

## مدلینگ جرم زردآلو توسط ویژگیهای هندسی (۳۹۴)

سید مهدی غائبی<sup>۱</sup>، سید رضا حسن بیگی<sup>۲</sup>، محمد حسین کیان مهر<sup>۳</sup>، اکبر عرب محمد حسینی<sup>۴</sup>

### چکیده

در بین خواص فیزیکی محصولات کشاورزی، ابعاد (طول، عرض و ضخامت)، جرم، حجم، سطح تصویری و سطح رویه از اهمیت بالایی در سیستمهای اندازه‌بندی برخوردار هستند. مصرف کنندگان، میوه‌های با وزن یکسان و شکل یکنواخت را بیشتر ترجیح می‌دهند. درجه‌بندی وزنی سبب کاهش هزینه‌های کنترل و بسته‌بندی شده و زمینه یک بسته‌بندی مناسب را فراهم می‌نماید. سیستم‌های درجه‌بندی مختلف نیازمند اندازه‌بندی میوه‌های مختلف براساس پارامترهای ویژه  $a$  می‌باشند. لذا هدف این تحقیق مدل‌سازی وزن میوه زردآلو براساس ویژگی‌های هندسی می‌باشد که می‌تواند در طراحی و پیشرفت سیستم‌های اندازه‌بندی مورد استفاده قرار گیرد. مدل‌ها بصورت خطی و غیرخطی و در ۳ دسته ارائه شدند: (۱) مدل جرم با یک و یا ترکیبی از دو یا سه پارامتر ابعادی (۲) مدل جرم با یک و یا ترکیبی از دو یا سه سطح تصویری (۳) مدل جرم با حجم واقعی و یا حجم محاسباتی کره یا بیضی بودن سطح مقطع. نتایج نشان می‌داد که در بین مدل‌ها، مدل براساس ضخامت و سطح تصویری اول ( $PA_1$ ) به ترتیب مدل‌های مناسبی در دسته اول و دوم می‌باشند. در دسته سوم، بزرگترین ضریب تعیین مربوط به مدل جرم براساس حجم واقعی با  $R^2=0.99$  بوده و برای حجم محاسباتی کره و بیضی‌گون، نیز این ضریب به ترتیب 0.91 و 0.95 بدست آورده شد. به عنوان بهترین گزینه‌ها به منظور استفاده صنعتی و اقتصادی. مدل جرم براساس ضخامت با رابطه خطی  $M = 2.66PA_1 - 60.39$  و  $R^2=0.91$  و مدل خطی جرم برحسب سطح تصویری اول بصورت  $M = 0.03PA_1 - 1.57$ ,  $R^2=0.97$  پیشنهاد می‌شوند.

**کلیدواژه:** زردآلو، مدلینگ جرم، خواص هندسی، درجه‌بندی، بسته‌بندی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پست الکترونیک: [mghaebi@ut.ac.ir](mailto:mghaebi@ut.ac.ir)

۲- استادیار گروه امور فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۳- استادیار گروه امور فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۴- استادیار گروه امور فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

## مقدمه

زردآلو که نام علمی آن *Armeniaca vulgaris* یا *prunus Armeniaca* است، از گیاهان تیره گلسرخیان<sup>۱</sup>، از دسته گیلاس می باشد [۲ و ۲۵]. زردآلو درختی تک پایه است که معمولاً در نیم کره شمالی می روید [۲ و ۲۲]. میوه آن تقریباً کروی و گوشتی و بعضی از انواع آن تقریباً بیضی شکل و یا نوک دراز بوده و به واسطه شباری به دو قسمت مساوی (قرینه) تقسیم می شوند. این میوه سرشار از ویتامین های A, B, C و آهن است. زردآلو همچنین منبع غنی بتاکاروتن (پیش ساز ویتامین A) است. مقادیر بالای بتاکاروتن و لیکوپن موجود در زردآلو باعث می شود از اکسیداسیون کلسترول بد<sup>۲</sup> جلوگیری شده، در نتیجه این دو ماده به عنوان آنتی اکسیدان، غذای مفیدی برای حفظ سلامت قلب هستند [۲۲ و ۲۴].

علاوه بر ایران این میوه در کشورهای ترکیه، ایتالیا، پاکستان، فرانسه و الجزایر نیز به صورت عمده کشت می شود. تولید جهانی زردآلو در ۲۰۰۵ میلادی توسط سازمان بین المللی غذا و کشاورزی<sup>۳</sup>، ۳۴۴۲/۶۷ هزار تن گزارش شده است که سهم ایران در این تولید ۲۷۵/۵۸ هزار تن می باشد که این میزان تولید، ایران را بعد از ترکیه در مقام دوم تولید جهانی قرار داده است [۱ و ۲۳]. سطح زیر کشت این محصول در ترکیه ۶۰ هزار هکتار بوده و در ایران ۴۹/۳۹ هزار هکتار می باشد [۲۳]. تاکنون بیش از ۱۳۰ نوع زردآلو در ایران شناخته شده است که برخی از آنها نظر کیفیت و کمیت، رنگ و طعم در دنیا مشهور است. وارپته های معروف زردآلوی ایران عبارتند از: قرمز شاهرود، اردوباد، قربان مراغه، سفید ارومیه، حاج نصیری، نادری [۲].

مشخصه های فیزیکی محصولات کشاورزی مهمترین پارامترها در طراحی سیستم های درجه بندی، انتقال، فرآوری و بسته بندی می باشند. جرم، ابعاد، حجم، سطح تصویری، ضریب اصطکاک، زاویه استقرار طبیعی و مرکز ثقل از جمله مشخصه های فیزیکی هستند که در بسیاری از مسائل مربوط به طراحی یک ماشین مخصوص یا تحلیل رفتارهای حاصله در انتقال مواد دارای اهمیت می باشند [۱۳]. در بین خواص فیزیکی محصولات کشاورزی، ابعاد (طول، عرض و ضخامت)، جرم، حجم، سطح تصویری و سطح رویه از اهمیت بالایی در سیستم های اندازه بندی برخوردار هستند [۱۰ و ۱۸]. گاهی اوقات لازم است رابطه میان خواص فیزیکی تعیین گردد؛ برای مثال میوه ها اغلب بر اساس جرم یا حجم اندازه درجه بندی می شوند، اما توسعه ماشین هایی که به روش ابعادی درجه بندی می کنند اقتصادی تر می باشد؛ لذا دانستن رابطه میان جرم با مشخصه های ابعادی (قطرهای بزرگ، کوچک و متوسط) ضروری است [۱۷].

اکثر ماشین های اندازه بندی جداسازی را بر اساس پارامترهای فیزیکی ابعادی (قطر، طول یا ترکیب آنها)، وزن، حجم، محیط و سطح تصویری انجام می دهند. در عمل می توان گفت که دقیق ترین روش اندازه بندی اتوماتیک بیشتر محصولات تازه کشاورزی استفاده از وزن به عنوان پارامتر اندازه بندی است. مکانیزم اندازه بندی وزنی مکانیکی یا الکتریکی است. در مکانیزم های اندازه بندی مکانیکی تک تک محصولات توسط فنجان ها یا سینی هایی که بر روی نقاله ای به همدیگر وصل شده اند، حمل شده و هر یک از توسط ضامن های فنری حمایت می شوند، چنانچه وزن از مقدار از پیش تعیین شده بیشتر شود، محصول از فنجان ها یا سینی ها به بیرون رانده می شود. در مکانیزم های الکتریکی تک تک محصولات توسط سنسورهایی وزن می شوند. مشکل اصلی اندازه بندی وزنی زمانبری نسبتاً طولانی برای وزن کردن هر محصول، قیمت نسبتاً گران، ساختار بسیار پیچیده تر در مقایسه با اندازه بندی ابعادی و سرعت کم فرآیند اندازه بندی است. اگر چگالی محصولات یکسان باشد، اندازه بندی وزنی براساس حجم سورت می کند [۱۴]. مکانیزم اندازه بندی که بر اساس سطح تصویری کار می کند بدین صورت است که با استفاده از دوربین هایی از محصول عکس گرفته شده و سطح تصویری از آن محاسبه می شود. این اندازه بندیها برای ایستگاههای تجمع محصولات مناسبتر از مزارع کشاورزی هستند، به علاوه این مکانیزمها گران می باشند. با این اوصاف، روش اندازه بندی ابعادی کم هزینه ترین و کاربردی ترین روش درجه بندی بیشتر محصولات کشاورزی است. لذا تعیین رابطه میان جرم یا وزن با ابعاد می تواند مفید و کاربردی باشد [۱۱ و ۱۷].

1. Rosaceae

2. LDL

3. FAO



چوما و همکاران در سال ۱۹۸۲ روابطی را برای پیش‌بینی حجم دانه گندم با استفاده از سطح تصویری ارائه کردند [۵]. با استفاده از روابط تجربی سطح تصویری میوه‌ها بر اساس اقطار قابل محاسبه است [۱۶]. همبستگی بین جرم سیب زمینی با ابعاد و سطوح تصویری توسط مکررا و همکاران (۱۹۸۸) مطالعه شد [۱۲]. جرم پرتغالی‌های واریته‌های ایرانی بر اساس حجم، ابعاد و سطوح تصویری توسط طباطبایی‌فر و همکاران (۲۰۰۰) مدل شد. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که جرم پرتغال با قطر متوسط همبستگی بسیار بالایی دارد [۲۱]. جرم انارهای منطقه ساوه ایران بر اساس ابعاد، حجم و سطح تصویری توسط خوشنم و همکاران (۲۰۰۷) مدل شد. آنها دریافتند که ضریب تعیین جرم انار با قطر کوچک و سطوح تصویری بیشتر از اقطار و حجم است [۸].

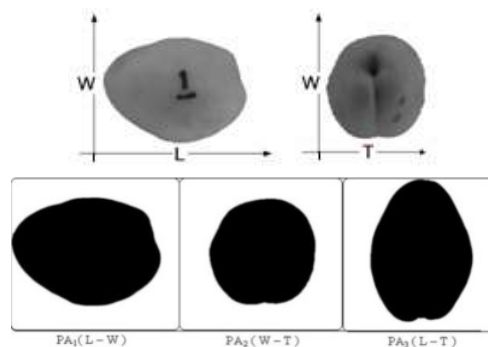
مصرف کنندگان، میوه‌های با وزن یکسان و شکل یکنواخت را بیشتر ترجیح می‌دهند. درجه‌بندی وزنی سبب کاهش هزینه‌های بسته‌بندی و حمل و نقل می‌شود [۱۴]. بررسی منابع نشان می‌دهد که اطلاعات مستندی در مورد مدلسازی جرم زردآلو وجود ندارد. لذا هدف این تحقیق مدلسازی وزن میوه زردآلوی واریته اردوباد براساس ویژگی‌های هندسی می‌باشد که می‌تواند در طراحی و پیشرفت سیستم‌های اندازه‌بندی مورد استفاده قرار گیرد.

### مواد و روشها

این تحقیق بر روی سه واریته زردآلوی صادراتی ایران یعنی اردوباد، قربان مراغه و قرمز شاهرود انجام شد. نمونه‌ها از مرکز تحقیقات سهند تبریز در اوایل تابستان سال ۱۳۸۶ تهیه شدند و در یخچال به محل انجام آزمایشها در پردیس ابوریحان دانشگاه تهران واقع در شهرستان پاکدشت منتقل شدند.

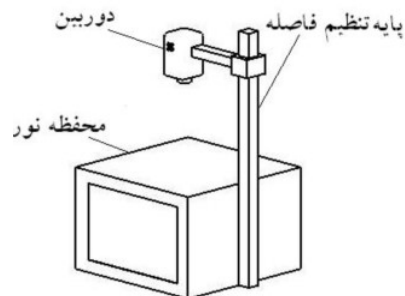
برای تعیین ابعاد روی میوه زردآلو سه محور عمود بر هم تعریف شد (شکل ۱). بزرگترین بُعد که در راستای دُم‌برگ آن قرار دارد به عنوان طول ( $L$ ) در نظر گرفته شد. بزرگترین بُعد عمود بر طول به عنوان عرض نمونه‌ها ( $W$ ) و بزرگترین بُعد عمود بر طول و عرض به عنوان ضخامت ( $T$ ) در نظر گرفته شدند. ابعاد در ۳ جهت تعریف شده (طول، عرض و ضخامت) توسط کولیس دیجیتال با دقت  $0.1\text{mm}$  برای ۱۰۰ عدد میوه اندازه‌گیری شدند. جرم متناظر ( $M_f$ ) نمونه‌هایی که ابعاد آنها تعیین شده بودند توسط یک ترازوی دیجیتالی با دقت  $0.1$  گرم تعیین گردیدند [۶ و ۷].

برای محاسبه سطح تصویری، با استفاده از دستگاه نشان داده شده در شکل ۲ تصاویر توسط دوربین دیجیتال Canon Ixus 65 و در ۳ جهت عمود بر هم (طول، عرض، ضخامت) گرفته شدند [۱۳]. تصویر برداری روی ۵۰ نمونه از هر واریته انجام شد.



شکل ۱. مختصات تعریف شده برای تعیین ابعاد و سطح تصویری

تحلیل و پردازش تصاویر در نرم افزارهای Photoshop و Matlab انجام گردید. لازم به ذکر است که شرایط تصویر برداری طوری کنترل شد تا خطای ایجاد شده در تصویربرداری به حداقل برسد. رابطه بین تعداد پیکسل‌های تصویر و سطح واقعی با استفاده از اجسام با سطح معلوم تعیین شد. با بهره‌گیری از رابطه به دست آمده سطح تصویری نمونه‌ها از روی تعداد پیکسل‌های تصویر به دست آمد.



شکل ۲. شماتیک و اجزاء دستگاه تصویربرداری

برای تعیین حجم هر میوه زردآلو ( $V$ ) از روش ترازوی سکودار استفاده شد. در این روش ابتدا یک بشر حاوی مقداری آب مقطر بر روی ترازوی سکودار به دقت  $0/01$  گرم قرار داده  $d$  و جرم آن ( $M_{bw}$ ) محاسبه گردید. سپس میوه توسط یک سیم فلزی نازک به طور کامل در آب اور می‌شد به طوری که با کناره‌ها و کف بشر در تماس نباشد. در این حالت وزن بشر حاوی آب و میوه شناور ( $M_{bws}$ ) تعیین گردید. تفاوت ایجاد شده در وزن ناشی از نیروی ارشمیدس<sup>۱</sup> است و حجم را می‌توان با تقسیم نیروی ارشمیدس بر چگالی آب به دست آورد [۱۳ و ۱۷]. در این تحقیق حجم  $50$  عدد زردآلو از هر واریته تعیین گردید.

$$V_s = \frac{\text{Buoyant force}}{\text{Density of Water}} = \frac{M_{bws} - M_{bw}}{\rho_w} \quad (1)$$

در روابط فوق  $M_{bws}$  جرم ظرف حاوی آب و نمونه ( $g$ )،  $M_{bw}$  جرم ظرف حاوی آب ( $g$ ) و  $\rho_w$  چگالی آب ( $g/cm^3$ ) می‌باشند. جرم مخصوص توده<sup>۲</sup> نمونه‌ها به روش جرم نمونه‌ها در یک حجم مشخص به دست آمد. نسبت جرم نمونه‌ها به حجم ظرف حاوی آنها جرم مخصوص توده را بیان می‌کند. در تمام مراحل آزمایش سعی گردید تا آزمایشها بدون هیچگونه فشردن میوه‌ها صورت پذیرد تا تغییری در جرم مخصوص توده ایجاد نگردد [۳، ۴ و ۱۵].

پارامترهای دیگر محاسباتی نظیر جرم مخصوص ( $\rho$ )، قطر متوسط هندسی ( $D_g$ )، سطح روبه ( $S$ ) و کرویت ( $\phi$ ) توسط روابط زیر و از روی پارامترهای اندازه‌گیری شده تعیین شدند [۶، ۷ و ۱۳].

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (2)$$

$$D_g = (LWT)^{0.333} \quad (3)$$

$$\phi = \frac{(LWT)^{0.333}}{L} \quad (4)$$

$$s = \frac{\pi BL^2}{2L - B} \quad (5)$$

$$B = (WT)^{0.5} \quad (6)$$

برای تحلیل داده‌ها و تعیین مدل‌های رگرسیونی میان پارامترهای مورد مطالعه از نرم افزار مایکروسافت EXCEL2007 استفاده گردید.

برای تخمین جرم میوه زردآلو از روی ابعاد، سطح تصویری و حجم سه نوع مدل می‌توان در نظر گرفت:

- ۱- مدل جرم با یک و یا ترکیبی از دو یا سه پارامتر ابعادی (طول، عرض و ضخامت)؛
- ۲- مدل جرم با یک و یا ترکیبی از دو یا سه سطح تصویری ( $PA_1, PA_2, PA_3$ )؛
- ۳- مدل جرم با حجم واقعی و یا حجم محاسباتی کره یا بیضی بودن سطح مقطع.

در مورد دسته اول، عمل مدلسازی جرم نسبت به طول، عرض و ضخامت انجام شد. مدل به دست آمده با سه متغیر برای تخمین جرم زردآلو مطابق فرمول زیر می‌باشد:

1 Buoyant force

2 Bulk Density

$$M = aL + bW + cT + d \quad (7)$$

در این دسته جرم می تواند به عنوان تابعی از یک، دو و سه بعد تخمین زده شود.

در مورد دسته دوم، جرم زردآلو با یک، دو و سه سطح تصویری عمود بر هم مدل می شود. به صورت کلی ذیل:

$$M = aPA_1 + bPA_2 + cPA_3 + d \quad (8)$$

در دسته سوم برای به دست آوردن مدلی که جرم زردآلو را براساس حجم تخمین بزنند از سه حجم واقعی ( $V_m$ )، حجم محاسبه شده بر مبنای کره ( $V_{osp}$ ) و بیضی گون ( $V_{ellip}$ ) استفاده شد.

$$V_{ellip} = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{L}{2}\right) \left(\frac{W}{2}\right) \left(\frac{T}{2}\right) \quad V_{osp} = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{L}{2}\right) \left(\frac{W}{2}\right)^2$$

در این دسته تخمین جرم زردآلو می تواند با استفاده از هر یک از حجم ها بصورت زیر انجام پذیرد:

$$M = aV_{osp} + b \quad (9)$$

$$M = aV_{ellip} + b \quad (10)$$

$$M = aV_m + b \quad (11)$$

### نتایج و بحث

خلاصه ای از خواص فیزیکی سه وارسته از زردآلوهای ایران؛ اردوباد، قربان مراغه و قرمز شاهرود، در جدول (۱) آورده شده است.

#### مدل های دسته اول (مدل های ابعادی)

در جدول (۲) هفت مدل که جرم را بر اساس ابعاد میوه تخمین می زند آورده شده است. نتایج نشان می دهد، همانگونه که مشاهده می شود مدل شماره ۷ که جرم را بر اساس هر سه بعد عمود بر هم مدل می کند بیشترین ضریب تعیین ( $R^2$ ) و کمترین خطای استاندارد رگرسیون (R.S.E) را نسبت به مدل های دیگر این دسته داراست. اما این مدل به علت این که هر سه بعد باید اندازه گیری شود برای استفاده در ماشینهای سورت و درجه بندی مناسب نمی باشد؛ زیرا سبب پیچیده و گران شدن ماشین شده و مقرون به صرفه نمی باشد؛ مگر در مواقعی که نیاز به دقت بالا بوده و هزینه بالا توجیه اقتصادی داشته باشد. از میان مدل های ۱، ۲ و ۳ که مدل های یک بعدی می باشند؛ مدل ۳ (در کل مشاهدات) که جرم را بر اساس ضخامت مدلسازی می کند، بهترین مدل می باشد.

جدول (۲). مدلینگ جرم میوه زردآلو با استفاده از ابعاد

شماره مدل	پارامترهای آماری	اردوباد	قرمز شاهرود	قربان مراغه	کل مشاهدات
۱	$M = aL + b$ $R^2$	۰/۶۲	۰/۸۲	۰/۵۰	۰/۷۱
	R.S.E	۵/۰۹	۳/۹۳	۲/۳۰	۷/۱۱
۲	$M = aW + b$ $R^2$	۰/۸۴	۰/۸۸	۰/۶۱	۰/۸۱
	R.S.E	۳/۳۲	۳/۲۱	۲/۰۲	۵/۷۵
۳	$M = aT + b$ $R^2$	۰/۶۵	۰/۹۱	۰/۷۵	۰/۹۱
	R.S.E	۴/۸۹	۲/۸۱	۱/۶۲	۴/۰۹
۴	$M = aL + bW + c$ $R^2$	۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۷۲	۰/۹۵
	R.S.E	۲/۹۵	۲/۷۲	۱/۷۱	۲/۸۱
۵	$M = aL + bT + c$ $R^2$	۰/۸۲	۰/۹۵	۰/۸۶	۰/۹۵
	R.S.E	۳/۴۸	۲/۱۲	۱/۰۴	۳/۰۰
۶	$M = aW + bT + c$ $R^2$	۰/۸۸	۰/۹۴	۰/۸۵	۰/۹۱
	R.S.E	۲/۸۴	۲/۲۰	۱/۲۴	۳/۸۸
۷	$M = aL + bW + cT + d$ $R^2$	۰/۹۱	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۹۷
	R.S.E	۲/۴۴	۱/۸۹	۰/۸۶	۲/۲۵



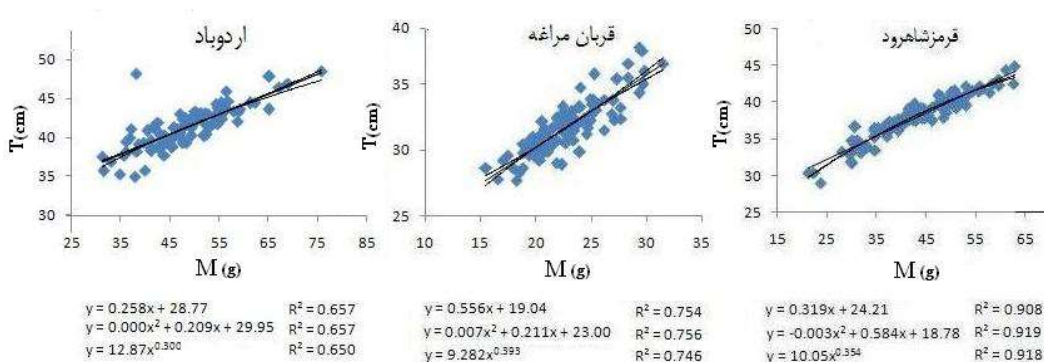
جرم سیب نیز براساس بعد کوچک بصورت معادله  $M = 0.08C^2 - 4/74C + 5/14, R^2 = 0.89$  مدل شده است [۲۰].  
مدل جرم زردآلو براساس مدل ۷ (هر سه بعد) برای هر سه واریته در معادله (۱۲) آورده شده است.

$$M = 0.68L + 0.87W + T - 63/52 \quad (12)$$

$$R^2 = 0.97, R.S.E = 2/25$$

دستگاههایی مکانیکی که براساس هر سه بعد کار می کنند با توجه به دقت بالائی که دارند دارای پیچیدگی در عملکرد نیز می باشند که باعث پائین آمدن سرعت دستگاه و بالا رفتن هزینه ها می شود. به همین منظور برای دستگاههایی که با ابعاد کار می کنند معادله خطی شماره (۱۳) برای محاسبه جرم زردآلو براساس ضخامت برای تمام واریته ها پیشنهاد می گردد:

$$M = 2/66 T - 60/39, R^2 = 0.91 \quad (13)$$



شکل (۳). مدلینگ جرم زردآلو براساس ضخامت

در شکل شماره ۳ برای هر واریته بهترین معادلات خطی و غیرخطی برای محاسبه جرم بر مبنای ضخامت آورده شده است که نشان می دهد بین واریته ها، واریته قرمز شاهرود بیشترین و واریته اردوباد کمترین رابطه خطی بین ضخامت و جرم را داراست. همچنین نشان می دهد که تفاوت معنی داری بین روابط خطی و غیر خطی وجود ندارد و برای سادگی بهتر است از روابط خطی استفاده گردد.

#### مدل های دسته دوم (مدلهای سطوح تصویری)

در جدول (۳) مدل های مختلف جرم سه واریته زردآلو بر اساس سطوح تصویری آمده اند. از این جدول پیداست که مدل ۴ بیشترین ضریب تعیین ( $R^2$ ) و کمترین خطای استاندارد رگرسیون (R.S.E) را نسبت به مدل های دیگر این دسته برای تخمین جرم زردآلوی براساس سطح تصویری داراست.

جدول (۳). مدل‌های جرم میوه زردآلو با استفاده از سطوح تصویری

شماره	مدل	پارامترهای آماری	اردوباد	قرمز شاهرود	قربان مراغه	کل مشاهدات
۱	$M = aPA_1 + b$	$R^2$ R.S.E	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۸۶	۰/۹۷
۲	$M = aPA_2 + b$	$R^2$ R.S.E	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۳	۰/۹۵
۳	$M = aPA_3 + b$	$R^2$ R.S.E	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۵	۰/۹۳
۴	$M = aPA_1 + bPA_2 + cPA_3 + d$	$R^2$ R.S.E	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۹
			۰/۸۵	۰/۷۸	۰/۴۱	۰/۸۷

معادله (۱۴) بهترین معادله برای تخمین جرم زردآلو بر مبنای هر سه سطح تصویری بدون در نظر گرفتن وارپته (کل مشاهدات) می‌باشد.

$$M = 0.0079 PA_1 + 0.016 PA_2 + 0.009 PA_3 - 12.37 \quad (14)$$

$$R^2 = 0.99, R.S.E = 0.87$$

جدول (۱). برخی خواص فیزیکی میوه سه وارپته زردآلوی یرانی

چگالی توده (kg/m <sup>3</sup> )	حجم (cm <sup>3</sup> )	سطح تصویری PA <sub>3</sub> (mm <sup>2</sup> )	سطح تصویری PA <sub>2</sub> (mm <sup>2</sup> )	سطح تصویری PA <sub>1</sub> (mm <sup>2</sup> )	سطح رویه (mm <sup>2</sup> )	کرویت (%)	قطر متوسط هندسی (mm)	جرم (g)	ضخامت (mm)	عرض (mm)	ارتفاع (mm)
۵۲۱/۰۸	۳۱/۲۴	۱۲۹۲/۷۳	۱۲۶۶/۸۹	۱۳۵۹/۰۹	۴۱۸۱/۷۵	۸۶/۱۸	۳۷/۰۳	۳۱/۲۹	۳۴/۹۴	۳۶/۹۷	۳۶/۹۷
۵۴۰/۶۶	۶۳/۳۳	۲۴۶۲/۲۴	۲۵۴۰/۶۸	۲۶۸۸/۴۱	۸۱۰۷/۵۵	۹۹/۲۴	۵۱/۶۸	۷۵/۷۲	۴۸/۵۵	۵۲/۹۱	۵۲/۹۱
۵۳۳/۶۳	۴۵/۸۴	۱۷۶۴/۰۱	۱۷۶۹/۳۳	۱۹۰۷/۸۷	۵۸۷۳/۳۲	۹۴/۰۳	۴۳/۹۹	۴۸/۴۲	۴۱/۲۸	۴۴/۷۷	۴۴/۷۷
۱۰/۸۹	۶/۹۶	۲۳۸/۸۶	۲۵۸/۷۲	۲۹۰/۸۸	۷۳۸/۷۹	۲/۸۵	۲/۶۸	۸/۳۰	۲/۶۵	۳/۳۲	۳/۳۲
۵۳۴/۶۴	۱۷/۶۶	۹۱۹/۷۳	۸۰۲/۹۹	۱۱۴۷/۷۹	۲۶۰۶/۴۹	۰/۸۳	۲۹/۶۷	۱۵/۴۳	۲۷/۶۹	۲۸/۶۴	۲۸/۶۴
۵۴۳/۶۷	۲۹/۵۲	۱۳۵۸/۲۵	۱۲۵۱/۶۸	۱۰۹/۴۴	۴۳۱۵/۵۴	۱/۰۰	۳۷/۷۴	۳۱/۵۱	۳۷/۷۹	۳۹/۷۱	۳۹/۷۱
۵۳۸/۱۵	۲۳/۱۴	۱۱۰۵/۵۶	۱۰۰۴/۵۸	۹۴۹/۸۳	۳۳۸۹/۵۴	۰/۹۲	۳۳/۷۵	۲۲/۸۲	۳۱/۷۴	۳۳/۴۲	۳۳/۴۲
۴/۸۴	۳/۲۷	۱۱۳/۰۶	۱۱۶/۴۳	۱۴۰۳/۲۱	۳۷۹/۰۳	۰/۰۳	۱/۷۶	۳/۲۴	۲/۰۸	۲/۱۶	۲/۱۶
۵۲۱/۰۸	۳۵/۱۳	۱۲۹۴/۲۶	۹۰۵/۴۳	۱۳۵۴/۶۹	۲۹۷۹/۱۰	۷۲/۸۲	۳۲/۵۸	۲۱/۲۴	۲۹/۰۲	۲۹/۵۳	۲۹/۵۳
۵۳۷/۶۵	۹۰/۶۲	۲۴۸۱/۷۲	۱۹۹۶/۳۱	۲۳۷۴/۶۸	۶۵۲۳/۳۸	۸۶/۷۸	۴۸/۴۲	۶۲/۸۱	۴۴/۹۲	۴۴/۹۶	۴۴/۹۶
۵۲۹/۶۲	۶۶/۷۷	۱۸۵۶/۹۸	۱۴۵۹/۶۴	۱۸۶۰/۲۹	۴۹۴۲/۱۰	۸۰/۹۹	۴۲/۱۰	۴۳/۳۹	۳۸/۰۹	۳۸/۱۴	۳۸/۱۴
۱۹/۶۹	۱۶/۳۸	۲۵۱/۲۸	۲۲۷/۶۵	۲۵۴۰/۴۴	۷۳۶/۳۱	۲/۱۴	۳/۱۵	۹/۲۴	۳/۱۰	۳/۰۵	۳/۰۵



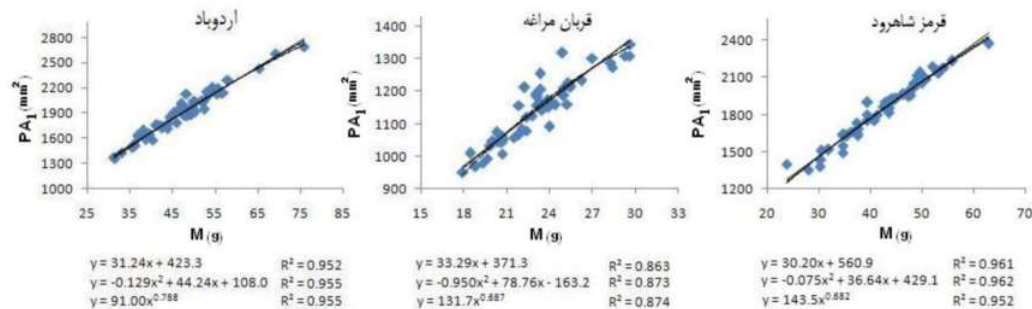
از جدول (۳) مشاهده می‌شود که تمام مدل‌هایی که بر مبنای سطح تصویری می‌باشند به علت دارا بودن  $R^2$  بالا می‌توانند به عنوان پایه برای مدلینگ جرم انتخاب شوند ولی در عمل به دلیل این که ساخت مکانیزم‌های درجه‌بندی که دو و یا سه سطح تصویری را اندازه‌گیری کنند پیچیده و پر هزینه است؛ لذا در عمل این مکانیزم‌ها کمتر مورد توجه قرار می‌گیرند. از بین مدل‌های جدول ۳ مدلی که بر مبنای سطح تصویری  $PA_1$  می‌باشد و ضریب تعیین بسیار خوب  $0.97$  را نیز داراست، برای کاربردهای عملی پیشنهاد می‌شود که رابطه آن در معادله (۱۵) داده شده است.

$$M = 0.03 PA_1 - 111.57, R^2 = 0.97 \quad (15)$$

برای تعیین جرم انار توسط یک سطح تصویری معادله زیر ارائه شده است [۸].

$$M = 1/29(PA_1)^{1/28}$$

برای مدلینگ جرم کیوی رابطه فوق به صورت  $M = 1/0.98(PC)^{1/23}, R^2 = 0.97$  پیشنهاد گردیده است که  $PC$  سومین سطح تصویری می‌باشد [۹].



شکل (۴). مدلینگ جرم زردآلو براساس  $PA_1$

#### مدل‌های دسته سوم (مدل‌های حجمی)

مدل‌هایی که جرم زردآلو را بر اساس حجم تخمین می‌زنند در جدول (۴) آمده‌اند. برای مدل (۱)، دارای بیشترین ضریب تعیین ( $R^2$ ) و کمترین خطای استاندارد رگرسیون (R.S.E) نسبت به مدل‌های دیگر می‌باشد. مدل جرم بر حسب حجم واقعی زردآلوها برای تمام مشاهدات به صورت رابطه زیر می‌باشد:

$$M = 1/0.34V_m - 0.041, R^2 = 0.996 \quad (16)$$

طباطبائی‌فر (۲۰۰۲) جرم سیب زینی‌های ایران را براساس حجم به صورت زیر مدل کرد [۱۹].

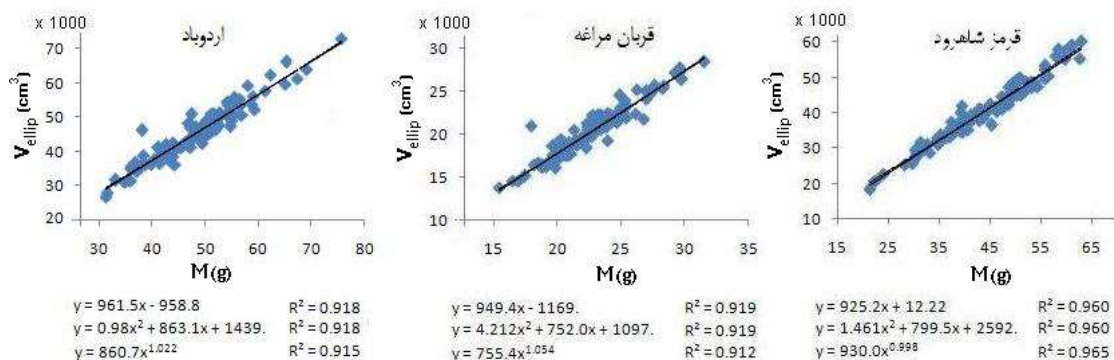
$$M = 0.93V_m - 0.6, R^2 = 0.994 \quad (17)$$

از آنجایی تعیین حجم زردآلو توسط مکانیزم‌های ارجحیتی نسبت به تعیین مستقیم جرم ندارد، لذا کمتر در کاربردهای عملی مورد توجه قرار می‌گیرد. به جای آن میتوان حجم‌های محاسباتی  $V_{ellip}$  و  $V_{osp}$  را توسط ابعاد تعیین نمود. نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد که حجم  $V_{ellip}$  (برای کل مشاهدات) ضریب تعیین بیشتری با جرم دارد. به همین خاطر این حجم برای تخمین جرم زردآلو در دستگاه‌ها پیشنهاد می‌شود.

جدول (۴). مدل های جرم میوه زردآلو با استفاده از حجم

شماره	مدل	پارامترهای آماری	اردوباد	قرمز شاهرود	قربان مراغه	کل مشاهدات
۱	$M = aV_m + b$	$R^2$ R.S.E	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۹
۲	$M = aV_{ellip} + b$	$R^2$ R.S.E	۰/۹۲	۰/۹۶	۰/۹۲	۰/۹۵
۳	$M = aV_{osp} + b$	$R^2$ R.S.E	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۷۱	۰/۹۱
			۲/۸۰	۳/۰۲	۱/۷۴	۳/۵۰

شکل (۵) مدلینگ خطی و غیر خطی هر سه واریته زردآلو ایرانی را بر پایه  $V_{ellip}$  نشان می دهد که بیشترین همبستگی بین  $V_{ellip}$  و جرم، مربوط به واریته قرمز شاهرود و کمترین همبستگی مربوط به واریته اردوباد می باشد.



شکل (۵). مدلینگ جرم زردآلو براساس  $V_{ellip}$

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این تحقیق را به صورت زیر می توان بیان نمود:

- ۱- تعیین حجم واقعی میوه زردآلو کار زمان بری بوده و استفاده از آن به عنوان مبنای طراحی مکانیزمهای درجه بندی توصیه می شود؛ به جای آن استفاده از حجم محاسباتی  $V_{ellip}$  با فرض بیضی بودن سطح مقطع عرضی زردآلو، پیشنهاد می شود.
- ۲- همبستگی بسیار زیادی بین حجم واقعی و جرم نمونه ها وجود داشت ( $R=0/998$ ) که نشان دهنده یکنواخت بودن چگالی میوه زردآلو می باشد.
- ۳- مدل جرم شماره (۳) از جدول (۲) و مدل شماره (۱) از جدول (۳) به عنوان بهترین گزینه ها به منظور استفاده صنعتی و اقتصادی پیشنهاد می شود.

منابع

۱. اداره کل آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۷۰-۱۳۸۰. آمارنامه های کشاورزی.
۲. مقتدر، ع. ۱۳۶۸. زردآلوی ایران و مشتقات آن از دیدگاه مسائل اقتصادی و صادراتی. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران-آذربایجان شرقی

3. Aydın, C. (2002). Physical properties of hazelnuts. Biosystems Engineering, 82, 297-303.
4. Balasubramanian, D. (2001). Physical properties of raw cashew nut. Journal of Agricultural Engineering Research, 78, 291-297





5. Chuma, Y., Uchida, S., Shemsanga, H.H., 1982. Simultaneous measurement of size, surface area, and volume of grains and oybean. *Trans. ASAE* 25, 1752–1756.
6. Gezer, I., Haciseferogulları, H., & Demir, F. (2002). Some physical properties of Hacihaliloglu apricot pit and it's kernel. *Journal of Food Engineering*, 56, 49–57
7. Haciseferogulları, H., Gezer, I., Ozcan, M, M., & Asma, B, M. (2007). Post harvest chemical and physical–mechanical properties of some apricot varieties cultivated in Turkey, *Journal of Food Engineering*, 79, 364–373
8. Khoshnam, F., Tabatabaeefar, A., Ghasemi Varnamkhasti, M., Borghei, A. 2007. Mass modeling of pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit with some physical characteristics. *Sci Hort.* 114, 21–26
9. Lorestani, A.N., Tabatabaeefar, A., 2006. Modeling the mass of Kiwi fruit by geometrical attributes. *Int. Agrophys.* 20, 135–139.
10. Malcolm, E. Wright, John H. Tappan, and Fred E. Sistler. 1986. The size and shape of typical sweet potatoes. *transacions of the ASAE*, Vol.29(3):678-682.
11. Marvin, J.P., Hyde, G.M., Cavaliere, R.P., 1987. Modeling potato tuber mass with tuber dimensions. *Trans. ASAE* 30, 1154–1159.
12. McRae, D.C., Glasbey, C.A., Melrose, H. and Fleming, J. 1986. Size grading methods and their relationship to the dimensions, mass and volume characteristics of potatoes cultivar. *Potato Research.* 29: 477-486.
13. Mohsenin, N. N. (1978). *Physical properties of plant and animal materials*. New York: Gordon and Breach Science Publishers.
14. Peleg, K. (1985). *Produce Handling, Packing and Distribution*. The AVI publishing company, Inc.
15. Sessiz, A., Esgici, R., Kızıl, S. (2007). Moisture-dependent physical properties of caper (*Capparis ssp.*). *Journal of Food Engineering* 79, 1426–1431
16. Sitkei, G., 1986. *Mechanics of Agricultural Materials*. Elsevier Publisher, p. 25.
17. Stroshine, R., Hamann, D. (1994). *Physical properties of agricultural materials and food products*.
18. Tabatabaeefar, A. (2000). *Physical Properties of Iranian Potato*. Proceedings of the International Agricultural engineering Conference, Bangkok Thailand, December 4-7, 501-506.
19. Tabatabaeefar, A., 2002. Size and shape of potato tubers. *Int. Agrophys.* 16 (4), 301–305.
20. Tabatabaeefar, A., Rajabipour, A., 2005. Modeling the mass of apples by geometrical attributes. *Sci. Hort.* 105, 373–382.





21. Tabatabaeefar, A., Vefagh-Nematolahee, A., Rajabipour, A., 2000. Modeling of orange mass based on dimensions. Agric. Sci. Tech. 2, 299–305.
22. <http://www.daneshnameh.roshd.ir>
23. <http://www.faostat.fao.org>
24. <http://www.IRTEB.com>
25. <http://www.keshavarzejavan.com/index.php>.