مدل ریاضی افت کمباین

حسین نوید[۱] ، منصور بهروزی لار[۲]، محمود سهرابی[۳]

چکیده

کمباین های غلات امروزی به سطح بالائی از کارکرد دست یافته اند. کارکرد کمباین با سه عامل توان کوبش ، افت کمینه و میزان مصرف سوخت سنجیده می شود. میزان افت ها که مهم ترین آنها می باشد خود به ریزش طبیعی ، افت دماغه (دماغه کمباین) ، افت کوبش و جدایش (غربال ها و الک ها) وافت کیفی تقسیم می شود(در این مقاله به مجموع افت های کوبش و جدایش، افت عقب کمباین گفته خواهد شد). برای داشتن حداقل افت باید فرآیند عمل آوری محصول (برش، کوبش ، جدایش و . . .) بهینه گردد. بیان رفتار کمباین و بخش های آن بصورت ریاضی و اصطلاحاً کمی کردن آن ، اولین قدم در عملی شدن موضوع فوق می باشد. بررسی ها نشان می دهد اغلب محققین از تابع نمائی برای بیان رابطه بین درصد افت محصول و مشخصه های عملکردی کمباین استفاده می نمایند.

شدت تغذیه محصول که خود تابعی از سرعت پیشروی کمباین و کارکرد محصول می باشد و نیز سرعت محیطی کوبنده که آن نیز تابعی از سرعت دورانی و ابعاد کوبنده می باشد از عوامل مهم و موثر در ظرفیت مزرعه ای کمباین می باشد.براین اساس، آزمایشاتی بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی وبا سه تکرار در منطقه قهاوند استان همدان و با کمباین ۱۱۶۵ جاندیر انجام گرفت. آزمون ها شامل دو فاکتور شدت تغذیه محصول به دماغه کمباین و سرعت محیطی کوبنده هر کدام در سه سطح بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر هر دو فاکتور روی افت عقب کمباین در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بوده و اثر متقابل فاکتورها غیر معنی دار بود. با توجه به معنی دار بودن اثر فاکتورها روی افت ، و برای بیان رابطه بین متغیرهای مستقل(شدت تغذیه محصول و سرعت محیطی کوبنده) و متغیر وابسته (درصد افت عقب کمباین) از رگرسیون چند متغیره غیر خطی استفاده گردید و مناسب ترین مدل بصورت

$$loss\% = a_1 + a_2 a_3 e^{xa_2 + ya_3}$$

---

[۱] –دانشجوی دکترای دانشگاه تهران

[۲] – استاد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران

۳– کارشناس شرکت کمباین سازی اراک

برازش شد که در آن a_3, a_2, a_1 ضرایب ثابت بوده و x و y بترتیب شدت تغذیه محصول به دماغه کمباین و سرعت محیطی کوبنده می باشد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس رگرسیونی نشان داد که یک رابطه معنی داری در سطح احتمال ۹۵٪ بین آنها وجود دارد.

واژه های کلیدی: افت کمباین، افت، کوبش،جدایش، مدل ریاضی

مقدمه

کمباین های غلات امروزی به سطح بالائی از کارکرد دست یافته اند. کارکرد کمباین با سه عامل توان کوبش ، افت کمینه و میزان مصرف سوخت سنجیده می شود. میزان افت ها که مهم ترین آنها می باشد خود به ریزش طبیعی ، افت دماغه (دماغه کمباین) ، افت کوبش ،افت جدایش (غربال ها و الک ها) وافت کیفی تقسیم می شود(در این مقاله به مجموع این افت های کوبش و جدایش ، افت عقب کمباین گفته خواهد شد). برای داشتن حداقل افت باید فرآیند عمل آوری محصول (کوبش ، جدایش و . . .) بهینه گردد. یک شیوه اساسی برای بهینه سازی این فرآیند عبارت است از جداسازی فرآیندها و تقسیم آنها به اجزای کوچکتر و بالاخره ساخت یک مدل از سیستم مورد نظر تا بتوان برای افزایش کارکرد داوری بهتر صورت گیرد. بیان رفتار کمباین و بخش های آن بصورت ریاضی و اصطلاحاً کمی کردن آن ، اولین قدم در عملی شدن موضوع فوق می باشد. بر این مبنا ، بر اساس آزمایشات انجام گرفته و نیز تجربیات موجود ، در این مقاله سعی می شود مدلی ریاضی برای افت عقب کمباین ارائه شود.

گردآوری مطالب

تاکنون مدل های مختلفی برای بیان معیارهای عملکردی کمباین ارائه شده اند. *Kumar*(۱۹۷۹) با استفاده از تحلیل آماری داده های بدست آمده از آزمون مزرعه ای مدل هائی را برای پیش بینی افت های مختلف پیشنهاد نمود. *Miu*(۱۹۸۹) با یک مدل نمائی افت جدایش در کمبا ین های با کوبنده محوری را محاسبه کرد.

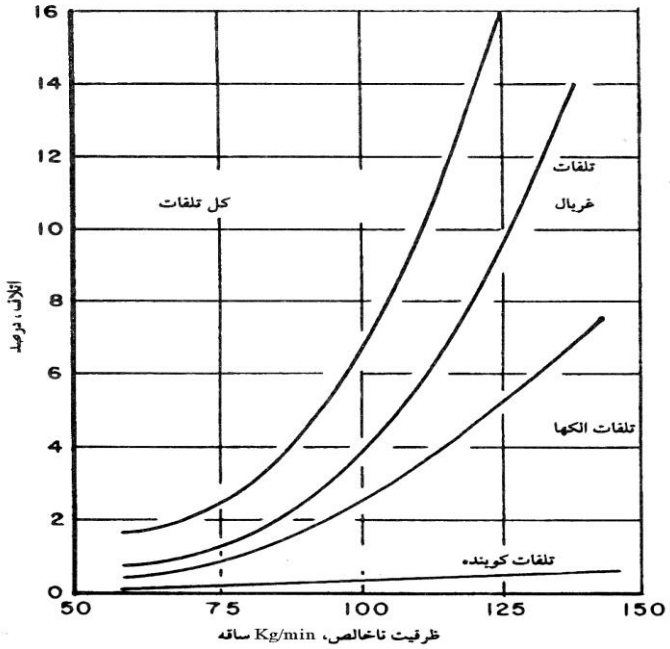
عملکرد سیستم جدایش اغلب با افت جدایش سنجیده می شود. عموماً شدت تغذیه

محصول بالاتر باعث افت بیشتر سیستم جدایش می شود. شکل ۱ رابطه بین شدت تغذیه و افت جداکن را نشان می دهد که توسط *Goss*و همکاران ارائه شده است.برای کاهش بار روی جداکن می توان سرعت پیشروی کمباین را کم کرد و یا ارتفاع شانه برش را زیاد کرد[۱]. با این وجود نباید برای افزایش کمی در بازده جدایش (کاهش افت) نرخ تغذیه را بشدت کاهش داد[۱۰]. *Wang* و همکاران نیز افت دانه در جدایش را بصورت تابعی نمائی بیان نموده و نشان دادند که دو عامل عرض غربال ها و شدت تغذیه محصول جدایش دانه را تحت تاثیر قرار می دهد.

*Reed*و همکاران نشان دادند که جدایش دانه گندم از کاه و کلش می تواند بصورت یک تابع نمائی در طول غربال تعریف نمود. اما مدل آنها تغییرات شدت تغذیه را نشان نمی داد.

سرعت کوبنده و نیز فاصله کوبنده و ضد کوبنده پارامترهای مهمی در افت کوبنده و آسیب دیدگی دانه ها می باشند. سرعت

بالای کوبنده و فاصله کم بین کوبنده و ضد کوبنده افت را کاهش داده ولی آسیب دیدگی دانه ها را بیشتر می کنند[۵]. لازم به ذکر است که میزان کوبش دانه در کوبنده و نیز بازده کوبنده متناسب با میزان ضربه ای است که کوبنده به محصول وارد می کند. این ضربه نیز متناسب با سرعت نسبی محیط کوبنده و محصول می باشد[۲].



شکل۱- رابطه افت ها با شدت تغذیه

۱- مواد و روشها

آزمون ها در منطقه قهاوند استان همدان اجرا شدند. در این طرح ، افت عقب کمباین در نرخ های تغذیه مختلف از نظر سرعت محیطی کوبنده بررسی و اندازه گیری شد. آزمایش بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل شدت تغذیه محصول به دماغه کمباین در سه سطح ۳۳/۳۳، ۴۱/۶۷و ۵۰کیلوگرم در دقیقه و سرعت های محیطی مختلف کوبنده شامل سطوح ۲۸،و ۳۱/۵و۳۵ متر بر ثانیه بودند.

ابعاد کرت های آزمایشی ۴۰×۴/۵ متر بود. بعد از تنظیم دور کوبنده در ابتدای هر کرت آزمایشی ، کمباین شروع به برداشت در طول ۳۰ متر می کرد تا اینکه حرکت مواد و سرعت پیشروی به حالت پایدار برسد. سپس در ادامه کار در داخل هر کرت نسبت به اندازه گیری

افت عقب کمباین و سرعت پیشروی واقعی اقدام می شد.

مشخصه های اندازه گیری شده

اندازه گیری عملکرد خالص مزرعه و سرعت پیشروی

عملکرد مزرعه با استفاده از روش های استاندارد موجود درنقاط مختلف مزرعه اندازه گیری شد و با توجه به اینکه عملکرد در طول و عرض تقریباً یکنواخت بود طرح کاملاً تصادفی انتخاب شد و با عنایت به اینکه نرخ های تغذیه محصول با سرعت پیشروی کمباین ارتباط مستقیم دارد و به دلیل عدم وجود تجهیزات مورد نیاز جهت اندازه گیری شدت تغذیه ، از میزان سرعت پیشروی ، بعد از ۳۰ مترحرکت کمباین و در طول ۱۰ متر بعدی س۲عت پیشروی با استفاده از کورنومتراندازه گیری شد.

اندازه گیری افت

برای اندازه گیری افت عقب کمباین از ۳ قاب مستطیل شکل به ابعاد ۱۴۰×۲۸ سانتی متر استفاده گردید.این قاب ها که قاب های استاندارد شرکت جاندیر برای نمونه برداری هستند در ۱۰ متر چهارم طول حرکت کمباین ، به فاصله ۳ متر و بلافاصله بعد از عبور چرخ های عقب کمباین و در قسمت عقب آن انداخته می شد(شکل ۲). دانه های داخل قاب ها از

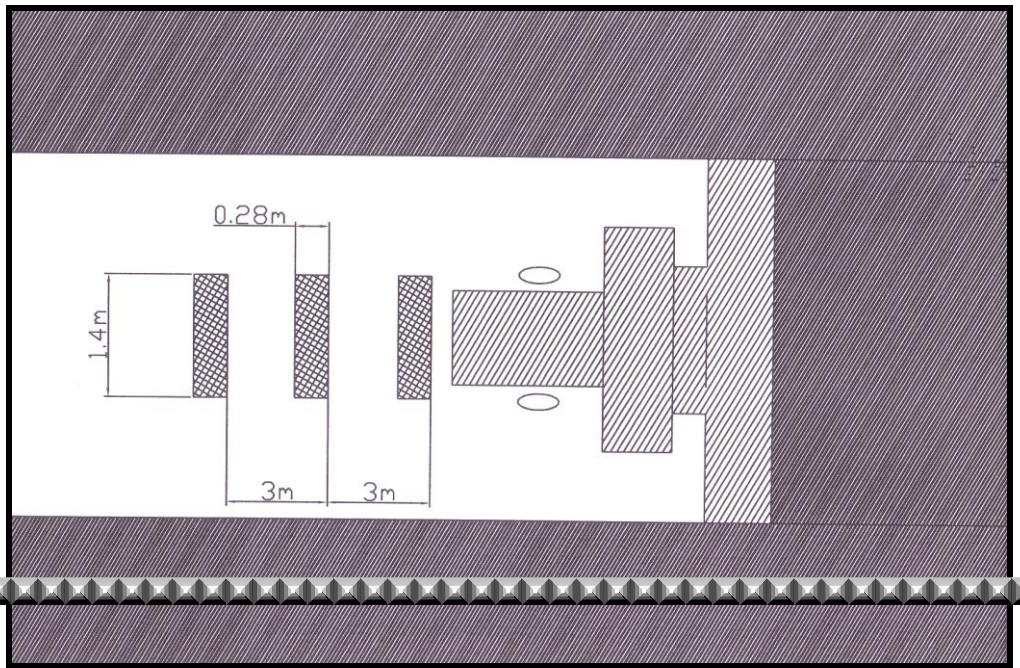
سرعت پیشروی به عنوان عامل بیانگر شدت تغذیه و در سه سطح ۲، ۲/۵و۳ کیلومتر بر ساعت (متناظر با شدت تغذیه ۳۳/۳۳ ، ۴۱/۶۷ و ۵۰ کیلو گرم در دقیقه)استفاده گردید.

همچنین عملکرد محصول در هر کرت نیز با استفاده از روش های استاندارد در سه نقطه از هر کرت بصورت تصادفی اندازه گیری شد.

بقیه مواد جدا و توزین می گردید و سپس با توجه به مقدار عملکرد خالص هرکرت افت عقب کمباین بصورت درصد محاسبه گردید.

تجزیه واریانس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس شدت تغذیه محصول به دماغه کمباین و سرعت دورانی کوبنده روی میزان افت عقب کمباین در جدول ۱ نشان داده شده است. همانگونه که در جدول مشاهده می شود اثر شدت تغذیه محصول و سرعت دورانی کوبنده در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شده است ولی اثر متقابل دوفاکتور معنی دار نیست بدین معنی که فاکتورها مستقل از هم عمل کرده اند.



جدول ۱- خلاصه تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر شدت تغذیه و سرعت محیطی کوبنده روی درصد افت عقب کمباین در برداشت گندم

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
شدت تغذیه محصول	۲	۲/۴۷۴**
سرعت محیطی کوبنده	۲	۵/۷۹۸**
شدت تغذیه × سرعت محیطی کوبنده	۴	۰/۲۵۵*ns*
خطای آزمایش	۱۸	۰/۴۵۲
ضریب تغییرات		۳۲٪/۹

ns : غیر معنی دار

** : اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪

مقایسه میانگین تلفات در نرخ های تغذیه مختلف و نیز سرعت دورانی کوبنده در جدول ۲ نشان داده شده است.

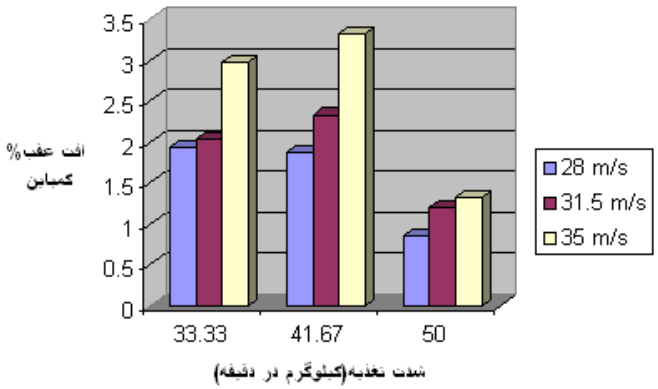
این مقایسه بیانگر آن است که بین نرخ های تغذیه محصول از نظر تأثیر آنها روی درصد افت عقب کمباین اختلاف معنی داری وجود داشته بطوریکه بیشترین میزان افت با مقدار ۲/۶۲۱٪ در شدت تغذیه A۳ و کمترین میزان افت با مقدار ۱/۵۹۷٪در شدت تغذیه A۱ اتفاق افتاده است. ازجمله دلایل بالابودن افت محصول در شدت تغذیه A۳ ، عملکرد ناقص کوبنده می باشد. همچنین با افزایش شدت تغذیه ، ارتفاع محصول در غربال ها بیشتر شده و همه دانه ها فرصت کافی برای عبور از مبان کاه و کلش و نیز سوراخ های غربال را پیدا نمی کنند. همچنین چنانکه در جدول ۲ مشاهده می شود بین سرعت های محیطی کوبنده نیز از نظر تأثیر آنها روی افت عقب

کمباین اختلاف معنی داری وجود دارد بطوریکه بیشترین میزان افت با مقدار ۲/۶۱٪ مربوط به سرعت محیطی $\mathcal{B}$۲ و کمترین آن با مقدار ۱/۱۲۵ مربوط به سرعت محیطی $\mathcal{B}$۳ می باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین درصد افت عقب کمباین در سطوح مختلف هردو فاکتور

فاکتورها	سطوح فاکتورها	میانگین
شدت تغذیه	$\mathcal{A}$۱	۱/۵۹b
	$\mathcal{A}$۲	۱/۹۱۲b
	$\mathcal{A}$۳	۲/۶۲۱a
سرعت دورانی کوبنده	$\mathcal{B}$۱	۲/۳۹۶a
	$\mathcal{B}$۲	۲/۶۱۰a
	$\mathcal{B}$۳	۱/۱۲۵b

مقایسه میانگین درصد افت محصول در ترکیبات تیماری مختلف در شکل ۲ آورده شده است. ملاحظه می شود که حداقل افت در نرخ تغذیه ۳۳/۳۳ و سرعت محیطی ۳۵ متر بر ثانیه حاصل شده است.همچنین حداکثر افت محصول در نرخ تغذیه ۵۰ و سرعت محیطی ۳۱/۵ متر بر ثانیه بدست آمده است.بنابراین نرخ تغذیه ۳۳/۳۳ و سرعت محیطی ۳۵ متر بر ثانیه بهترین ترکیب خواهد بود.



شکل ۳- تغییرات میانگین افت عقب کمباین درسطوح مختلف تیماری

مدل سازی

همچنانکه در گردآوری مطالب آمده است اغلب تجربیات و کارهای انجام بافته در رابطه با مدل سازی افت کمباین بر مبنای رگرسیون غیر خطی استوار می باشند.

برای مدل سازی و پیداکردن ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته از رگرسیون غیر خطی چند متغیره استفاده گردید.مدل های نمائی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت و نهایتاً مدل زیر برای بیان و محاسبه میزان افت عقب کمباین براساس شدت تغذیه محصول و سرعت محیطی کوبنده بدست آمد:

$$loss\% = a_1 + a_2 a_3 e^{xa_2 + ya_3}$$

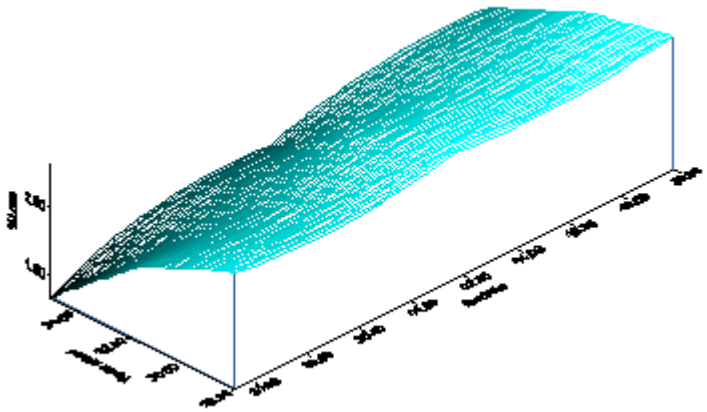
که در آن

a_1=۳/۰۰۵۳۲۲۳۰۳

a_2= -۰/۰۳۶۳۱۸۰۳۷

a_3=۰/۱۹۹۲۷۰۰۷۳

بوده و y و x بترتیب شدت تغذیه و سرعت محیطی کوبنده می باشد. نمودار مدل بالا نیز در شکل ۳ مشاهده میشود.



شکل۳- نمودار رابطه $loss\% = a_1 + a_2 a_3 e^{xa_2 + ya_3}$

تجزیه واریانس رگرسیونی مدل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس رگرسیونی در جدول شماره ۳ آمده است.

مطابق نتایج بدست آمده بین درصد افت عقب کمباین و فاکتورهای مورد مطالعه یک رابطه نمائی معنی داری در سطح احتمال ۵٪ مشاهده می شود.به عبارت دیگرمی توان با استفاده از مدل نمائی فوق الذکر، درصد افت عقب کمباین را براساس مقادیر متفاوت برای نرخ های تغذیه محصول به دماغه کمباین و سرعت محیطی کوبنده پیش بینی نمود.همچنین نتایج حاصل از تجزیه رگرسیونی نشان می دهد که حدود ۷۰٪ افت کلی عقب کمباین توسط دو پارامتر مورد بررسی قابل توجیه است یا به عبارت ساده تر ۷۰٪ افت کلی عقب کمباین وابسته به تغییرات

دو پارامتر مذکور بوده و ۳۰٪ باقیمانده مربوط به سایر منابع می باشد.

جدول۳- تجزیه واریانس رگرسیونی درصد افت عقب کمباین در نرخ های مختلف تغذیه و سرعت های محیطی مختلف محیطی کوبنده

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
ناشی از رگرسیون غیر خطی نمائی	۶	۶/۴۷۷
باقیمانده	۳	۰/۵۷۹۵۵
کل	۹	

* :معنی دار در سطح احتمال ۵٪

منابع

۱- بهروزی لار. منصور،۱۳۸۰، مدیریت تراکتور و ماشین های کشاورزی(ترجمه) ، انتشارات دانشگاه تهران

۲-بهروزی لار.منصور ، ۱۳۷۸. اصول طراحی ماشین های کشاورزی ، ترجمه منصور بهروزی لار. مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی.

3-Gregory,J.M.,1987.Mathematical Relationship Prediction Grain Separation in Combines. Trans. of the ASAE,Vol.30(6), P.1600-1604.

4-Herlitzius.T, 1995,Simulation of Combine Harvester for Analyses and Control of Process ,Ph.D. thesis, Dresden technical university

5-Kumar, R. & John R.Goss,1979.Analysis and Modeling of Alfalfa Seed Harvest Losses.Trans. of the ASAE,Vol. 22,P. 237-242.

6-Miu,P.I.,F.Beck and H.D.Kutzbach,1997.Mathematical Modeling of Threshing and Separation Process in Axial Threshing Units. An ASAE Meeting Presentation, Paper no. 971063.

7-Miu,P.I.,1998.A Comprehensive Simulation Model of Threshing and Separating Process in Axial Units. Part 1.Further Model development ,Paper AE98-A1-475.

8-Miu,P.I.,1998.A Comprehensive Simulation Model of Threshing and Separating Process in Axial Units. Part 2.Mode

9-Nyborg,E.O., H.F. Mecolly and R.T. Hinkk, 1969, Grain Combine Loss Characteristics, Transaction of the ASAE, Vol.12(3): 727-732.

10-Wang,G.,G.C.Zoerb,F.W.Bigsby,1987.A New Concept in Combine Separation Analysis . Trans. of the ASAE,Vol.30(4). P. 899-903.