تعیین مدل رگرسیون ظرفیت انتقال و توان مورد نیاز یک نقاله مار پیچی در آزمایش با چند رقم شلتوک

عزت اله عسکری اصلی اردە[1]، مسعود فاضلی یلسوئی[2]، هادی محمد زاده[2]

1- استادیار دانشگاه محقق اردبیلی 2- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه محقق اردبیلی

ezzataskari@yahoo.co.uk

چکیده

نقاله‌های مارپیچی از جمله تجهیزاتی هستند که برای جابه جایی مواد در مراحل برداشت و بعد از برداشت محصولات کشاورزی به وفور به کار می‌روند. سرعت دورانی مارپیچ و زاویه انتقال از جمله عوامل موثر در توان و انرژی مورد نیاز و ظرفیت انتقال یک نقاله مارپیچی به شمار می آیند. در این تحقیق اثرات عوامل مستقل شامل سرعت دورانی مارپیچ در سه سطح 600، 800، 1000 rpm و زاویه تمایل نقاله در سه سطح شامل صفر، 20، و 40° بر توان مورد نیاز و ظرفیت انتقال نقاله مارپیچی در آزمایش با سه رقم متداول شلتوک در استان گیلان (علی کاظمی، هاشمی و خزر) مورد آزمایش و بررسی قرار گرفت. طول مارپیچ 2 متر، قطر و گام آن به ترتیب، 78 و 50 mm بود. آنالیز داده ها با استفاده از تحلیل رگرسیون ب ه کمک نرم‌افزار spss انجام گرفت. نتایج نشان داد که مدل ظرفیت انتقال نقاله برای سه رقم برنج علی کاظمی، هاشمی و خزر به ترتیب دارای ضرایب همبستگی و ضریب تبیین، معادل0/588 ، 0/346 و 0/873، 0/763 و 0/778، 0/605 و برای مدل توان مورد نیاز به ترتیب 0/957، 0/915و0/968، 0/936 و0/814، 0/662 بوده است. همچنین نتایج نشان داد که ضریب همبستگی عامل سرعت دورانی مارپیچ و زاویه تمایل نقاله در ظرفیت انتقال، درآزمایش با رقم هاشمی دارای بیشترین مقدار (0/873) و همچنین برای توان مورد نیاز نقاله نیز بیشترین ضریب همبستگی در همین رقم (0/968) بدست آمد. همچنین بطور کلی با توجه به مقادیر ضریب β بدست آمده، سرعت دورانی مارپیچ بیشترین تاثیر و اهمیت را در پیشگویی توان مورد نیاز نقاله مارپیچی و ظرفیت انتقال داشته است.

واژه های کلیدی: توان مورد نیاز، شلتوک، ظرفیت انتقال

مقدمه

نقاله های مارپیچی تجهیزاتی هستند که بطور وسیعی برای جابج ایی محصولات دانه ای مخصوصا غلات در سیلوها واحد های فرآوری مورد استفاده قرار میگیرند . عموما این دستگاه از یک الکتروموتور، بخش تغذیه، مارپیچ انتقال ، لوله انتقال و بخش خروجی تشکیل شده است .. الکتروموتور ممکن است در سمت چپ، سمت راست یا در وسط دستگاه نصب گردد. پره مارپیچ ممکن است مضرس یا صاف باشد. مارپیچ انتقال در داخل لوله قرار می گیرد و باعث جابجایی مواد دانه-ای می‌شود. برای تامین توان محرکه مارپیچ از الکتروموتوری که به آن کوپل شده بود، استفاده می شود. دانه‌ها از یک انتهای دستگاه از طریق بخش تغذیه وارد و پس از جابجایی از انتهای دیگر دستگاه از طریق بخش تخلیه خارج می شوند.

عوامل بسیار زیاری مربوط به مشخصات دستگاه از قبیل سرعت دورانی، گام مارپیچ، زاویه تمایل، طول بخش ورودی دستگاه و ویژگیهای محصول شامل جرم حجمی، ضریب اصطکاک داخلی و خارجی در بازده انتقال و توان مو رد نیاز یک نقاله مارپیچی دخالت دارند . تحقیقات بسیاری در این مورد انجام گرفته است . هندرسون و رگان (Henderson and Regan, 1959) در بررسی کلرایی نقاله مارپیچی در انتقال دانه دریافتند که بطور عموم با افزایش سرعت مارپیچ، ابتدا ظرفیت نقاله افزایش و سپس کاهش می یابد. با افزایش سرعت دورانی مارپیچ، بازده حجمی نیز کاهش می یابد. علت این پدیده در سرعت های بالاتر، تاثیر نیروی گریز از مرکز بر حرکت دانه ذکر شده است . همچنین با افزایش زاویه تمایل ظرفیت انتقال دانه کاهش یافته بطوریکه مقدار آن در زاویه تمایل 90 درجه، معادل 30 درصد آن در حالت افقی است . پرسون و برسویت(Person and Brusewits, 1969) گزارش کردند که فاصله بین پره مارپیچ و سطح داخلی محفظه آن، در بازده حجمی موثر است . نیکولای و همکاران (Nicolai *et al.*, 2004) در بررسی عوامل موثر بر کارایی نقاله های مارپیچی با قطر گام 20 و 25 cm ، سرعت 250 الی 1100 rpm و زاویه تمایل 13، 20 و 30 درجه، به این نتیجه رسیدند که در تمام حالات، حداکثر ظرفیت حجمی انتقال در سرعتهای بین 784 و 853 rpm اتفاق می افتد. بولز (Bolz, 1958) به منظور تعیین توان مورد نیاز نقاله های مارپیچی، با توجه به خواص فی زیکی محصولات کشاورزی(جرم حجمی و حداکثر اندازه ذرات) عاملی بنام فاکتور مواد (Material factor) را برای 48 نوع محصول دانه‌ای در قالب یک جدول ارائه داده است . در این روش، ابتدا از حاصل ضرب ظرفیت انتقال (پوند بر ساعت)، طول نقاله و فاکتور مواد ، توان محاسبه شده تعیین و سپس با استفاده از یک شاخص توان مورد نیاز اصلاح شده بدست می آید. رکاگلر و بوید (Rehkugler and Boyd, 1962) از روش تحلیل ابعادی که در آن گروهی از عبارتهای بدون بعد استفاده شده بود، به منظور پیش بینی عملکرد نقاله های مارپیچی استفاده کردند . در مدل مربوطه سرعت دورانی مارپیچ، ضریب اصطکاک داخلی و خارجی دانه و زاویه تمایل مارپیچ مورد استفاده قرار گرفته است . زاویه تمایل و سرعت دورانی مارپیچ از عوامل تاثیرگذار دستگاه و ضرایب اصطکاک از عوامل مربوط به مواد دانه ای است . ویمبرلی (Wimberly, 1983) برای محاسبه توان مورد نیاز نقاله مارپیچی از دو عامل که بستگی طول مارپیچ، نوع یاتاقان، سرعت دورانی، ظرفیت جابجایی و فاکتور خود دانه دارند، استفاده کرد . از بررسی این مقالات نتیجه گرفته می شود که عواملی مثل سرعت دورانی مارپیچ و زاویه تمایل بر توان مورد نیاز و ظرفیت انتقال یک نق اله مارپیچی تاثیر می گذارند. هدف از این تحقیق، بررسی میزان تاثیر هر کدام از عوامل بر توان مورد نیاز یک نقاله مارپیچی و ظرفیت انتقال آن بوده است.

مواد و روشها

در این طرح برای اجرای آزمایشات از مارپیچی با قطر خارجی و گام 78 و 50 mm به طول 2 m استفاده شد. آزمایشات بر روی 3 رقم شلتوک برنج متداول (هاشمی، علی کاظمی و خزر) با محتوای رطوبت 12 الی 13 ٪ w.b. (رطوبت نگهداری) صورت گرفت. برای تحریک مارپیچ انتقال دانه از یک الکتروموتور سه فاز با توان مکانیکی (2 hp) استفاده شد. برای ایجاد تغییر دور در مارپیچ از یک دستگاه اینورتور [1] و برای اندازه گیری توان مورد نیاز از یک دستگاه توان سنج الکترونیکی استفاده شد. دستگاه توان سنج دارای یک نرم افزار بود و برای ثبت و نمایش داده ها به یک

[1] - Inverter

کامپیوتر مربوط می‌شد. هر آزمایش با ریختن 30 کیلو گرم شلتوک به ورودی نقاله و نیز فعال ساختن دستگاه توان سنج (start) و خروج کامل دانه ها در بخش تخلیه دستگاه خاتمه می یافت. در صفحه نمایش توان سنج، توان ثبت شده بر حسب زمان بطور لحظه ای نمایش و بصورت نمودار نشان داده می شد. هر آزمایش 4 بار تکرار می شد. در انتهای هر آزمایش داده های اندازه گیری در یک فایل ذخیره می شد. برای تعیین توان مورد نیاز هر آزمایش، به داده های مربوط به توان بر حسب ثانیه در فایل خروجی دستگاه مراجعه می شد. سپس میانگین توان از لحظه افزایش توان (ریختن دانه به بخش تغذیه) تا رسیدن توان ثبت شده به مقدار حالت بی باری، محاسبه و از توان بی باری کم می‌شد. برای اندازه گیری ظرفیت انتقال نقاله در هر آزمایش، بعد از گذشت 5 الی 7 ثانیه از خروج توده دانه در بخش تخلیه نقاله، فورا یک ظرف بسمت مقطع جریان دانه در بخش خروجی هدایت و بعد از گذشت 10 ثانیه ظرف حامل دانه از مسیر جریان دانه بسرعت کنار زده می‌شد. مقطع جریان دانه در خروجی دستگاه در حدود 2 الی 4 cm بود و توسط فرد همیشه نیم ثانیه زودتر عمل گذاشتن و بر داشتن ظرف اعلام می شد. هر عدد بدست آمده برای تجزیه و تحلیل برحسب (ton/hr) محاسبه و ثبت می‌شد. آزمایشات در سطوح سرعت دورانی مارپیچ 600، 800، 1000، و 1200 rpm و سطوح تمایل مارپیچ 0، 20، 40، 60 و 80 درجه انجام شد بطوریکه 60 تیمار در چهار تکرار برای تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گرفت . برای تجزیه و تحلیل داده بدست آمده از آنالیز رگرسیون استفاده شد.

نتایج و بحث

1- ظرفیت انتقال

نتایج تجزیه رگرسیون داده های حاصل از اندازه گیری ظرفیت انتقال ارقام مورد آزمایش (جدول 1) نشان می‌دهد که برای رقم خزر در مدل اول عوامل پیشگویی کننده مدل شامل ثابت (مدل)، زاویه تمایل نقاله و در مدل دوم عوامل پیشگویی کننده شامل ثابت (مدل)، زاویه تمایل و سرعت دورانی مارپیچ می‌باشد. هر دو مدل ارتباط عوامل مستقل متغیر با ظرفیت انتقال نقاله را به طرز معنی داری بیان می کنند. در مدل دوم مجموع مربعات باقیمانده کمتر از مدل اولی است و در نتیجه مدل دومی دقیقتر از مدل اولی درصد دانه های خرد را پیش بینی می کند. در جدول (2) ضریب هبستگی(R)، ضریب تبیین (R^2) و مقدار اصلاح شده آن و نیز خطای استاندارد شده مربوط به هر مدل ارائه شده است . برای رقم خزر، مدل 1 ظرفیت انتقال را بر اساس زاویه تمایل و یک مقدار ثابت با ضریب همبستگی 0/609 و ضریب تبیین 0/371 پیش‌بینی می کند ولی در مدل دومی عامل سرعت دورانی وارد مدل شده و ضریب همبستگی به مقدار 0/778 و ضریب تبیین به 0/605 افزایش یافته است و توجه به خطای مربوطه دقیقتر است . برای رقم علی کاظمی فقط یک مدل برحسب سرعت دورانی مارپیچ ارائه شده و زاویه تمایل نقاله در پیش بینی ظرفیت نقاله همبستگی معنی داری نداشته است. خطای آزمایش تخمین در مدل مربوط به رقم هاشمی از دو رقم دیگر کمتر است . در ازای هر سه رقم آزمایش شده مدل های پیش بینی کننده ظرفیت انتقال برحسب سرعت دورانی و زاویه تمایل نقاله در جدول 3 ارائه شده است . مقدار ضرایب استاندارد شده (β) مربوط به هر مدل نشان می دهد که در رقم خزر عامل زاویه تمایل بیشترین تاثیر را در مدل ظرفیت انتقال نقاله دارد ولی در رقم هاشمی عامل سرعت دورانی بیشترین تاثیر دار در مدل نهایی دو متغیره داشته و از اهمیت زیادی برخوردار است. در رقم علی کاظمی بخاطر تاثیر غیر معنی دار سرعت دورانی، عامل زاویه تمایل نقاله مارپیچی وارد مدل شده و بر روی اندازه ظرفیت نقاله موثر می‌باشد.

جدول1- آنالیز رگرسیون ظرفیت انتقال (ton/hr) (ارقام خزر، هاشمی و علی کاظمی)

مدل		درجه آزادی (df)	خزر		رقم هاشمی		علی کاظمی	
			میانگین مربعات(MS)	نسبت F	میانگین مربعات (MS)	نسبت F	میانگین مربعات(MS)	نسبت F
1	رگرسیون	1	6/640	20/049**	9/610	57/992**	5/588	0/959
	باقیمانده	34	0/331		0/166		0/311	
	مجموع	35						
2	رگرسیون	2	5/416	25/288**	5/815	53/085**		
	باقیمانده	33	0/214		0/110			
	مجموع	35						

جدول2- خلاصه مدل ظرفیت انتقال نقاله مارپیچی مورد آزمایش در آزمایش با ارقام خزر، هاشمی، علی کاظمی

مدل	خزر			هاشمی			علی کاظمی		
	R	R^2	خطای استاندارد	R	R^2 اصلاح شده	خطای استاندارد تخمین	R	R^2 اصلاح شده	خطای استاندارد تخمین
1	0/609	0/371	0/576	0/794	0/630	0/620	0/588	0/346	0/326	0/558
2	0/778	0/605	0/463	0/873	0/763	0/749	0/3310			

توان مورد نیاز

نتایج تجزیه رگرسیون داده های حاصل از اندازه گیری توان مورد نیاز ارقام مورد آزمایش (جدول 3) نشان می‌دهد.

جدول 3- ضریب β، روابط مدل‌های پیشگویی کننده ظرفیت انتقال و مقدار t استیودنت در آزمایشات با سه رقم خزر، هاشمی و علی کاظمی

ارقام مورد آزمایش		ضریب β	رابطه	مقدار t	
خزر	مدل 1ول	-0/609	$C=۴/۶۷۶-۰/۲۶\alpha$	مقدار ثابت مدل	30/836**
				زایه تمایل α	-4/478**
	مدل دوم	-0/609	$C=۳/۰۰۵-۰/۰۲۶\alpha+۰/۰۰۲n$	مقدار ثابت مدل	7/567 **
		0/484		زایه تمایل α	-5/568**
				سرعت دورانی	4/424**
				مارپیچ	
هاشمی	مدل 1ول	0/794	$C=۰/۷۷۴+۰/۰۰۳n$	مقدار ثابت مدل	2/283*
				سرعت دورانی	7/615*
				مارپیچ	
	مدل دوم	0/794	$C=۱/۰۶۵+۰/۰۰۳n-۰/۰۱۵\alpha$	مقدار ثابت مدل	3/749**
		-0/364		سرعت دورانی	9/367**
				مارپیچ	
				زایه تمایل α	-4/294**
علی کاظمی	مدل اول	0/588	$C=۰/۳۱۳+۰/۰۰۲n$	مقدار ثابت مدل	0/674**
				زایه تمایل α	4/238**

*, ** وابستگی معنی دار بترتیب در سطح احتمال 5٪ و 1٪

جدول4- آنالیز رگرسیون توان مورد نیاز (w) (ارقام خزر، هاشمی و علی کاظمی)

مدل		درجه آزادی (df)	خزر		رقم هاشمی		علی کاظمی	
			میانگین مربعات(MS)	نسبت F	میانگین مربعات (MS)	نسبت F	میانگین مربعات(MS)	نسبت F
1	رگرسیون	1	12220/6	35/01**	44145/96	151/38**	32989/53	85/52**
	باقیمانده	34	349/08		291/63		385/74	
	مجموع	35						
2	رگرسیون	2	7971/4	32/29**	25309/43	242/63**	21092/06	177/54**
	باقیمانده	33	246/87		104/315		118/8	
	مجموع	35						

** معنی دار در سطح احتمال 1٪

نتایج تجزیه رگرسیون داده های حاصل از اندازه گیری توان مورد نیاز نقاله مارپیچی (جدول 1) نشان میدهد که برای رقم خزر در مدل اول عوامل پیشگویی کننده مدل شامل ثابت (مدل)، سرعت دورانی مارپیچ و در مدل دوم عوامل پیشگویی کننده شامل ثابت (مدل) سرعت دورانی مارپیچ و زاویه تمایل می باشد. هر دو مدل ارتباط عوامل مستقل متغیر با توان مورد نیاز نقاله را به طرز معنی داری بیان می کنند. در مدل دوم مجموع مربعات باقیمانده کمتر از مدل اولی است و در نتیجه مدل دومی دقیقتر از مدل اولی توان مورد نیاز را پیش بی نی می کند. در جدول (5) ضریب هبستگی(R)، ضریب تبیین(R^2) و مقدار اصلاح شده آن و نیز خطای استاندارد شده مربوط به هر مدل ارائه شده است.

جدول5- خلاصه مدل توان مورد نیاز نقاله مارپیچی مورد آزمایش در آزمایش با ارقام خزر، هاشمی، علی کاظمی

مدل	خزر				هاشمی				علی کاظمی			
	R	R^2	R^2 اصلاح شده	خطای استاندارد تخمین	R	R^2	R^2 اصلاح شده	خطای استاندارد تخمین	R	R^2	R^2 اصلاح شده	خطای استاندارد تخمین
1	0/712	0/507	0/493	18/684	0/904	0/817	0/811	17/078	0/846	0/716	0/707	19/640
2	0/814	0/662	0/641	15/711	0/968	0/936	0/932	10/213	0/957	0/915	0/910	10/899

در مدل اول برای کلیه ارقام عوامل پیشگویی کننده ثابت مدل و سرعت دورانی مارپیچ با ضریب همبستگی (R) ضریب تبیین(R^2) مذکور ولی در مدل دومی عوامل پبشگویی کننده ثابت مدل، سرعت دورانی مارپیچ و زاویه تمایل مارپیچ می باشد. برای تمام ارقام موردئ آزمایش مقدار ضرایب استاندارد شده (β) مربوط به هر مدل نشان می دهد که عامل سرعت دورانی مارپیچ بیشترین تاثیر را در مدل توان مورد نیاز نقاله دارد و از اهمیت زیادی در پسشبینی مدل توان مورد نیاز نقاله دارد.

جدول 6- ضریب β، روابط مدلهای پیشگویی کننده توان موردنیاز و مقدار t استیودنت در آزمایشات با سه رقم خزر، هاشمی و علی کاظمی

ارقام مورد آزمایش		ضریب β	رابطه	مقدار t	
خزر	مدل 1ول	0/712	$P=۹/۴۲۴+۰/۱۱۳n$	مقدار ثابت مدل	0/605**
				سرعت دورانی مارپیچ	5/9177**
	مدل دوم	0/712 0/393	$P=-۳/۰۳۰۰+۰/۱۱۳n+۰/۶۲۳\alpha$	مقدار ثابت مدل	7/567**
				سرعت دورانی مارپیچ (n)	-5/568**
				زایه تمایل(α)	4/424**
هاشمی	مدل 1ول	0/904	$P=-۸۱/۲۱+۰/۲۱۴n$	مقدار ثابت مدل	2/283*
				سرعت دورانی مارپیچ	7/615*
		0/904		مقدار ثابت مدل	-11/141**

		$P=-۹۷/۶۳۱+۰/۲۱۴n+۰/۸۲۷\alpha$	0/346	مدل دوم	
	سرعت دورانی مارپیچ				20/572**
	زایه تمایل α				7/877**
علی کاظمی	مقدار ثابت مدل	$P=-۶۵/۴۸۶+۰/۱۸۵n$	0/846	مدل اول	-4/001**
	زایه تمایل α				9/248**
	مقدار ثابت مدل	$P=-۸۵/۰۶۲+۰/۱۸۵n+۰/۹۷۹\alpha$	0/846	مدل دوم	-9/096**
	سرعت دورانی مارپیچ(n)		0/447		16/664**
	زایه تمایل(α)				8/797**

**, * اثر معنی دار بترتیب در سطح احتمال 5٪ و 1٪

نتیجه گیری

1- در پیش بینی ظرفیت نقاله برای انتقال شلتوک رقم خزر زاویه تمایل نقاله ولی برای رقم هاشمی و علی کاظمی سرعت دورانی مارپیچ بیشترین تاثیر و اهمیت را دارند.

2- در پیش بینی توان مورد نیاز نقاله برای انتقال شلتوک کلیه ارقام مورد آزمایش، سرعت دورانی مارپیچ نقاله بیشترین تاثیر و اهمیت را دارند.

فهرست منابع

1 - Bolz, H. A. 1958. Materials handling handbook. The Roland Press Co., New York.pp. 325

2 - Henderson, S. M. and Regan, W. M. 1959. Performance characteristics of inclined screw conveyors. Agricultural engineering. 7(1): 47-60.

3- Henderson, S. M. and perry, R. L. 1974. Agricultural process engineering. Library of catalog card number: 54: 12684, pp. 430

4 - Person and Brusewits. 1969. Parametric study of factors influencing screw conveyor throuput and power requirement. Transactions of American Society of Agricultural Engineering. 22(1): 51-59.

5 - Nicolai, r., Ollerich, J. and kelly j. 2004. Screw auger power and throuput analysis. American and biological engineers. 24(8): 68-73.

6 - Ray, T. K. 2004. Mechanical handling of materials. Ubspd(USA), PP. 241

7 - Wimberly, J.E. (1983). Technical Handbook for the Paddy Rice Postharvest Industry in Developing Countries. International Rice Research Institute. pp. 188