



Alınış tarihi (Received): 17.02.2021

Kabul tarihi (Accepted): 12.05.2021

Japon Elmasının Fiziksel Özelliklerine Göre Doğrusal Regresyon Modelleri ile Kütle Tahmini

Ebubekir ALTUNTAŞ^{1,*}

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat-Türkiye

*Sorumlu yazar: ebubekir.altuntas@gop.edu.tr

ÖZET: Bu çalışmada, fiziksel özelliklerden boyutlar (büyük çap, orta çap ve küçük çap), geometrik ortalama çap, projeksiyon alanları, kriter alanı ve hacimlere göre Japon elmasının kütle tahmin modeli için toplamda 19 lineer regresyon modeli belirlenmiştir. Modellemede boyutlar, projeksiyon alanları ve hacimler dikkate alınmıştır. Çalışmanın istatistiksel sonuçlarına göre Japon elmasının meyve boyutlarına göre kütle tahmininde büyük çap + orta çap + küçük çapa dayalı üç değişkenli kütle modelinin ($R^2= 0.925$) önerilebileceği görülmüştür. Projeksiyon alanlarına göre kütle tahmininde iki değişkenli birinci projeksiyon alanı + üçüncü projeksiyon alanına dayalı $[(PA_1 + PA_3)]$ bir kütle modeli ($R^2= 0.940$) önerilmiştir. Ayrıca Japon elması için yassı küre ve elipsoit hacimlere dayalı ($V_{ob}+V_{ell}$) olarak belirlenen doğrusal regresyon kütle modelinin ($R^2= 0.944$) meyvelerin kütle tahmininde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Çalışmada hasattan sonra Japon elmasını işleyen teknolojilerin tasarımı ve geliştirilmesi açısından önemli kütle modelleri ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler- Japon elması, Kütle modelleme, Geometrik ortalama çap, Kriter alanı, Elipsoit hacim

Mass Estimation of Japanese Crabapple Based on Physical Properties with Linear Regression Models

ABSTRACT: In this study, predicted masses models based on some physical characteristics such as size dimension (major diameter, intermediate diameter and minor diameter), geometric mean diameter, the projection areas, the criteria area and volumes were determined the total 19 linear regression models for Japanese crabapple. In the modelling, dimensions, projection areas volumes were taken into account. According to the statistical results of the study, it was seen that three variables mass model based on major diameter + intermediate diameter + minor diameters as $R^2= 0.925$ can be recommended for mass estimation according to fruit sizes. For the projection areas, a two variables mass model based on the projection areas $PA_1 + PA_3$ ($R^2= 0.940$) was proposed to estimate the masses of Japanese crabapple fruits. In addition, the mass model based on the oblate and ellipsoid ($V_{ob}+ V_{ell}$) volumes ($R^2=0.944$) can be used to estimate the masses of Japanese crabapple fruits based on volumes. In the study, important mass models have been revealed in terms of the design and development of technologies for the post-harvest process of Japanese crabapples.

Keywords- Japanese crabapple, Mass modelling, Geometric mean diameter, Criteria area, Ellipsoid volume

1. Giriş

Japon elması (*Malus floribunda* L.), çapı 3-5 cm, sert kabuklu ve tadı buruk bir meyvedir. Meyve boyutu, *Malus* türleri arasında en küçük olanlardan biridir. Japon elması ağaçları, yaygın büyük elma plantasyonlarında tozlaşma ve dekorasyon için kullanılmaktadır (Cepeda and Villaran, 1999). Japon elması çoğunlukla meyve suyu üretiminde ve nadiren jöle yapımında kullanılmaktadır. Besin içeriği zengin olan Japon elması meyve suyu üretiminde kullanılabildiğinden ticari olarak pazar potansiyeli olan bir meyvedir. Japon elması meyve suyu, şeker katkılı olarak üretilmektedir.

Japon elması meyvesinin kaliteyi belirleyen faktörler, ticari olarak pazarlanmasında ekonomik açıdan önemli bir özelliğidir. Bu faktörler; renk, sertlik, lezzet ve boyut özellikleridir. Stanley ve ark. (2001) ve Atkinson ve ark. (2001) çevresel faktörlerin Japon elmasının büyüklüğünü etkilediğini bildirmişlerdir. Malus türleri arasında meyve büyüklüğü açısından büyük farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin, bazı yetiştirilen elmalar genellikle 10 cm'den büyükken, Japon elmaları ise 5 cm'den büyüktür. Bununla birlikte bazıları daha büyük meyvelere sahipken diğerleri ise daha küçük boyutlara sahip olabilir. Bu noktada aynı koşullar altında yetiştirilse bile çeşitler arasında meyve boyutlarında genetik kökene bağlı olarak farklılıklar gözlemlenmektedir (Harada ve ark., 2005).

Tüketici talepleri için genel olarak meyve büyüklüğü en önemli kalite parametrelerinden birisidir. Tüketiciler, eşit büyüklük ve şekildeki meyveleri tercih etmektedir. Sınıflandırma, boyut ve şekil açısından tekdüzeliği artırmaktadır. Bu durum, meyvelerin paketlenme ve nakliye maliyetlerini azaltabilmekte ve aynı zamanda optimal olarak ambalajlamada da önemli katkılar sağlamaktadır (Sadriya ve ark., 2007; Rashidi ve ark., 2007). Buna ilave olarak biyolojik malzemelerin sınıflandırılması; ürünlerin kalite standartlarını karşılayabilme, pazar değerini artırma ve pazarlama işlemleri açısından önemli bir unsurdur (Wilheim ve ark., 2005; Rashidi ve ark., 2008a).

Biyolojik malzemelerin fiziksel özellikleri olarak boyut, şekil, kütle, hacim ve projeksiyon alanının belirlenmesi boyutlandırma, sınıflandırma, nakliye, ürün işleme ve paketlenme sistemlerinin standartlarını belirlemede kullanılan önemli tasarım parametrelerdir (Tabatabaeefar ve Rajabipour 2005). Biyolojik materyallerin boyutları; ölçüm esasları basit olduğundan genellikle kütlelerine göre belirlenebilmektedir. Bazı fiziksel özelliklere dayalı sınıflandırma prosesleri, toplu sınıflandırmaya göre daha etkili bir yöntem olarak görülmektedir. Bununla birlikte biyolojik malzemelerin kütle modelleri bilindiğinde; ürünün kütlesi geometrik özelliklerden kolayca tahmin edilebilmektedir (Rashidi ve ark., 2008b).

Birçok araştırmacı, farklı tarımsal ürünlerin bazı fiziksel özelliklerine göre kütle modellemesini tahmin etmek için çok sayıda araştırma yapmışlardır. Bunlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir: Patates çeşitleri için Tabatabaeefar (2006); kivi meyvesi için Lorestani ve Tabatabaeefar (2006); bergamot meyvesi (*Mangifera indica* L.) için Jahromi ve ark. (2007), portakal için Sharifi ve ark. (2007) hurma meyvesi için Jahromi ve ark. (2008), elma çeşitleri için Gorji Chakespari ve ark. (2010), badem için Mirzabe ve ark. (2013) kumkuat meyvesi için Jaliliantabar ve Lorestani (2014); patates çeşitleri için Berberoglu et al. (2014); kinnow mandarin için Mahawar et al. (2019); kan meyvesi (blood fruit, *Haematocarpus validus*) için Sasikumar ve ark. (2020) ve muz için Zainal A'Bidin ve ark. (2020) kütle modellemesi çalışmalarını yapmışlardır.

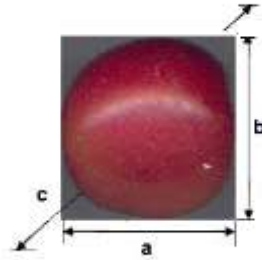
Vursavuş ve Kesilmiş (2016), Bandita F1 çeşidi domates meyvelerinde hasarsız çarpma tekniği kullanılarak kütle tahmini için farklı model yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri model 3 eşitliğinde çarpma parametrelerine bağlı olarak ölçülen ve tahmin edilen domates kütleleri arasındaki ilişkiyi yüksek bulmuşlar, belirtme katsayıları (R^2) sırasıyla 0.94 ve 0.92 olarak hesaplamışlardır. Boydas ve ark. (2012), farklı yenidoğru çeşit ve genotiplerinin kütle, boyut ve şekil özellikleri için, görüntü işleme tekniğini kullanmışlardır. Demir ve ark. (2019) ise, eliptik Fourier yaklaşımıyla farklı badem çeşitlerinin fiziksel özelliklerini karşılaştırarak şekil analizlerini belirlemeye çalışmışlardır.

Kütle modellemesi kullanılarak kurulan matematiksel ilişkiler, Japon elması meyvelerinin ticari ölçekte sınıflandırılmasına yardımcı olacağı gibi, süreci daha doğru ve daha etkin hale getirmeye katkı sağlayacaktır. Bu durumun Japon elmasının pazar değerini ve ticarileşme potansiyelini arttıracığı öngörülmektedir. Literatür taramalarında Japon elmasının fiziksel özelliklerine yönelik (Altuntas ve Karaosman (2015) ile Saracoğlu ve ark. (2021) tarafından çalışmalar yapılmasına karşın, Japon elmasının kütlelerinin diğer bazı fiziksel özelliklere dayalı olarak modellemesine ilişkin bir

herhangi bir literatüre rastlanmamıştır. Japon elması meyvelerinin kütesinin diğer bazı fiziksel özelliklere göre modellenmesiyle, özellikle hasat sonrası teknolojilerde sınıflandırma makinalarının tasarımında kullanılabileceği düşünülmektedir. Bu amaçla, boyutlar, renk ve kütenin önemli sınıflandırma parametreleri olduğu, bu anlamda kütle tahmin modellerinin, mühendislik verileri olarak kullanılabilme potansiyeli mevcuttur. Bu nedenle araştırmanın amacı, Japon elmasının boyut, projeksiyon alanı ve hacim özelliklerine göre optimal kütle modellerini belirlemektir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Uygulama Bahçesinde (40° 05' ve 41 ° 45' K enlem, 37° 08' ve 34° 30' D boylamında ve 650 m rakımında) yetişen Japon elması meyveleri materyal olarak kullanılmıştır. Meyveler, hasat için uygun ve fiziksel gelişimini tamamladığı olgunluk döneminde (15 Ağustos 2016) hasat edilmiştir. Meyve örnekleri 3 ağaçtan toplanmış, ağacın tamamını kapsayacak şekilde alt, orta ve çap kısmından şansa bağlı olarak toplanmıştır. Su kaybını azaltmak için polietilen torbalarda toplanan meyveler doğrudan laboratuvara sevk edilmiştir. Meyveler analiz süresine kadar $4 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de ve $\%90 \pm 5$ bağıl nemde tutulmuştur. Kütle modellerini belirlemek için gereken kütle ölçümleri 0,001 g hassasiyete sahip dijital bir teraziyle ölçülmüştür. Örnek bir Japon elması meyvesinin ölçüleri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Japon elması meyvesinin boyut ölçüleri
Figure 1. Dimensions of Japanese apple fruit

Japon elmasının kütle modellemesi için boyutlar, projeksiyon alanları ve hacimler dikkate alınmıştır. Bu çalışmada, Japon elması meyveleri için büyük çap, orta çap ve küçük çap (a , b , c), geometrik ortalama çap (D_g), birinci, ikinci, üçüncü projeksiyon alanları (PA_1 , PA_2 , PA_3), kriter alanı (CAE) ile yassı küre ve elipsoit küre şekilli hacimlere göre tahmin edilen kütle modelleri belirlenmiştir.

Japon elmasının aksenal boyutlarının ölçümünde 0.01 mm/0.0005" hassasiyette dijital kumpas (Model No; CD-6CSX Mitutoyo, Japonya) kullanılmıştır. Japon elması meyvelerinin büyük çap (a), orta çap (b) ve küçük çap (c) boyutlarına göre geometrik ortalama çap (D_g) aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

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

Boyutlara göre kütle modeli tahmini için; bir, iki veya üç çapa göre bağımsız değişkenler (büyük çap, orta çap ve küçük çap) dikkate alınmış, boyutlara göre kütle tahmininde geometrik ortalama çap (D_g) da kullanılmıştır.

Projeksiyon alanlarına göre kütle tahmininde, Japon elmasının üç projeksiyon alanı olarak; birinci projeksiyon alanı (PA_1), ikinci projeksiyon alanı (PA_2) ve üçüncü projeksiyon alanı (PA_3) dikkate alınmış ve aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Khezri ve ark., 2012). Ayrıca, Japon elması meyvesi için kriter alanı (CAE) de aşağıdaki eşitlikten belirlenmiştir.

$$PA_1 = (\pi ab)/4 \quad (2)$$

$$PA_2 = (\pi ac)/4 \quad (3)$$

$$PA_3 = (\pi bc)/4 \quad (4)$$

$$CAE = (PA_1 + PA_2 + PA_3)/3 \quad (5)$$

Dolayısıyla projeksiyon alanına göre kütle tahmini modellemesinde; bir, iki veya üç değişkenli projeksiyon alanları ile kriter alan dikkate alınarak kütle tahminleri yapılmıştır (Khezri ve ark., 2012).

Diğer bir kütle tahmini için kütle hacimle ilişkilendirilmiş olup, Japon elmasının hacmi, yassı küre (oblate spheroid) ve elipsoit küre hacimlerinin bir fonksiyonu olarak tahmin edilmiştir. Japon elması meyvelerinin şeklinin düzenli geometrik şekil, yassı küre (V_{ob}) ve elipsoit küre (V_{ell}) şekilleri olduğu varsayılmış ve meyve hacimlerinin belirlenmesinde Jahromi ve ark. (2008) tarafından açıklanan aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

$$V_{ob} = \frac{4\pi}{3} \left(\frac{a}{2}\right) \left(\frac{b}{2}\right)^2 \quad (6)$$

$$V_{ell} = \frac{4\pi}{3} \left(\frac{a}{2}\right) \left(\frac{b}{2}\right) \left(\frac{c}{2}\right) \quad (7)$$

Araştırmada Japon elması meyvelerinin kütle tahmini için altta verilen çoklu doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır

$$Y = k_0 + k_1X_1 + k_2X_2 + k_3X_3 + \dots + k_nX_n \quad (8)$$

Burada:

Y = Bağımlı değişken (Japon elması meyvesi)

X_1, X_2, \dots, X_n = Bağımsız değişkenler (Japon elması meyvelerinin fiziksel özellikleri)

$k_0, k_1, k_2, \dots, k_n$ = Regresyon katsayıları (Rashidi ve ark., 2008b)

Böylece, kütle tahmin modellerinde genel olarak, Japon elması meyvelerinin fiziksel özelliklerine (büyük çap (a), orta çap (b), küçük çap (c), geometrik ortalama çap (D_g), birinci, ikinci, üçüncü projeksiyon alanları (PA_1, PA_2, PA_3), kriter alanı (CAE) ile yassı küre ve elipsoit küre şekilli hacimlere göre kütle modelleri tahminlenmiştir. Japon elması meyveleri için fiziksel özelliklere göre kütle modeli oluşturulmasında toplam 19 lineer regresyon kütle modeli önerilmiştir. Tüm veriler SPSS 2000 (SPSS version 13) kullanılarak doğrusal regresyon analizine tabi tutulmuştur. Analizlerde, belirleme katsayısı (R^2) ve regresyon standart hatası (RSE) dikkate alınmış, maksimum R^2 ve minimum RSE değerlerine sahip olanlar en iyi kütle tahmin modeli olarak değerlendirilmiştir (Mahawar et al., 2019).

3. Bulgular ve Tartışma

Japon elmasının kütle modellerini belirlemek için kullanılan bazı fiziksel özellikler Çizelge 1’de verilmiştir. Japon elmasının geometrik ortalama çapı 2.71 cm, ortalama kriter alanı 5.91 cm² ve ortalama elipsoit küre hacmi 11.18 cm³ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Japon elması meyvelerinin kütle modellerini belirlemede kullanılan bazı fiziksel özellikleri.

Table 1. Some physical attributes of Japanese crabapple fruits to determine mass models.

Fiziksel özellikler	Minimum-Maksimum	Ortalama +S.Sapma (*)	Varyasyon katsayısı (%)
Kütle (M), g	4.12-18.98	10.91±4.45	40.78
Büyük çap (a), cm	1.49-3.28	2.55±0.42	16.65
Orta çap (b), cm	2.00-3.65	2.81±0.43	15.38
Küçük çap (c), cm	2.00-3.47	2.80±0.40	14.24
Geometrik ortalama çap (D_g), cm	1.91-3.41	2.71±0.40	14.92
Birinci projeksiyon alan (PA_1), cm ²	2.66-9.07	5.75±1.75	30.44
İkinci projeksiyon alan (PA_2), cm ²	2.41-8.88	5.74±1.67	29.19
Üçüncü projeksiyon alan (PA_3), cm ²	3.30-9.93	6.30±1.79	28.47
Kriter alan (CAE), cm ²	2.91-9.17	5.91±1.72	29.06
Yassı küre hacim (V_{ob}), cm ³	3.80-21.33	11.25±4.95	43.98
Elipsoit küre hacim (V_{ell}), cm ³	3.64-20.88	11.18±4.75	42.53

(*): Denemede 100 Japon elması meyvesi kullanılmıştır.

Çizelge 2, 3 ve 4’te tüm doğrusal regresyon kütle tahmin modelleri sırasıyla meyve boyutları, projeksiyon alanları ve hacimlere göre belirlenmiştir.

Meyve Boyutlarına (Çaplara) Göre Belirlenen Kütle Tahmin Modelleri

Japon elması meyvelerinin doğrusal regresyon kütle tahmin modelleri büyük çap (a), orta çap (b), küçük çap (c) için tek, iki ve üç değişkenli ve geometrik ortalama çap için (D_g) tek değişkenli doğrusal regresyon eşitlikleri kullanılarak tahmin edilmiş ve Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Japon elması meyvesinin boyutlarına göre doğrusal regresyon modelleri

Table 2. Linear regression models based on size dimensions classification for Japanese crabapple.

Model No	Model	Model eşitliği	R ²	R.S.E.	Sig. M	Sig. RC
1	$M = k_0 + k_1 a$	$M = -13.471 + 9.551 a$	0.830	1.833	*	**
2	$M = k_0 + k_1 b$	$M = -16.610 + 9.809 b$	0.904	1.381	*	**
3	$M = k_0 + k_1 c$	$M = -17.775 + 10.234 c$	0.841	1.778	*	**
4	$M = k_0 + k_1 D_g$	$M = -17.698 + 10.547 D_g$	0.919	1.263	*	**
5	$M = k_0 + k_1 a + k_2 b$	$M = -16.854 + 3.182 a + 7.001 b$	0.921	1.248	*	***
6	$M = k_0 + k_1 a + k_2 c$	$M = -17.567 + 4.905 a + 5.693 c$	0.894	1.452	*	***
7	$M = k_0 + k_1 b + k_2 c$	$M = -17.732 + 7.383 b + 2.829 c$	0.912	1.321	*	***
8	$M = k_0 + k_1 a + k_2 b + k_3 c$	$M = -17.623 + 2.816 a + 5.601 b + 2.009 c$	0.925	1.219	*	***

M: Japon elmasının kütlesi a: büyük çap, b: orta çap, c: küçük çap; k: regresyon katsayısı.

R.S.E: Regresyonun standart hatası Sig. M: Modelin önem düzeyi; Sig. RC: Regresyon katsayısının önem düzeyi

Çizelge 2'ye göre, istatistiksel açıdan 1-7 arasındaki modeller meyve kütle tahminlemede anlamlı bulunmuştur. Ancak en yüksek R^2 değeri 8. modelde belirlendiğinden kütle tahmini için önerilebileceği kanısına varılmış ve regresyon eşitliği aşağıda gösterilmiştir.

$$M = - 17.623 + 2.816 a + 5.601 b + 2.009 c \quad (9)$$

Sayınacı ve ark. (2012), Valencia portakal çeşidi, üç mutanti ile Moro çeşidi portakalın görüntü işleme yöntemiyle, boyut ve şekil özelliklerini incelemiştir. Çalışmada portakal çeşitleri ve mutantların yüzey alanını ve geometrik ortalama çaplarını tahminlemek için kütle ve hacme bağlı yüksek R^2 'li doğrusal eşitlikler geliştirilmiştir. Er ve ark. (2013). Makine görmesi ile otomatik olarak daha hızlı ve standartlara uygun meyve sınıflamada, gerçek zamanlı çalışan band üzerinde ilerleyen elmaların anlık görüntüler Matlab programı görüntü işleme modülü kullanılarak işlenerek görüntüler üzerinden renk, boyut ve kütle tahmini yapmışlardır. Boyut, renk, sınıf ve kütle tahminin %95.5 başarıyla sağlamışlardır.

Sasikumar ve ark. (2020), kütle tahmini için blood (kan) meyvesi için genişlik boyutuna ($M = 0.019W^2 - 0.463W + 26.88$; $R^2 = 0.970$) dayalı ikinci dereceden bir model önermiştir. Benzer şekilde, Shahbazi ve Rahmati (2013) de incir meyvesi için genişliğe ($M = 58.443 - 3.318W + 0.064W^2$; $R^2 = 0.969$) dayalı ikinci dereceden modeli kütle tahmini için en iyi model olarak bulmuşlardır. Keramat Jahromi ve ark. (2008), hurma meyvesinin (Zahedi çeşidi için) uzunluğuna ($M = 0.3783L - 5.876$, $R^2 = 0.70$) dayalı bir doğrusal kütle modelini önermiştir. Bu çalışmada da, tek değişkenli model açısından bakıldığında, en iyi kütle tahmini orta çap boyutu olup, çalışma literatürlerle benzerlik göstermektedir.

Projeksiyon Alanına Göre Belirlenen Kütle Tahmin Modelleri

Japon elması meyveleri için doğrusal regresyon kütle modelleri, birinci projeksiyon alanı (PA_1), ikinci projeksiyon alanı (PA_2) ve üçüncü projeksiyon alanının (PA_3) tek, iki ve üç değişkenli ve kriter alanı (CAE) için tek değişkenli doğrusal regresyonları kullanılarak tahmin edilmiş ve eşitlikler Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Japon elması için projeksiyon alanlarına göre doğrusal regresyon modelleri

Table 3. Linear regression models based on projection areas classification for Japanese crabapple.

Model No	Model	Model eşitliği	R^2	R.S.E.	Sig. M	Sig. RC
1	$M = k_0 + k_1 PA_1$	$M = - 3.194 + 2.452 PA_1$	0.930	1.175	*	**
2	$M = k_0 + k_1 PA_2$	$M = - 3.635 + 2.537 PA_2$	0.910	1.339	*	**
3	$M = k_0 + k_1 PA_3$	$M = - 4.047 + 2.374 PA_3$	0.915	1.300	*	**
4	$M = k_0 + k_1 CAE$	$M = - 3.908 + 2.499 CAE$	0.936	1.126	*	**
5	$M = k_0 + k_1 PA_1 + k_2 PA_2$	$M = - 3.384 + 1.932 PA_1 + 0.554 PA_2$	0.931	1.166	*	***
6	$M = k_0 + k_1 PA_1 + k_2 PA_3$	$M = - 3.770 + 1.531 PA_1 + 0.932 PA_3$	0.940	1.093	*	***
7	$M = k_0 + k_1 PA_2 + k_2 PA_3$	$M = - 4.074 + 1.164 PA_2 + 1.319 PA_3$	0.925	1.220	*	***
8	$M = k_0 + k_1 PA_1 + k_2 PA_2 + k_3 PA_3$	$M = - 3.751 + 1.616 PA_1 - 1.142 PA_2 + 0.981 PA_3$	0.939	1.098	*	****

M: Japon elmasının kütlesi a: büyük çap, b: orta çap; c: küçük çap; k_i regresyon katsayısı.

R.S.E: Regresyonun standart hatası Sig. M: Modelin önem düzeyi; Sig. RC: Regresyon katsayısının önem düzeyi

Çizelge 3'te projeksiyon alanına göre kütle tahmini yapan tüm modellerin istatistiksel açıdan manidar düzeyde olduğu belirlenmiştir. Ancak kütle tahmininde en yüksek belirtme katsayısı 6. modelde belirlenmiş ve regresyon eşitliği alta verilmiştir. Bu modelde kütle tahmini yalnızca PA_1 ve PA_3 projeksiyon alanlarına göre yapıldığı dikkat çekmektedir.

$$M = - 3.770 + 1.531 PA_1 + 0.932 PA_3 \quad (10)$$

Saraçoğlu ve Özarslan (2015), kiraz domates meyvesinde, kütle ve hacim değerlerinin tahminlenmesi amacıyla doğrusal ve doğrusal olmayan modeller arasında, meyve sap eksenine paralel ölçülen izdüşüm alanına göre kurgulanan modelleri önermişlerdir. Saraçoğlu (2017), erik meyvesinin kütlelerini, seçilmiş fiziksel özellikleri kullanılarak doğrusal ve doğrusal olmayan modellerle tahmin etmiştir. Uygulamalarda projeksiyon alanlarına göre diğerleri arasında en yüksek R^2 değerine sahip olan modelleri; Can çeşidi için $R^2=0.934$ ve Santa Rosa çeşidi için $R^2 =0.961$ için bulmuştur.

Sohiong meyvelerinin kütle tahmini için belirlenen projeksiyon alanı dik oryantasyonda ölçülmüş ve kütle tahmin modeli ($M = 1.740 P_L^{1.095}$; $R^2= 0.945$) Vivek ve ark., (2018) tarafından önerilmiştir. Khodabakhshian ve Emadi (2016) hurma meyvesinin (Mazafati çeşidi için) kütle tahminini yatayda ölçülen projeksiyon alanına göre belirlemiş ve kütle tahmin modelini $M=-0.143 PA_3+145.5PA_3-37047$ ($R^2=0.84$) olarak önermişlerdir.

Hacim Değerine Göre Belirlenen Kütle Tahmin Modelleri

Hacim değerine göre kütle tahmininde, meyve geometrisi yassı küre (V_{ob}) ve elipsoit (V_{ell}) olarak kabul edilmiş ve elde edilen kütle tahmin modelleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Meyvenin hacim değerine dayalı olarak belirlenen doğrusal regresyon modelleri

Table 4. Linear regression models based on volume value of fruit

Model No	Model	Model eşitliği	R^2	R.S.E.	Sig. M	Sig. RC
1	$M= k_0 + k_1 V_{ob}$	$M= 1.100 + 0.872 V_{ob}$	0.940	1.091	*	**
2	$M= k_0 + k_1 V_{ell}$	$M= 0.764 + 0.908 V_{ell}$	0.941	1.091	*	**
3	$M= k_0 + k_1 V_{ob} + k_2 V_{ell}$	$M= 0.880 + 0.437 V_{ob} + 0.458 V_{ell}$	0.944	1.051	*	***

M: Japon elmasının kütlesi a: büyük çap, b: orta çap; c: küçük çap; k_i regresyon katsayısı.

R.S.E: Regresyonun standart hatası Sig. M: Modelin önem düzeyi; Sig. RC: Regresyon katsayısının önem düzeyi

Çizelge 4'teki doğrusal regresyon modelleri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Bu sonuç tüm modellerin kütle tahmininde kullanılabileceği anlamına gelmektedir. Modeller arasında en yüksek R^2 değeri dikkate alındığında kütle tahmini için 3. modelin önerilebileceği sonucuna varılmış ve regresyon eşitliği aşağıda gösterilmiştir. Kütle tahmininde; hem yassı küre (V_{ob}) hem de elipsoit (V_{ell}) hacimlerinin etkili olduğu görülmüştür.

$$M = 0.880 + 0.437 V_{ob} + 0.458 V_{ell} \quad (12)$$

Pathak ve ark. (2019), *Terminalia chebula* meyvesinin kütle tahmininde elipsoit hacmi ile gerçek hacim değerine dayalı regresyon modeli önermişlerdir. Keramat Jahromi vd. (2008), gerçek hacim ve prolat sferoid (uzamış yuvarlamsı) hacime dayalı olarak kütle modelinin Zahedi çeşidi hurma meyvesinin boyutlandırılması için en iyi olarak model olduğunu açıklamışlardır. Bu çalışmada da, Japon elması kütle tahmininde yassı küre (V_{ob}) ve elipsoit (V_{ell}) hacimlerinin etkili olduğu sonucu açısından çalışmanın literatürlerle benzerlik gösterdiği ifade edilebilir.

4. Sonuç

Bu çalışmada fiziksel özelliklere göre Japon elması meyvesinin kütle tahmin eden modeller üzerinde durulmuştur. Japon elması meyvesinin kütle tahmini için üç değişkenli kütle modeli olarak $M = -17.623 + 2.816 a + 5.601 b + 2.009 c$ ($R^2 = 0.925$) önerilmiştir. Projeksiyon alanlarına göre geliştirilen kütle tahmin modelinde PA_1 ve PA_3 değerleri önemli bulunmuş ve $M = -3.770 + 1.531 PA_1 + 0.932 PA_3$ ($R^2 = 0.940$) eşitliği elde edilmiştir. Geometrik şekle bağlı olarak hesaplanan hacim değerleri esas alındığında meyvenin kütle tahmini için $M = 0.880 + 0.437 V_{ob} + 0.458 V_{ell}$ ($R^2 = 0.944$) eşitliği geliştirilmiştir. Japon elması meyvesi için ortaya konan modeller; sınıflandırma, boyutlandırma, temizleme ve paketleme gibi hasat sonrası teknolojilerinde kullanılacak makinelerin tasarımı ve geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır.

5. Kaynaklar

- Altuntas, E., and N. Karaosman. 2015. The post-harvest engineering properties of Japan flowering crabapple (*Malus floribunda*) fruits. *AgricEngInt: CIGR Journal*, 17(1): 264-272.
- Atkinson, C.J., L. Taylor, and G. Kingswell. 2001. The importance of temperature differences, directly after anthesis, in determining growth and cellular development of *Malus* fruits. *J. The Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 76: 721-731.
- Berberoglu, E., Altuntas, E., Dulger, E., 2014. Development of Adequate Mathematical Models to Predict the Mass of Potato Varieties From Their Some Physical Attributes. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*, 31(3): 1-9.
- Boydas, M.G., Sayinci, B., Gozlekci, S., Oztürk, I., Ercisli, S., 2012. Basic physical properties of fruits in loquat (*Eriobotrya Japonica* (Thunb. Lindl.) cultivars and genotypes determined by both classical method and digital image processing. *African Journal of Agricultural Research*, 7(29): 4171-4181.
- Cepeda, E., and M.C. Villaran. 1999. Density and viscosity of *Malus floribunda* juice as a function of concentration and temperature. *Journal of Food Engineering*, 41: 103-107.
- Er, O., Cetişli, B., Sofu, M.M., Kayacan, M.C. (2013). Gerçek Zamanlı Otomatik Elma Tasnifleme. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(2), 31-38.
- Demir, B., Sayinci, B., Çetin, N., Yaman, M., Çömlek, R., 2019. Shape discrimination of almond cultivars by elliptic fourier descriptors. *Erwerbs-Obstbau*, 61(3): 245-256.
- Gorji Chakespari A, Rajabipour A and Mobli H (2010). Mass modeling of two apple varieties by geometrical attributes. *Australian Journal of Agricultural Engineering*, 1(3): 112-118.
- Harada, T., Kurahashi, W., Yanai, M., 2005. Involvement of cell proliferation and cell enlargement in increasing the fruit size of *Malus* species. *Scientia Horticulturae*, 105: 447-456.
- Jahromi, M.K., Jafari, A., Rafiee, S., Mirasheh, R., Mohtasebi, S.S., 2008. Mass modeling of date fruit (cv. Zahedi) with some physical characteristics. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 3(1): 127-131.
- Jahromi, M.K., Rafiee, S., Mirasheh, R., Jafari, A., Mohtasebi, S.S., Ghasemi Varnamkhasti M., 2007. Mass and Surface Area Modeling of Bergamot (*Citrus medica*) Fruit with Some Physical Attributes. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript FP 07 029. Vol. IX. October, 2007.
- Jaliliantabar, F., Lorestani, A.N., 2014. Mass modeling of kumquat fruit (cv. Nagami) with some physical attributes. *International Journal of Biosciences*, 5(1): 82-88.
- Keramat Jahromi, M., Jafari, A., Rafiee, S., Keyhani, A.R., Mirasheh, R., Mohtasebi, S.S., 2008. Mass modeling of date fruit (cv. Zahedi) with some physical characteristics. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science* 3(1): 127-131.
- Khezri, S.L., Rashidi, M., Gholami, M., 2012. Modeling of Peach Mass Based on Geometrical Attributes Using Linear Regression Models. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 12 (7): 991-995.
- Khodabakhshian, R., Emadi, B., 2016. Mass model of date fruit (cv. Mazafati) based on its physiological properties. *International Food Research Journal* 23(5): 2070-2075.
- Lorestani, A.N., Tabatabaefar, A., 2006. Modelling the mass of kiwi fruit by geometrical attributes. *Int. Agrophysics*, 20: 135-139.
- Mahawar, M.K., Bibwe, B., Jalgaonkar, K., Ghodki, B.M., 2019. Mass modeling of kinnow mandarin based on some physical attributes. *Journal of Food Process Engineering* 42 (5): DOI: 10.1111/jfpe.13079.

- Mirzabe, A.H., Khazaei, J. Chegini, G.R., Gholami, O., 2013. Some physical properties of almond nut and kernel and modeling dimensional properties. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 15(2): 256–265.
- Pathak, S.S., Pradhan, R.C., Mishra, S., 2019. Physical characterization and mass modeling of dried *Terminalia chebula* fruit. *J Food Process Eng.*, e12992.
- Rashidi, M., Seyfi, K., 2007. Classification of fruit shape in cantaloupe using the analysis of geometrical attributes. *World Applied Sciences Journal*, 3: 735-740.
- Rashidi, M., Seyfi, K., 2008a. Determination of kiwifruit volume using image processing. *World Applied Sciences Journal*, 3: 184-190.
- Rashidi, M., Seyfi, K., 2008b. Modeling of kiwifruit mass based on outer dimensions and projected areas. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 3: 14-17.
- Sadrnia, H., Rajabipour, A., Jafary, A., Javadi, A., Mostofi, Y., 2007. Classification and analysis of fruit shapes in long type watermelon using image processing. *International Journal of Agriculture and Biology*, 9: 68-70.
- Saracoglu, O. and Altuntas, E. (2021). Assessment of Some Biotechnical Characteristics of Japanese Crabapple Depending on Fruit Size and Maturity Stage. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 36(1), 21-26.
- Saraçoğlu, T., Özarslan, C. (2015), Kiraz Domatesi Meyvesinin Kütle ve Hacminin Matematiksel Modellemesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 2015; 12(1) :103 - 108
- Sasikumar, R., Vivek, K., Chakkaravarthi, S., Deka, S.C., 2020. Physicochemical Characterization and Mass Modeling of Blood Fruit (*Haematocarpus Validus*) – An Underutilized Fruit of Northeastern India, *International Journal of Fruit Science*, DOI: 10.1080/15538362.2020.1848752
- Sayinci, B., Ercisli, S., Ozturk, I., Eryilmaz, Z., Demir, B., 2012. Determination of size and shape in the ‘Moro’ blood orange and ‘Valencia’ sweet orange cultivar and its mutants using image processing. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napuca*, 40(1): 234-242.
- Shahbazi, F., Rahmati, S., 2013. Mass modeling of fig (*Ficus carica* L.) fruit with some physical characteristics. *Food Science & Nutrition*, 1(2): 125-129.
- Sharifi, M., Rafiee, S., Keyhani, A., Jafari, A., Mobli, H., Rajabipour A., Akram A., 2007. Some physical properties of orange (var. Tompson). *Int. Agrophysics*, 21: 391-397.
- Stanley, C.J., Stokes, J.R., Tustin, D.S., 2001. Early prediction of apple fruit size using environmental indicators. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 557: 441–446.
- Tabatabaeefar, A., 2002. Size and shape of potato tubers. *Int. Agrophysics*, 16: 301–305.
- Tabatabaeefar A., Rajabipour A., 2005. Modeling the mass of apples by geometrical attributes. *Scientia Horticulture Journal*, 105: 373–382.
- Vivek, K., Mishra, S., Pradhan R.C., 2018. Physicochemical characterization and mass modelling of *Sohiong* (*Prunus nepalensis* L.) fruit. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 12: 923–936.
- Vursavuş KK., Kesilmiş, Z (2016). Hasarsız çarpma tekniği kullanılarak domates meyvesinin kütle tahmini için farklı model yaklaşımlarının geliştirilmesi ve değerlendirilmesi *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, i 31 (2016) 385-392
- Wilhelm, L.R., Suter D.A., Brusewitz, G.H., 2005. *Physical Properties of Food Materials*. Food and Process Engineering Technology. ASAE, St. Joseph, Michigan, USA.
- Zainal A’Bidin, F.N., Shamsudin, R., Mohd Basri, M.S., Mohd Dom, Z., 2020. Mass Modelling and Effects of Fruit Position on Firmness and Adhesiveness of Banana Variety Nipah. *International Journal of Food Engineering*, e2019019.