



## مدل سازی جرم میوه طالبی بر اساس مشخصه های هندسی آن

اسماعیل سیدآبادی<sup>۱</sup>، مهدی خجسته پور<sup>۲</sup>، حسن صدرنیا<sup>۲</sup> و محمد حسین سعیدی راد<sup>۳</sup>

۱، ۲ و ۳- بترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیاران گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

و عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

Esmaeelseyedabadi@gmail.com

### چکیده

درجه بندی میوه‌ها باعث سهولت بسته بندی، کاهش تلفات و افزایش بازارپسندی آن‌ها می‌شود. تعیین رابطه بین جرم، طول، عرض، ضخامت، حجم و سطوح تصویر میوه‌ها برای طراحی ماشین‌های اندازه بندی مفید می‌باشد. هدف از این تحقیق مدلسازی جرم دو رقم معروف طالبی خراسان (تیل مگسی نیشابور و تیل شهری مشهد) بر اساس مشخصه‌های هندسی آن‌ها می‌باشد. مدل‌ها به صورت خطی و غیر خطی در سه دسته ارائه شدند. ۱- مدل‌های تک متغیره و چند متغیره جرم بر اساس ابعاد میوه ۲- مدل‌های تک متغیره و چند متغیره جرم بر اساس سطوح تصویر میوه ۳- مدل‌های تک متغیره جرم بر اساس حجم واقعی، حجم محاسباتی کره دو سر پهن و کره بسط یافته. نتایج نشان داد که مدل‌هایی که بر اساس عرض میوه، سطح تصویر سوم میوه و حجم محاسباتی کره دو سر پهن هستند، بالاترین ضریب تبیین ( $R^2$ ) و کمترین خطای استاندارد برآورد (SEE) را دارند. با بررسی مدل‌های ذکر شده، بهترین مدل که از نظر اقتصادی هم مقرون به صرفه است به صورت  $M=0.012PA_3^{1/229}$  با ضریب تبیین ۰/۹۸۵ انتخاب شد.

واژگان کلیدی: مدل جرمی، خواص فیزیکی، میوه طالبی، خطای استاندارد برآورد

### مقدمه

طالبی با نام علمی Cantaloupe (Cucumis melo L.) به دلیل دارا بودن انواع ویتامین‌های A، B، C و درصد بالای قند یکی از پرطرفدارترین میوه‌های فصل تابستان بوده و از محبوبیت خاصی بین مردم برخوردار است. نام انگلیسی طالبی از نام یک دهکده در ایتالیا به نام Cantalup گرفته شده که در این محل طالبی برای اولین بار در سال ۱۷۰۰ میلادی کشت شده است. طبق آمار جهانی FAO میزان سطح زیر کشت سالانه طالبی در ایران و جهان بترتیب ۷۹۹۹۲ و ۱۳۰۸۰۱۸ هکتار و میانگین عملکرد در ایران و جهان بترتیب ۱۵/۴ و ۲۱/۶ تن در هکتار می‌باشد. (FAOSTAT, 2006; آمارنامه کشاورزی، ۱۳۸۷).

اطلاع از خواص فیزیکی محصولات کشاورزی شرط لازم در طراحی سیستم‌های اندازه بندی، انتقال، فرآوری و بسته‌بندی می‌باشد. در بین این خواص ابعاد، جرم، حجم و سطح تصویر از مهمترین پارامترها در طراحی سیستم

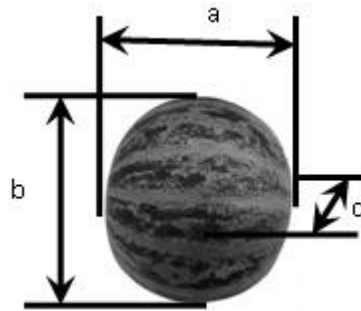
های درجه بندی است (Wright et al., 1986; Safwat, 1971; Mohsenin, 1986). مصرف کنندگان، میوه های با وزن یکسان و شکل یکنواخت را ترجیح می دهند. علاوه بر این میوه های هم اندازه را می توان با الگوی مشخص بسته بندی نمود در نتیجه بسته شکل موزونی خواهد داشت و در این صورت از میوه ها بهتر محافظت شده و از فضای داخل بسته حداکثر استفاده فراهم می شود (Peleg, 1985). تحقیقات اخیر در زمینه درجه بندی میوه ها، بیشتر به راهبرد های مکانیزه کردن و افزایش دقت و بازده آن پرداخته اند (Kleynen et al., 2003; Polder et al., 2003). میوه ها اغلب بر اساس ابعاد، جرم، حجم و سطح تصویر درجه بندی می شوند. در عمل می توان گفت که دقیق ترین روش اندازه بندی اتوماتیک بیشتر میوه ها استفاده از جرم به عنوان پارامتر اندازه بندی است. ماشین های اندازه بندی جرمی در مقایسه با نوع ابعادی پیچیده تر و پرهزینه ترند و عمل جداسازی را در زمان طولانی تری انجام می دهند. بنابراین روش اقتصادی تر این است که میوه ها بر اساس اندازه درجه بندی شوند. لذا تعیین رابطه بین جرم، طول، عرض، ضخامت و سطح تصویر میوه ها برای اندازه بندی آن ها می تواند مفید واقع شود. (Marvin et al., 1987; Strohshine and Hamann, 1995; Khoshnam et al., 2007) در زمینه مدل سازی جرم محصولات کشاورزی تحقیقات زیادی انجام شده است. لرستانی و همکاران (۲۰۰۶) پس از اندازه گیری پارامترهایی چون ابعاد، جرم، حجم، سطوح تصویر و میانگین قطر هندسی دو رقم کیوی ایرانی، مدل هایی را برای پیش بینی جرم میوه از روی ابعاد، حجم و سطوح تصویر بدست آوردند. طباطبائی فر و رجیب پور (۲۰۰۵) با بررسی خواص فیزیکی سیب، مدل هایی برای پیش بینی وزن سیب بر اساس مشخصه های آن بدست آوردند. خانعلی و همکاران (۲۰۰۷) جرم و حجم سه واریته نارنگی را به منظور تعیین بهترین مدل بر اساس ابعاد و سطح تصویر بررسی کردند. نادری و همکاران (۲۰۰۸) جرم زردالو را مدل سازی کردند. آن ها در نهایت رابطه خطی جرم بر اساس حجم و رابطه توانی جرم بر اساس ضخامت نمونه ها را به عنوان مدل های برتر معرفی کردند. همچنین برخی از محققین، جرم میوه انار را مدل سازی کردند (Kaya and Sozer, 2005; Fadavi et al., 2005; Kingsly et al., 2006). بررسی منابع نشان می دهد که اطلاعات مستندی درباره مدل سازی جرم طالبی ایرانی وجود ندارد. لذا هدف از این تحقیق مدل سازی جرم دو رقم معروف طالبی خراسان (تیل مگسی نیشابور و تیل شهری مشهد) بر اساس مشخصه های هندسی آن ها می باشد.

## مواد و روشها

برای تعیین خواص فیزیکی طالبی تعداد ۳۰ نمونه از هر رقم از مزارع شهرستان نیشابور و مزارع اطراف مشهد انتخاب شده و به سردخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مشهد منتقل شدند. نمونه های انتخاب شده سالم و عاری از هرگونه آسیب دیدگی بودند. شرایط بهینه برای نگهداری میوه طالبی درجه حرارت ۳ تا ۴ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۹۵ درصد می باشد (Hurst, 1999). برای چشم پوشی از تاثیر پارامتر محیط، نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در این شرایط نگهداری شدند. ابعاد هندسی نمونه ها در سه جهت عمود بر هم a, b و c مطابق شکل ۱ تعیین شدند که به ترتیب طول، عرض و ضخامت نمونه ها می باشند. برای اندازه گیری ابعاد از کولیس اصلاح شده مطابق شکل ۲ با دقت ۰/۰۵ میلی متر استفاده شد.



شکل ۲- کولیس اصلاح شده برای اندازه گیری ابعاد



شکل ۱- ابعاد اصلی تعریف شده برای نمونه ها

برای اندازه گیری جرم نمونه ها از ترازوی دیجیتال با دقت ۱ گرم استفاده شد. همچنین برای اندازه گیری حجم و جرم مخصوص از روش جابجایی آب استفاده شد. به دلیل اینکه میوه طالبی سبکتر از آب است برای غوطه ور شدن آن از یک وزنه استفاده شد. سپس حجم و جرم مخصوص از روابط ۱ و ۲ محاسبه گردید (محسنین ۱۹۸۶).

$$V = \frac{(W_a - W_w)_{both} - (W_a - W_w)_{sinker}}{\rho_w} \quad (1)$$

$$\rho = \frac{(W_a - W_w)_{object}}{(W_a - W_w)_{both} - (W_a - W_w)_{sinker}} \times \rho_w \quad (2)$$

در این روابط  $W_a$ ،  $W_w$  و  $\rho_w$  به ترتیب جرم در هوا، جرم در حالت غوطه وری و چگالی آب می باشد. مقادیر جرم بر حسب گرم، حجم بر حسب سانتیمتر مکعب و چگالی بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب بوده و جرم مخصوص آب برابر یک گرم بر سانتیمتر مکعب در نظر گرفته شد.

برای تعیین حجم میوه ها از روش های ریاضی نیز استفاده شد. در این تحقیق با فرض اینکه نمونه ها به صورت کره بسط یافته<sup>۱</sup> و کره دو سر پهن<sup>۲</sup> هستند با روابط (۳) و (۴) حجم نمونه ها بدست آمد. (محسنین ۱۹۸۶) کره بسط یافته از دوران یک بیضی حول محور اصلی خود بوجود آمده و کره دو سر پهن از دوران یک بیضی حول محور کوچک خود بوجود می آید.  $a$  و  $b$  به ترتیب قطر های بزرگ و کوچک نمونه ها هستند.

$$V_{pro} = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{a}{2}\right) \left(\frac{b}{2}\right)^2 \quad (3)$$

$$V_{obl} = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{a}{2}\right)^2 \left(\frac{b}{2}\right) \quad (4)$$

یکی دیگر از روش های تخمین جرم محصولات کشاورزی استفاده از روش پردازش تصویر است. در این روش با استفاده از عکس هایی که از میوه در سه جهت اصلی و عمود بر هم بدست می آید، سطح تصویر آن در سه جهت ( $PA_1$ ،  $PA_2$  و  $PA_3$ ) برآورد می شود. سطوح تصویر میوه با جرم و حجم اش رابطه دارد. همچنین از میانگین سطوح تصویر می توان مساحت معیار<sup>۳</sup> را حساب کرد. در رابطه (۵) مساحت معیار با CPA نشان داده شده است. (توکلی هاشجین ۱۳۸۳).

$$CPA = \frac{PA_1 + PA_2 + PA_3}{3} \quad (5)$$

در این تحقیق به منظور عکس برداری از نمونه ها، از دوربین SONY DSC-W35 ساخت ژاپن استفاده شد. روش کار بدین صورت بود که دوربین در ارتفاع ۴۰cm نسبت به نمونه ها قرار گرفته و از قسمت پایین به آن ها نور تابانده شد. با

1- Prolate Spheroid  
2-Oblate Spheroid  
3- Criteria projected area

عکس برداری از نمونه ها و ارسال آن ها به نرم افزار Photoshop cs3 مساحت سطوح تصویری نمونه ها بدست آمد. همچنین به منظور تبدیل واحد اندازه گیری از پیکسل به میلی متر از تصویر یک کولیس با شرایط مشابه استفاده شد. شکل ۳ عکس های گرفته شده از رقم تیل مگسی را نشان می دهد.



شکل ۳- عکس های گرفته شده از میوه طالبی در سه جهت عمود بر هم

پس از اندازه گیری ابعاد، جرم، حجم و سطوح تصویر از نرم افزار Spss 16.0 برای تحلیل های آماری و تعیین روابط رگرسیونی بین آن ها استفاده شد. مدل های بدست آمده در سه دسته کلی به صورت زیر ارائه می شوند.

(۱) مدل های تک متغیره و چند متغیره جرم بر اساس طول (a)، عرض (b) و ضخامت طالبی (c) که در فرم کلی معادله (۶) می باشند. در این رابطه  $k_1$ ،  $k_2$ ،  $k_3$  و  $k_4$  ثابت های معادله هستند.

$$M = k_1 a + k_2 b + k_3 c + k_4 \quad (6)$$

(۲) مدل های تک متغیره و چند متغیره جرم بر اساس سطح تصویر اول ( $PA_1$ )، سطح تصویر دوم ( $PA_2$ ) و سطح تصویر سوم ( $PA_3$ ) که در فرم کلی معادله (۷) می باشند.

$$M = k_1 PA_1 + k_2 PA_2 + k_3 PA_3 + k_4 \quad (7)$$

(۳) مدل های تک متغیره جرم بر اساس حجم واقعی ( $V_m$ )، حجم کره دو سر پهن ( $V_{obl}$ ) و حجم کره بسط یافته ( $V_{pro}$ ) که به شکل معادلات (۸)، (۹) و (۱۰) می باشند.

$$M = k_1 V_m + k_2 \quad (8)$$

$$M = k_1 V_{obl} + k_2 \quad (9)$$

$$M = k_1 V_{pro} + k_2 \quad (10)$$

در هر گروه مدل های بدست آمده بر اساس آماره ضریب تبیین ( $R^2$ ) و آماره خطای استاندارد برآورد ( $SEE$ ) که از رابطه (۱۱) قابل محاسبه است با هم مقایسه شدند. بدیهی است هر مدلی که ضریب تبیین بالاتر و خطای استاندارد برآورد کمتری داشته باشد، برآورد بهتری را ارائه می کند.

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum (X_{P,E} - X_{obs})^2}{df}} \quad .df = N - n \quad (11)$$

که در آن  $SEE$  خطای استاندارد برآورد،  $X_{P,E}$  مقدار برآورد شده از معادله رگرسیونی،  $X_{obs}$  مقدار مشاهده شده،  $N$  تعداد کل مشاهدات و  $n$  تعداد ضرایب معادله رگرسیون می باشد.

## نتایج و بحث

نتایج اندازه گیری پارامترهای طول، عرض، ضخامت، جرم، حجم واقعی، حجم های محاسباتی کره دو سر پهن و کره بسط یافته و سطوح تصویر ارقام طالبی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار خواص فیزیکی دو رقم طالبی

رقم			پارامترها
کل مشاهدات	تیل شهری مشهد	تیل مگسی نیشابور	
۱۴/۸۱±۰/۴۳	۱۸/۴۰±۰/۵۱	۱۲/۵۷±۰/۲۹	a
۱۵/۷۷±۰/۴۵	۱۹/۷۸±۰/۵۴	۱۳/۲۸±۰/۲۳	b
۱۵/۳۵±۰/۴۳	۱۹/۱۷±۰/۵۱	۱۲/۹۸±۰/۲۳	c
			ابعاد (cm)
۲۱۱۸/۱±۱۵۴/۲	۳۵۸۷/۹±۲۱۵/۲	۱۴۶۹/۳±۱۸۰/۶۴	جرم (g)
۲۷۶۹/۱±۳۴۱/۹	۴۲۴۰/۶±۴۰۸/۷	۱۲۹۷/۶±۹۰/۶۲	V <sub>m</sub>
۳۰۰۳/۳±۳۶۵	۴۵۳۵/۶±۴۵۲/۱	۱۴۷۰/۸۸±۱۰۹/۸	V <sub>obl</sub>
۲۷۲۲/۸±۳۲۹/۰	۴۰۹۹/۷±۴۰۵/۴	۱۳۴۵/۹±۱۱۵/۲	V <sub>pro</sub>
			حجم (cm <sup>3</sup> )
۲۴۷۳۵±۲۲۲۷	۳۰۴۸۳±۲۳۴۷	۱۵۱۵۶±۱۸۹۹	PA <sub>1</sub>
۲۴۰۳۰±۲۲۲۲	۲۹۳۰۶±۲۵۴۱	۱۵۲۳۷±۱۸۸۷	PA <sub>2</sub>
۲۳۲۹۰±۲۱۰۰	۲۸۳۹۶±۲۳۴۹	۱۴۷۸۰±۱۸۰۴	PA <sub>3</sub>
۲۴۰۱۸±۲۱۷۷	۲۹۳۹۵±۲۴۰۱	۱۵۰۵۸±۱۸۶۰	CPA
			سطوح تصویر (mm <sup>2</sup> )

در جدول ۲ ضریب تبیین و خطای استاندارد برآورد برای مدل های جرم دو رقم طالبی ارائه شده است. چون هر دو رقم از نظر شکل مشابه هستند، دقت مدل های هر گروه بر روی هر دو رقم یکسان است.

جدول ۲- مدل های جرم برای دو رقم میوه طالبی

شماره مدل	مدل	پارامترهای آماری	تیل مگسی	تیل شهری	همه مشاهدات
مدل های دسته اول	۱	M=k <sub>1</sub> a+k <sub>2</sub>	R <sup>2</sup>	۰/۸۰۸	۰/۹۰۸
	۲	M=k <sub>1</sub> b+k <sub>2</sub>	SEE	۱۸۵/۴	۴۰۲/۲۵
	۳	M=k <sub>1</sub> c+k <sub>2</sub>	R <sup>2</sup>	۰/۸۶۶	۰/۹۴۳
	۴	M=k <sub>1</sub> a+k <sub>2</sub> b+k <sub>3</sub> c+k <sub>4</sub>	SEE	۱۴۲/۸۶	۳۱۷/۵
	۵	M=k <sub>1</sub> PA <sub>1</sub> +k <sub>2</sub>	R <sup>2</sup>	۰/۷۷۸	۰/۹۳۱
			SEE	۱۹۹/۳۹	۳۴۹/۱
			R <sup>2</sup>	۰/۹۰۸	۰/۹۵۰
			SEE	۱۳۱/۱۸	۳۰۱/۵
			R <sup>2</sup>	۰/۹۷۶	۰/۹۸۰

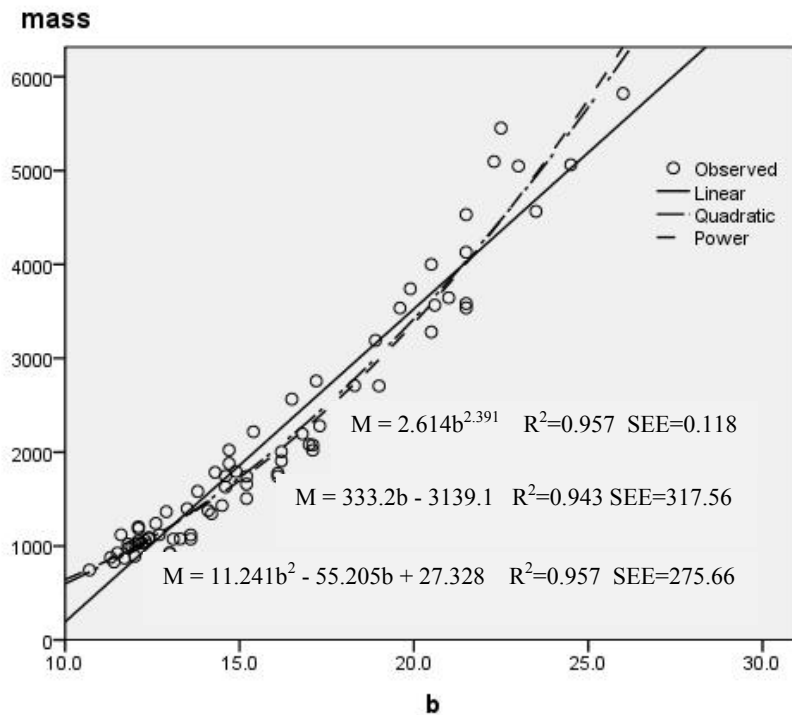
۲۱۹/۴	۲۴۲/۳	۱۰۵/۶۵	SEE			مدل های دسته دوم
۰/۹۷۵	۰/۹۶۹	۰/۹۸۸	R <sup>2</sup>			
۲۴۷/۱۶	۲۳۸/۷	۷۴/۱۹۴	SEE	M=k <sub>1</sub> PA <sub>2</sub> +k <sub>2</sub>	۶	
۰/۹۸۱	۰/۹۷۵	۰/۹۹۴	R <sup>2</sup>			
۲۱۵/۹۳	۲۱۳/۸۹	۵۸/۲۹	SEE	M=k <sub>1</sub> PA <sub>3</sub> +k <sub>2</sub>	۷	
۰/۹۸۵	۰/۹۸۰	۰/۹۹۵	R <sup>2</sup>			
۱۹۹/۵	۲۰۶/۶	۵۴/۲۹	SEE	M=k <sub>1</sub> PA <sub>1</sub> +k <sub>2</sub> PA <sub>2</sub> +k <sub>3</sub> PA <sub>3</sub> +k <sub>4</sub>	۸	
۰/۹۷۸	۰/۹۷۱	۰/۹۸۲	R <sup>2</sup>			
۷۲/۳۴	۶۱/۰۴	۱۱/۸۸	SEE	M=k <sub>1</sub> V <sub>m</sub> +k <sub>2</sub>	۹	مدل های دسته سوم
۰/۹۶۹	۰/۹۲۱	۰/۹۵۶	R <sup>2</sup>			
۲۷۱/۱۳	۳۷۹/۶	۷۸/۰۶	SEE	M=k <sub>1</sub> V <sub>obl</sub> +k <sub>2</sub>	۱۰	
۰/۹۶۷	۰/۹۱۵	۰/۹۳۸	R <sup>2</sup>			
۲۷۹/۱۶	۳۹۳/۳	۹۳/۰۱	SEE	M=k <sub>1</sub> V <sub>pro</sub> +k <sub>2</sub>	۱۱	

در بین مدل های دسته اول (۱، ۲، ۳ و ۴) مدل شماره ۴ که رابطه خطی بین جرم و تمام ابعاد است دارای بیشترین R<sup>2</sup> و کمترین SEE می باشد و بهترین تخمین را برای هر دو رقم دارد. جدول ۳ روابط رگرسیونی جرم بر اساس تمام ابعاد را برای میوه طالبی نشان می دهد.

جدول ۳- روابط رگرسیون بین جرم و ابعاد برای میوه طالبی

SEE	R <sup>2</sup>	مدل	رقم
۱۳۱/۱۸	۰/۹۰۸	M=۱۴۱/۹۷a+۸۱/۴۸b+۳/۷۱c-۱۶۱۰	تیل مگسی
۳۳۴/۶۸	۰/۹۳۳	M=۱۶۷/۵a+۱۴۲/۴۸b+۱۲۶/۹۵c-۴۹۱۲/۹	تیل شهری
۳۰۱/۵	۰/۹۵۰	M=۱۰۴/۰۸a+۲۰۳/۹b+۳۷/۰۸c-۳۲۱۰/۸	همه مشاهدات

چون برای استفاده از مدل ۴ باید هر سه بعد اندازه گیری شود و این باعث کندی درجه بندی میوه می شود. انتخاب یکی از مدل های ۱، ۲ یا ۳ که بتواند جرم را بر اساس یک بعد توصیف کند ترجیح داده می شود. بنابراین در بین مدل های تک متغیره، مدل ۲ که جرم میوه را بر حسب عرض آن بیان می کند برای هر دو رقم به عنوان مدل مطلوب معرفی می شود. شکل ۴ مدل های رگرسیونی خطی، توانی و سهمی جرم را بر اساس عرض میوه برای کل مشاهدات نشان می دهد. با مقایسه برآورد ها، مدل توانی بدلیل دارا بودن بیشترین R<sup>2</sup> و کمترین SSE بهترین مدل معرفی می شود.



شکل ۴- مدل های خطی، توانی و سهمی جرم بر اساس عرض میوه

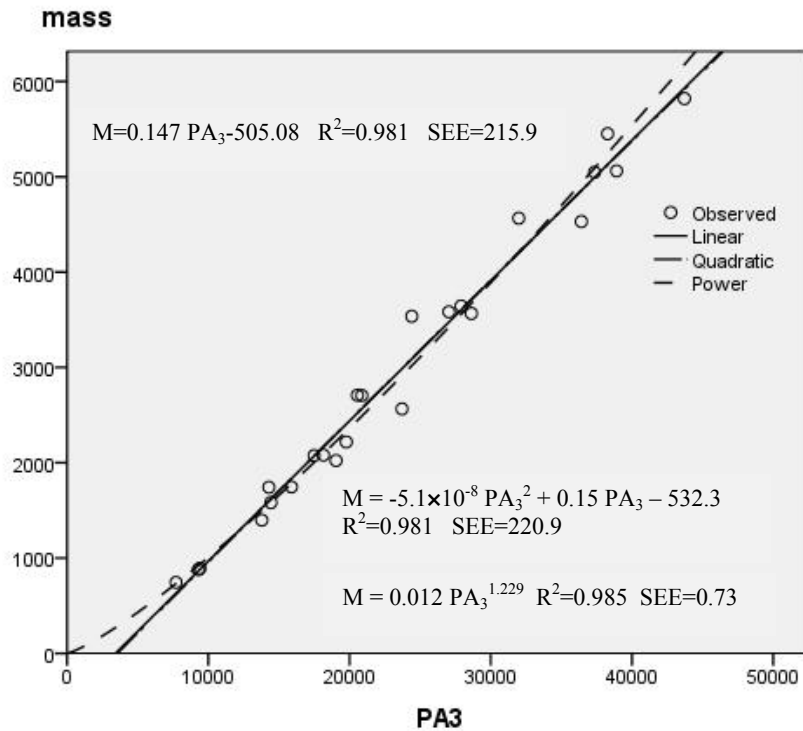
طباطبایی فر و همکاران (۲۰۰۰) در بین مدل های ابعادی جرم برای میوه پرتقال، مدل سهمی را که بر اساس عرض میوه است به عنوان بهترین مدل برای درجه بندی این میوه انتخاب کردند. معادله پیشنهادی آن ها به صورت ذیل است.

$$M = 0.069b^2 - 2.95b - 39.15 \quad R^2 = 0.97 \quad (12)$$

در بین مدل های دسته دوم (۵، ۶، ۷ و ۸) مدل ۸ که رابطه خطی بین جرم و تمام سطوح تصویر است دارای بیشترین  $R^2$  و کمترین SEE می باشد و بهترین تخمین را برای هر دو رقم دارد. این مدل برای هر دو رقم در جدول (۴) ارائه شده است. برای دستیابی به این مدل در سورتینگ میوه، باید سه عدد دوربین از جهت های اصلی میوه به صورت هم زمان عکس برداری کنند. که این امر باعث افزایش هزینه و کاهش سرعت سورتینگ می شود و در عمل این مدل کمتر مورد توجه قرار می گیرد. از بین مدل های مبنی بر سطح تصویر، مدل ۷ که رابطه جرم و سطح تصویر سوم را نشان می دهد بدلیل بیشترین ضریب تبیین و کمترین خطای استاندارد برآورد، به عنوان مدل تک متغیره مطلوب معرفی می شود. شکل ۵ مدل های رگرسیونی خطی، توانی و سهمی جرم را بر اساس سطح تصویر سوم میوه برای همه مشاهدات نشان می دهد. با مقایسه برآورد ها مدل توانی بدلیل دارا بودن بیشترین  $R^2$  و کمترین SSE بهترین مدل شناخته شد.

جدول ۴- روابط رگرسیون بین جرم و سطوح تصویر

رقم	مدل	$R^2$	SEE
تیل مگسی	$M = -0.039 PA_1 + 0.013 PA_2 + 0.145 PA_3 - 196.2$	0.995	58/297
تیل شهری	$M = 0.058 PA_1 + 0.043 PA_2 + 0.038 PA_3 - 368.56$	0.980	206/6
همه مشاهدات	$M = 0.071 PA_1 + 0.03 PA_2 + 0.041 PA_3 - 507.8$	0.985	199/58



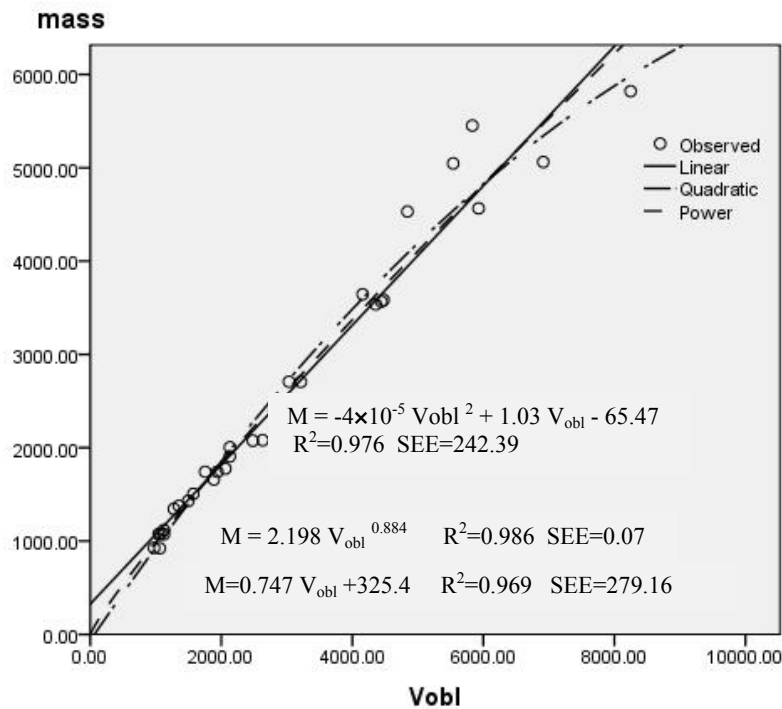
شکل ۵- مدل های خطی، توانی و سهمی جرم بر اساس سطح تصویر سوم میوه

مدل های دسته سوم (۹، ۱۰ و ۱۱) رابطه جرم با حجم واقعی، حجم محاسباتی کره دو سر پهن و کره بسط یافته را نشان می دهند. مدل ۹ که رابطه جرم و حجم واقعی را نشان می دهد دارای بیشترین مقدار  $R^2$  و کمترین مقدار SEE می باشد و بهترین تخمین را برای هر دو رقم دارد. این مدل ها در جدول ۵ آمده اند. از آنجایی که تعیین حجم هیچ ارجحیتی به تعیین جرم ندارد بهتر است از مدل هایی که حجم را بر اساس ابعاد و به روش ریاضی تخمین می زنند استفاده شود. بنابراین با مقایسه مدل های ۱۰ و ۱۱، مدل اول برای استفاده در دستگاه های سورتینگ معرفی می شود. شکل ۶ مدل های رگرسیونی خطی، توانی و سهمی جرم را بر اساس حجم محاسباتی کره دو سر پهن برای کل مشاهدات نشان می دهد. با مقایسه برآورد ها مدل توانی بدلیل دارا بودن بیشترین  $R^2$  و کمترین SSE بهترین مدل شناخته شد.

جدول ۵- روابط رگرسیون بین جرم و حجم واقعی

رقم	مدل	$R^2$	SEE
تیل مگسی	$M = 1/0.25 Vm + 66/43$	۰/۹۸۲	۱۱/۸۶
تیل شهری	$M = 0/823 Vm + 252/66$	۰/۹۷۱	۶۱/۰۴
کل مشاهدات	$M = 0/809 Vm + 326/73$	۰/۹۷۸	۷۲/۳۴





شکل ۶- مدل های خطی، سهمی و توانی جرم بر اساس حجم کره دو سر پهن

## نتیجه گیری

(۱) مدل ابعادی پیشنهادی برای جرم طالبی بر اساس عرض میوه (مدل ۲) بوده و به صورت غیر خطی زیر است.

$$M = 2/614b^{2/391} \quad R^2 = 0/957 \quad SEE = 0/118$$

(۲) مدل جرمی مناسب حاصل از پردازش تصویر، براساس سطح تصویر سوم بوده و برای هر دو رقم به صورت توانی

$$M = 0/012 PA_3^{1/229} \quad R^2 = 0/985 \quad SEE = 0/73 \quad \text{است.}$$

(۳) شکل میوه به کره دو سر پهن بیشتر شبیه بوده و مدل جرم مناسب بر اساس حجم به صورت زیر برای هر دو رقم

$$M = 2/198V_{obl}^{0/884} \quad R^2 = 0/986 \quad SEE = 0/07 \quad \text{پیشنهاد می شود.}$$

## منابع و مأخذ

- (۱) توکلی هاشجین، ت. ۱۳۸۳. مکانیک محصولات کشاورزی. (تالیف سیتکی، ج). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.
- 2) Fadavi, A., Barzegar, M., Azizi, M. H. & Bayat, M. (2005). Note. Physicochemical Composition of Ten Pomegranate Cultivars (*Punica granatum* L.) Grown in Iran. *Food Science and Technology International*, 11(2), 113-119.
- 3) Hurst, W. C. (1999). *Cantaloupe Specialty Melons* The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences.
- 4) Kaya, A. & Sozer, N. (2005). Rheological behaviour of sour pomegranate juice concentrates (*Punica granatum* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 40(2), 223-227.

- 5) Khanali, M., Ghasemi Varnamkhasti, M., Tabatabaeefar, A. & Mobli, H. (2007). Mass and volume modelling of tangerine (*Citrus reticulata*) fruit with some physical attributes. *International agrophysics*, 21(4), 329.
- 6) Khoshnam, F., Tabatabaeefar, A., Varnamkhasti, M. G. & Borghei, A. (2007). Mass modeling of pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit with some physical characteristics. *Scientia Horticulturae*, 114(1), 21-26.
- 7) Kingsly, A. R. P., Singh, D. B., Manikantan, M. R. & Jain, R. K. (2006). Moisture dependent physical properties of dried pomegranate seeds (*Anardana*). *Journal of Food Engineering*, 75(4), 492-496.
- 8) Kleynen, O., Leemans, V. & Destain, M. F. (2003). Selection of the most efficient wavelength bands for 'Jonagold' apple sorting. *Postharvest biology and technology*, 30(3), 221-232.
- 9) Lorestani, A. N. & Tabatabaeefar, A. (2006). Modeling the mass of kiwi fruit by geometrical attributes. *International Agrophysics*, 20(2), 135-139.
- 10) Marvin, J., Hyde, G. & Cavalieri, R. (1987). Modeling potato tuber mass with tuber dimensions. *Transactions of the ASAE*, 30(4), 1154-1159.
- 11) Mohsenin, N. N. (1986). *Physical properties of plant and animal materials: structure, physical characteristics, and mechanical properties*. Routledge.
- 12) Naderi boldaji, M., Fattahi, R., Ghasemi Varnamkhasti, M., Tabatabaeefar, A. & Jannatizadeh, A. (2008). Models for predicting the mass of apricot fruits by geometrical attributes (cv. Shams, Nakhjavan, and Jahangiri). *Scientia Horticulturae*, 118, 293-298.
- 13) Peleg, K. (1985). *Produce handling, packaging and distribution*. AVI Publishing Company.
- 14) Polder, G., van der Heijden, G. & Young, I. T. (2003). Tomato sorting using independent component analysis on spectral images. *Real-Time Imaging*, 9(4), 253-259.
- 15) Safwat, M. A. (1971). Theoretical prediction of volume, surface area, and center of gravity for agricultural products. *Transactions of the ASAE*, 14(3), 549-553.
- 16) Stroshine, R. & Hamann, D. (1995). *Physical properties of agricultural materials and food products*. West Lafayette: Department of Agricultural and Biological Engineering.
- 17) Tabatabaeefar, A. & Rajabipour, A. (2005). Modeling the mass of apples by geometrical attributes. *Scientia Horticulturae*, 105(3), 373-382.
- 18) Tabatabaeefar, A., Vefagh-Nematolahee, A. & Rajabipour, A. (2000). Modeling of orange mass based on dimensions. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2, 299-305.
- 19) Wright, M. E., Tappan, J. H. & Sistler, F. E. (1986). The size and shape of typical sweet potatoes. *Transacions of the ASAE*, 29(3), 678-682.

## Abstract

Grading makes fruits packaging easier, reduces the waste and increases marketing the value of agricultural products. The relationship between the mass, length, width, thickness, volume and projected areas of fruits are useful for proper design of grading machines. The aim of this study was mass modeling of two major cultivars of Iranian cantaloupes (Tile Magasi and Tile Shahri) based on geometrical attributes. Models were presented into three classifications. 1- Univariate and multivariate models based on the outer dimensions of fruit. 2- Univariate and multivariate models based on the projected areas of fruit. 3- Univariate models based on the actual volume, volume of the fruit assumed as prolate spheroid and oblate shapes. The results indicated that the models based on fruit width, the third projected area and assumed oblate spheroid volume have the highest determination coefficient ( $R^2$ ) and the lowest standard error of estimate (SEE). Finally, it was concluded that the suitable grading system of cantaloupe mass is based on the third projected area as nonlinear relation:  $M=0.012 PA_3^{1.229}$ ,  $R^2= 0.985$ .

**Keywords:** Mass model, physical properties, cantaloupe, standard error of estimate