کرد. هر دو موضوع فوق علاوه بر افزایش تلفات دانه در واحد کوبنده کمباین و سایر واحدها، سبب افزایش تولید کزل در واحد کوبنده می‌شود. که این موضوع در بررسی ترکیبی با اثر شدت تغذیه مواد روی افت الک، موجب تشدید افت کزل در الک رویی می‌گردد.

مطابق جدول ۳، بین اثرات هر سه سطح میزان بازشدگی سوراخ الک روی افت کزل، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به طوری که این اختلاف، در بین هر سه سطح، در سطح احتمال ۰/۰۱ وجود دارد که این موضوع می‌تواند به اهمیت بیشتر عامل میزان بازشدگی سوراخ الک نسبت به سایر عوامل بررسی شده در این پژوهش اشاره داشته باشد. جدول اخیر نشان می‌دهد که بیشترین میزان افت کزل در الک رویی با مقدار ۴۱/۴۴ درصد مربوط به سطح اول میزان باز شدگی سوراخ الک رویی و کمترین میزان افت کزل با مقدار ۱۳/۵۹ درصد مربوط به سطح سوم عامل میزان بازشدگی سوراخ یعنی ۱۰ میلی‌متر می‌باشد. مقایسه میانگین سطوح مختلف بازشدگی سوراخ الک روی درصد افت کزل حاکی از آن است که با افزایش میزان بازشدگی سوراخ، درصد افت کزل کاهش می‌یابد. طبیعتاً از جمله دلایل مهم این کاهش افت، افزایش احتمال عبور کزل نفوذ کرده در سایر مواد و رسانده شده به سطح الک می‌باشد. به شکلی که با افزایش میزان گشادگی سوراخ الک که با افزایش سطح مقطع سوراخ الک همراه می‌باشد، احتمال عبور سریع کزل از الک رویی افزایش می‌یابد و این باعث افزایش درصد کزل عبوری شده و یا به عبارت دیگر سبب کاهش افت کزل الک رویی می‌گردد.

همان‌طور که جدول تجزیه واریانس افت کزل (جدول ۲) نشان می‌دهد، عامل سرعت فن روی افت کزل الک رویی معنی‌دار نمی‌باشد. این بدین معنی است که این عامل در قیاس با دو عامل دیگر بررسی شده

X_3 = میزان بازشدگی سوراخ الک رویی (mm)

ضرایب رگرسیون استاندارد شده و استاندارد نشده در جدول ۴ درج شده اند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس رگرسیون رابطه افت کزل الک رویی با متغیرهای مستقل در جدول ۵ آورده شده اند. بین افت کزل الک رویی و فاکتورهای مورد مطالعه یک رابطه خطی معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۰۱ مشاهده شد. به عبارت دیگر می‌توان با استفاده از مدل خطی مذکور، در محدوده کاری انجام شده در این پژوهش، میزان افت کزل را در الک رویی واحد تمیزکننده کمباین مورد نظر بر اساس مقادیر متفاوت شدت تغذیه، سرعت فن و میزان بازشدگی سوراخ الک رویی پیش بینی نمود. ضریب تبیین ($R^2=0/89$) نیز نشان می‌دهد که متغیرهای مستقل مورد نظر قادر به توجیه بخش عمده‌ای از تغییرات متغیر وابسته (میزان افت کزل الک رویی) می‌باشند.

جدول ۴ نشان می‌دهد که ضریب استاندارد میزان بازشدگی سوراخ الک رویی (b_3) بیشترین مقدار را در بین سایر ضرایب دارد. این موضوع اشاره به اهمیت نقش میزان بازشدگی سوراخ الک و یا به عبارت دقیق‌تر نقش عوامل مکانیکی در جداسازی کزل از سایر مواد و کاهش افت آن دارد. به همین ترتیب، تاثیرگذاری متغیر شدت تغذیه مواد بیشتر از دیگر متغیر باقیمانده یعنی سرعت فن می‌باشد. مقدار کوچک‌تر ضریب استاندارد شده و نشده عامل سرعت فن نیز موید این مطلب می‌باشد که در محدوده کاری این پژوهش، سرعت فن و یا به عبارت دیگر عوامل نیوماتیکی در افت کزل الک رویی نقش کم رنگ‌تری دارند.

جدول (۴): ضرایب رگرسیون استاندارد نشده و استاندارد شده مدل ریاضی مربوط به میزان افت کزل الک رویی کمباین سه‌سند S۶۸

ضرایب رگرسیون	ضرایب استاندارد نشده	ضرایب استاندارد شده
عرض از مبدا (b_0)	۷۳/۷۳	
میزان بازشدگی سوراخ الک (b_3)	-۶/۹۶	-۰/۹۴
شدت تغذیه (b_1)	۴/۵	۰/۱۲
سرعت فن (b_2)	-۰/۰۰۲	-۰/۰۲

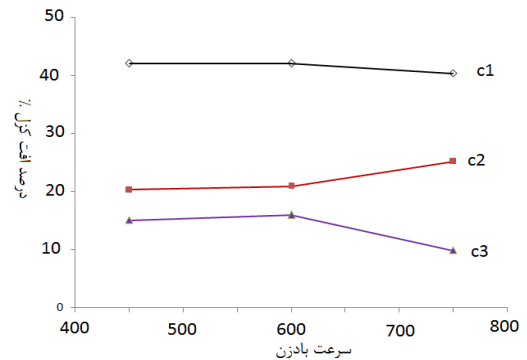
جدول (۵): تجزیه واریانس رگرسیونی مدل ریاضی میزان افت کزل در الک رویی کمباین سه‌سند S۶۸

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
ناشی از رگرسیون	۳	۳۵۴۷/۵۳***
باقیمانده	۷۷	۱۶/۵
کل	۸۰	

***: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۰۱

در این پژوهش نقش چندانی در جداسازی کزل از سایر مواد تغذیه شده به روی الک ندارد. به عبارت دیگر عوامل مکانیکی نسبت به عوامل نیوماتیکی در جداسازی و عبور کزل از سوراخ‌های الک رویی نقش بسزایی دارند. دلیل این موضوع می‌تواند مرتبط با سرعت حد کزل باشد به شکلی که در محدوده سرعت فن بررسی شده در این پژوهش، سرعت هوا کمتر از سرعت حد کزل بوده، لذا تاثیری روی جداسازی کزل از سایر مواد نداشته است. موضوع اخیر می‌تواند در طراحی بهینه الک رویی و نیز اهمیت کنترل میزان کزل تولیدی در کوبنده کمباین مورد تاکید قرار گیرد.

چنانچه قبلاً اشاره شد، اثر عامل سرعت بادزن روی افت کزل معنی‌دار نبود. اما همان‌طور که از نمودار شکل ۴ (نمودار مربوط به اثر متقابل $B \times C$) قابل فهم است، در برخی حالات از جمله میزان بازشدگی سوراخ در سطوح دوم و سوم نوعی تناقض با مطالب فوق مشاهده می‌شود که آن را نیز می‌توان به نوع آشفتگی ایجاد شده روی اندام‌های کاری نسبت داد. لیکن برای صدور قطعی در این خصوص باید آزمایشات زیادی در ارتباط با تاثیر میزان بازشدگی سوراخ الک و سرعت‌های مختلف بادزن روی افت کزل انجام شود تا معادلات رفتاری خود را به خوبی نشان دهد.



شکل (۴): ترکیبات تیماری سرعت بادزن و میزان بازشدگی سوراخ الک رویی در افت کزل مدل رابطه میزان جداسازی با متغیرهای مستقل مورد آزمایش

در این پژوهش برای تعیین ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته، مدل‌های مختلفی مورد ارزیابی قرار گرفتند و در نهایت با توجه به تجزیه واریانس رگرسیونی این مدل‌ها، مدل خطی مناسب تشخیص داده شد که به شرح زیر می‌باشد:

$$y_2 = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \quad (2)$$

که در آن

$$y_2 = \text{میزان افت کزل الک رویی کمباین سه‌سند S۶۸} (\%)$$

$$X_1 = \text{شدت تغذیه مواد (kg/s)}$$

$$X_2 = \text{سرعت فن (rpm)}$$

منابع مورد استفاده

- جاویدی، م. ۱۳۸۴. شبیه‌سازی یک سیستم کنترل‌کننده - هشدار دهنده فازی برای کمباین برداشت غلات. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.
- زارعی، س. ۱۳۹۱. **تصمیم‌سازی و طراحی سیستم کنترل فازی مبتنی بر مدل ریاضی افت دماغه کمباین غلات**. رساله دکتری مهندسی مکانیزاسیون، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
- مقدم، س. ۱۳۸۵. **بررسی افت برداشت گندم در استان آذربایجان شرقی**. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز.
- مصری گندشمین، ت. ۱۳۸۸. **بهینه‌سازی افت کمباین با استفاده از سیستم‌های هوشمند**. رساله دکتری مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
- میرزازاده، ع. ۱۳۸۸. **پیش‌بینی مدل جداسازی مواد در کوبنده کمباین ۶۸۵ سه‌پند**. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
- میرزازاده، ع. ش. عبدالله پور و م. مقدم. ۱۳۹۰. **اثر پارامترهای کاری بر بازده کوبنده به منظور کنترل‌لافت کوبنده**. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۲۱/۲ شماره ۱، ۵۷ تا ۶۷.
- ولی زاده، م. و م. مقدم. ۱۳۸۶. **طرح‌های آزمایشی در کشاورزی، ویراست چهارم**. انتشارات پریور.
- Beck, F. 1999. **Simulation der trennprozesseimmähdrescher**. Fortschritt-Berichte VDI-Reihe 14(92), Dissertation Stuttgart.
- Bottinger, S and H.D. Kutzbach. 1987. **Performance characteristic of a cleaning unit under various crop conditions**. ASAE paper No. 87-1512. St. Joseph, Michigan, USA.
- Craessaerts, C., W. Saeys, B. Missotten and J.D. Baerdemaeker. 2007a. **A genetic input selection methodology for identification of the cleaning process on a combine harvester**, Part I: Selection of relevant input variables for identification of the sieve losses. Biosystem Engineering, 98: 166 – 175.
- Craessaerts, C., W. Saeys, B. Missotten and J.D. Baerdemaeker. 2007b. **A genetic input selection methodology for identification of the cleaning process on a combine harvester**, Part II: Selection of relevant input variables for identification of material other than grain (MOG) content in the grain bin. Biosystem Engineering, 98: 297 – 303.
- Craessaerts, C., W. Saeys, B. Missotten and J.D. Baerdemaeker. 2008. **Identification of the cleaning process on combine harvesters**. Part I: A fuzzy model for prediction of the material other than grain (MOG) content in the grain bin. Biosystem Engineering, 101: 42 – 49.
- Craessaerts, C., W. Saeys, B. Missotten and J.D. Baerdemaeker. 2010. **Identification of the cleaning process on combine harvesters**, Part II: A fuzzy model for prediction of the sieve losses. Biosystem Engineering, 106:97 – 102.
- Jaganmohan, A. 1985. **Agricultural machines: Theory of operation, computation of controlling parameters, and the conditions of operation (Translation)**. Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi.
- Hall J.W. 1992. **Emulating human process control functions with neural networks**. Ph.D. Thesis, Department of mechanical eng. University of Illinois. Urbana Illinois, USA.

- Kutzbach, H.D. 2003. **Approaches for mathematical modelling of grain separation. Proceedings of the International Conference on Crop Harvesting and Processing**, ASABE Paper No. 701P1103e. St. Joseph, Michigan, USA.
- Ma, X. 2003. **Harvester with intelligent hybrid control system**. US patent No. 6553300B2.
- Meinel, A and H. Schubert. 1971. **Zu den Grundlagen der Feinsiebung**. Aufbereitungs-Technik 12(3): 128-133.
- Miu, P.I. 2002. **Mathematical model of threshing process in an axial unit tangential feeding**. Presentation at AIC 2002 Meeting CSAE/SCGR Program. Saskatoon, Saskatchewan, Canada. Paper No. 02-219.
- Miu, P.I and H.D. Kutzbach. 2008a. **Modeling and simulation of grain threshing and separation in threshing units**, Part I. Journal of Computer and Electronics in Agriculture, 60: 96-104.
- Miu, P.I and H.D. Kutzbach. 2008b. **Modeling and simulation of grain threshing and separation in axil threshing units**, Part II. Application to tangential feeding. Journal of Computer and Electronics in Agriculture, 60: 105-109.
- Miu, P.I., P. Wacker and H.D. Kutzbach. 1997. **Mathematical modeling of grain separation process over the length of straw walkers**. ASAE Meeting Presentation, Minneapolis, Minnesota, USA. Paper No. 971062.
- Miu, P.I., P. Wacker and H.D. Kutzbach. 1998. **A comprehensive simulation model of threshing and separating process in axial units**, Part I. Further Model Development. Hohenheim University, Institute of Agricultural Engineering, Stuttgart, Germany. Paper AE98-A-115.
- Omid, M., M. Lashgari, H. Mobli, R. Alimardani and S. Mohtasebi. 2010. **Design of fuzzy logic control system incorporating human expert knowledge for combine harvester**. Expert Systems with Applications, 37: 7080-7085.
- Srivastava, A., C. Goering, R. Rohrbach and D. Buckmaster. 2006. **Engineering principles of agricultural machines**, 2nd ed., St. Joseph, Michigan, USA.
- Voicu, G., T. Casandroi and G. Stan. 2007. **Using the dimensional analysis for a mathematical model to prediction the seeds losses at the cleaning system of the cerials harvesting combines**. Scientific Bulletin, Series D, 69(4): 29-39.
- Voicu, G., T. Casandroi and C. Tarcolea. 2008. **Testing stochastic models for simulating the seeds separation process on the sieves of a cleaning system, and a comparison with experimental data**. Agriculture Conspectus Scientifics, 73(2): 95-101.
- Wallays, C., B. Missotten, J.D. Baerdemaeker and W. Saeys. 2009. **Hyperspectral selection for on-line measurement of grain cleanness**. Biosystem Engineering, 104: 1-7.

Affecting Variables Order in Upper Sieve Return Loss

A. Mirzazadeh^{1*}, S. Abdollahpour¹ and M. Moghaddam²

Received: 13 Jul 2014

Accepted: 8 Mar 2015

¹Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

²Department of Plant Breeding, and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

*Corresponding author: E-mail: ali.mirzazadeh@tabrizu.ac.ir

Abstract

Wheat is the most important crop in Iran and plays main role in the food supply chain. But, its production is associated with high losses. Hence, efforts to increase the production yield by reducing wastes are concerned. Unfortunately, according to some researchers in this field, the combine harvesting loss in Iran is about 20% or higher. One of the ways concerning to loss reduction is separation of harvesting processes and providing a desired mathematical model for them by investing and measuring of important parameters in losses. Cleaning process is one of these processes which has more effect on combine harvester performance. The performance of a cleaning shoe is expressed in terms of (1) grain loss or cleaning efficiency, (2) grain dockage, and (3) cleaning capacity. Material feed rate, fan speed and degree of sieve opening are operation parameters which were used in combine design and evaluating of its performance. In order to evaluate the effect of these parameters on cleaning efficiency, an experiment was conducted in 3×3×3 factorial pattern with randomized blocks design. The independent variables in the experiment were material feed rate, degree of sieve opening and cleaning fan speed. The first two variables and B×C interaction effect had significant effect on cleaning efficiency (P<0.01). But, fan speed and other interaction effects of these variables were not significant. Grain loss increased when feed rate was increased and it decreased when degree of sieve opening was decreased. Multiple regressions were used to express the relation between the dependent and independent parameters. The most compatible model (in the scope of this study) for grain loss (y_2) was: $y_2 = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$ which x_1 , x_2 and x_3 determined the material feed rate, fan speed and degree of sieve opening, respectively and a_0 , a_1 , a_2 and a_3 were constants.

Keywords: Combine harvester, Degree of sieve opening, Grain loss, Fan speed, Material feed rate, Mathematical modeling.