ارزیابی عوامل مؤثر بر مکانیزم دریچه به‌عنوان عملگر جداکننده ماشین درجه‌بندی میوه به روش ماشین بینایی

علی قاسمی[۱]، حمیدرضا احمدی[۲]، نفیسه بابازاده[۳]

[۱]دانشجویی دکتری مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان؛ alighasemi10@gmail.com
[۲]کارشناس ارشد مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان؛ ahmadi1900@gmail.com
[۳]کارشناس مهندسی برق- الکترونیک، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان؛ ee.nbabazadeh@gmail.com

چکیده

درجه‌بندی یکی از مهم‌ترین مراحل فرآوری پس از برداشت محصولات کشاورزی می‌باشد. در سال‌های اخیر استفاده از ماشین بینایی به‌منظور درجه‌بندی میوه‌ها در صنعت فرآوری مواد غذایی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. عملگر جداکننده یکی از بخش‌های تأثیرگذار بر ظرفیت، دقت و کیفیت یک ماشین درجه‌بندی میوه محسوب می‌شود. در این تحقیق، عوامل مؤثر بر مکانیزم دریچه، به‌عنوان عملگر جداکننده ماشین درجه‌بندی، ارزیابی شدند. تأثیر نحوه‌ی عملکرد دریچه، سرعت خطی تسمه‌نقاله و مکان قرارگیری دوربین (مکان تعیین درجه محصول) بر ظرفیت کاری ماشین به‌منظور درجه‌بندی سیب‌زمینی در دو دسته بررسی شدند. نتایج نشان داد، نحوه عملکرد دریچه تأثیر زیادی بر ظرفیت کاری ماشین درجه‌بندی داشت و همچنین با افزایش سرعت تسمه‌نقاله با وجود کاهش تراکم محصول روی تسمه، ظرفیت کاری ماشین افزایش یافت.

کلمات کلیدی: درجه‌بندی، ظرفیت، عملگر جداکننده، ماشین بینایی، نوار نقاله

Evaluation of the Affecting Factors on the Valve Ejector Mechanism in Fruit Grading System Based on the Machine Vision Method

Ali Ghasemi[1], Hamid Reza Ahmadi[2], Nafese Babazadeh[3]

[1]PHD S Student, Department of Biosystem Engineering, Bu-Ali Sina University, alighasemi10@gmail.com
[2]MSc graduate, Department of Biosystem Engineering, Bu-Ali Sina University, ahmadi1900@gmail.com
[3]BA Degree Electrical Engineering- Electronic, Bu-Ali Sina University, ee.nbabazadeh@gmail.com

ABSTRACT

Grading is one of the most important post-harvest agricultural processes. Fruit grading has been considered by using machine vision technology in the food industry in recent years. Ejector operator is one of the important parts of a fruit-grading machine that it is effective on the capacity, accuracy, and performance of this machine. In this study, the effective on the valve ejector mechanism evaluated as ejector operator. Influence of method valve operation, conveyor velocity, valve timing, and location of the camera on the capacity machine were studied for grading potatoes in two categories. The results showed that the method valve operation has a significant effect on the capacity of a grading machine. The machine capacity increased with increasing conveyor velocity. The camera position and the method of the valve ejector operation effect the capacity of the fruit-grading machine.

Keywords: Capacity, Conveyor, Ejector, Grading, Machine Vision

۱- نویسنده مسئول: علی قاسمی، دانشجو دکتری مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان، ۰۹۱۲۹۶۴۵۸۱۱

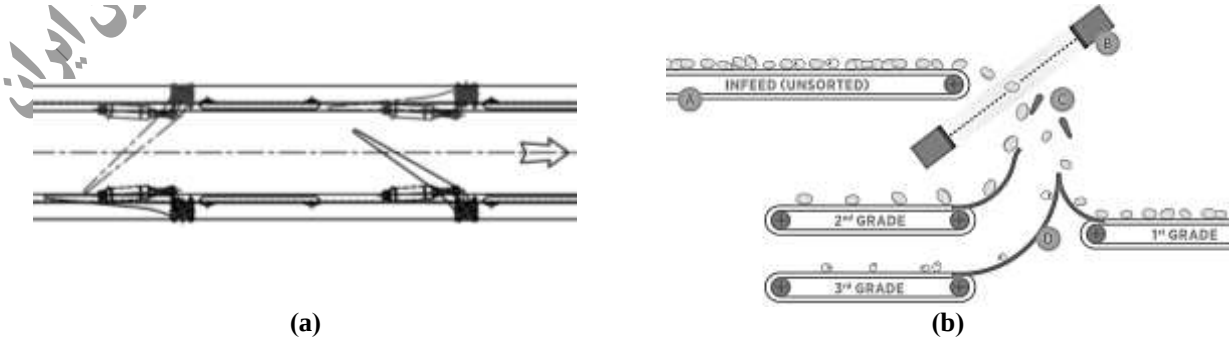
۱- مقدمه

منظور از درجه‌بندی محصولات کشاورزی، دسته‌بندی بر اساس خواص فیزیکی و ظاهری آن‌ها مانند قطر، رنگ، وزن و شکل ظاهری می‌باشد. درجه‌بندی محصولات کشاورزی به چند دلیل عمده ازجمله بازارپسندی، بسته‌بندی، جداسازی محصولات سالم از ناسالم و استفاده از تجهیزات فراوری در صنایع غذایی انجام می‌شود (AMIRI et al., 2008). همچنین درجه‌بندی محصولات کشاورزی، در استانداردسازی نقش مهمی دارد و سبب ورود محصول به بازارهای جهانی و افزایش صادرات می‌شود، بنابراین درجه‌بندی میوه یکی از مهم‌ترین مراحل فرآوری محصول پس از برداشت آن می‌باشد (Sarikaya, 2017).

درجه‌بندی محصولات کشاورزی و مواد غذایی با استفاده از روش پردازش تصویر در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است و امروزه به‌صورت گسترده‌ای در صنعت استفاده می‌شود. درجه‌بندی با استفاده از پردازش تصویر بر اساس طول، قطر، آسیب‌های سطحی و رنگ محصولات می‌تواند صورت گیرد (Leemans et al., 2002). در این روش مواد پشت سر هم و با فاصله از یکدیگر از مقابل یک یا چند دوربین که در فاصله و زاویه مناسبی قرارگرفته‌اند عبور می‌کنند، تصاویر حاصل توسط یک پردازشگر تجزیه‌وتحلیل و با ویژگی‌های موردنظر که به سیستم داده شده، مقایسه می‌شوند. پس از تشخیص هدف، پردازشگر با زمان‌بندی دقیق فرمان جداسازی محصول مورد نظر را به عملگر جداکننده ارسال می‌کند (Fellows, 2009). در نتیجه محصولات به دسته‌هایی با ویژگی‌های مشابه تقسیم می‌شوند. به‌طورکلی می‌توان یک سیستم درجه‌بندی بر اساس ماشین بینایی را به چهار بخش اصلی شامل واحد تغذیه، سیستم نوردهی، واحد پردازش تصویر و عملگر جداکننده تقسیم‌بندی کرد (Hamid et al., 2013).

عملگر جداکننده یک بخش مهم در ماشین درجه‌بندی محسوب می‌شود، زیرا نحوه‌ی انتخاب و طراحی آن بر سایر قسمت‌های ماشین درجه‌بندی مانند واحد تغذیه تأثیرگذار است و طراحی بد آن باعث محدود شدن سرعت و در نتیجه کاهش ظرفیت ماشین درجه‌بندی می شود (Hamid et al., 2013). عملگر جداکننده بر کیفیت نهایی محصول نیز تأثیرگذار است، زیرا نیرو یا ضربه وارد شده به محصول، از طرف عملگر می‌تواند به بافت‌های درونی محصول آسیب رسانده و باعث کاهش کیفیت و حتی خرابی محصول شود.

مطالعات بسیاری روی سیستم‌های درجه‌بندی محصولات کشاورزی با استفاده از روش ماشین بینایی صورت گرفته است، اما در بیشتر این تحقیقات به بررسی ویژگی‌های تصویر و بخش‌بندی آن به‌منظور تعیین اندازه سطح، حجم، قطر و غیره یا مرفولوژی تصویر به‌منظور بررسی کیفیت و تشخیص عیوب موجود در محصول پرداخته‌اند (Font et al., 2014; Manickavasagan et al., 2014; Mizushima and Lu, 2013; Pourdarbaniet al., 2009; Unay et al., 2011). تاکنون تحقیقات کمی در رابطه با عملگرهای جداکننده سیستم‌های درجه‌بندی و عوامل مؤثر بر دقت و سرعت آن گزارش شده است. در ماشین‌های درجه‌بندی میوه به‌منظور حذف اشیاء خارجی و دسته‌بندی میوه‌ها، مکانیزم‌های مختلفی به‌عنوان عملگر جداکننده ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به استفاده از روش‌های پنوماتیکی (Air ejector) (Shulgin et al., 2014) پیاله‌ها (Cups) یا انگشتی‌های نصب شده بر روی زنجیر (Leverett, 1993)، استفاده از انگشتی‌های چیده شده به‌صورت ردیفی در کنار یکدیگر (Finger ejector) (شکل ۱-الف)، استفاده از مکانیزم باله (Gentle selector arms) (شکل ۱-ب) و سیستم دریچه اشاره نمود. سیستم‌های پنوماتیکی از نوع غیر تماسی بوده و دارای پاسخ زمانی سریع می‌باشند (Hamid et al., 2014). نازل‌های هوا و شیرهای سلونوئیدی بکار رفته در این سیستم‌ها باید فرکانس کاری بیشتر از ۱ kHz و فشاری بین ۳۰ تا ۸۰ PSI داشته باشند (MacDougall, 2002) دانه‌های سالم طراحی شد که در آن برای حذف محصول نامرغوب از محصول سالم از عملگر جداکننده پنوماتیکی استفاده شده بود (Shulgin et al., 2014). طی مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۳، سرعت عکس‌العمل یک شیر سلونوئیدی به‌منظور استفاده به‌عنوان عملگر جداکننده یک سیستم درجه‌بندی با استفاده از روش المان محدود مدل‌سازی شد، نتایج نشان داد، از شیر سلونوئیدی به‌عنوان عملگر جداکننده برای درجه‌بندی مواد غذایی می‌توان در سرعت‌های پردازش بالا استفاده کرد (Khan et al., 2005). مکانیزم دریچه یکی دیگر از روش‌هایی است که در صنعت فرآوری محصولات کشاورزی به‌عنوان عملگر جداکننده در ماشین درجه‌بندی استفاده شده است، اما تاکنون تحقیقی در رابطه با عوامل مؤثر بر آن گزارش نشده است.



(a) **(b)**

Figure 1. Two types of ejector mechanisms used in grading machines a- Finger ejector b- Gentle selector arms.

شکل ۱- دو نوع مکانیزم جداکننده استفاده شده در ماشین‌های درجه‌بندی الف- انگشتی‌های ردیفی ب- مکانیزم باله.

اهداف مورد نظر از انجام این تحقیق شامل ۱- ارزیابی سرعت خطی تسمه‌نقاله، نحوه‌ی عملکرد دریچه و مکان قرارگیری دوربین بر ظرفیت کاری ماشین درجه‌بندی ۲- تعیین شرایط بهینه کارکرد دریچه به‌منظور دستیابی به بیش‌ترین ظرفیت ماشین بودند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محصول مورد آزمایش

با توجه به اهمیت درجه‌بندی سیب‌زمینی و همچنین هندسه پیچیده و نامتقارن آن، سیب‌زمینی رقم آگریا[1]به‌عنوان محصول مورد آزمون انتخاب شد. نمونه‌های مورد آزمون از بین سیب‌زمینی‌های انبار شده با ابعاد مختلف انتخاب شدند. جدول ۱ مشخصات هندسی بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین سیب‌زمینی و همچنین میانگین همه نمونه‌های انتخاب شده برای انجام آزمون را نشان می‌دهد. برای محاسبه قطر هندسی و قطر حسابی به ترتیب از روابط (۱) و (۲) استفاده شد (Mohsenin, 1970).

$$d_e = (abc)^{\frac{1}{3}} \quad (۱)$$

$$d_m = \left(\frac{a+b+c}{3}\right) \quad (۲)$$

در روابط (۱) و (۲)، d_e قطر هندسی، d_m قطر حسابی و a، b و c به ترتیب طول، قطر بزرگ و قطر کوچک نمونه‌ها هستند.

جدول ۱- مشخصات هندسی بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین سیب‌زمینی در بین نمونه‌های انتخاب شده و میانگین نمونه‌ها.

Table 2. Geometric characteristics of the largest and smallest potatoes in the sample selected and average samples.

Specifications	Smallest Sample	Largest Sample	Average Sample
Length (mm)	41.61	121.38	87.47
Minor diameter (mm)	29.14	69.44	53.21
Major diameter (mm)	30.66	75.44	62.93
Geometric diameter (mm)	33.37	85.99	66.15
Mean diameter (mm)	33.82	88.75	67.87
Weight (g)	21.02	447.21	192.96

۲-۲- دستگاه مورداستفاده برای انجام آزمون‌ها

برای انجام آزمون‌ها، از دستگاه نشان داده شده در شکل ۲ استفاده شد. در این دستگاه، تسمه‌نقاله توسط یک موتور گیربکس حرکت می‌کرد که سرعت آن با اینورتر تنظیم می‌شد. به‌منظور تعیین موقعیت سیب‌زمینی‌های روی تسمه، از یک اینکودر[2] (STEGMANN- D660L-500 Pulse / rev) متصل به غلتک تسمه‌نقاله، برای تشخیص سیب‌زمینی‌ها روی تسمه از یک حسگر فاصله (Sharp- GP2YOA21YK) و همچنین از یک موتور گیربکس (Landa-55rpm- 5N.m) به‌عنوان عملگر دریچه استفاده شد. مقدار دوران دریچه با استفاده از میکروسوئیچ‌هایی به مقدار ۷۵ درجه محدود شد.

۲-۳- شرایط انجام آزمایش‌ها

در این تحقیق، از دو طرح به‌منظور ارزیابی نحوه‌ی عملکرد دریچه استفاده شد. در طرح الف همانند شکل (۳) دریچه پس از تغییر وضعیت به حالت پیش‌فرض (وضعیت یک) باز می‌گشت، به‌عبارت‌دیگر دریچه هنگامی‌که محصول درجه دو به آن می‌رسید به وضعیت دو می‌رفت و پس از عبور محصول به وضعیت یک باز می‌گشت. در طرح ب دریچه متناسب با درجه محصولی که به آن می‌رسید تغییر وضعیت داده و در همان وضعیت باقی می‌ماند تا محصولی با درجه دیگر به آن برسد، به‌عبارت‌دیگر هنگامی‌که محصول درجه دو به دریچه می‌رسید، چنانچه دریچه در وضعیت یک بود، به

[1]Tubules agria
[2]Encoder

وضعیت دو رفته و پس از عبور محصول در همان وضعیت باقی می‌ماند و تغییر دریچه به وضعیت یک زمانی اتفاق می‌افتاد که محصولی با درجه یک به آن برسد.

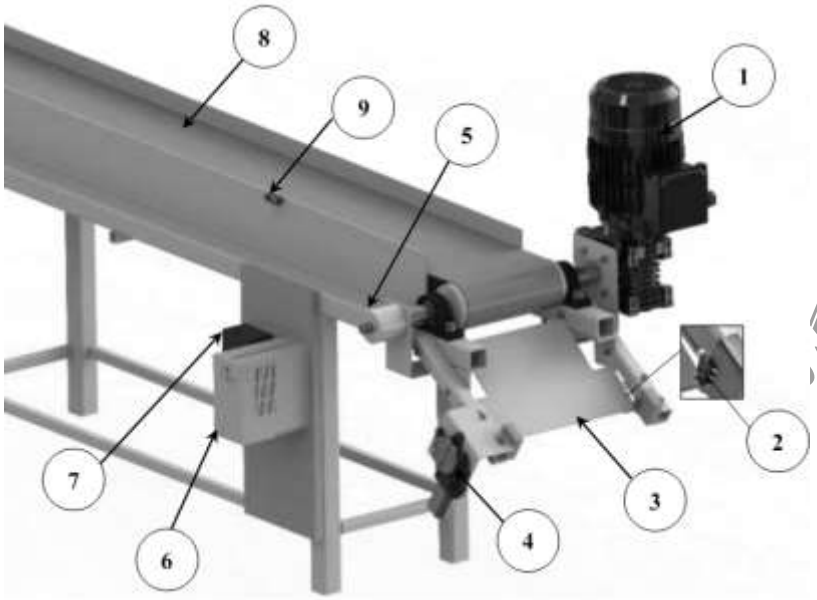


Figure 2. Components of apparatus used for tests (1) Gearbox Motor (2) Limit Switch (3) Valve (4) Valve Effectors (5) Encoder (6) Inverter (7) Control Circuit (8) Conveyor (9) Distance Sensor.

شکل ۲- اجزاء دستگاه مورد استفاده برای انجام آزمون‌ها (۱) موتور گیربکس (۲) میکروسویچ (۳) دریچه (۴) عملگر دریچه (۵) اینکودر (۶) اینورتر (۷) مدار کنترل (۸) تسمه‌نقاله (۹) حسگر فاصله.

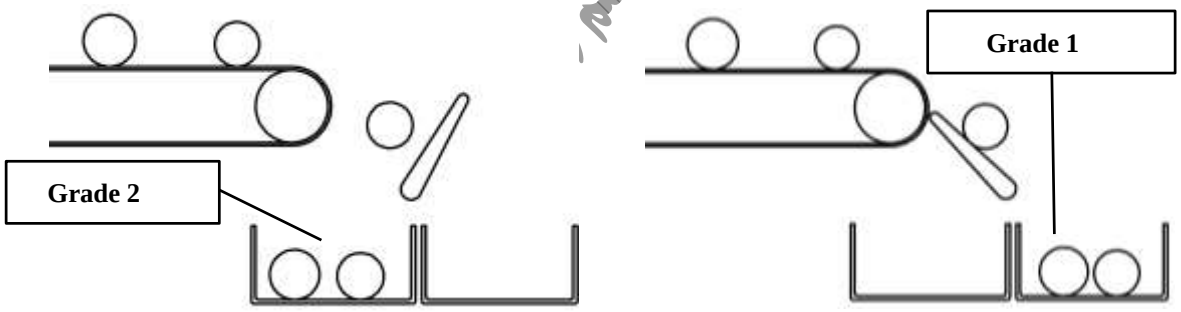


Figure 3. Method valve operation a- Valve in 1 location b- Valve in 2 location.

شکل ۳- نحوه‌ی عملکرد دریچه الف- دریچه در وضعیت یک ب- دریچه در وضعیت دو.

در طرح الف شرایط بحرانی زمانی اتفاق می‌افتد که چندین سیب‌زمینی به‌صورت متوالی، از درجه دو باشند. شرایط بحرانی برای طرح ب زمانی است که سیب‌زمینی‌ها، یکی در میان به ترتیب در درجه اول و دوم قرار گیرند. در این تحقیق، برای بررسی متغیرهای مورد ارزیابی، نیازی به تعیین درجه واقعی محصول نیست، بلکه تنها تشخیص محصول و برچسب‌زنی آن بر مبنای شرایط بحرانی دو طرح باید انجام شود، بنابراین در دستگاه استفاده شده برای انجام آزمون‌های این تحقیق از یک حسگر فاصله به‌جای دوربین استفاده شد و این حسگر حضور محصول در فاصله مشخص از دریچه را به مدار کنترل ارسال می‌کرد. مدار کنترل با توجه به حضور محصول و طرح مورد استفاده (طرح الف یا ب) شرایط بحرانی را برای عملکرد دریچه اعمال می‌کرد. در مدار کنترل برای طرح الف، تعداد پالس دریافتی پس از عبور سیب‌زمینی از جلوی حسگر فاصله تا زمان تغییر وضعیت دریچه به حالت دو و تعداد پالس دریافتی از هنگام تغییر وضعیت دریچه تا تغییر وضعیت مجدد آن قابل تنظیم بود. قبل از انجام هر آزمایش با استفاده از آزمون‌وخطا، تعداد پالس‌های موردنیاز برای تعیین زمان شروع تغییر وضعیت دریچه به وضعیت دو و تعداد پالس‌های موردنیاز تا تغییر وضعیت مجدد دریچه به ترتیب با استفاده از کوچک‌ترین سیب‌زمینی و بزرگ‌ترین سیب‌زمینی در شرایط بهینه (بدون خطای گیر کردن و یا ضربه زدن دریچه به سیب‌زمینی) تعیین شدند.

در طرح ب، تعداد پالس‌های لازم برای تغییر وضعیت دریچه از وضعیت یک به دو و نیز تعداد پالس‌های لازم برای تغییر وضعیت دریچه از حالت دو به یک به‌صورت مجزا قابل تنظیم بود که این مقادیر با روش آزمون‌وخطا برای تغییر وضعیت دریچه از وضعیت یک به دو با استفاده از کوچک‌ترین سیب‌زمینی و تغییر وضعیت از دو به یک با استفاده از بزرگ‌ترین سیب‌زمینی به دست آمد.

مکان نصب دوربین، به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر سرعت خطی تسمه‌نقاله مورد بررسی قرار گرفت، برای این منظور محل نصب حسگر فاصله (به‌جای دوربین) در دو حالت نصب شده در فاصله ۷ و ۷۰cm از محور نقاله مورد ارزیابی قرار گرفت.

به‌منظور ارزیابی تأثیر سرعت خطی تسمه‌نقاله روی ظرفیت کاری ماشین درجه‌بندی، سرعت خطی تسمه‌نقاله در ده سرعت مختلف بررسی شد. در پایان از مقایسه نتایج به‌دست‌آمده بهترین شرایط دریچه به نحوه‌ی که ماشین درجه‌بندی بدون خطا با حداکثر ظرفیت کار کند تعیین شد. بهترین تراکم بیش‌ترین مقدار سیب‌زمینی است که در هر متر از طول تسمه بدون هیچ‌گونه خطا قابلیت تفکیک شدن را دارد. برای تعیین ظرفیت‌کاری وزن سیب‌زمینی‌های روی تسمه اندازه‌گیری و با داشتن زمان لازم برای درجه‌بندی آن‌ها ظرفیت کاری محاسبه گردید. کلیه آزمایش‌ها در ۳ تکرار انجام شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تأثیر مکان نصب دوربین

اثر محل نصب دوربین بر سرعت کار تسمه‌نقاله استفاده از طرح الف در دو فاصله بررسی شد. نتایج نشان داد، هنگامی‌که مکان تعیین درجه محصول (محل نصب دوربین) در فاصله ۷ cm از محور نقاله بود، بیش‌ترین سرعت خطی تسمه‌نقاله به ۰/۴۵ $m.s^{-1}$ محدود می‌شد و افزایش سرعت خطی تسمه‌نقاله بیشتر از آن باعث ایجاد خطا در کار دریچه می‌گردید، زیرا با افزایش بیشتر سرعت، محصول در زمان کوتاهی به دریچه رسیده و دریچه فرصت کافی برای تغییر وضعیت را نخواهد داشت و این امر باعث ایجاد خطا در عملکرد دریچه می‌شود، اما در شرایطی که مکان تعیین درجه محصول در فاصله ۷۰ cm از محور تسمه‌نقاله بود، به دلیل آنکه زمان تشخیص هدف تا رسیدن آن به دریچه بیشتر شد، با افزایش سرعت تسمه‌نقاله تا ۰/۶۵ $m.s^{-1}$ خطای در عملکرد دریچه مشاهده نشد.

۳-۲- تأثیر سرعت خطی تسمه و نحوه‌ی عملکرد دریچه بر ظرفیت کاری

۳-۲-۱- طرح الف

نتایج آزمایش‌های انجام‌شده برای طرح الف، به‌منظور پیدا کردن بیش‌ترین ظرفیت کاری در جدول (۲) نشان داده شده است. همان‌طور که از نتایج جدول (۲) مشاهده می‌شود با افزایش سرعت خطی تسمه‌نقاله، تراکم محصول کاهش یافته است. دلیل این امر، افزایش فاصله مجاز دو محصول پشت سر هم به‌منظور جلوگیری از ایجاد خطا و گرفتگی در دریچه است.

جدول ۲- بیش‌ترین تراکم و حداکثر ظرفیت به‌دست‌آمده از آزمایش‌ها در سرعت‌های مختلف تسمه برای طرح الف نحوه‌ی عملکرد دریچه

Table 2- The maximum density and maximum capacity obtained from the experiments at different conveyer velocity for the plan of a valve operation

Maximum capacity ($ton.h^{-1}$)	Maximum density ($kg.m^{-1}$)	Conveyor velocity ($m.s^{-1}$)
0.21	0.99	0.06
0.39	0.85	0.13
0.53	0.78	0.19
0.67	0.74	0.25
0.79	0.69	0.32
0.89	0.65	0.38
0.99	0.61	0.45
1.07	0.56	0.53
1.10	0.52	0.59
1.17	0.50	0.65

۳-۲-۲- طرح ب

جدول ۳ نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌ها را برای طرح ب در سرعت‌های مختلف تسمه‌نقاله به‌منظور دست‌یابی به حداکثر ظرفیت کاری نشان می‌دهد. با مشاهده نتایج جدول (۳) دیده می‌شود، در طرح ب نیز همانند طرح الف با افزایش سرعت تسمه‌نقاله، تراکم محصول روی تسمه کاهش

یافته است. همچنین از نتایج جدول (۲) و (۳) مشاهده می‌شود، در هر دو طرح مورد ارزیابی، با افزایش سرعت تسمه‌نقاله علیرغم کاهش تراکم محصول روی تسمه، ظرفیت کاری ماشین افزایش‌یافته است.

شکل ۴ مقایسه تراکم محصول روی تسمه در سرعت‌های مختلف را برای دو طرح عملکرد دریچه نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۴ دیده می‌شود، در هر دو طرح مکانیزم عملکرد دریچه، با افزایش سرعت تسمه‌نقاله بیشترین تراکم محصول بر روی تسمه به دلیل محدودیت سرعت تغییر وضعیت دریچه، کاهش یافته است. همچنین مشاهده می‌شود، تراکم محصول در طرح ب با سرعت‌های یکسان بیشتر از طرح الف است، زیرا به هنگام استفاده از طرح ب در بدترین شرایط برای دو محصول پشت سر هم دریچه نیاز به یک‌بار باز و بسته شدن دارد درحالی‌که در هنگام استفاده از طرح الف برای دو محصول پشت سر هم در بدترین شرایط دریچه نیاز به دو بار باز و بسته شدن دارد، بنابراین در طرح ب می‌توان فاصله محصولات از هم را کاهش و در نتیجه تراکم را بالا برد.

جدول ۳- بیش‌ترین تراکم و حداکثر ظرفیت به‌دست‌آمده از آزمایش‌ها در سرعت‌های مختلف تسمه برای طرح ب نحوه‌ی عملکرد دریچه

Table 3- The maximum density and maximum capacity obtained from the experiments at different conveyor velocity for plan of B valve operation

Maximum capacity (ton.h^{-1})	Maximum density (kg.m^{-1})	Conveyor velocity (m.s^{-1})
0.35	1.61	0.06
0.67	1.42	0.13
0.90	1.32	0.19
1.04	1.15	0.25
1.22	1.06	0.32
1.33	0.98	0.38
1.45	0.90	0.45
1.64	0.86	0.53
1.70	0.80	0.59
1.81	0.78	0.65

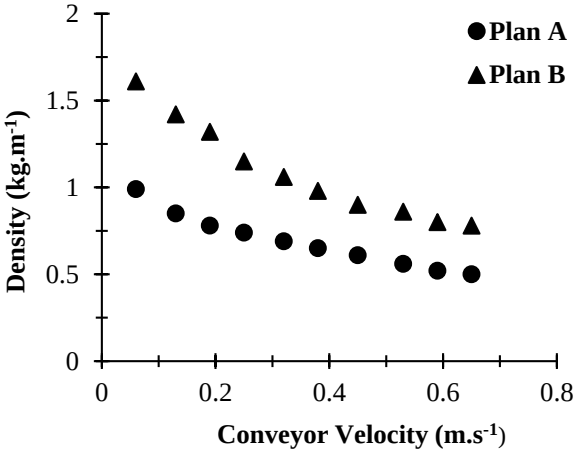


Figure 4. Comparison potatoes density on the conveyor at different velocity for two-method valve operation

شکل ۴- مقایسه تراکم سیب‌زمینی‌ها روی تسمه در سرعت‌های مختلف تسمه برای دو روش نحوه‌ی عملکرد دریچه

شکل ۵ نمودار مقایسه نتایج ظرفیت در سرعت‌های مختلف تسمه را برای دو طرح عملکرد دریچه نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، طرح ب از لحاظ ظرفیت کاری برتری محسوسی نسبت به طرح الف دارد، زیرا در طرح ب تراکم محصول بر روی تسمه نسبت به طرح الف بیشتر است.

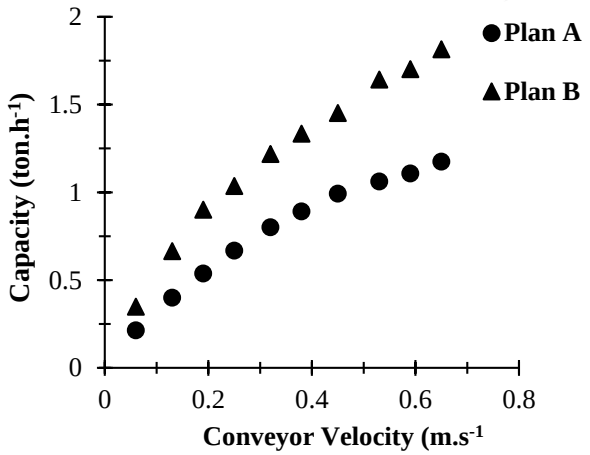


Figure 5. Comparison capacity at different conveyor velocity for two-method valve operation

شکل ۵- مقایسه ظرفیت در سرعت‌های مختلف تسمه برای دو روش نحوه‌ی عملکرد دریچه

۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد، در یک ماشین درجه‌بندی درصورتی‌که فاصله نصب دوربین یا مکان تعیین درجه محصول تا عملگر جداکننده کم باشد، سرعت تسمه‌نقاله محدود می‌شود، بنابراین مکان نصب دوربین در ظرفیت کاری ماشین تأثیرگذار است. نحوه عملکرد عملگر جداکننده یک ماشین درجه‌بندی میوه به شیوه ماشین بینایی، تأثیر بسزایی در ظرفیت آن دارد. در هر دو طرح مورد استفاده برای ارزیابی عملکرد دریچه، با افزایش سرعت تسمه‌نقاله علیرغم کاهش تراکم محصول بر روی تسمه، ظرفیت کاری ماشین افزایش یافت؛ بنابراین در صورت استفاده از سیستم دریچه به‌عنوان عملگر جداکننده در یک ماشین درجه‌بندی، افزایش سرعت بیشتر تسمه‌نقاله با تراکم کمتر محصول روی تسمه نسبت به کاهش سرعت تسمه‌نقاله با تراکم بیشتر محصول روی آن، ظرفیت بیشتری را فراهم می‌کند.

۵- مراجع

AMIRI, P. J., KHOSHTAGHAZA, M., Kabir, E., & MINAEI, S. (2008). Volume estimation of potatoes using image processing. (Persian)

Fellows, P. J. (2009). *Food processing technology: principles and practice*: Elsevier.

Font, D., Tresanchez, M., Pallejà, T., Teixidó, M., Martinez, D., Moreno, J., & Palacín, J. (2014). An image processing method for in-line nectarine variety verification based on the comparison of skin feature histogram vectors. *Computers and Electronics in Agriculture, 102*, 112-119.

Hamid, G., Deefholts, B., Reynolds, N., McCambridge, D., Mason-Palmer, K., & Briggs, C. (2013). Automation and robotics for bulk sorting in the food industry *Robotics and Automation in the Food Industry* (pp. 267-287): Elsevier.

Khan, S., Cai, M., Grattan, K., Kajan, K., Honeywood, M., & Mills, S. (2005). *Design and investigation of high-speed, large-force and longlifetime electromagnetic actuators by finite element modelling*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.

Leemans, V., Magein, H., & Destain, M.-F. (2002). AE—automation and emerging technologies: On-line fruit grading according to their external quality using machine vision. *Biosystems Engineering, 83*(4), 397-404.

Leverett, W. H. (1993). holding cup and sorting apparatus: Google Patents.

MacDougall, D. B. (2002). *Colour in food: improving quality*: Woodhead Publishing.

Manickavasagan, A., Al-Mezeini, N., & Al-Shekaili, H. (2014). RGB color imaging technique for grading of dates. *Scientia Horticulturae, 175*, 87-94.

Mizushima, A., & Lu, R. (2013). An image segmentation method for apple sorting and grading using support vector machine and Otsu's method. *Computers and Electronics in Agriculture, 94*, 29-37. doi:https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.02.009

Mohsenin, N. N. (1970). Physical properties of plant and animial materials. Vol. 1. Structure, physical characterisitics and mechanical properties. *Physical properties of plant and animial materials. Vol. 1. Structure, physical characterisitics and mechanical properties.*, *1*.

Pourdarbani, R., Ghassemzadeh, H., Aghagolzadeh, A., & Behfar, H. (2009). Feasibility Study of Apple Quality Grading Using Image Processing. *Journal of food research, 19*(1), 72-85. (Persian)

Sarikaya, D. (2017). *Exploring Fusion Models in Computer Vision for Medical Image Computing.* State University of New York at Buffalo.

Shulgin, V. A., Minakov, D. A. e., Chuyko, G. V., Strygin, V. D., & Ageev, A. A. (2014). Rice Sorter Machine and Processing Line For Red Rice Seeds Elimination.

Unay, D., Gosselin, B., Kleynen, O., Leemans, V., Destain, M.-F., & Debeir, O. (2011). Automatic grading of Bi-colored apples by multispectral machine vision. *Computers and Electronics in Agriculture, 75*(1), 204-212.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران