

## طراحی، ساخت و بهینه‌سازی دستگاه اندازه بند پیاز زعفران از نوع استوانه دوار

داود قنبریان

استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱

### چکیده

ایران با تولید بیش از ۹۰٪ زعفران دنیا بزرگترین تولید کننده این محصول به شمار می‌رود. تکثیر این گیاه به دلیل عقیم بودن، توسط کاشت پیازهای آن امکان پذیر است. یکی از مشکلات اساسی تولید زعفران، افت شدید عملکرد به دلیل کاشت پیازهای کوچک است. در این تحقیق دستگاه جدیدی برای اندازه‌بندی پیازهای زعفران طراحی و ساخته شده است. دستگاه مورد نظر عبارت است از استوانه دواری که در تمام مساحت جانبی آن از شیارهای طولی با فواصل قابل تنظیم استفاده شده است. این شیارها محل عبور پیازهای کوچک بوده و فاصله بین آنها بر اساس مطالعه خواص فیزیکی پیازها تعیین شدند. پارامترهای مؤثر در عملکرد دستگاه عبارت از سرعت دورانی استوانه (n)، شیب طولی استوانه (α) و نرخ تغذیه (q) بودند. برای تعیین مقادیر بهینه هر یک از این پارامترها از روش سطوح پاسخ (RSM) استفاده شد. نتایج آزمایش‌ها بهینه‌سازی نشان داد که دستگاه در سرعت دورانی ۳۳/۸۵ دور بر دقیقه، شیب استوانه ۴ درجه و نرخ تغذیه ۳۴۰/۱ کیلوگرم بر ساعت می‌تواند پیازهای زعفران را با دقت ۷۹٪ جداسازی نماید.

کلید واژه‌ها: زعفران، پیاز، اندازه‌بندی، استوانه دوار

### مقدمه

کاهش ملموسی داشته است. کاهش عملکرد در ایران دلایل مختلفی دارد که از آن جمله می‌توان به خشکسالی، زمان نامناسب انتخابی جهت کشت، شیوه و زمان نامناسب آبیاری، بالا بودن دوره بهره‌برداری از مزارع (۸ سال و بیشتر) و استفاده کشاورزان از پیازهای کوچک شده مزارع قدیمی به عنوان بذر در مزارع جدید اشاره نمود (امید بیگی و همکاران، ۱۳۸۲؛ مشایخی و لطیفی، ۱۳۷۶؛ صادقی، ۱۳۷۲). در طی سالیان اخیر تحقیقات متعددی تأثیر جرم

زعفران یکی از محصولات با ارزش صادراتی کشورمان است که طی سالیان اخیر به عنوان یکی از منابع مهم درآمد ارزی برای کشور مطرح شده است. ایران با تولید بیش از ۹۰٪ زعفران جهان به عنوان بزرگترین تولیدکننده و صادرکننده زعفران در سطح بین‌المللی مطرح است (حسن بیگی و همکاران، ۲۰۱۰). بر اساس آمار موجود علی‌رغم افزایش تولید، عملکرد تولید در طی سالیان اخیر روند

قنبریان: طراحی، ساخت و بهینه سازی دستگاه ...

محصولات به صورت جداگانه و مستقیم توزین می‌شوند. بدیهی است این نوع دستگاه‌ها از دقت بسیار خوبی برخوردار هستند؛ ولی وجود معیایی از جمله قیمت تمام شده بالا، هزینه‌های زیاد تعمیر و نگهداری و از همه مهم‌تر زمانبر بودن عملیات جداسازی و پایین بودن سرعت کار باعث عدم اقبال کاربران به این دستگاه‌ها شده است. در نوع دوم که به درجه بندی ابعادی معروف هستند، درجه بندی محصول بر حسب جرم، به طور غیر مستقیم و از طریق اندازه‌گیری برخی ابعاد و ویژگی‌های هندسی آن انجام می‌گیرد و به همین دلیل به آنها اندازه‌بند نیز گفته می‌شود. این دستگاه‌ها برای درجه بندی بسیاری از محصولات کشاورزی مانند سیب، پرتقال، سیب‌زمینی، نارنگی و غیره مورد استفاده قرار گرفته‌اند (کلچین<sup>۳</sup>، ۱۹۸۲؛ پلگ<sup>۴</sup>، ۱۹۸۵). دستگاه‌های اندازه‌بند خود به چند دسته قابل تقسیم‌بندی هستند که از بین آنها می‌توان به اندازه‌بندهای تسمه و تخته‌ای (گریفا)، نقاله‌ای سوراخ‌دار، استوانه دوار و غلطک‌های واگرا اشاره کرد (پلگ، ۱۹۸۵). فرهمند و همکاران (۱۳۸۷) برای اولین بار دستگاهی را برای اندازه‌بندی پیاز زعفران طراحی و یک نمونه آزمایشی آن را ساختند. این دستگاه که از نوع گریفای دوار می‌باشد قادر است پیازهای زعفران را با راندمان ۸۹/۱۶ درصد جداسازی نماید. تغذیه دستی و تک تک پیازهای زعفران که باعث پایین بودن ظرفیت کاری می‌شود از جمله مهم‌ترین نقاط ضعف این دستگاه محسوب می‌شود.

### مواد و روش‌ها

#### تعیین مدل‌های رگرسیونی بین جرم و ابعاد پیاز

سه شهرستان عمده تولید کننده زعفران در کشور عبارتند از: گناباد، تربت حیدریه و کاشمر. طبق گزارش حسن‌بیگی و

پیاز کشت شده بر عملکرد محصول را به اثبات رسانده است. پاندی و همکاران<sup>۱</sup> (۱۹۷۹) با کاشت پیازهایی به قطر ۰/۵ تا ۳/۵ سانتی‌متر در یک طرح بلوک کامل تصادفی گزارش کردند که افزایش قطر پیاز زعفران سبب افزایش احتمال رویدن گیاه، تعداد برگ‌ها و درصد گل‌آوری آنها می‌شود. مشایخی و لطیفی (۱۳۷۶) طی تحقیقی استفاده از پیازهایی به قطر بیشتر از ۲/۵ سانتی‌متر (۶ گرم به بالا) را برای رسیدن به حداکثر تولید توصیه نمودند. در تحقیقی که بر روی زعفران شهرستان‌های فردوس و نیشابور در قالب یک طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد، مشخص شد که از طریق اندازه‌بندی و کاشت پیازهای درشت می‌توان در همان سال اول به محصولی رسید که کشاورزان سنتی در سال سوم به بعد به آن دست می‌یابند (امیدیگی و همکاران، ۱۳۸۲). تحقیق انجام شده توسط صادقی (۱۳۷۲) نشان می‌دهد که در بین عوامل مؤثر در کاهش عملکرد زعفران، تاثیر استفاده از پیازهای کوچک بیش از سایر عوامل می‌باشد. این محقق با پایین دانستن احتمال گل‌آوری پیازهای زیر ۴ گرم، کاشت پیازهای بالاتر از ۵ گرم را توصیه نموده است. کشاورزان معمولاً پیازهای زعفران را توسط دست جدا می‌کنند که این کار هزینه کارگری بالایی دارد، به علاوه کنترل کمی بر وزن پیازها وجود دارد (فرهمند و همکاران، ۱۳۸۷؛ کوچکی<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴). در چنین شرایطی جداسازی پیازها با استفاده از یک دستگاه مکانیکی ساده و ارزان که قابلیت کار در مزارع ایران را دارا باشد، بسیار مفید خواهد بود. به طور کلی برای درجه بندی محصولات کشاورزی بر مبنای جرم، دو نوع دستگاه جداکننده مورد استفاده قرار می‌گیرند. در نوع اول که درجه‌بندهای جرمی یا وزنی نام دارند هر یک از

3- Kolchin  
4- Peleg

1- Pandey *et al.*  
2- Koocheki

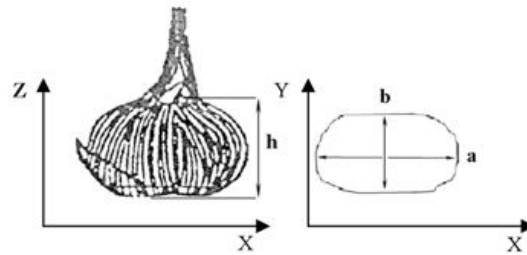
که با توجه به دانش فنی و توان اقتصادی، قابلیت استفاده توسط کشاورزان را داشته باشد. دسترسی به راندمان بالا و رعایت سادگی طرح مستلزم انجام تغذیه به صورت دستی توسط سبدهای ۱۰ تا ۱۵ کیلوگرمی است. انجام تغذیه با این روش به وضوح فرآیندی غیر یک‌نواخت و ناپیوسته است. مرور تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که در بین دستگاه‌های اندازه‌بند ابعادی، عملکرد دستگاه‌های مجهز به استوانه دوار کم‌ترین تاثیر را از نظر عدم یک‌نواختی تغذیه می‌پذیرند (قنبریان و همکاران، ۲۰۱۰). از طرف دیگر چون پیازهای زعفران به دلیل دارا بودن شکل منحصر به فرد (دو سر پهن بودن به همراه دم) به راحتی بر روی سطوح اندازه‌بندی حرکت نمی‌کنند، طراحی دستگاه باید به گونه‌ای باشد که بر این مشکل نیز غلبه نماید. لذا با توجه به موارد ذکر شده، در این تحقیق از استوانه دوار مجهز به شیارهای طولی استفاده شد. با توجه به تحقیقات انجام شده توسط سایر محققین، دستگاه باید قادر باشد پیازها را به دو گروه با وزن‌های بزرگتر از ۵ گرم و کوچکتر از آن جدا کند (فرهمند و همکاران، ۱۳۸۷؛ صادقی، ۱۳۷۲). برای تعیین اندازه گذرگاه‌های سورتینگ به نحوی که پیازهای سبکتر از ۵ گرم بتوانند از بین آنها عبور نمایند، از روش ارائه شده توسط کلچین (۱۹۸۲) استفاده شد. در این روش میانگین‌ها ( $\mu_1$  و  $\mu_2$ ) و انحراف معیارهای ( $\sigma_1$  و  $\sigma_2$ ) بُعدی که بیش‌ترین همبستگی را با جرم پیازها دارد برای دو گروه جرمی مورد نظر (کم‌تر و بیش‌تر از ۵ گرم) تعیین شده و سپس با استفاده از رابطه ۱ فاصله مورد نیاز ( $X_{12}$ ) محاسبه شد (کلچین، ۱۹۸۲؛ پلگ، ۱۹۸۵).

همکاران بین چهار خاصیت فیزیکی جرم ( $M$ )، ارتفاع ( $h$ )، قطر بزرگ ( $a$ ) و قطر کوچک ( $b$ ) در پیازهای زعفران هر یک از این سه شهرستان تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود ندارد (حسن‌بیگی و همکاران، ۲۰۱۰). به همین دلیل برای انجام آزمایش‌های مقدار ۲۰ کیلوگرم پیاز زعفران از مزرعه‌ای در منطقه کاشمر در استان خراسان رضوی تهیه و به آزمایشگاه خواص فیزیکی دانشگاه شهرکرد منتقل گردید. تعداد ۲۰۰ عدد از پیازها به طور تصادفی انتخاب و پوشینه‌ها<sup>۱</sup> و زواید آن‌ها به طور کامل با دست برداشته شد و سپس جرم و سه بعد عمود بر هم هر یک از آنها اندازه‌گیری گردید (شکل ۱). ابعاد پیازها شامل ارتفاع ( $h$ )، قطر بزرگ ( $a$ ) و قطر کوچک ( $b$ ) با استفاده از یک کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر، و جرم آن‌ها ( $M$ ) توسط یک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. از آنجا که برای انتخاب نوع دستگاه اندازه‌بندی، تعیین همبستگی بین ابعاد مختلف محصول با جرم آن ضروری است، لذا با استفاده از نرم‌افزار اکسل ۲۰۰۳ مدل‌های مختلف رگرسیونی تک متغیره بین جرم و هر یک از سه بعد مورد نظر، بررسی و ضرایب تعیین آنها محاسبه شد.

### ملاحظات طراحی و ساخت

در شرایط مطالعه حاضر که هدف از درجه‌بندی، جداسازی محصولات بر مبنای وزن آنها است، دقیق‌ترین روش، توزین جداگانه و تک تک هر یک از پیازهای زعفران است. از آنجا که چنین دستگاهی علاوه بر حساسیت قطعات به کار رفته در آن دارای قیمت اولیه زیادی نیز خواهد بود، درجه‌بندی غیر مستقیم با استفاده از اندازه‌بندی ابعادی در دستور کار قرار گرفت. دستگاه مورد نظر باید دارای ساختمان ساده، قیمت مناسب و راندمان بالا باشد، به نحوی

قنبریان: طراحی، ساخت و بهینه سازی دستگاه ...



شکل ۱- پیاز زعفران و سه بعد عمود بر هم آن

$$X_{12} = \left[ \frac{\mu_2 \sigma_1^2 - \mu_1 \sigma_2^2}{\sigma_1^2 - \sigma_2^2} \right] \pm \left[ \left( \frac{\mu_2 \sigma_1^2 - \mu_1 \sigma_2^2}{\sigma_1^2 - \sigma_2^2} \right)^2 - \frac{\mu_2^2 \sigma_1^2 - \mu_1^2 \sigma_2^2 - 2\sigma_1^2 \sigma_2^2 \ln\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_2}\right)}{\sigma_1^2 - \sigma_2^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

بین میله‌ها رد شده و در سبد زیر استوانه جمع‌آوری می‌شوند در حالی که پیازهای درشت با حرکت در طول استوانه از انتهای آن خارج و در سبد مخصوص دیگری جمع‌آوری خواهند شد. برای انتخاب الکتروموتور مورد نیاز، نخست مجموع گشتاورهای دورانی مقاوم از رابطه زیر تعیین شد (موتابی، ۱۳۸۲):

$$\sum T_0 = \alpha \sum I_0 \quad (2)$$

که در آن:

$\sum T_0$  - مجموع گشتاورهای مقاوم حول محور دوران،

N.m

$\sum I_0$  - مجموع ممان‌های اینرسی حول محور دوران،

Kg.m<sup>2</sup>

$\alpha$  - شتاب زاویه‌ای، Rad/s<sup>2</sup>.

برای محاسبه  $\sum I_0$ ، نخست با استفاده از رابطه ۳ ممان

اینرسی استوانه دوار، شفت، پولی‌ها و پیازهای داخل استوانه

تعیین و سپس با یکدیگر جمع شدند.

شکل ۲- الف تصویر واقعی از دستگاه ساخته شده را نشان می‌دهد. قسمت اصلی دستگاه، استوانه دواری به طول ۸۰۰ میلی‌متر است که از دو حلقه فولادی با قطر داخلی ۶۰۰ میلی‌متر و تعدادی میله فولادی با قطر ۶ میلی‌متر به عنوان سطح جانبی استوانه تشکیل شده است. طول، عرض و ارتفاع شاسی دستگاه به ترتیب ۱۰۰۰، ۹۰۰ و ۸۰۰ میلی‌متر می‌باشد که از قوطی‌های ۴۰×۲۰ میلی‌متر ساخته شد. برای تنظیم فاصله بین میله‌ها که نقش گذرگاه اندازه‌بندی را ایفا می‌کردند، شیارهایی توسط دستگاه تراش مجهز به کامپیوتر با کنترل عددی<sup>۱</sup> دور تا دور هر یک از حلقه‌ها ایجاد شد. میله‌های فولادی توسط پیچ و مهره و با فواصل یکسان در داخل شیارها ثابت شدند (شکل ۲- ب). پیازهای زعفران توسط سبدهایی با ظرفیت ۱۰ کیلوگرم به درون دستگاه ریخته شده و با حرکت در داخل استوانه دوار به دو درجه اندازه‌بندی می‌شوند. پیازهای ریز (کوچکتر از ۵ گرم) از

1- Computer numerical control (CNC)

امکانات موجود، از یک دستگاه الکتروموتور ۰/۵۵ کیلووات سه فاز برای تامین حرکت دورانی استوانه دوار استفاده شد. برای انتقال قدرت از الکتروموتور به استوانه دوار، سیستم تسمه و پولی انتخاب و قطر پولی‌های مربوط به الکتروموتور و محور استوانه دوار به ترتیب  $d=128$  و  $D=278$  میلی‌متر تعیین شدند. فاصله بین مراکز پولی‌های محرک و متحرک (C) باید در رابطه (۵) صدق کند (شادروان، ۱۳۸۵):

$$D \leq C \leq 3(D+d) \quad (5)$$

با توجه به توان الکتروموتور و استانداردهای موجود تسمه نوع A با طول ۱۷۲۷ میلیمتر انتخاب و فاصله مرکز به مرکز دو پولی نیز  $C=670$  میلیمتر در نظر گرفته شد.

$$I_o = \frac{(T_1 - T_2) \times r}{I_o} \quad (3)$$

در رابطه فوق  $m$  جرم جسم بر حسب کیلوگرم و  $r$  شعاع آن بر حسب متر می‌باشد. برای تعیین شتاب زاویه‌ای  $\alpha$  از رابطه زیر استفاده شد:

$$\alpha = \frac{(T_1 - T_2) \times r}{I_o} \quad (4)$$

که در آن:

$T_1$  و  $T_2$  - نیروهای کششی در هر یک از شاخه‌های تسمه،  
N  
- شعاع شفت،  $m$

پس از انجام محاسبات، مجموع گشتاورهای پیچشی مقاوم از رابطه ۲ برابر  $T_0=11 \text{ N.M}$  تعیین و با توجه به



ب



الف

شکل ۲- الف) تصویر واقعی دستگاه ب) سطح اندازه‌بندی شامل میله‌های فولادی با فواصل قابل تنظیم.

قنبریان: طراحی، ساخت و بهینه سازی دستگاه ...

### بهینه سازی<sup>۱</sup>

پارامترهایی که اغلب برای بهینه‌سازی ماشین‌های اندازه‌بند ابعادی به کار می‌روند عبارتند از: دقت اندازه‌بندی، راندمان و صدمات مکانیکی وارده به محصول در طی اجرای عملیات (قنبریان و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به محصول مورد نظر و نوع دستگاه انتخاب شده، دقت اندازه‌بندی دستگاه به عنوان پارامتری که بایستی به بالاترین مقدار ممکن برسد انتخاب گردید. برای محاسبه دقت اندازه‌بندی ماشین از رابطه‌ی زیر استفاده شد (کلچین، ۱۹۸۲):

$$y = \frac{\sum_{i=1}^N m_i}{m_t} \times 100 \quad (6)$$

که در آن:

$Y$  - دقت اندازه‌بندی (%)

$N$  - تعداد سائزهای مورد نظر

$m_i$  - جرم پیازهای سائز  $i$  که به درستی در سبد مربوطه جدا شده‌اند (kg)

$m_t$  - جرم کل پیازهای اندازه‌بندی شده (kg)

آزمایش‌های مقدماتی و بررسی‌های اولیه نشان داد که دقت اندازه‌بندی به عنوان پارامتر بهینه‌سازی انتخاب شده در این تحقیق، به طور عمده تحت تاثیر سه متغیر مستقل نرخ تغذیه ( $q$ )، سرعت دورانی استوانه ( $n$ ) و شیب استوانه ( $\alpha$ ) قرار دارد. به عبارت دیگر:

$$Y = f(n, \alpha, q) \quad (7)$$

با استفاده از آزمایش‌های تک عاملی، چگونگی تاثیر هر یک از متغیرهای مستقل انتخاب شده بر پارامتر بهینه‌سازی ( $Y$ ) مورد بررسی قرار گرفته و محدوده‌ی مناسب برای هر

یک از آن‌ها تعیین شد. برای تغییر نرخ تغذیه از یک تسمه نقاله که سرعت دورانی آن توسط یک اینورتور تغییر می‌کرد، استفاده شد. سرعت دورانی استوانه نیز توسط یک دستگاه اینورتور دیگر قابل کنترل بود (شکل ۳).

برای تعیین شرایط بهینه دستگاه که در آن دقت اندازه‌بندی بیش‌ترین مقدار را داشته باشد از روش سطوح پاسخ<sup>۲</sup> استفاده شد. در این روش، نخست از چند جمله‌ای خطی درجه اول برای توصیف مقدار پارامتر بهینه‌سازی که در اینجا به عنوان متغیر وابسته محسوب می‌گردد، استفاده می‌شود. بنابراین:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 \quad (8)$$

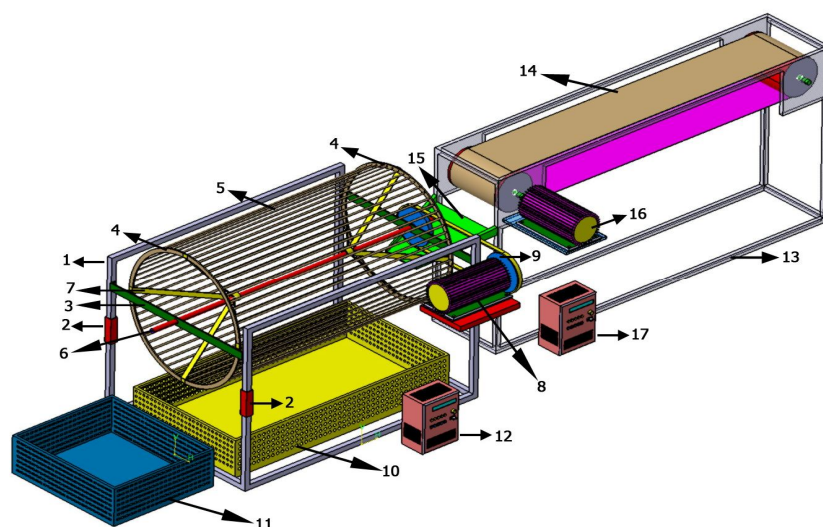
که در آن  $a_0, a_1, a_2, a_3$  ضرایب ثابت معادله و  $X_1, X_2, X_3$  به ترتیب متغیرهای سرعت دورانی، شیب استوانه و نرخ تغذیه هستند. برای انجام مرحله اول آزمایش‌های بهینه‌سازی، از طرح فاکتوریل  $2^3$  با دو نقطه مرکزی استفاده شد (مونت گومری<sup>۳</sup>، ۱۹۹۱). تکرار مشاهدات در مرکز، برای برآورد خطای آزمایشی و امکان بررسی کفایت مدل لازم است. جدول ۱ مقادیر واقعی و کدگذاری شده برای هر یک از متغیرها را نشان می‌دهد. هر آزمایش سه مرتبه تکرار و دقت اندازه‌بندی توسط معادله‌ی ۶ محاسبه شد. آنالیز واریانس معادله به دست آمده از رابطه ۸ بیانگر عدم کفایت مدل خطی برای توصیف فرایند اندازه‌بندی توسط ماشین بود. این موضوع نشان می‌داد که باید در سطح پاسخ انحنا وجود داشته باشد؛ بنابراین در مرحله دوم آزمایش‌ها از طرح باکس-بنکن<sup>۴</sup> برای تعیین معادله‌ی درجه دوم و برازش رویه‌ی پاسخ استفاده شد (مونت گومری، ۱۹۹۱).

2- Response surface methodology

3- Montgomery

4- Box-Behnken design

1- Optimization



شکل ۳- مجموعه به کار رفته برای اجرای آزمایشات بهینه‌سازی

۱- شاسی ۲- تنظیم کننده شیب ۳- نگهدارنده محور ۴- حلقه‌های شیاردار ۵- میله‌های اندازه‌بندی ۶- محور ۷- نگهدارنده‌ها ۸- الکتروموتور ۹- تسمه و پولی ۱۰- سبد جمع‌آوری پیازهای ریز ۱۱- سبد جمع‌آوری پیازهای درشت ۱۲- اینورتور ۱۳- شاسی سیستم تغذیه ۱۴- تسمه نقاله ۱۵- قیف تغذیه ۱۶- الکتروموتور ۱۷- اینورتور

جدول ۱- متغیرها و سطوح (واقعی و کدگذاری شده) در مرحله اول آزمایش‌های بهینه‌سازی

سطوح			فاکتور
۱	۰	-۱	
۴۵	۳۵	۲۵	سرعت دورانی، دور بر دقیقه ( $X_1$ )
۷	۵	۳	شیب، درجه ( $X_2$ )
۶۰۰	۴۰۰	۲۰۰	نرخ تغذیه، کیلوگرم بر ساعت ( $X_3$ )

حسب قطر بزرگ آن قبلاً نیز توسط حسن بیگی و همکاران گزارش شده است (حسن‌بیگی و همکاران، ۲۰۱۰). بررسی داده‌های مربوط به خواص فیزیکی همچنین نشان داد که برای پیازهای سبکتر از ۵ گرم مقادیر میانگین و انحراف معیار به ترتیب  $\mu_1 = 19.41$  و  $\sigma_1 = 3.56$  و برای پیازهای سنگینتر از ۵ گرم  $\mu_2 = 27.89$  و  $\sigma_2 = 2/37$  می‌باشند؛ بنابراین با جایگذاری این مقادیر در معادله ۱ فاصله‌ی بین میله‌ها که به عنوان گذرگاه اندازه‌بندی محسوب می‌شود برابر ۲۳ میلی‌متر تعیین شد.

### نتایج و بحث

جدول ۲ خواص فیزیکی اندازه‌گیری شده پیازهای زعفران را نشان می‌دهد. بررسی معادلات رگرسیونی تک متغیره بین جرم و هریک از سه بعد اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد مدل توانی  $M = 0.0024a^{2.3369}$  که جرم پیاز را بر حسب قطر بزرگ آن پیش‌بینی می‌کند، به دلیل داشتن بیشترین ضریب تعیین و کمترین خطای استاندارد رگرسیون به عنوان مناسب‌ترین معادله برای پیش‌بینی جرم پیاز محسوب می‌شود. مناسب بودن مدل پیش‌بینی جرم پیاز زعفران بر

قنبریان: طراحی، ساخت و بهینه سازی دستگاه ...

جدول ۲- برخی خواص فیزیکی پیازهای زعفران

خاصیت فیزیکی	بیشینه	کمینه	میانگین	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات
ارتفاع (h، میلیمتر)	۲۵/۸۵	۱۰/۶۴	۱۶/۴۱	۲/۷۱	۱۶/۵۱
قطر بزرگ (a، میلیمتر)	۳۵/۳۴	۱۱/۰۱	۲۱/۶۲	۴/۹۷	۲۲/۹۸
قطر کوچک (b، میلیمتر)	۳۴/۰۲	۱۰/۵۹	۲۱/۴۷	۴/۹۶	۲۳/۱۰
جرم (M، گرم)	۱۰/۰۶	۰/۶۶	۳/۴۱	۱/۸۵	۵۴/۲۵

این نمودارها بیان شده است، نشان دهنده صحت تقریبی محدوده‌ی انتخاب شده برای هر یک از پارامترهای فوق می‌باشد. در مرحله اول آزمایش‌های بهینه‌سازی، ضرایب رگرسیون معادله ۸ با استفاده از نرم افزار استات گرافیک پلاس<sup>۱</sup> به شکل زیر تعیین شدند:

$$Y = 67.585 + 0.72375 X_1 - 6.35125 X_2 + 0.52125 X_3 \quad (9)$$

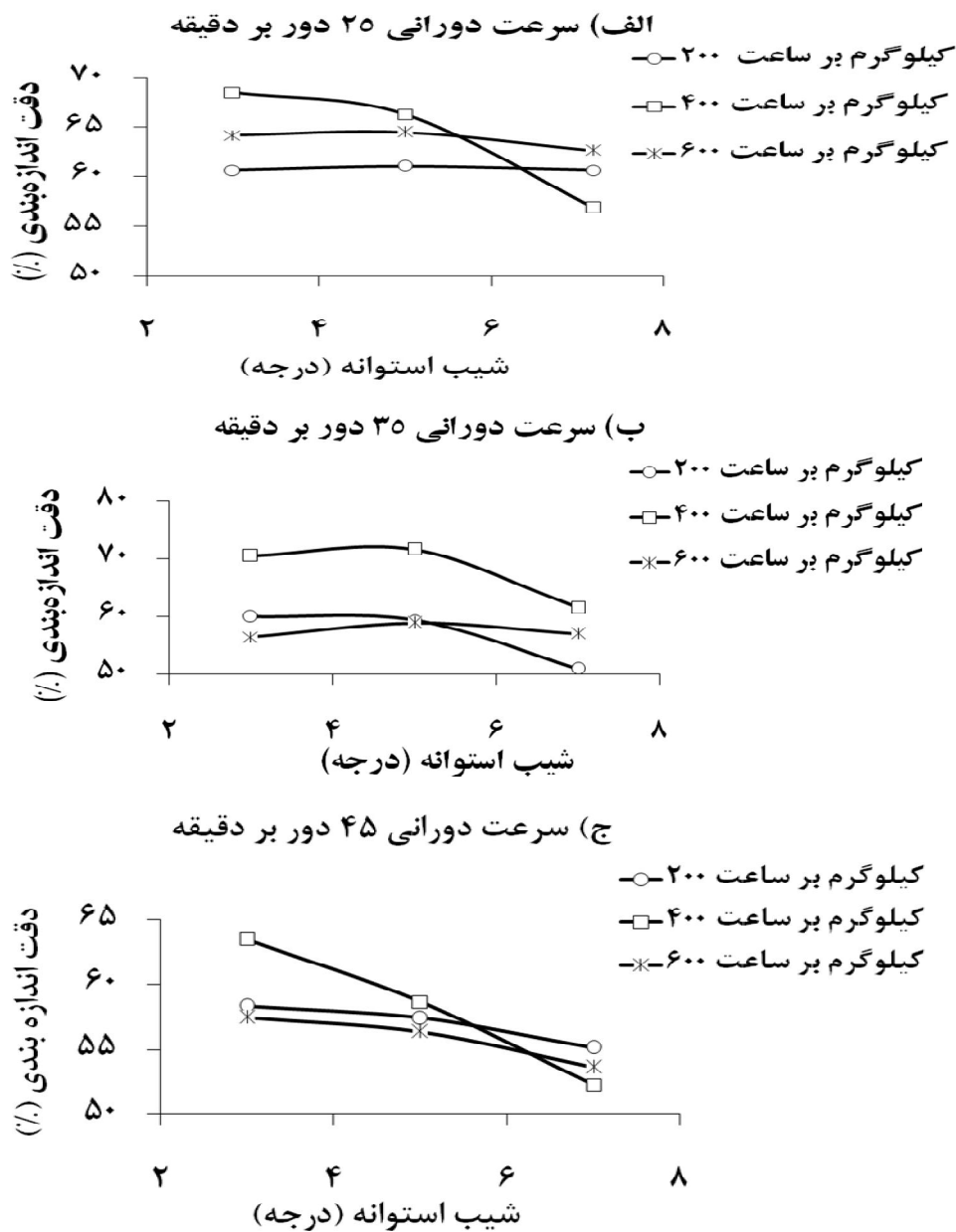
همان طور که در جدول ۳ دیده می‌شود، آنالیز واریانس معادله‌ی ۹ بیانگر عدم اعتبار این مدل در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد. بنابراین مرحله دوم آزمایش‌های مربوط به بهینه‌سازی، اجرا و معادله درجه دوم بر آنها برآزش شد. معادله ۱۰ نتیجه برآزش فوق را نشان می‌دهد. نتایج آنالیز واریانس معادله اخیر که در بخش پایین جدول ۳ نشان داده شده است، بیانگر اعتبار مدل فوق در سطح اطمینان ۹۹٪ با ضریب تعیین  $R^2 = 99.67$  می‌باشد.

نمودارهای نشان داده شده در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ نتایج آزمایش‌های تک عاملی انجام شده بر روی دستگاه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۴ دیده می‌شود با ثابت بودن متغیرهای سرعت دورانی و نرخ تغذیه، افزایش شیب استوانه در مقادیر بیشتر از ۵ درجه، تقریباً در همه موارد منجر به کاهش دقت اندازه‌بندی شده است. علت این پدیده به وضوح این است که در شیب‌های ۷ درجه، محصول پس از ورود به داخل استوانه، به سرعت به سمت دهانه خروجی حرکت کرده و زمان لازم برای این که در معرض اندازه‌بندی قرار بگیرد را در اختیار ندارد. در شکل ۵ اثر سرعت دورانی استوانه، بر دقت اندازه‌بندی نشان داده شده است. طبق این نمودارها در صورت ثابت بودن نرخ تغذیه و شیب استوانه، مقادیر بالاتر دقت، در سرعت‌های دورانی ۳۵ دور در دقیقه و کم‌تر از آن به دست خواهد آمد. اثر نرخ تغذیه بر دقت اندازه‌بندی در شکل ۶ نمایش داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود دقت اندازه‌بندی به ازاء نرخ‌های تغذیه متفاوت، تغییرات قابل توجهی ندارد؛ اگرچه در بیش‌تر حالات، ماکزیمم مقدار دقت در محدوده نرخ تغذیه ۴۰۰ کیلوگرم بر ساعت به دست آمده است. نتایج حاصل از آزمایش‌های تک عاملی که در قالب

1- Statgraphics plus

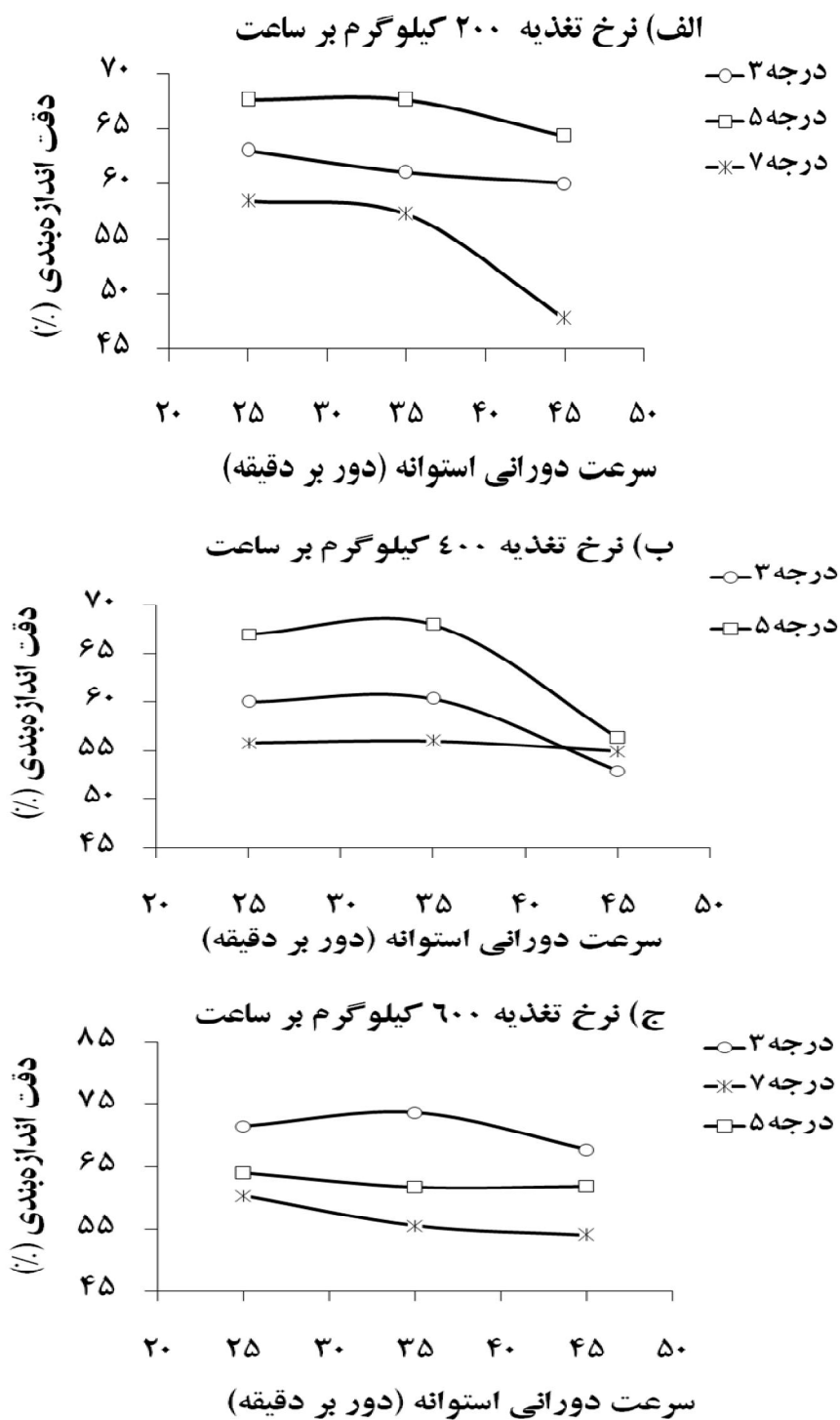


$$Y = 78.73 - 1.22 X_1 - 1.32 X_2 - 1.34 X_3 - 2.61 X_1^2 - 2.11 X_2^2 - 2.41 X_3^2 \quad (10)$$

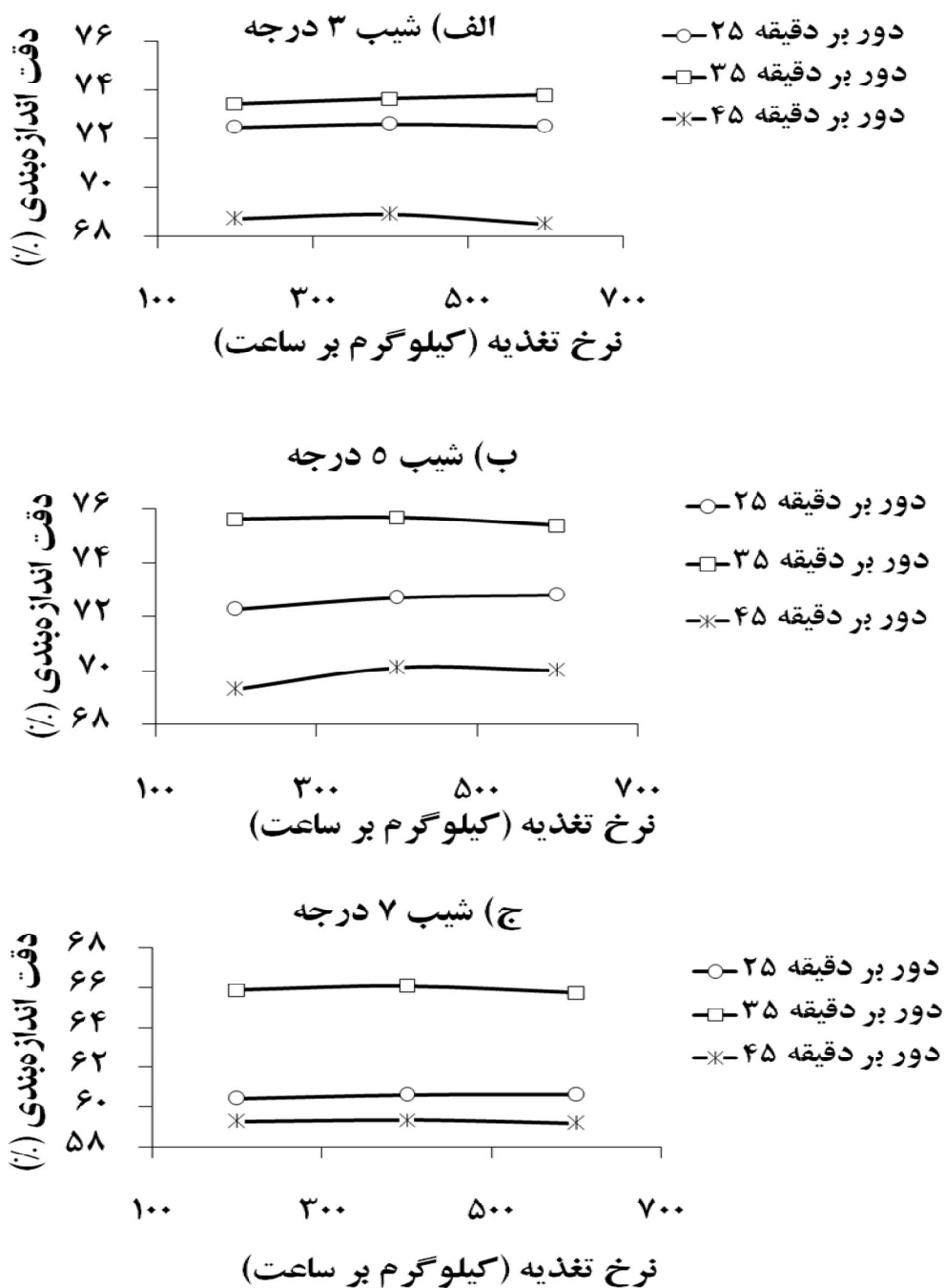


شکل ۴- نمودار تغییرات دقت اندازه‌بندی بر حسب شیب استوانه دوار

قنبریان: طراحی، ساخت و بهینه سازی دستگاه ...



شکل ۵- نمودار تغییرات دقت اندازه‌بندی بر حسب سرعت دورانی استوانه دوار



شکل ۶- نمودار تغییرات دقت اندازه‌بندی بر حسب نرخ تغذیه

قنبریان: طراحی، ساخت و بهینه سازی دستگاه ...

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس برای مدل های انتخاب شده

F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییرات	نوع مدل انتخاب شده
۲/۸۳ <sup>ns</sup>	۱۰۹/۶۹	۳	۳۲۹/۰۷۱	مدل	مرتب اول
	۳۸/۷۲۳۹	۶	۲۳۲/۳۴۴	خطا	
		۹	۵۶۱/۴۱۵	کل	
۱۳۵۶۹۷/۶۳ <sup>**</sup>	۸۴۲۸/۱۸	۱۰	۸۴۲۸۱/۸	مدل	مرتب دوم
	۰/۰۶۲۱۱	۵	۰/۳۱۰۵۵	خطا	
		۱۵	۸۴۲۸۲/۱	کل	

<sup>ns</sup> در سطح ۵ درصد معنی دار نیست

<sup>\*\*</sup> در سطح ۱ درصد معنی دار است

آزمایش های انجام شده در محدوده مقادیر به دست آمده برای متغیرها، دقت جداسازی ۷۹ درصدی را تایید می کند که در روش های اندازه بندی ابعادی مقداری مناسب و قابل قبول محسوب می شود. راندمان دستگاه جدید در مقایسه با دستگاه اندازه بند معرفی شده توسط فرهمند و همکاران (۱۳۸۷) حدود ۳ برابر بیش تر بوده و بنابراین کاربرد آن به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه تر خواهد بود. با توجه به این که بارهای استاتیکی وارد به دستگاه قابل ملاحظه نیستند، پیشنهاد می شود طراحی دستگاه با در نظر گرفتن ملاحظات مربوط به بارهای دینامیکی و پدیده ی خستگی نیز انجام شود تا به این ترتیب امکان ساخت دستگاه با مواد سبکتر مانند پلاستیک فشرده نیز مورد بررسی قرار بگیرد.

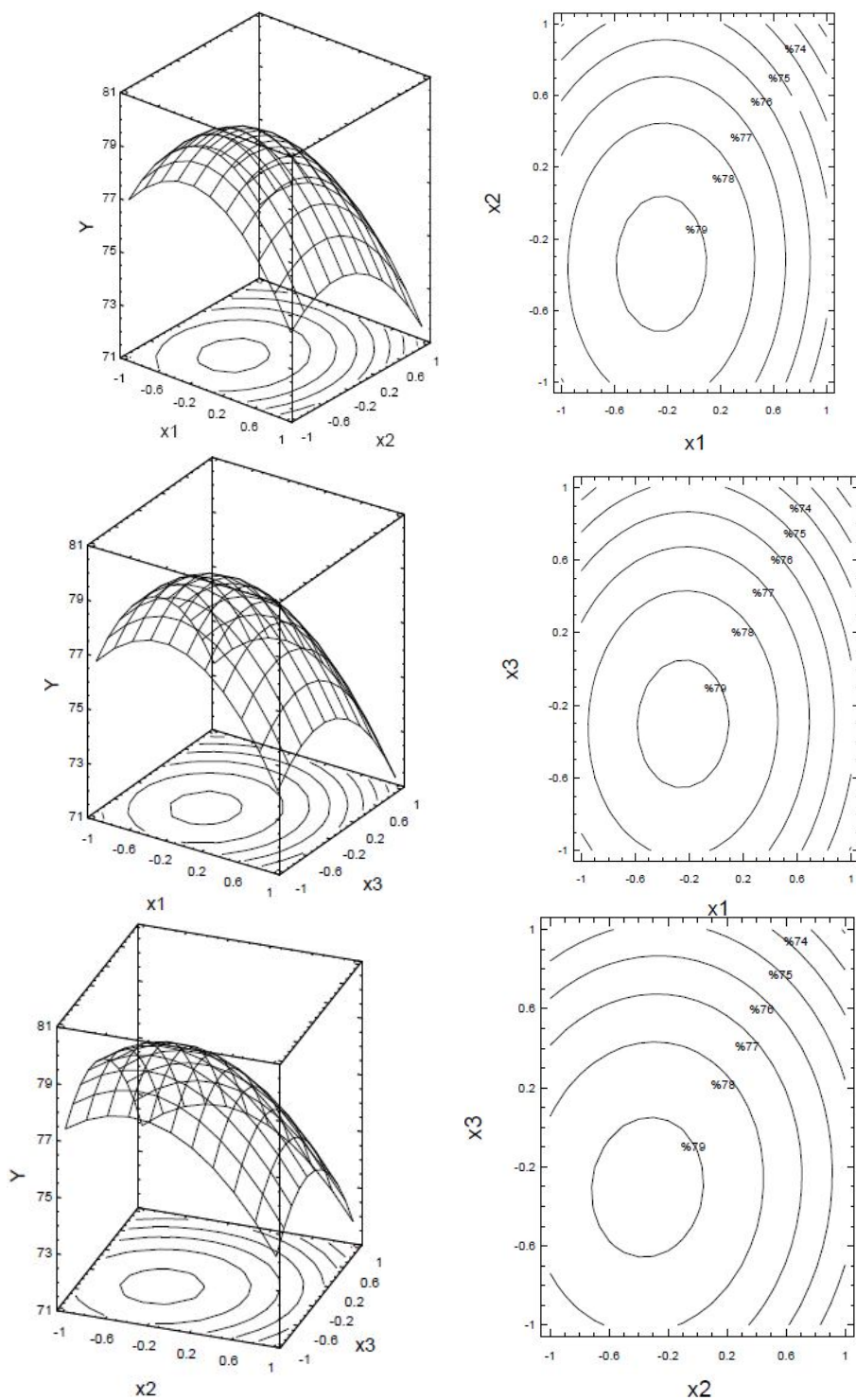
### سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولان دانشگاه شهر کرد به خاطر فراهم نمودن امکانات و حمایت مالی برای انجام این تحقیق که در قالب اجرای یک طرح پژوهشی انجام گرفته است، تشکر و قدردانی می شود.

نمودارهای نشان داده شده در شکل ۷ سطوح پاسخ و خطوط تراز به دست آمده توسط نرم افزار استات گرافیک پلاس را برای معادله ۱۰ نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود با افزایش سرعت دورانی ( $X_1$ )، شیب استوانه ( $X_2$ ) و نرخ تغذیه ( $X_3$ )، دقت اندازه بندی دستگاه نیز افزایش یافته و پس از رسیدن به نقطه ماکزیمم شروع به کاهش می نماید. برای تعیین مشخصات نقطه بهینه، مشتقات جزئی معادله ۱۰ نسبت به هر یک از متغیرها محاسبه و مساوی صفر قرار داده شد. به این ترتیب مقادیر بهینه هر یک از متغیرها عبارت بودند از:

$$X_1 = -0.23, \quad X_2 = -0.31, \quad X_3 = -0.28$$

با جای گذاری مقادیر به دست آمده در معادله ۸ و پس از کدگشائی مشخص شد در شرایطی که سرعت دورانی استوانه ۳۳/۸۵ دور بر دقیقه، شیب آن ۴ درجه و نرخ تغذیه دستگاه ۳۴۰/۱ کیلوگرم بر ساعت باشد، دستگاه ۷۹٪ می تواند پیازهای زعفران را با دقت جداسازی نماید.



شکل ۷- سطوح پاسخ و خطوط تراز به دست آمده در مرحله دوم آزمایشات بهینه سازی (اجرای طرح باکس-بنکن)

قنبریان: طراحی، ساخت و بهینه سازی دستگاه ...

### منابع

- ۱- امیدییگی، ر.، رضائی، ا.، صادقی، ب. و زیارت‌نیا، س.م. ۱۳۸۲. اثر وزن پیاز روی عملکرد زعفران در اقلیم نیشابور. مجموعه مقالات سومین همایش ملی زعفران ایران، مشهد.
- ۲- شادروان، ا. ۱۳۸۵. طراحی اجزاء ماشین (طراحی در مهندسی مکانیک)، ترجمه، چاپ اول، نورپردازان.
- ۳- صادقی، ب. ۱۳۷۲. اثر وزن بنه در گل‌آوری زعفران. انتشارات سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران - مرکز خراسان.
- ۴- فرهمند، م.، حسن بیگی، ر.، کیانمهر، م. و قنبریان، د. ۱۳۸۷. طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه اندازه‌بند بنه زعفران. مجموعه مقالات پنجمین کنگره مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران. مشهد.
- ۵- مشایخی، ک. و لطیفی، ن. ۱۳۷۶. بررسی اثر وزن بنه بر گلدهی زعفران. مجله علوم کشاورزی ایران، ۲۸ (۱): ۹۷-۱۰۵.
- ۶- موتابی، ه. ۱۳۸۲. طراحی اجزاء ماشین، انتشارات آشینا تبریز.
- 7- Ghanbarian, D., Kolchin, N. N., Hasan Beigi, S.R., and Ebrahimi, R. 2010. Design and development of a small potato-grading machine using capron net. *Journal of Food Processing and Engineering*, 33: 1148-1158.
- 8- Hassan-Beygi, S.R., Ghanbarian, D., and Farahmand, M. 2010. Prediction of saffron crocus corm mass by geometrical attributes. *Scientia Horticulturae*, 124: 109-115.
- 9- Kolchin, N.N. 1982. Complex machine and implements for postharvest operations of potatoes and vegetables. *Machinstroenie. Moscow* (In Russian).
- 10- Koocheki, A. 2004. Indigenous knowledge in agriculture with particular reference to saffron production in Iran. *Acta Horticulturae*, 650: 175-182.
- 11- Montgomery, D.C. 1991. Design and analysis of experiments. John Wiley & Sons.
- 12- Pandey, D., Pandey, V.S., and Srivastava, R.P. 1979. A note on the effect of the size of corm on the sprouting and flowering of saffron. *Progressive Horticulture*. 6 (23): 89-92.
- 13- Peleg, K. 1985. Produce handling, packaging, and distribution. The AVI Publishing Company.