بررسی و مقایسه کمی انواع روش‌های درجه‌بندی ابعادی میوه و سبزی

پوریا نعیمی امینی[۱*]، یونس بیات[۱]، آرش خرم[۲]، مصطفی طوفانی[۲] و سید محمد سبحان نبوی[۳]

۱- دانشجوی دکتری گروه مکانیک دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، poorianaeemi@yahoo.com
۲- کارشناس پژوهشکده هوا خورشید، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- کارشناس ارشد مکانیک، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

یکی از فعالیت‌های بعد از برداشت محصولات کشاورزی درجه‌بندی بر اساس ابعاد، شکل و رنگ است. درجه بندی محصولات از جهات مختلف حایز اهمیت است. این فعالیت در صنایع تبدیلی کشاورزی باعث کنترل بهتر فرآیندهای مختلف بر میوه و سبزی با ابعاد یکسان می‌شود؛ شرایط انبارداری محصول را بهبود می‌بخشد؛ برای کشاورز ارزش افزوده ایجاد می‌کند و به مصرف‌کننده قدرت انتخاب می‌دهد. دراین مقاله روشهای مختلف درجه‌بندی ابعادی میوه و سبزی جمع‌آوری شده است. سپس نقاط قوت و ضعف هر کدام از روش‌های سورت ابعادی توسط مجموعه‌ای از شاخص‌ها (ظرفیت، کارآیی، آسیب وارده به محصول و ...) امتیازدهی می‌شود. نتایج امتیاز دهی می‌تواند به عنوان راهنمای انتخاب روش مناسب برای هر نیاز خاص مورد استفاده قرار گیرد. نتایج نشان می‌دهد که روشهای مکانیزه به طور مشخصی بهتر از روشهای سورت ابعادی دستی عمل میکنند. بعلاوه در میان روش‌های مکانیزه سورت ابعادی، روش غلتک‌های واگرای متحرک به طور عمومی مناسب‌ترین عملکرد را داراست.

کلمات کلیدی: محصول باغی و زراعی، درجه‌بندی ابعادی، پس از برداشت، روش‌های سرندی، روش‌های درجه‌بندی غلتک واگرا

مقدمه

یکی از فعالیت‌های بعد از برداشت محصولات کشاورزی درجه‌بندی بر اساس ابعاد، شکل و رنگ است. درجه بندی محصولات کشاورزی به خصوص میوه ها و سبزیجات به یک تجارت در تمام دنیا تبدیل شده است و از جهات مختلف حایز اهمیت است. این فعالیت در صنایع تبدیلی کشاورزی باعث کنترل آفات و بیماریها در طول پروسه بعد از برداشت می‌شود، برای کشاورز ارزش افزوده ایجاد می‌کند و به مصرف‌کننده قدرت انتخاب می‌دهد.

در ایران عمدتا درجه‌بندی انجام نمی‌شود و یا در صورت انجام این فعالیت به صورت دستی و با در نظر داشتن تعدادی از عوامل درجه بندی میوه ها و با توجه به کیفیت فیزیکی میوه ها انجام می شود. این در فصل اوج نیاز (عمدتا زمان برداشت محصول) کاری پر هزینه، وقت گیر و با کارایی پایین می باشد و حتی ممکن است با کمبود کارگر مواجه شد. بنابراین کشاورزان به دنبال داشتن یک ماشین مناسب درجه بندی محصولات کشاورزی به منظورکاهش کمبود نیروی کار، صرفه جویی در وقت و بهبود کیفیت محصول هستند. درجه بندی میوه ها یک فرایند بسیار مهم است و

بهبود بسته بندی، حمل و نقل و بهبود کلی در سیستم بازاریابی را به ارمغان می‌آورد. درجه بندی می تواند به کاهش تلفات میوه در طول حمل و نقل بیانجامد.

یکی از اجزای مهم درجه‌بندی، تفکیک محصول بر اساس ابعاد است. از نظر ابعاد محصولات عموما بر اساس قطر بزرگترین مقطع و در مقیاس کمتر بر اساس طول دسته‌بندی می‌شوند. هر چند این دو نافی هم نیستند و اتفاقا محصولاتی مثل هویج و خیار معمولا بوسیله هر دو بعد تفکیک می‌شوند. کنترل بهتر فرآیندهای مختلف بر میوه و سبزی با ابعاد یکسان و بهبود شرایط انبارداری محصول، امکان عرضه محصولات متناسب با نیاز مشتریاز نتایج دسته‌بندی بر اساس ابعاد است.

در بخش ۲ روش‌های مختلف درجه‌بندی محصول که شامل درجه‌بندی بر اساس قطر و طول است، معرفی می‌شود. در بخش ۳ یک سیستم امتیازدهی کمی برای مقایسه و انتخاب روش مناسب با هر نیاز معرفی می‌شود. نتایج این بخش می‌تواند به عنوان یک راهنما مورد استفاده قرار گیرد. بخش ۴ نیز به نتیجه‌گیری و جمع‌بندی می‌پردازد.

روشهای مختلف درجه‌بندی محصول

تکنیک‌های مختلفی برای درجه‌بندی محصولات ارایه شده است. قبل از هر چیز لازم است واژه‌های مهم تعریف شوند. دسته‌بندی (sorting) اشاره به تفکیک محصول بر اساس یک یا چند معیار دارد. این معیار می تواند اندازه هندسی، وزن، چگالی یا خصوصیات ظاهری نظیر شکل، رنگ و وضعیت داخلی محصول باشد. بر این اساس دسته‌بندی بر اساس قطر یا طول، دسته‌بندی بر اساس ابعاد (size sorting) می‌باشد. گاهی سعی می‌شود بین درجه‌بندی (grading) و دسته‌بندی (sorting) تفکیک قایل شود. بر این اساس دسته‌بندی به تفکیک بر اساس تنها یک معیار (نظیر اندازه) و درجه‌بندی به تفکیک بر اساس چند معیار همزمان اطلاق می‌شود (Fellows, 2000). مطابق این تعریف دسته‌بندی حالت خاصی از درجه‌بندی است. اما این نامگذاری یک قاعده نیست(Landhe*et al*, 2013; 4). در جاهای مختلف این دو واژه بجای هم بکار برده شده‌اند. در این مقاله نیز این دو کلمه معادل هم در نظر گرفته می‌شوند.

معیارهای درجه بندی عمدتا در قالب استانداردهایی ارایه می‌شوند. همیشه یکی از معیارهای اصلی درجه‌بندی محصول محدودیت های ابعادی آن است (7, 2011; 8, 1958). در این بخش فن‌آوریهای مختلف درجه‌بندی محصول –مورد استفاده در فرآیندهای پس از برداشت– معرفی می‌شوند. در این مقاله روش‌های دسته‌بندی بر اساس قطر به تفصیل مورد بررسی قرار میگیرند.

دسته‌بندی محصول بر اساس قطر

دسته‌بندی محصولات باغی و زراعی بر اساس ابعاد هندسی یکی از متداولترین و مناسب‌ترین روشها برای ایجاد ارزش افزوده در محصول است. این فعالیت باعث بهبود در انبارداری، فرآیندهای تبدیلی بعدی و نهایتا فروش محصول است. بعلاوه روشهای مورد استفاده نسبت به سایر تکنیک‌ها (دسته‌بندی بر اساس وزن، رنگ و شکل) در اغلب موارد ساده‌تر و در نتیجه کم هزینه‌تر هستند. دسته‌بندی بر اساس ابعاد هندسی یکی از الزامات دایمی استانداردهای درجه‌بندی است (grading standards). دسته‌بندی بر اساس قطر برای محصولات باغی –نظیر سیب، هلو، مرکبات، زردآلو و غیره– و محصولات زراعی–نظیر سیب‌زمینی، پیاز، هویج، چغندر، انواع صیفی‌جات و غیره– کاربرد دارد. از آنجایی محصولات معیوب عمدتا بر اساس شکل، رنگ و شرایط ظاهری تشخیص داده می شوند، روشهای ابعادی به تنهایی قادر به تفکیک محصولات معیوب نیستند. معمولا محصول معیوب بوسیله بازرسی بر روی تسمه نقاله غلتکی (roller inspection table) و قبل از دسته‌بندی ابعادی انجام می‌شود (Landhe*et al*, 2013).

روشهای این بخش به سه دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول روش‌های سرندی (sieving or screening)، دسته دوم روشهای غلتکی واگرا (divergent roller sorting) و دسته سوم روشهای متفرقه می‌باشند.

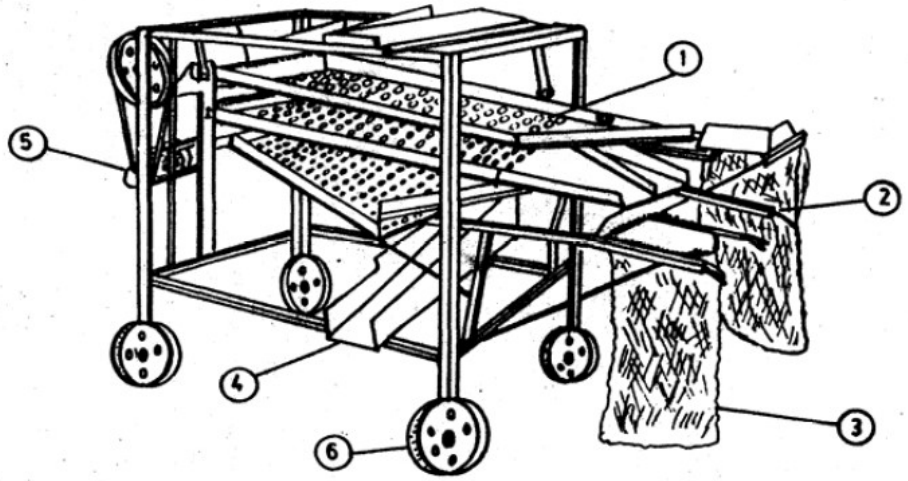
روشهای سرندی

در روش‌های سرندی (seiving or screening) همیشه از یک عضو الک مانند استفاده می‌شود. درجه‌بندی سوراخ‌های این الک برای نوع محصول و سایزبندی مورد نظر به طور مناسب انتخاب می‌شود. شکل سوراخ‌های الک نیز با توجه به نوع محصول می‌تواند متفاوت باشد (Fellows, 2000). برای این روشها اسم‌گذاری متنوعی ارایه شده است. آنچه در این بخش ارایه می‌شود اشاره به سامانه‌هایی دارد که در آن‌ها درجه‌بندی سوراخ‌های الک ثابت (fixed aperture screens) است.

الف– سرند لرزشی:

شکل ۱ نمونه‌ای از درجه‌بندی با سرند لرزشی را نشان می‌دهد. هر الک قادر است محصول را از نظر ابعاد به دو دسته تقسیم کند. بنابراین اگر به تعداد دسته‌های بیشتری نیاز باشد، می‌بایستی از الک‌های بیشتری استفاده گردد. بنابراین در این شکل محصول با گذر از سه الک می‌تواند به چهار قسمت تقسیم شود. مکانیزم عمل سرند لرزشی بدین‌گونه است: یک نوسان دهنده مکانیکی حرکات رفت و برگشتی و بالا و پایین در الک‌ها ایجاد می‌کند. این حرکات باعث می‌شود محصول جابجا شده و محصول کوچکتر زمانیکه در موقعیت مناسب قرار گیرد از سوراخهای الک رد شود. یکی از مشکلات این روش این است که در آن آسیب مکانیکی به سطح محصول قابل توجه است. این مقدار می تواند تا ۲٪ محصول باشد که رقم بزرگی است (Landhe*et al*, 2013; 4). از دیگر مشکلات این روش ظرفیت متوسط رو به پایین آن است (Landhe*et al*, 2013). بعلاوه اغلب به شکل مداوم میبایستی نظارت نیروی انسانی وجود داشته باشد تا محصولات گیر کرده در الک‌ها بیرون آورده شوند(Fellows, 2000; Landhe*et al*).

نوسان‌دهنده مکانیکی نیز توان قابل توجهی می‌خواهد. با توجه به معماری آن‌ها، امکان اضافه کردن تعداد دسته‌بندی‌ها وجود ندارد. این روش برای محصولات گرد (round) مناسب است و برای محصولات کشیده (oblong) کارآیی قابل قبولی ندارد.



1. SIEVE 2. BAG HOLDING DEVICE 3. GUNNY BAG
4. POTATO OUTLET 5. ELECTRIC MOTOR 6. TRANSPORT WHEEL

شکل ۱. نمونه سرند لرزشی (5)

ب- سرند دورانی:

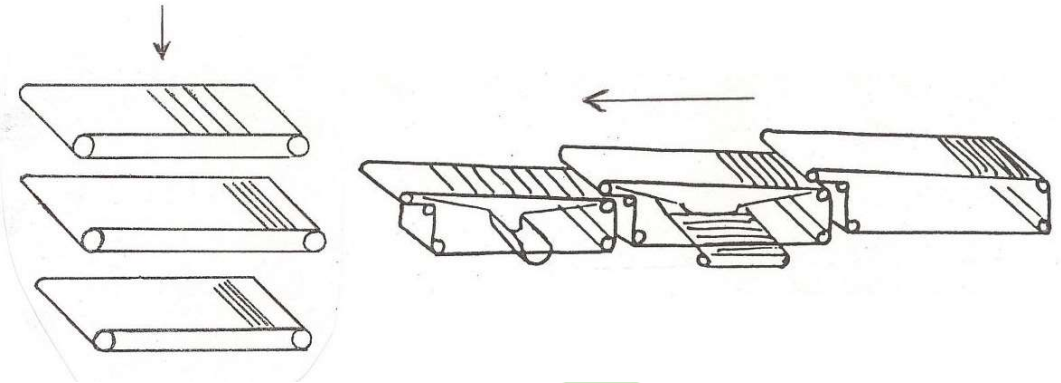
سرندهای دورانی از یک محفظه استوانه‌ای تو خالی (drum) تشکیل شده است. سطح بیرون استوانه شامل سوراخ‌هاییست که مشابه سرند هستند. معمولا استوانه با شیبی ملایم رو به پایین تمایل دارد. محصولات از بالا وارد آن شده و همزمان استوانه حول محور طولی خود دوران می‌کند. بدین ترتیب محصولات با حرکت حول محور استوانه و سقوط متعاقب آن قرصت عبور از سوراخ‌های الک را پیدا می‌کنند. در حین این حرکت محصولات به سمت انتهای استوانه نیز حرکت میکنند. معمولا سرند استوانه‌ای از چند الک با درجه‌بندی متفاوت تشکیل شده‌اند تا در طول مسیر ابتدا محصولات کوچکتر و سپس محصولات بزرگتر از الک خارج شوند. در طراحی متفاوت میتوان طرحی مارپیچ مانند درون استوانه ایجاد کرد تا محصولات به جلو رانده شوند. در این صورت استوانه می‌تواند افقی قرار گیرد (شکل ۲).

نوع مکانیزم استفاده شده به گونه‌ایست که محصول در معرض برخوردها و سقوط های متعدد است؛ بنابراین آسیب به محصول در این روش نیز مانند روش سرندهای لرزشی قابل توجه است. این روش برای محصولات مقاوم و عموما کوچک (مانند گردو) استفاده می‌شود (Fellows, 2000). ظرفیت آن نیز نسبت به وزن و ابعاد دستگاه متوسط رو به پایین است (reference and more). احتمال گیر کردن محصول در ان نسبت به سورتر لرزشی کمتر است (Fellows, 2000).

شکل ۲. نمونه سرند دورانی

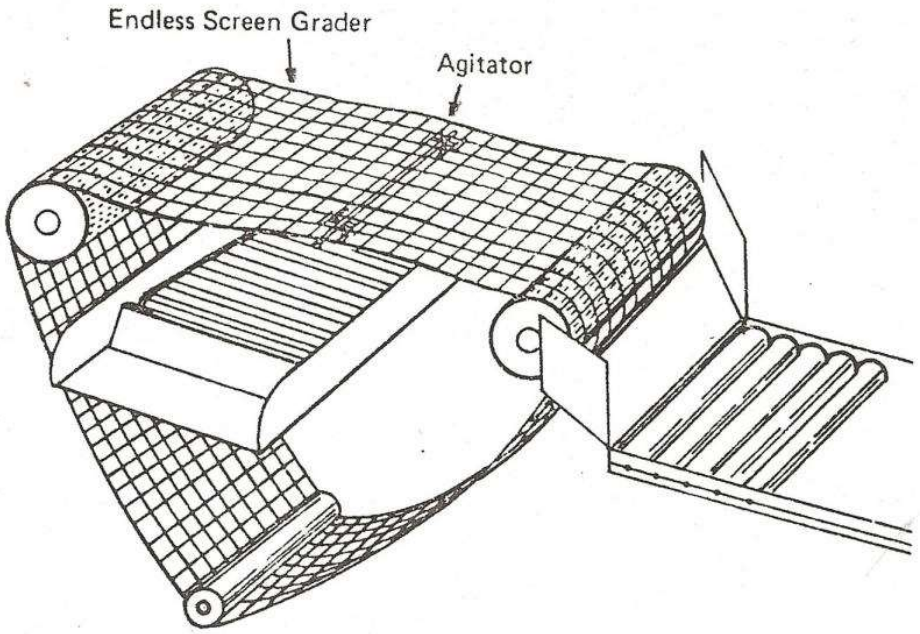
پ–سرند نوار نقاله‌ای:

در صورتیکه عضو سرندی بجای تسمه در یک نقاله استفاده شود، فن‌آوری مذبور سرند نوار نقاله‌ای نام می‌گیرد. بدین ترتیب سرند در عین حرکت خطی همیشه ادامه خواهد داشت (endless screen sizer). قسمت سرندی می‌تواند از یک توری فلزی با درجه‌بندی و شکل سوراخ های مشخص و متناسب با نیاز باشد. در صورت استفاده از زنجیر کانویر، می‌توان بجای توری از میله‌های عمود بر جهت حرکت خطی نقاله استفاده کرد. از آنجایی که هر نوارنقاله قادر است دو سایز محصول بدهد، برای تقسیم‌بندی بیشتر به چیدمانی از ان‌ها نیاز است. شکل ۳ دو چیدمان معمول را نشان می‌دهد (4).



شکل ۳. دو چیدمان سیستم‌های سرندی نوار نقاله‌ای

شکل ۴ نوعی از سرند نوار نقاله‌ای را نشان میدهد که در آن طوری توسط یک قسمت نوسان دهنده، سرعت عمودی نیز پیدا می‌کند. به کمک این قسمت محصولات فرصت می‌کنند که موقعیت مناسب برای عبور از سرند را پیدا کند. به علاوه احتمال گیر کردن محصول در توری نیز کاهش پیدا می‌کند (4).



شکل ۴. سرند نوار نقاله‌ای با نوسان ده

ظرفیت این شکل از روش‌های سرندی نسبت به دو گونه‌ی قبلی بسیار بالاتر است (تا ۴۰ تن در ساعت). نسبت به دو روش قبلی آسیب کمتری به محصول وارد می‌کند. مشکل عمده آن نیاز به استفاده از چند نوار نقاله برای رسیدن به بیش از دو دسته –و به طبع نیاز به فشار بیشتر– است. به همین دلیل افزایش دسته‌بندی‌ها تنها با اضافه کردن یک مدول به قسمتهای قبلی قابل انجام است.

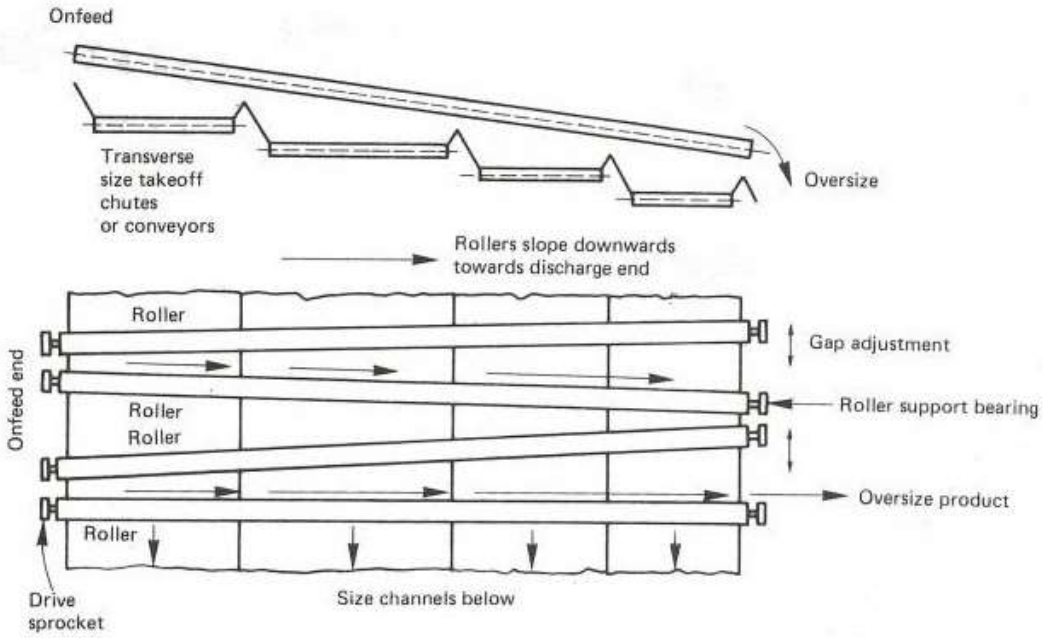
روشهای غلتک واگرا

روش‌های غلتک واگرا (divergent roller grading) به فن‌آوریهایی اطلاق می‌شود که محصول بین دو غلتک قرار گرفته و با پیش‌روی آن در مسیر دستگاه فاصله غلتک‌ها زیاد می‌شود. دو روش غلتک ثابت و غلتک متحرک معرفی می‌شوند:

الف– روش‌های غلتک ثابت:

ایده‌ی کلی این روش در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طوری که در شکل مشاهده می‌شود محصول از بالا وارد دستگاه شده و بین دو غلتک طولی قرار می گیرد. غلتک‌ها متحرک بوده و در خلاف جهت هم می‌چرخند. این چرخش در کنار زاویه ملایم رو به پایین دستگاه باعث می‌شود که محصولات ضمن غلتش حول محور فرضی که بین دو محور طولی غلتکها قرار دارد، به سمت پایین نیز حرکت کنند. از آنجایی که فاصله غلتک‌ها به مرور زیاد می‌شود، ابتدا محصول کوچکتر و سپس محصول بزرگتر از بین غلتکها به پایین می‌افتد. به طور معمول از بین دو غلتک حداکثر ظرفیتی در حدود ۱ تن در ساعت قابل بدست آوردن است (Landhe*et al* ; 5). این معماری برای محصولاتی مثل هویج، خیار و کدو که کشیده هستند چندان مناسب نیست؛ چرا که حرکت رو به پایین محصولات کشیده در دستگاه به راحتی انجام نمی‌شود. اما برای محصولاتی مثل پیاز، گردو، مرکبات و غیره

کارآیی و ظرفیت بهتری دارد. پارامترهای مختلفی از جمله نوع محصول، شیب رولرها، سرعت چرخش آن‌ها، میزان ورودی و نحوه افزایش فاصله رولرها در عملکرد دستگاه مؤثر است. بررسی‌های مختلفی برای نمونه‌های خاص انجام شده است (Landhe*et al*).

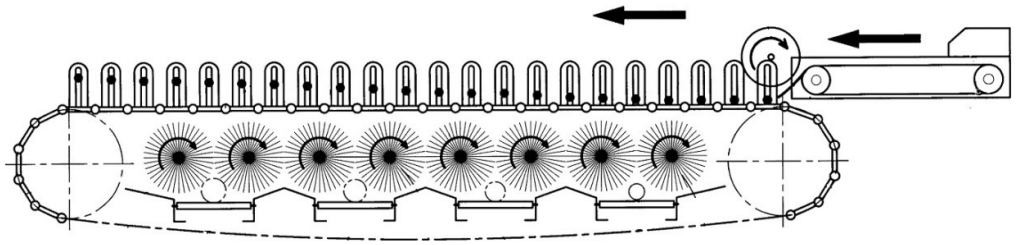


شکل ۵. نمایی بالا و جانبی دستگاه غلتک واگرای ثابت

ب- روش‌های غلتک متحرک:

در روش غلتک ثابت، رولرها تنها به دور محور طولی خودشان دوران داشتند، اما در این روش، رولرها شبیه یک کانوایر غلتکی (roller conveyor) در طول دستگاه حرکت می کنند. برخلاف کانویر غلتکی فاصله غلتک‌ها در این سیستم به مرور زیاد می‌شود. بنابراین گاهی آن را سورتینگ با غلتک های باز شونده (expandable roller grading) می‌نامند. مکانیزمهای مختلفی برای باز شدن تدریجی فاصله غلتک ها وجود دارد. به طور کلی معماری این سیستم نسبت به روش‌های دیگر بخش ۲-۱ پیچیده‌تر است. غلتک‌ها در طول مسیر حرکت، به دور محور طولی خود نیز غلتش دارند(مانند نقاله غلتکی). این غلتش باعث می‌شود که میوه در زمانی که بر روی غلتک‌ها قرار گرفته است، در حال غلتش باشد. بنابراین محصول همیشه در حال چرخش است تا زمانی که فاصله رولرها به حدی برسد که امکان افتادن از بین دو غلتک مجاور فراهم شود (شکل ۶).

آسیب وارد شده به محصول در این فنآوری نسبت به روشهای قبلی سرندی بسیار محدودتر بوده و نسبت به روش غلتک ثابت نیز کمتر است. روش غلتک متحرک برای محصولات گرد و کشیده کاربرد دارد. این روش محصولات را بر اساس یک بعد (معمولا قطر بزرگترین مقطع) دسته‌بندی می‌کند. ظرفیت این دستگاه‌ها بالا است و در این مورد تنها سرند دورانی با آن قابل رقابت است. تعداد دسته‌بندی در آن نسبت به سرند دورانی به راحتی قابل افزایش است. از لحاظ پیچیدگی فنآوری از تمامی روشهای ذکر شده در بخش ۲-۱ پیچیده‌تر است (Fellows, 2000).



شکل ۶. روش غلتک متحرک(Sardo, 2006)

روشهای متفرقه

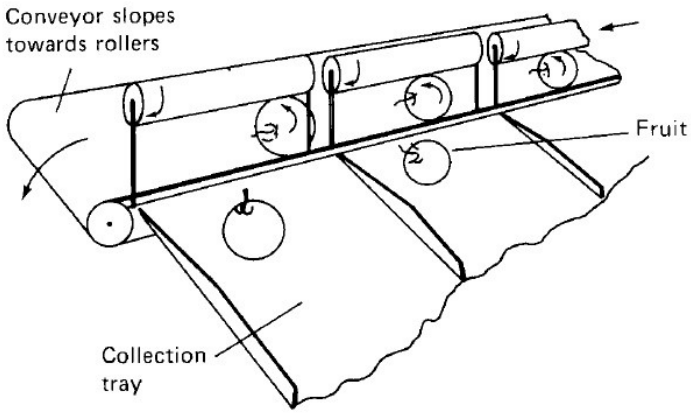
در این قسمت روشهایی که در دو بخش قبلی قرار نمی‌گیرند بررسی می‌شوند.

الف– میز دوار (گریز از مرکز):

میز دوار بر اساس حرکت گریز از مرکز میوه عمل می‌کند. میوه وارد میزی دوار می‌شود. حرکت چرخشی میز باعث می‌شود که میوه به سمت بیرون میز هدایت شود. دور میز دوار موانعی ایجاد شده است. این موانع فواصلی درست می‌کنندکه به تدریج یا به صورت پله‌ای مقدار آنها زیاد می‌شود. زمانی که فاصله مقدار مناسبی می‌رسد، میوه از آن رد می‌شود. میوه وارد محفظه یکی از دسته‌بندی‌ها می‌شود. این روش تنها برای محصولات گرد کاربرد دارد. آسیب به محصول کم بوده بنابراین میوه ها از جمله سیب و هلو می‌توانند با این روش سورت شوند. ظرفیت دستگاه به نسبت روش های دیگر کم است.

ب– روش تمسه نقاله و رولر:

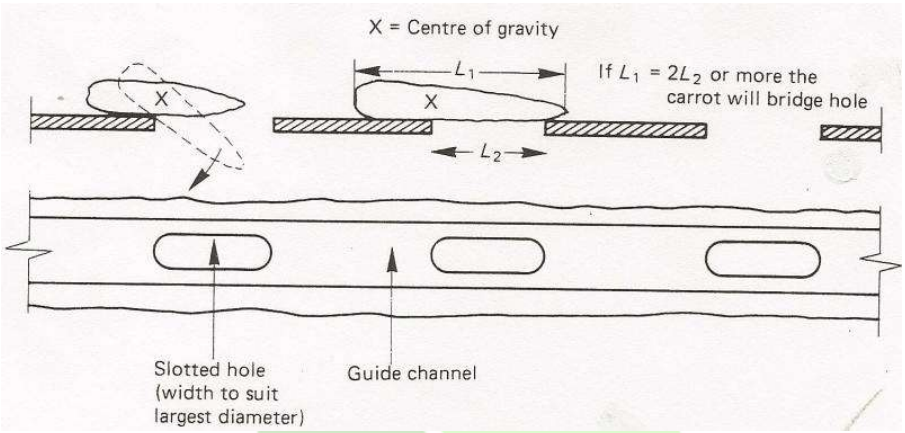
در این روش میوه‌ها (عمدتا گرد) روی تسمه نقاله قرار می‌گیرند. رولرهای در مسیر و با فواصل مختلف (زیاد به کم) از بالای تسمه نقاله عبور کرده‌اند. میوه در هر مرحله‌ای که قطرش از فاصله مورد نظر بیشتر باشد توسط رولر به بیرون هدایت می‌شود. در شیوه‌ای دیگر از اجرا، تسمه نقاله به راست یا چپ متمایل است و رولرها در لبه طولی پایینتر و در امتداد طول دستگاه قرار دارند (شکل ۷).



شکل ۷. روش تسمه نقاله و رولر(Fellows, 2000)

درجه‌بندی بر اساس طول

درجه‌بندی بر اساس طول برای محصولات کشیده (oblong) از جمله خیار و هویج کاربرد دارد. معمولا دسته‌بندی بر اساس طول را بعد از دسته‌بندی قطری انجام می‌دهند. شیوه عمل معمولا به این صورت است که محصولات در طول در یک شیار روی میز شیبدار قرار گرفته و با لرزش میز به سمت پایین حرکت می‌کنند. در طول مسیر فواصلی ایجاد شده است. در صورتیکه طول محصول از حدی کمتر باشد از شیار به محفظه پایین سقوط می‌کند (شکل ۸).



شکل ۸. درجه‌بندی طولی

امتیاز دهی و مقایسه فن‌آوریهای مختلف درجه‌بندی قطری

همانطوری که در بخشهای قبلی گفته شد، روشهای مکانیزه درجه‌بندی قطری برای تفکیک محصول به دسته‌ها با اندازه‌های مورد نظر، بسیار مناسب و پرکاربرد هستند. با توجه به تنوع فن‌آوری‌های استفاده شده، تجزیه و تحلیل عملکرد آن‌ها در شرایط مختلف حایز اهمیت است. هدف این بخش ارایه یک سیستم امتیازدهی به هر روش است. هدف این امتیازدهی، کمی کردن و رتبه‌بندی عملکرد فن‌آوریهای مختلف در زمینه درجه‌بندی قطری است. نتایج این بخش راهنمایی است که به کمک آن می‌توان بسته به نیاز مشخص روش بهتر را انتخاب کرد و به کار برد.

ابتدا تعدادی شاخص عملکردی نظیر کارآیی، ظرفیت، عدم آسیب به محصول و ... تعیین می‌شود. سپس برای هر دوتایی روش–شاخص یک نمره از صفر تا ده در نظر گرفته می‌شود. نمره صفر نشانه ضعیف‌ترین عملکرد ممکن و نمره ده نمایانگر بهترین عملکرد مورد تصور است. به عنوان مثال اگر شاخص "عدم آسیب به محصول" مد نظر است، هرچه نمره به سمت ده نزدیک‌تر شود یعنی روش مورد نظر آسیب کمتری به محصول وارد می‌کند.

ابتدا لازم است شرحی بر شاخص هایی که معرفی شده است برود:

۱و۲– کارآیی درجه‌بندی ابعادی (sizing efficiency)، برای این شاخص معیارهای اندازه‌گیری مختلفی بیان شده است. به طور کلی آن را می‌توان احتمال اینکه نمونه تصادفی در دسته ابعادی درست قرار گرفته باشد (به کمک آزمون آماری z) بیان کرد

(Camelo*et al*., 2003). کارآیی در اینجا دو بار مطرح شده است. یک بار برای محصولات گرد و دیگری برای محصولات کشیده و استوانه‌ای.

۳-ظرفیت، به معنای دبی جرمی محصول عبوری از دستگاه است و معمولا بر حسب تن بر ساعت اندازه‌گیری می‌شود.

۴- عدم آسیب به محصول، به عنوان شاخصی است که میزان آسیب به محصول را نشان می‌دهد. میزان آسیب به محصول را میتوان نسبت محصول آسیب‌دیده به کل محصول سایز شده تعریف کرد.

۵- در دسترس‌پذیری (availability)، این شاخص نمایانگر رفتار هر روش در قبال خرابی، زمان های راه اندازی یا زمان‌های خواب اجباری دستگاه است.

۶- هزینه بهره‌بردای در واحد زمان، نشانه‌ی میزان هزینه‌ایست که دستگاه در حین بهره‌برداری در واحد زمان کار تحمیل می‌کند.

۷-قابلیت افزایش تعداد دسته‌بندی، شاخصی از توانایی هر روش در افزایش تعداد دسته‌بندی‌های ابعادی محصول (مثلا افزایش از ۲ دسته به ۳ دسته) است.

۸- قابلیت تنظیم دسته‌بندی‌ها، نمایانگر توانایی روش در تغییر محدوده ابعادی دسته‌ها متناسب با نیاز محصول است.

۹- زمان مستهلک شدن سرمایه، نمایه‌ای از هزینه اولیه خرید تجهیزات در مقابل ظرفیت کاری دستگاه برای رسیدن به نقطه‌ی سر به سر است.

جدول ۱ امتیازات متناظر با هر روش-شاخص را نشان می‌دهد. این امتیازات از کمی کردن مطالبی که آورده شد و بر اساس تجربه مولفان حاصل شده است. توجه شود که سورت ابعادی دستی نیز به جهت مقایسه به روش‌های دسته‌بندی ابعادی مکانیزه اضافه شده است. در پایین جدول نتایج امتیازات مشاهده می‌شود. نتایج امتیازات در واقع جمع امتیازاتی است که هر روش برای شاخص‌های متفاوت کسب کرده است. همانطور که مشاهده می‌شود غلتک واگرای متحرک در رتبه‌ی او قرار دارد و غلتک واگرای ثابت و تسمه و رولر مشترکا رتبه بعدی را دارند. باید توجه داشت که این امتیاز مجموع باز هم عددی خام است. چرا که طبیعی‌است که ضریب تاثیر هر شاخص بسته به نوع نیاز تغییر کند. مثلا اگر نیاز به سورت کردن محصول استوانه‌ای باشد، سرندها و میز دورانی فاقد کارآیی هستند. بنابراین برای مقایسه صحیح می‌بایستی امتیازهای هر روش-شاخص را در ضرایب تصحیح مناسبی ضرب کرد. در وحله اول جدول ۱کمک می‌کند که بسته به شاخصی که مهمتر است، انتخاب مناسب صورت گیرد. بر این اساس امتیاز مجموع شاخصی از عملکرد کلی هر روش است و برای استفاده خاص، این امتیاز مجموع بوسیله‌ی ساز و کاری که گفته شد باید تصحیح شود.

جدول ۱. مقایسه روش های مختلف دسته‌بندی قطری

		روش							
		سرند لرزشی	سرند دورانی	سرند نوار نقاله‌ای	غلتک واگرای ثابت	غلتک واگرای متحرک	میز دورانی	تسمه نقاله و رولر	روش دستی
شاخص	۱ کارآیی (محصول کروی)	۶	۷	۵	۷	۹	۹	۷	۴
	۲ کارآیی (محصول استوانه‌ای)	۰	۰	۰	۳	۷	۰	۲	۴
	۳ ظرفیت	۵	۳	۱۰	۴	۸	۳	۵	۱
	۴ عدم آسیب به محصول	۴	۳	۶	۶	۸	۹	۸	۸
	۵ در دسترس پذیری	۶	۹	۷	۸	۵	۸	۷	۶
	۶ هزینه بهره‌برداری در واحد وزن	۵	۶	۹	۷	۷	۶	۷	۲
	۷ قابلیت افزایش تعداد دسته‌بندی	۰	۰	۲	۸	۸	۵	۵	۲
	۸ قابلیت تنظیم دسته‌بندی‌ها	۳	۰	۳	۸	۸	۶	۹	۱
	۹ زمان مستهلک شدن سرمایه	۶	۵	۷	۶	۶	۵	۷	۰
	امتیاز مجموع	۳۵	۳۳	۴۹	۵۷	۶۶	۵۱	۵۷	۲۸

نتیجه‌گیری

در این مقاله روش‌های مختلف دسته‌بندی ابعادی معرفی و بررسی شدند. نقاط قوت و ضعف هر روش بیان شد. در مرحله بعد ویژگی‌های روش‌های مختلف دسته‌بندی قطری در قالب جدولی امتیاز دهی و کمّی شد. نتایج جدول ۱ برای انتخاب روش مناسب بسته به شاخص دارای اهمیت می‌تواند به عنوان یک راهنما مورد استفاده قرار گیرد. مشخص شد که امتیاز مجموع در این

جدول تنها شاخصی از عملکرد عمومی هر روش است، و لازم است که بسته به نیاز مورد نظر، مقادیر جدول در ضرایب تاثیر مناسبی ضرب شوند تا بتوان مبنای مقایسه درستی داشت. اما در اولین مرحله می‌توان امتیازات شاخصی که مهم است را ملاک قضاوت قرار داد. به عنوان مثال اگر سورت محصول با بیشترین ظرفیت مورد خواست است، می‌بایستی مطابق ردیف شاخص ۳ از جدول ۱، روش غلتک واگرا متحرک و یا سرند نوار نقاله‌ای انتخاب شود.

منابع

1- Landhe D., S. Nalawade, G. Pawar, V. Atkari, S. Wandkar, Grader: a reviw of different methods of grading for fruits and vegetables. Agric. Eng. Int. Vol. 15, No,3: 217-229.

2- Camelo A. F., S. Horovitz, P. A. Gomez, 2003. An approach for the evaluation of effieciency of onion packinghouse operations.HoriculturaBrasileira, Brasilia. Brazil.

3- Fellows P. 2000. Food Processing Handbook, Principles and Practice.CRC Press.

4- https://iagrehost.org/sites/iagre.org/files/landwardsextra/FRUIT%20%26%20VEG%20PACKHOUSE-%20EQUIP%20Vol66%20No3.pdf

5- agmarknet.nic.in/profile-potato.pdf

6- Sardo S. 2003. Machine for the sorting by size of pea-shaped objects. Patent No.: US6,547,079 B2.

7- United States Standards for Grades of Potato. 2011. United States department of Agriculture.

8- United States Standards for Grades of Cucumber. 1958. United States department of Agriculture.

A survey and quantitative comparison of various fruit and vegetable size sorting technologies

Pooria Naeemi Amini[1*], yoones Bayat[1], Arash khorram[2], Mostafa Toofani[2] and Seyyed Mohamad Sobhan Nabavi[3]

1- PHD student, Department of Mechanic Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
poorianaeemi@yahoo.com
2- Researcher, Sun Air instititute, Ferdowsi University of Mashhad
3- MSc mechanic Engineering

Abstract

One of the post-harvest activities is fruit and vegetable grading based on size, shape and color. Crop sorting is important from different perspectives. It results in better controlled food industry processes, more earned value for farmers, better packinghouse practices and power of choice for costumers. In this paper various fruit and vegetable size sorting methods have been addressed. Their cons and pros have been evaluated by an array of quantitative performance indicators. These quantitative results (scores), can be used as a guide to choose the appropriate method for the desired need at hand. Results show that mechanized techniques are far more effective than the manual size sorting. Divergent roller sorting is found to be generally more appropriate for size sorting activities amongst mechanized technologies.

Keywords:fruit & vegetable, size sorting, post-harvest, screening/sieving, divergent roller sorting