



HİNDİLERDE BÜYÜMENİN ÇOK EVRELİ BİR MODEL YARDIMIYLA İNCELENMESİ

Ahmet ÇELİK^{1*}, Yaşar ASLAN², Ercan EFE³

¹Adıyaman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, 02100, Adıyaman, Türkiye

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, 46100 Kahramanmaraş, Türkiye

³Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 46100 Kahramanmaraş Türkiye

Özet: Kanatlı hayvanlarda büyüme ve yumurta verimlerinin modellenmesinde çoğunlukla tek evreli doğrusal olmayan regresyon eşitlikleri kullanılmış, sınırlı sayıda çalışmada ise söz konusu özellikler çok evreli fonksiyonlarla modellenmiştir. Bu çalışmada kanatlı hayvanlarda büyümenin modellenmesi amacıyla çok evreli büyüme modeli üzerinde durulmuş ve modelin tanıtılması amaçlanmıştır. Bu amaçla bir damızlık hindi sürüsünde erkek ve dişi bireylere ait 60 haftalık canlı ağırlık verileri kullanılarak çok evreli lojistik fonksiyon ile büyüme modellenmiştir. Model uyumu oldukça yüksek bulunmuş, belirleme katsayıları dişilerde ve erkeklerde, sırasıyla 0,999 ve 0,998 olarak elde edilmiştir. Modelin a parametresi asimptotik ağırlığın yarısını, k parametresi ortalama büyüme hızını, c parametresi en yüksek büyüme hızının gerçekleştiği haftayı temsil etmektedir. İki evreli modelde; dişi hindi için model parametreleri olan a_1, k_1, c_1, a_2, k_2 ve c_2 için tahmin edilen değerler sırası ile 2475,9, 0,367, 11,64, 4035,4, 0,969 ve 36,53 olarak bulunmuştur. Erkek hindi için a_1, k_1, c_1, a_2, k_2 ve c_2 parametrelerinin tahmin edilen değerleri ise sırası ile 3336,6, 0,399, 13,99, 5598,9, 0,467 ve 31,26 olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak gerek belirleme katsayısı gerekse bilgi kriterlerine göre, dişi ve erkek hindi büyüme verilerine uydurulan iki evreli model tek evreli modele göre daha yüksek bir başarı göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Çok evreli model, Lojistik fonksiyon, Hindi büyümesi

Investigation of Growth in Turkey Using a Multiphasic Model

Abstract: Growth and yield of modeling of poultry and eggs are commonly used by single-phase nonlinear regression equations. There are a limited number of studies modeled by multiphasic functions of the mentioned features. In this study, we put emphasis on multiphasic logistic growth model on the purpose of modelling growth of poultry and it was aimed to introduce that model. With this purpose, a breeding herd of turkeys', both male and female, 60 week body weight growth was modeled using the multiphasic logistic growth function. The model fit was found relatively high, determining coefficients were obtained as 0.999 and 0.998 for female and male turkeys, respectively. The 'a' parameter represents half the weight of the asymptotic model, k parameter is the average growth rate, and c parameter represents the week where the highest growth rate takes place. The model parameters for female a_1, k_1, c_1, a_2, k_2 and c_2 were estimated to be respectively, 2475.9, 0.367, 11.64, 4035.4, 0.969 and 36.53. Parameters of male turkeys' a_1, k_1, c_1, a_2, k_2 and c_2 were estimated to be, respectively, 3336.6, 0.399, 13.99, 5598.9, 0.467, and 31.26. As a result, fitting the two stage multiphasic model was found as very successfully for both female and male turkeys growth data according to the one stage model.

Keywords: Multistage growth model, Logistic function, Turkey growth

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Adıyaman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, 02100, Adıyaman, Türkiye

E mail: acelik@adiyaman.edu.tr (A. ÇELİK)

Ahmet ÇELİK <https://orcid.org/0000-0001-5980-0625>

Yaşar ASLAN <https://orcid.org/0000-0002-8827-2128>

Ercan EFE <https://orcid.org/0000-0002-5131-323X>

Gönderi: 31 Ağustos 2021

Kabul: 27 Ekim 2021

Yayınlanma: 01 Ocak 2022

Received: August 31, 2021

Accepted: October 27, 2021

Published: January 01, 2022

Cite as: Çelik A, Aslan Y, Efe E. 2022. Investigation of growth in turkeys using a multiphasic model. BSJ Eng Sci, 5(1): 18-25.

1. Giriş

Farklı bilim dallarında gözlem ve ölçüm sonucunda elde edilen verilerin açıklanması, yorumlanması ve neden-sonuç ilişkilerinin ortaya konulması amacıyla uzun yıllardır matematiksel modeller kullanılmaktadır. Tarım ile ilgili verilerin modellenmesinde çoğunlukla "asimptotik", az da olsa "parabolik" fonksiyonlar kullanılmaktadır. Eğer bağımlı değişken bağımsız değişkenin seviyelerine göre maksimum bir noktaya yaklaşma eğilimi gösteriyorsa asimptotik bir fonksiyonla ifade edilmektedir. Fakat bağımlı değişken maksimum düzeye çıktıktan sonra azalma eğilimi gösteriyorsa parabolik bir süreci temsil etmektedir. Bitkilerde ve

hayvanlarda büyüme genellikle asimptotik yapıdadır, bunun yanında yabancı havuç, tatlı mısır ve pamuk gibi bitkilerde büyüme parabolik yapıdadır (Darmani-Kuhi ve ark., 2010).

Kanatlı hayvanlarda büyüme ve yumurta veriminin modellenmesinde çoğunlukla doğrusal olmayan regresyon eşitlikleri ile verim tek evreli olarak ele alınmıştır. Farelerin büyümesini çok evreli olarak inceleyen (Koops, 1986), bu araştırmasında kullandığı fonksiyonu Rhode Island Red ve Beyaz Leghorn sürülerinde büyümenin modellenmesi için kullanmış ve bu araştırma ile kanatlı hayvanlarda büyümenin çok evreli analizi ilk kez gerçekleştirilmiştir (Grossman ve



Koops, 1988). Daha sonra aynı araştırmacılar hem sürü ortalamalarından faydalanarak hem de bireysel verimleri kullanarak yumurta verimlerini modellemişlerdir (Grossman ve Koops, 1992; Grossman ve ark. 2000; Grossman ve Koops, 2001). Koops ve Grossman'ın çok aşamalı fonksiyonu tarafından tavuklarda, Aggrey ve ark. (1993), Soltan ve El-Kaschab. (1997) ve Minvielle ve ark. (2006) tarafından bıldırcınlarda yumurta veriminin modellenmesi amacıyla kullanılmıştır.

Büyüme için kullanılan Lojistik, Gompertz, Richard, Von Bertalanffy, Richards gibi yaygın modeller büyümenin değişik evrelerini incelemeler. Son yıllarda Mars (multi adaptive regression), spline regresyon gibi birden fazla evre içeren büyüme eğrilerini inceleyen modeller de

geliştirilmiştir. Çok evreli (multiphasic) modeller ise pek yaygınlaşmamıştır. Bu çalışma mars, spline gibi yöntemlere benzer olarak çok evreli modellerin de kullanılabilirliği, tek ve iki evreli büyüme gösteren hindi verilerine uydurularak ülkemiz araştırmacılarına tanıtılmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada kullanılan veriler Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Hayvancılık Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde daha önce yapılan bir araştırmadan elde edilmiştir. Dişi ve erkek hindilere ait 4-60 haftalar arasındaki haftalık canlı ağırlık (CA) değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Dişi ve erkek hindilere ait haftalık canlı ağırlık (CA) değerleri (g)

Hafta	Dişi	Erkek	Hafta	Dişi	Erkek	Hafta	Dişi	Erkek
4	439,0	557,5	23	5250,0	8941,5	42	11250,0	15012,0
5	614,5	816,5	24	5432,0	9341,0	43	11680,0	15345,0
6	835,0	1083,5	25	5578,0	9709,0	44	11680,0	15432,0
7	1183,0	1615,0	26	5838,5	10124,5	45	11685,0	16204,0
8	1483,0	2010,5	27	5807,0	10090,0	46	11908,0	16435,0
9	1845,0	2579,5	28	6075,5	10844,0	47	12110,0	16632,0
10	2165,0	2934,0	29	6283,5	11484,0	48	12345,0	16886,0
11	2520,5	3474,0	30	6445,5	11740,5	49	12460,0	16918,0
12	2652,0	3739,0	31	6432,0	12192,5	50	12578,0	16934,0
13	2935,5	4272,0	32	6783,0	13124,0	51	12614,0	17067,0
14	3207,0	4641,5	33	7245,0	13120,0	52	12723,0	17126,0
15	3505,0	5253,5	34	7936,0	13578,0	53	12715,0	17187,0
16	3784,0	5781,5	35	8746,0	13634,0	54	12812,0	17250,0
17	3994,5	6115,0	36	9102,0	13865,0	55	12894,0	17289,0
18	4049,5	6228,5	37	9457,0	13997,0	56	12889,0	17326,0
19	4342,5	6855,0	38	9364,0	14345,0	57	12892,0	17356,0
20	4577,0	7489,0	39	9809,0	14421,0	58	13053,0	17343,0
21	4823,5	8130,0	40	10182,0	14234,0	59	13046,0	17358,0
22	5007,5	8681,5	41	10895,0	14578,0	60	13055,0	17365,0

Bu çalışmada, dişi ve erkek hindilere ait büyümenin modellenmesinde Koops ve Grossman (1991) tarafından tanımlanan çok evreli büyüme modeli kullanılmıştır ve eşitlik 1'de verilmiştir;

$$y_t = \sum_{i=1}^n \left[a_i \left\{ 1 + \tanh \left(4k_i \left(\frac{t}{c_i} - 1 \right) \right) \right\} \right] \quad (1)$$

şeklinde. Burada;

y_t : t zamanında hindinin canlı ağırlığı (CA)

i : Büyüme evreleri (fazları)

n : Evre sayısı

a : $\tanh(x)$ fonksiyonunda asimptotik değeri (asimptotik ağırlığın yarısı)

b : Büyüme hızı parametresi. Eşitlikte doğrudan b olarak

geçmemektedir. Ancak büyüme hızı, b , bulunmak istenir ise bitki ve hayvan büyümelerinde genellikle gözlemlendiği gibi maksimum büyüme toplam süreye eşit alınır ve $bc=4k$ olup buradan $b=4k/c$ elde edilir.

c : Maksimum kazançtaki yaş (süre)

k : Sabit değer

t : Süre (haftalık yaş) şeklindedir.

Bu çalışmada, çok evreli doğrusal olmayan büyüme modellerinin hindilerden elde edilen canlı ağırlık verilerine uydurulmasında SAS programının NLIN prosedüründen yararlanılmıştır (SAS, 2009). Ayrıca, iterasyon yöntemi olarak Marquardt yöntemi kullanılmıştır (Yang, 2013). Doğrusal olmayan modellerin parametre tahmininde başlangıç değeri belirleme önemli bir sorundur (Bilgin ve Esenbuğa,

2003). Bu nedenle çalışmanın model uydurma adımında parametreler için başlangıç değerlerinin belirlenmesi amacıyla "gridsearch" yaklaşımı kullanılmıştır. Gridsearch algoritması en iyi parametre tahminleri için kullanılan bir algoritmadır. Bunun dışında Bayes optimization, random search, tree Parzen estimators gibi search (tarama) algoritmaları da vardır (Yu ve Zhu, 2020). Söz konusu yaklaşıma göre parametreler için tek bir başlangıç değeri belirlemek yerine belirli bir aralıkta yer alan değerler kullanılmaktadır. SAS programının ilgili prosedürü, bu değerlerin her bir kombinasyonu için hata kareler toplamını hesaplar ve en düşük hata kareler toplamı değerine sahip başlangıç değerleri setini kullanarak iterasyona başlar (SAS, 2009). Çalışmada, her bir parametrenin başlangıç değeri için söz konusu aralıklar belirlenirken parametrelerin anlamları dikkate alınmıştır. Erkek ve dişi hindi verilerine ayrı ayrı uydurulan çok evreli doğrusal olmayan büyüme modellerinin uyumu, belirleme katsayısı, R², kullanılarak belirlenmiştir (eşitlik 2):

$$R^2=1-\left(\frac{HKT}{GKT}\right) \quad (2)$$

Söz konusu eşitlikte, HKT hata kareler toplamı, GKT ise genel kareler toplamıdır. Belirleme katsayısı [0, 1] aralığında değerler almakta olup, 1'e yakın değerler model uyumunun iyi olduğunu, 0'a yakın değerler ise

model uyumunun zayıf olduğunu göstermektedir.

Bundan başka, her iki cinsiyetteki hindilere hangi büyüme modelinin (tek evreli ya da iki evreli model) daha uygun olduğunu belirlemek amacıyla Akaike Bilgi Kriteri (eşitlik 3) (Akaike's Information Criterion-AIC) ve Schwarz Bayesian Bilgi Kriteri (eşitlik 4) (Schwarz Bayesian Information Criterion-BIC) değerleri kullanılmıştır (Akaike, 1973; Schwarz, 1978) ve bunlar;

$$AIC=n.\ln\left(\frac{HKT}{n}\right)+2k \quad (3)$$

$$BIC=n.\ln\left(\frac{HKT}{n}\right)+k.\ln(n) \quad (4)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Bu eşitliklerde, *n* gözlem sayısını, *k* modelde yer alan parametre sayısını ve *ln* doğal logaritmayı göstermektedir. Her iki kriter bakımından en küçük değerlere sahip model veri setine en iyi uyum gösteren model olarak değerlendirilmektedir (Narinç ve ark., 2013; Cebeci, 2020).

3. Bulgular ve Tartışma

Erkek ve dişi hindilere ait 60 haftalık canlı ağırlık (CA) ölçümlerine tek evreli ve iki evreli modeller uydurulmuş ve elde edilen sonuçlar Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Model parametrelerine ait tahmin ve asimptotik standart hata (ASh) değerleri ile uyum iyiliği kriterleri

	Dişi			Erkek			
	Parametre	Tahmin	ASh	Parametre	Tahmin	ASh	
Tek evreli model	a	7242.7	155.0	a	8768.7	81.337	
	k	0.335	0.010	k	0.332	0.008	
	c	30.34	0.69	c	23.46	0.30	
		R ² =0.993			R ² =0.994		
		AIC=701.151			AIC=700.415		
		BIC=707.281			BIC=706.544		
İki evreli model	Evre 1			Evre 1			
	a ₁	2475.9	102.9	a ₁	3336.6	2239.5	
	k ₁	0.367	0.021	k ₁	0.399	0.103	
	c ₁	11.64	0.41	c ₁	13.99	1.36	
	Evre 2			Evre 2			
	a ₂	4035.4	123.2	a ₂	5598.9	2368.1	
	k ₂	0.969	0.055	k ₂	0.467	0.191	
	c ₂	36.53	0.29	c ₂	31.26	5.59	
		R ² =0.999			R ² =0.998		
		AIC=593.673			AIC=650.333		
		BIC=605.931			BIC=662.591		

Dişi ve erkek hindilere tek evreli model uydurulduğunda modellerin belirleme katsayıları, R², sırası ile 0,993 ve 0,994 olarak elde edilmiştir. Diğer yandan, dişi ve erkek hindilere ait CA ölçümlerini modellemek amacıyla iki

evreli model kullanıldığında modellerin R² değerleri 0,999 ve 0,998 olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar ışığında, gerek tek evreli büyüme modelinin gerekse iki evreli büyüme modelinin hindilere ait büyüme

verilerinin modellenmesinde oldukça başarılı olduğunu söylemek mümkündür. İki evreli modelin uyumuna ait R^2 değerlerinin tek evreli modele göre daha yüksek olduğu yani tek evreli modele göre iki evreli modelin uyumunun daha iyi olduğu da dikkate değerdir.

Dişi hindilere ait CA değerlerine tek evreli büyüme modeli uydurulduğunda a , k ve c parametrelerinin tahmin edilen değerleri sırası ile 7242,7, 0,335 ve 30,34 olarak elde edilmiştir (Tablo 2). Aynı veriler iki evreli model kullanılarak modellendiğinde a_1 , k_1 , c_1 , a_2 , k_2 ve c_2 parametrelerinin tahmin edilen değerleri ise sırası ile 2475,9, 0,367, 11,64, 4035,4, 0,969 ve 36,53'tür. Erkek hindilere ait 60 haftalık CA ölçümlerini modellemek amacı ile tek evreli model kullanıldığında model parametreleri a , k ve c için elde edilen tahmin değerleri 8768,7, 0,332 ve 23,46'dır. Erkek hindilere ait büyüme verileri için iki evreli model kullanıldığında a_1 , k_1 , c_1 , a_2 , k_2 ve c_2 parametrelerinin tahmin edilen değerleri ise sırası ile 3336,6, 0,399, 13,99, 5598,9, 0,467 ve 31;26 olarak elde edilmiştir.

Rhode Island Red (RIR) ve Beyaz Leghorn (BL) ırkı tavuklarda büyüme tek evreli model ile inceleyen (Grossman ve Koops, 1988), RIR dişi ve erkekleri için a parametresinin 1086,2 ve 1850,3g olduğunu, aynı parametre değerlerinin BL ırkında sırasıyla 856,1 ve 1078,9g olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmada iki evreli model kullanıldığında a_1 ve a_2 parametreleri RIR dişilerinde 1061,5 ve 1227; erkeklerinde 1367,9 ve 1786,9 olarak bulunmuştur. BL ırkında a_1 ve a_2 parametreleri dişiler için 749,3 ve 916,2; erkekler için 744,7 ve 1113,4 olarak tahmin edilmiştir. (Grossman ve Koops 1988) tarafından tavuk türü kullanılarak gerçekleştirilen araştırma sonuçları ile bu çalışmanın sonuçları yönetsel olarak uyumlu bulunmakla birlikte, tahmin değerleri arasındaki farklılıkların ise türlerin kendine özgü canlı ağırlık değerlerinden kaynaklandığı söylenebilir.

Araştırmada ortalama büyüme hızı parametresi için tahmin değerleri, tek evreli modelde ve iki evreli modelin birinci evresinde benzer bulunmuştur (Tablo 2). Bunun yanında iki evreli modelin ikinci evresinde, özellikle dişi hindiler için tahmin edilen büyüme hızı parametre değerlerinin yüksek ortalama göstermesinin eşeyssel olgunluk nedeniyle dişi üreme organlarında gerçekleşen büyümeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği üzere dişi hindilerde eşeyssel olgunluk yaşı ırka göre değişmekle birlikte 24-32 haftalık yaşlar arasında değişmektedir. İki farklı ticari hindi ırkında büyüme eğrilerini inceleyen Aslam ve ark. (2011), Lojistik model kullanarak gerçekleştirdikleri analiz sonucunda hindilerin maksimum büyüme hızının gerçekleştiği haftayı temsil eden parametre (c) değerlerinin 19,22-21,39 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Söz konusu değerler bu araştırmada tek evreli model ile erkekleri için tahmin edilen değerler ile uyumlu, dişiler için tahmin edilen değerlerden ise düşük bulunmuştur. Hindilerin 120 günlük verileri ile modelleme gerçekleştiren Aslam ve ark. (2011)'nin çalışmasında saptanan bu farklılıkların

büyümenin modellendiği sürecin az olmasından ya da ırklar arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Literatürde hindi türünde büyümenin çok evreli analizinin gerçekleştirildiği herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Hindilerde büyüme Gompertz, Lojistik, Richards ve MMF modellerini kullanarak analiz eden Şengül ve Kiraz. (2005), tüm modellerin uyumunun oldukça iyi (R^2 , 0,9933 ile 0,9993 arasında) olduğunu bildirmişlerdir. Belirleme katsayıları bu çalışmada elde edilenler ile oldukça benzer bulunmuştur. Lojistik model ile gerçekleştirilen analiz sonucunda asimptotik ağırlık parametresi dişi hindilerde 10100,50, erkek hindilerde 10468,42 olarak bulunmuştur. Söz konusu asimptotik ağırlık parametreleri bu çalışmada saptanan değerlerden (dişi=14485,4, erkek=17537,4) oldukça düşük bulunmuştur. Şengül ve Kiraz (2005) tarafından gerçekleştirilen araştırmada sadece ilk 18 haftalık veriler kullanılarak büyüme analizi yapılmasının bu sonucu doğurduğu düşünülmektedir. Bilindiği üzere büyümenin modellenmesinde özellikle eşeyssel olgunluk yaşını kapsayan büyüme örneklerinin kullanılmaması durumunda hatalı parametre tahminlerine yol açılabilmektedir (Ricklefs, 1985). Hindilerde büyümenin doğrusal olmayan regresyon eşitlikleriyle modellendiği araştırmalarda asimptotik ağırlık parametresi Porter ve ark. (2010) tarafından 13500-15510 aralığında, Aslam ve ark. (2011) tarafından ise 12390 olarak tahmin edilmiştir. Bu çalışmadaki değerler ile nispeten daha yakın ve uyumludur.

Dişi ve erkek hindilere ait büyüme eğrilerinin tanımlanmasında tek evreli modelin mi yoksa iki evreli modelin mi daha uygun olduğunu belirlemek amacı ile ayrıca AIC ve BIC değerleri kullanılmıştır (Tablo 2). Dişi hindiler için AIC ve BIC değerleri tek evreli modelden sırası ile 701,151 ve 707,281, iki evreli modelden ise sırası ile 593,673 ve 605,931 olarak elde edilmiştir. Erkek hindiler için AIC ve BIC değerleri tek evreli modelden sırası ile 700,415 ve 706,544, iki evreli modelden ise sırası ile 650,333 ve 662,591 olarak elde edilmiştir. Buradan hareketle, her iki kriter bakımından da en küçük değerlere sahip iki evreli modelin hem dişi hem de erkek hindilere ait CA verilerini modellemede kullanılmasının tek evreli modele göre daha uygun olduğunu söylemek mümkündür.

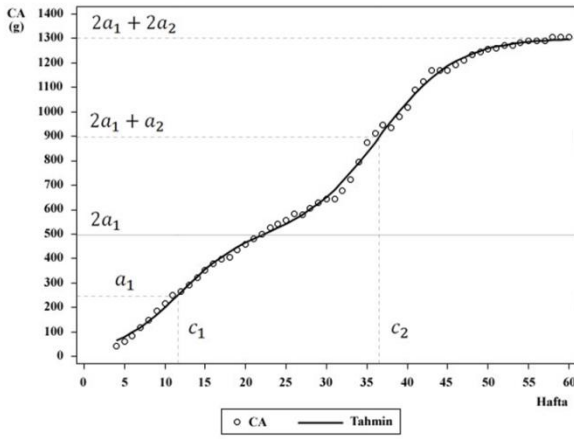
Dişi hindiler için tek evreli ve iki evreli modelin uydurulmasından elde edilen tahmin değerleri ile haftalık CA ölçümleri Tablo 3'te, erkek hindiler için uydurulan tek evreli ve iki evreli modellerden elde edilen tahmin değerleri ve CA ölçümleri ise Tablo 4'de verilmiştir. Şekil 1 ve Şekil 2 sırası ile dişi ve erkek hindiler için iki evreli büyüme modelinden tahmin edilen değerlere göre çizilen büyüme eğrilerinin ve gözlenen CA ölçümlerinin grafiklerini göstermektedir. Tablo 3 ve Tablo 4 ile Şekil 1 ve Şekil 2 incelendiğinde iki evreli büyüme modelinin özellikle ilk haftalar (4-6) ve 30-45'inci haftalar dışında daha başarılı olduğu görülmektedir.

Tablo 3. Dışı hindilere ait CA ölçümleri ve uydurulan modellerden elde edilen tahmin değerleri

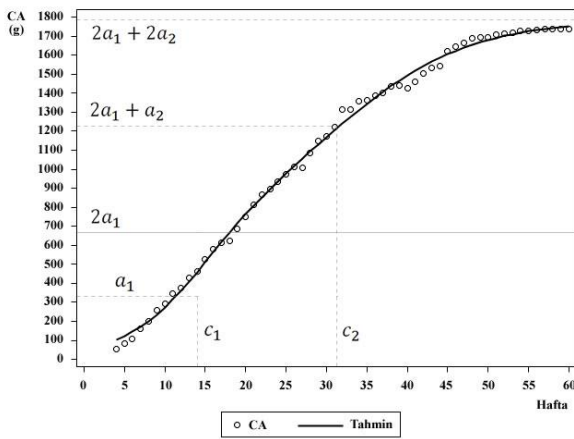
	Hafta	CA	Tahmin	Hafta	CA	Tahmin	Hafta	CA	Tahmin	
Tek evreli model	4	439,0	1287,5	23	5250,0	4973,8	42	11250,0	10676,5	
	5	614,5	1395,0	24	5432,0	5266,3	43	11680,0	10919,4	
	6	835,0	1510,4	25	5578,0	5565,9	44	11680,0	11151,6	
	7	1183,0	1634,2	26	5838,5	5871,7	45	11685,0	11373,0	
	8	1483,0	1766,8	27	5807,0	6182,7	46	11908,0	11583,5	
	9	1845,0	1908,5	28	6075,5	6497,7	47	12110,0	11783,1	
	10	2165,0	2059,8	29	6283,5	6815,5	48	12345,0	11972,0	
	11	2520,5	2220,9	30	6445,5	7135,1	49	12460,0	12150,3	
	12	2652,0	2392,3	31	6432,0	7455,0	50	12578,0	12318,3	
	13	2935,5	2574,0	32	6783,0	7774,1	51	12614,0	12476,1	
	14	3207,0	2766,4	33	7245,0	8091,2	52	12723,0	12624,2	
	15	3505,0	2969,6	34	7936,0	8405,0	53	12715,0	12762,9	
	16	3784,0	3183,7	35	8746,0	8714,4	54	12812,0	12892,6	
	17	3994,5	3408,6	36	9102,0	9018,3	55	12894,0	13013,6	
	18	4049,5	3644,3	37	9457,0	9315,6	56	12889,0	13126,4	
	19	4342,5	3890,6	38	9364,0	9605,6	57	12892,0	13231,4	
	20	4577,0	4147,1	39	9809,0	9887,3	58	13053,0	13329,0	
	21	4823,5	4413,6	40	10182,0	10160,1	59	13046,0	13419,6	
	22	5007,5	4689,3	41	10895,0	10423,3	60	13055,0	13503,6	
	İki evreli model	4	439,0	638,0	23	5250,0	5116,6	42	11250,0	11094,0
		5	614,5	792,0	24	5432,0	5269,2	43	11680,0	11388,3
		6	835,0	974,9	25	5578,0	5429,4	44	11680,0	11647,7
7		1183,0	1188,3	26	5838,5	5602,5	45	11685,0	11873,2	
8		1483,0	1432,2	27	5807,0	5793,6	46	11908,0	12067,0	
9		1845,0	1704,2	28	6075,5	6007,4	47	12110,0	12231,9	
10		2165,0	1999,7	29	6283,5	6247,8	48	12345,0	12370,9	
11		2520,5	2311,7	30	6445,5	6518,1	49	12460,0	12487,2	
12		2652,0	2631,6	31	6432,0	6820,2	50	12578,0	12584,0	
13		2935,5	2949,9	32	6783,0	7154,4	51	12614,0	12664,1	
14		3207,0	3257,8	33	7245,0	7519,1	52	12723,0	12730,2	
15		3505,0	3548,0	34	7936,0	7910,6	53	12715,0	12784,4	
16		3784,0	3815,7	35	8746,0	8323,0	54	12812,0	12828,9	
17		3994,5	4058,5	36	9102,0	8748,6	55	12894,0	12865,2	
18		4049,5	4276,7	37	9457,0	9178,7	56	12889,0	12894,8	
19		4342,5	4472,4	38	9364,0	9603,8	57	12892,0	12918,9	
20		4577,0	4649,3	39	9809,0	10014,9	58	13053,0	12938,5	
21		4823,5	4812,2	40	10182,0	10404,1	59	13046,0	12954,5	
22		5007,5	4966,1	41	10895,0	10765,2	60	13055,0	12967,4	

Tablo 4. Erkek hindilere ait CA ölçümleri ve uydurulan modellerden elde edilen tahmin değerleri

	Hafta	CA	Tahmin	Hafta	CA	Tahmin	Hafta	CA	Tahmin	
Tek evreli model	4	557,5	1745,2	23	8941,5	8539,1	42	15012,0	15620,5	
	5	816,5	1931,3	24	9341,0	9035,1	43	15345,0	15805,4	
	6	1083,5	2134,5	25	9709,0	9529,5	44	15432,0	15974,2	
	7	1615,0	2355,9	26	10124,5	10019,0	45	16204,0	16128,0	
	8	2010,5	2596,4	27	10090,0	10500,7	46	16435,0	16267,9	
	9	2579,5	2856,9	28	10844,0	10971,8	47	16632,0	16394,9	
	10	2934,0	3137,9	29	11484,0	11429,6	48	16886,0	16510,0	
	11	3474,0	3440,2	30	11740,5	11872,1	49	16918,0	16614,1	
	12	3739,0	3763,9	31	12192,5	12297,1	50	16934,0	16708,3	
	13	4272,0	4109,3	32	13124,0	12703,3	51	17067,0	16793,2	
	14	4641,5	4476,0	33	13120,0	13089,4	52	17126,0	16869,8	
	15	5253,5	4863,6	34	13578,0	13454,5	53	17187,0	16938,8	
	16	5781,5	5271,2	35	13634,0	13798,3	54	17250,0	17000,9	
	17	6115,0	5697,6	36	13865,0	14120,4	55	17289,0	17056,7	
	18	6228,5	6141,3	37	13997,0	14421,1	56	17326,0	17106,9	
	19	6855,0	6600,2	38	14345,0	14700,6	57	17356,0	17152,0	
	20	7489,0	7072,1	39	14421,0	14959,5	58	17343,0	17192,4	
	21	8130,0	7554,5	40	14234,0	15198,6	59	17358,0	17228,7	
	22	8681,5	8044,5	41	14578,0	15418,6	60	17365,0	17261,2	
	İki evreli model	4	557,5	1034,4	23	8941,5	8955,5	42	15012,0	15428,9
		5	816,5	1225,5	24	9341,0	9367,4	43	15345,0	15650,9
		6	1083,5	1449,6	25	9709,0	9769,1	44	15432,0	15857,1
7		1615,0	1710,0	26	10124,5	10162,7	45	16204,0	16047,8	
8		2010,5	2009,7	27	10090,0	10549,9	46	16435,0	16223,6	
9		2579,5	2350,5	28	10844,0	10931,9	47	16632,0	16385,0	
10		2934,0	2732,5	29	11484,0	11309,1	48	16886,0	16532,8	
11		3474,0	3153,8	30	11740,5	11681,6	49	16918,0	16667,6	
12		3739,0	3610,4	31	12192,5	12049,0	50	16934,0	16790,3	
13		4272,0	4096,1	32	13124,0	12410,4	51	17067,0	16901,7	
14		4641,5	4603,0	33	13120,0	12764,6	52	17126,0	17002,5	
15		5253,5	5122,1	34	13578,0	13110,5	53	17187,0	17093,6	
16		5781,5	5644,7	35	13634,0	13446,6	54	17250,0	17175,8	
17		6115,0	6162,6	36	13865,0	13771,5	55	17289,0	17249,8	
18		6228,5	6669,6	37	13997,0	14084,1	56	17326,0	17316,4	
19		6855,0	7161,3	38	14345,0	14383,2	57	17356,0	17376,1	
20		7489,0	7635,4	39	14421,0	14667,8	58	17343,0	17429,7	
21		8130,0	8091,6	40	14234,0	14937,2	59	17358,0	17477,6	
22		8681,5	8531,0	41	14578,0	15191,0	60	17365,0	17520,6	



Şekil 1. Dişi hindiler için iki evreli modelden elde edilen büyüme eğrisi (Tahmin) ve gözlem değerleri (CA).



Şekil 2. Erkek hindiler için iki evreli modelden elde edilen büyüme eğrisi (Tahmin) ve gözlem değerleri (CA).

4. Sonuç

Çalışmada, hindilerin 60 haftalık canlı ağırlık (CA) büyüme verilerine Koops ve Grossman (1991) tarafından geliştirilen çok evreli (multiphasic) büyüme modellerinden tek ve iki evreli modeller uydurulmuştur. Dişi hindilerde tek evreli büyüme modelinin a , k ve c parametreleri tahminleri sırası ile 7242,7g, 0,335 ve 30,34 hafta olarak bulunurken; erkek hindiler için ise bu tahminler sırası ile 8768,7g, 0,332 ve 23;46 hafta olarak bulunmuştur.

Aynı veriler iki evreli model kullanılarak modellendiğinde a_1 , k_1 , c_1 , a_2 , k_2 ve c_2 parametrelerinin tahmin edilen değerleri ise dişi hindilerde sırası ile 2475,9g, 0,367, 11,64 hafta, 4035,4g, 0,969 ve 36,53 hafta bulunurken; erkek hindiler için ise bu tahminler sırası ile 3336,6g, 0,399, 13,99 hafta, 5598,9g, 0,467 ve 31,26 hafta olarak bulunmuştur.

Belirleme katsayıları tek evreli model için dişilerde 0,993, erkeklerde 0,994 bulunmuş; iki evreli model için ise dişi ve erkeklerde sırası ile 0,998 ve 0,999 elde edilmiştir. Hem tek evreli hem de çift evreli modellerin erkek ve dişi hindilerde yüksek düzeyde uyum gösterdiği; ayrıca iki evreli modelin tek evreli modele göre daha iyi uyum sağladığı görülmüştür. Buna göre,

yukarıda parametre tahminleri verilen iki evreli model kullanıldığında; bağımsız değişken olan "haftaların" hindi CA büyümesindeki değişimin dişilerde %99,8'ini, erkeklerde de %99,9'unu açıklayabildiği söylenebilir. Bu oldukça yüksek bir uyumu ifade etmektedir.

Tek evreli modelin mi yoksa iki evreli modelin mi daha uygun olduğunu belirlemek amacı ile ayrıca AIC ve BIC değerleri kullanılmıştır. Dişi hindiler için AIC ve BIC değerleri tek evreli modelde sırası ile 701,151 ve 707,281, iki evreli modelde ise sırası ile 593,673 ve 605,931 olarak elde edilmiştir. Erkek hindiler için AIC ve BIC değerleri tek evreli modelde sırası ile 700,415 ve 706,544, iki evreli modelden ise sırası ile 650,333 ve 662,591 olarak elde edilmiştir. Buna göre, her iki kriter bakımından da, iki evreli modelin hem dişi hem de erkek hindilere ait CA verilerinin modellenmesinde kullanılmasının, tek evreli modele göre, daha uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sonuç olarak, hindi büyüme verileri için iki evreli modelin; 4-6'ncı ve 30-45'inci haftalarda ihmal edilebilir düzeyde farklılıklar göstermekle birlikte 60 hafta boyunca çok iyi tahminler verdiği görülmüştür. Bu nedenle, hindi büyümesi çalışacak araştırmacılara, tanınmamasından veya parametre tahminlerinin zorluğundan dolayı literatürde yaygın kullanımı görülmeyen ancak verilere yüksek uyum gösteren iki evreli büyüme modelini kullanabileceği önerilir.

Katkı Oranı Beyanı

Makalenin hazırlanmasında tüm yazarlar eşit oranda katkıya sahiptir. Tüm yazarlar makaleyi inceledi ve onayladı.

Çatışma Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

Etik Onay

Bu çalışmada hayvan materyali kullanılmadığından etik izin gerekli değildir. Çalışmada 2020 yılı öncesinde tamamlanan ve yayınlanan bir araştırmanın verileri kullanılmıştır (Özüğür AK, Karaman M. 2006. Big-6 beyaz hindilerin uygun kesim yaşının belirlenmesi. KSU Fen Müh Derg, 9(1): 65-68).

Destek ve Teşekkür Beyanı

Bu çalışma sorumlu yazarın "Çok Evreli Büyüme Fonksiyonları ve Bazı Uygulamalar" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiş olup, çalışmaya katkı sunan Prof. Dr. Mehmet Ziya FIRAT, Emre KARAMAN ve Doç. Dr. Doğan NARİNÇ'e teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Aggrey SE, Nichols CR, Cheng KM. 1993. Multiphasic analysis of egg production in Japanese quail. Poultry Sci, 72(12): 2185-2192.
- Akaike H. 1973. A new look at the statistical model identification. IEEE Trans Automat Cont, 19: 716-723.

- Aslam M, Bastiaansen J, Crooijmans R, Ducro BS, Groenen M, Vereijken A. 2011. Genetic variances, heritabilities, and maternal effects on body weight, breast meat yield, meat quality traits and the shape of the growth curve in turkey birds. *BMC Genet*, 12: 1-9.
- Bilgin OC, Esenbuga N. 2003. Parameter estimation in nonlinear growth models. *Animal Prod*, 44: 81-90.
- Cebeci Z. 2020. R uygulamalı yeniden örnekleme teknikleri. Pegem Akademi, Ankara, Turkey, pp: 650.
- Darmani-Kuhi H, France J, Kebreab E, Lopez S, Porter T, Strathe AB. 2010. Flexible alternatives to the gompertz equation for describing growth with age in turkey hens. *Poultry Sci*, 89: 371-378.
- Grossman M, Goosman TN, Koops WJ. 2000. A model for persistency of egg production. *Poultry Sci*, 79: 1715-1724.
- Grossman M, Koops WJ. 1988a. Multiphasic analysis of growth curves in chickens. *Poultry Sci*, 67: 33-42.
- Grossman M, Koops WJ. 1992. Characterization of poultry egg production using multiphasic approach. *Poultry Sci*, 71: 399-405.
- Grossman M, Koops WJ. 2001. A model for individual egg production in chickens. *Poultry Sci*, 80: 859-867.
- Koops WJ. 1986. multiphasic growth curve analysis. *Growth*, 50: 169-177.
- Koops WJ, Grossman M. 1991. Applications of a multiphasic growth function to body composition in pigs. *J Animal Sci*, 69: 3265-3273.
- Minvielle F, Gourichon D, Inoue-Murayama M, Ito S, Kayang B, Miwa M, Monvoisin JL, Neau A, Vignal A. 2006. Search for QTL affecting the shape of the egg laying curve of the Japanese quail. *BMC Genet*, 7: 26.
- Narinc D, Karaman E, Aksoy T, Firat MZ. 2013. Investigation of non linear models to describe the long term egg production in Japanese quail. *Poultry Sci*, 92(6): 1676-1682.
- Porter T, Kebreab E, Kuhi HD, Lopez S, Strathe AB, France J. 2010. Flexible alternatives to the gompertz equation for describing growth with age in turkey hens. *Poultry Sci*, 89: 371-378.
- Ricklefs RE. 1985. Modification of growth and development of muscles of poultry. *Poultry Sci*, 64: 1563-1576.
- SAS. 2009. SAS/STAT User's Guide, Version 9.2. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schwartz G. 1978. Estimation the dimension of a model. *Ann Stat*, 6: 461-464.
- Şengül T, Kiraz S. 2005. Non-Linear models for growth curves in large white turkeys. *Turk J Vet Anim Sci*, 29: 331-337.
- Soltan M, El Kaschab S. 1997. Characterization of guail egg production by using a multiphasic analysis under selection for egg number. *J King Saud Univ Agri Sci*, 9: 189-196.
- Yang X. 2013. A higher-order Levenberg-Marquardt method for nonlinear equations. *App Math and Comput*, 219(22): 10682-10694.
- Yu T, Zhu H. 2020. Hyper-Parameter optimization: a review of algorithms and applications. URL: <http://arxiv.org/pdf/2003.05689.pdf> (erişim tarihi: 14 Haziran 2021).