

Akkaraman Kuzularda Cinsiyete Göre Büyüme Eğrilerinin Farklı Yöntemlerle Modellenmesi: Logistik ve Gompertz Modelleme Örneği

Özge-KOZAKLI^{1*}, Ayhan-CEYHAN², Mehmet Ziya-FIRAT³

^{1,2}Ömer Halisdemir Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, 51240, Bor, Niğde, Türkiye, ³Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 07070, Antalya, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-4201-1157>, ²<https://orcid.org/0000-0003-2862-7369>, ³<https://orcid.org/0000-0002-0091-4713>

*ozgekozakli94@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışmada Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Ayhan Şahenk Tarımsal Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezinde yetiştirilen Akkaraman ırkı kuzulara ait doğumdan itibaren ayda bir yapılan canlı ağırlık tartımları analiz edilmiştir. Büyüme eğrisi modellerinden Logistik ve Gompertz büyüme modelleri, En Küçük Kareler (EKK), Maximum Olabilirlik ve Bayesci yöntemleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Frekansçı yöntemlerden EKK ve Maximum Olabilirlik yöntemleri kendi aralarında AIC, AICC ve BIC değerleri ile karşılaştırılarak her iki cinsiyet için de en iyi modelin EKK Gompertz modeli olduğuna karar verilmiştir. Bayesci yöntem için EKK tahmin bilgileri önsel olarak kullanılmıştır. Bayesci yöntem ile tahmin edilen modeller DIC değerlerine göre kıyaslanarak iki cinsiyet için de Gompertz modeli seçilmiştir. Çalışma sonucunda Gompertz Modelinin erkek Akkaraman kuzuları için parametre nokta tahminleri: $\beta_0 = 86.296$, $\beta_1 = 2.778$, $\beta_2 = 0.014$; dişi Akkaraman kuzuları için parametre nokta değerleri: $\beta_0 = 54.784$, $\beta_1 = 2.453$, $\beta_2 = 0.014$ olarak tahmin edilmiştir. Ayrıca Bayesci yaklaşım ile model parametrelerine ait dağılımlar Markov Zinciri Monte Carlo (MCMC) yöntemi ile tahmin edilerek erkek Akkaraman kuzulara ait ergin canlı ağırlığın dişi Akkaraman kuzularından daha yüksek olduğuna karar verilmiştir.

Biyometri

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 03.08.2021

Kabul Tarihi : 09.09.2021

Anahtar Kelimeler

Akkaraman koyun
Bayesci Yaklaşım
Büyüme Eğrisi Modelleme
En Küçük Kareler Yöntemi
Maksimum Olabilirlik Yöntemi

Modelling of Growth Curve Models According to Sex in Akkaraman Lambs with Different Methods: Logistik and Gompertz Modeling Example

ABSTRACT

In this study, the live weight data of Akkaraman lambs reared in Niğde Ömer Halisdemir University Ayhan Şahenk Agricultural Research Application and Research Center were analyzed. Among the growth curve models, Logistic and Gompertz growth models were estimated using Least Squares Estimation (LSE), Maximum Likelihood Estimation and Bayesian methods. LSE and Maximum Likelihood methods, which are from the frequency methods, were compared with other AIC, AICC and BIC values and the results suggested that the best model for both genders was LSE Gompertz model. For the Bayesian method, LSE estimation information used as a priori. The Gompertz model was selected for the two genders by comparing the models estimated with the Bayesian method according to their DIC values. At the end of the study, parameter point estimates of Gompertz Model for male Akkaraman lambs were $\beta_0 = 86.296$, $\beta_1 = 2.778$, $\beta_2 = 0.014$; while parameter point values for female Akkaraman lambs were $\beta_0 = 54.784$, $\beta_1 = 2.453$, $\beta_2 = 0.014$. In addition, the distributions of the model parameters with the Bayesian approach were estimated by the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) method, and it was decided that the expected adult body weight of male Akkaraman lambs was higher than that of female Akkaraman lambs.

Article Subject

Biometry

Research Article

Article History

Received : 03.08.2021

Accepted : 09.09.2021

Keywords

Akkaraman sheep
Bayesian Approach
Growth Curve Modeling
Least Squares Estimation
Maximum Likelihood Estimation

Atıf Şekli:	Kozaklı Ö, Ceyhan A, Fırat M Z 2022. Akkaraman Kuzularında Cinsiyete Göre Büyüme Eğrilerinin Farklı Yöntemlerle Modellenmesi: Logistik ve Gompertz Modelleme Örneği. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 25 (4): 916-926. https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.946895 .
To Cite :	Kozaklı O, Ceyhan A, Fırat M Z 2022. Modeling of Growth Curve Models According to Sex in Akkaraman Lambs with Different Methods: Logistik and Gompertz Modeling Example. KSU J. Agric Nat 25 (4): 916-926. https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.946895 .

GİRİŞ

Türkiye'nin koyun varlığının önemli bir kısmı Akkaraman koyun ırkından oluşmaktadır. Akkaraman ırkı, İç Anadolu bölgesi başta olmak üzere, Batıda Eskişehir ve Kütahya'dan başlayarak, doğuda Sivas'a kadar, sahil bölgeleri dışında Orta Anadolu'da ve Doğu Anadolu'da yetiştirilir (Kaymakçı, 2016). Akkaraman ırkı kuzuların doğum ağırlığı 4.83 kg ve süttan kesim (90. gün) canlı ağırlığı da 23.05 kg olarak bildirilmiştir (Ceyhan ve ark., 2019). Ergin koyunlarda canlı ağırlık yaklaşık 50 kg, koçlarda canlı ağırlık yaklaşık 62 kg kadardır. Laktasyon süt verimi 50-60 kg, laktasyon süresi yaklaşık 140 gün, ikizlik oranı yaklaşık %20 olup 100 koyundan ortalama 100-120 kuzu alınmaktadır (Koncağül ve ark., 2011).

Hayvan yetiştiriciliğinde sıklıkla üzerinde durulan konulardan bir tanesi hayvanların canlı ağırlığındaki artıştır. Hayvanlarda genellikle yaş ile doğru olarak yaşanan biyolojik olaylar sonucunda gerçekleşen ağırlık artışları *büyüme* olarak tanımlanmaktadır (Owens ve ark., 1993; Daşkiran ve ark., 2010; Şahin ve ark., 2014).

Hayvan yetiştiriciliği ile ilgili çalışmalarda büyüme gibi karmaşık biyolojik olayların açıklanması ve tahmin edilebilmesi için çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bu modellerden doğrusal olmayan modellere büyüme eğrisi modelleri adı verilmektedir (Şahin ve ark., 2014). Büyüme eğrisi modelleri, zamana bağlı büyüme fonksiyonunu tanımlayan ve belirli bir yaştaki hayvanların beklenen ağırlığını tahmin eden bir dizi parametre sağlar. Von Bertalanffy, Brody, Gompertz, Logistik ve Richards gibi büyüme eğrisi modellerinde ortak olarak β_0 parametresi yaş sonsuza giderken ağırlığın asimtotik limitidir ve ergin canlı ağırlık, β_1 ağırlık ve zamanın başlangıç değeri ile tahmin edilen doğumdan sonra kazanılan canlı ağırlığın ergin ağırlığa oranını ve β_2 maksimum büyüme oranının ergin ağırlığa oranını gösteren parametrelerdir (Yakupoglu, 1999; Çolak ve ark., 2006; Koncağül ve Cadirci, 2009; Daşkiran ve ark., 2010; Şahin ve ark., 2014).

Büyüme eğrilerinin doğrusal olmayan yapıları nedeni ile parametre tahminleri doğrusal modellere göre daha karmaşık matematiksel işlemler gerektirir. İstatistiksel programların gelişmesi hem doğrusal olmayan modellerin parametre tahminlerini hem de frekansçı yaklaşımlara alternatif olarak Bayesci yaklaşım ile parametre tahminlerini mümkün kılmıştır (Şahin ve ark., 2014; Fırat ve ark., 2016).

Akkaraman (Şireli ve Ertuğrul, 2004), Kıvırcık ve Dağlıç (Akbaş ve ark., 1999), İvesi (Tekel ve ark., 2002), Karacabey Merinosu ve Kıvırcık melezi (Yıldız ve ark., 2009), Norduz (Daşkiran ark., 2010), Pırlak (Çelikeloglu ve Tekerli, 2014) ve Morkaraman (Esenbuğa ve ark., 2000; Bilgin ve Esenbuğa, 2003; Topal ve ark., 2004) ırkı kuzularla büyüme eğrisi ile ilgili modelleme çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca, Romanov (Tahtalı ve ark., 2020), Batı Afrika Cüce (Gbangboche ve ark., 2008), Santa İnes ve melezi (Silva ve ark., 2012; Sarmiento ve ark., 2006; Santos ve ark., 2014; Rêgo ve ark., 2012; Malhado ve ark., 2008) ve İran Mehraban (Hojjati ve Hossein-Zadeh, 2018) kuzularında da benzer modelleme çalışmaları vardır.

Son yıllarda Tavşanlarda (Blasco ve ark., 2003), Hani Balığına (Alós ve ark., 2010); Japon bildircinlerinde (Fırat ve ark., 2016; Lázaro ve ark., 2017; Mohammadi ve ark., 2019) ve koyunlarda (Salles ve ark., 2020) büyüme eğrisi modellerinin Bayesci yaklaşım ile elde edildiği çalışmalara rastlanmaktadır.

Literatürde Akkaraman ırkında Bayesci yaklaşım ile yapılan büyüme eğrisi modellenme çalışmasına rastlanmamıştır. Bu çalışmada Frekansçı ve Bayesci yaklaşım ile Akkaraman ırkında Logistik ve Gompertz model parametrelerinin cinsiyetlere göre tahmini gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL ve METOD

Hayvan Materyali

Çalışmanın hayvan materyali, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Ayhan Şahenk Tarımsal Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde yetiştirilen, 2020 yılının Şubat- Mart aylarında doğan, Akkaraman ırkı 54 baş dişi ve 55 baş erkek olmak üzere toplam 109 baş kuzudan oluşmuştur. İşletmede kuzuların doğum ağırlıkları doğumu takip 24 saat içinde alınmış ve kuzularda canlı ağırlık tartımları aylık olarak yapılmıştır.

Modellerin Formülasyonu

Bir deneysel birim için büyüme modeli genel olarak şu şekildedir.

$$y_j = f(t_j, \theta) + \varepsilon_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Burada y_j gözlenen ağırlık değeri, $f(t_j, \theta)$ modele özgü fonksiyon, θ bilinmeyen parametre vektörü, n toplam gözlem sayısı ve ε_j rassal bağımsız hata terimini simgelemektedir. Çalışmada kullanılan

büyüme modelleri için $f(t_j, \theta)$ fonksiyonları Logistik modeli için:

$$f_1(t_j, \theta_1) = \beta_0 / (1 + \beta_1 \exp(-\beta_2 t)) \quad (2)$$

Gompertz modeli için:

$$f_2(t_j, \theta_2) = \beta_0 \exp(-\beta_1 \exp(-\beta_2 t)) \quad (3)$$

olarak ifade edilmektedir (Fırat ve ark., 2016). Yukarıdaki modellerde, β_0 asimptotik ağırlık anlamına gelir, β_1 biyolojik anlamı olmayan bir sabittir, β_2 olgun ağırlığa göre büyüme oranının bir ifadesi olarak olgunluk endeksidir (Aggrey, 2002; Kızılkaya ve ark., 2006).

Büyüme modellerine ait olabilirlik fonksiyonunda $t = \{t_j, j = 1, 2, \dots, n\}$, $y = \{y_j, j = 1, 2, \dots, n\}$ ve $k = 1, 2$ olmak üzere:

$$L(y|\theta_k, t, \sigma^2) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} \sigma^n} \exp \left[-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{j=1}^n \{y_j - f_k(t_j, \theta_k)\}^2 \right] \quad (4)$$

ile ifade edilir (Fırat ve ark., 2016).

Bayesci Çıkarım

Bayes teorisi olasılık yoğunluğunu (sonsal dağılımı) elde etmek için, kullanılan sınırlı numune hakkındaki bilgiler (olabilirlik) ile ilgilenen popülasyona ait geçmiş (önsel dağılım) bilgisini matematiksel olarak birleştirir (Kozaklı, 2020).

$$\pi_1(\theta_1, \sigma^2|y, t) \propto \frac{1}{\sigma_{\hat{\beta}_0}, \sigma_{\hat{\beta}_1}, \sigma_{\hat{\beta}_2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{(\beta_0 - \hat{\beta}_0)^2}{\sigma_{\hat{\beta}_0}} + \frac{(\beta_1 - \hat{\beta}_1)^2}{\sigma_{\hat{\beta}_1}} + \frac{(\beta_2 - \hat{\beta}_2)^2}{\sigma_{\hat{\beta}_2}} \right] \right\} \times \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} \sigma^n} \exp \left[-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{j=1}^n \{y_j - f_1(t_j, \theta_1)\}^2 \right] \quad (5)$$

ve Gompertz model için sonsal dağılım;

$$\pi_2(\theta_2, \sigma^2|y, t) \propto \frac{1}{\sigma_{\hat{\beta}_0}, \sigma_{\hat{\beta}_1}, \sigma_{\hat{\beta}_2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{(\beta_0 - \hat{\beta}_0)^2}{\sigma_{\hat{\beta}_0}} + \frac{(\beta_1 - \hat{\beta}_1)^2}{\sigma_{\hat{\beta}_1}} + \frac{(\beta_2 - \hat{\beta}_2)^2}{\sigma_{\hat{\beta}_2}} \right] \right\} \times \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} \sigma^n} \exp \left[-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{j=1}^n \{y_j - f_2(t_j, \theta_2)\}^2 \right] \quad (6)$$

olarak ifade edilir. Her bir parametreye ait sonsal dağılımın elde edebilmesi için marjinal olasılık fonksiyonunun elde etmesi gerekmektedir. Bu durumda ise bu integralin analitik olarak bir çözümü bulunmadığı durumlarda sayısal yöntemlerden yararlanılmaktadır (Koptur, 2020). Markov Zinciri Monte Carlo (MCMC) yöntemi önsel dağılımı atanmış olasılıksal durum için Markov Zinciri bir başlangıç değeri ile başlatılır ve bir zincir oluşması için çalıştırılır. Çalışmada başlangıç değerleri olarak frekanscı yöntemden elde edile parametre tahminleri kullanılmıştır. Başlangıçtan durağan hale gelinceye dek oluşan kısım (ısınma periyodu) ihmal edilebildiği ifade edilmektedir (Koptur, 2020). Çalışmada ısınma periyodu 7 000 olarak belirlenmiş, zincir uzunluğu 110 000 olarak belirlenmiştir.

Bayesci yöntemlerin ilk adımı önsel dağılım seçimidir. Bu nedenle ilk olarak bu çalışmanın önsel dağılım seçiminde frekanscı yöntem ile elde edilen parametre tahminlerinden ve varyanslarından yararlanılmıştır. Logistik ve Gompertz modelde kullanılan önseller şunlardır: $\beta_0 \sim N(\hat{\beta}_0, \sigma_{\hat{\beta}_0})$, $\beta_1 \sim N(\hat{\beta}_1, \sigma_{\hat{\beta}_1})$, $\beta_2 \sim N(\hat{\beta}_2, \sigma_{\hat{\beta}_2})$.

Logistik model için vektör olarak ifadesi $\tilde{\theta}_1 = (\hat{\beta}_0, \sigma_{\hat{\beta}_0}, \hat{\beta}_1, \sigma_{\hat{\beta}_1}, \hat{\beta}_2, \sigma_{\hat{\beta}_2})$ şeklindedir. Böylece Logistik model için önsel dağılım; $\eta(\theta_1|\tilde{\theta}_1) \propto \frac{1}{\sigma_{\hat{\beta}_0}, \sigma_{\hat{\beta}_1}, \sigma_{\hat{\beta}_2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{(\beta_0 - \hat{\beta}_0)^2}{\sigma_{\hat{\beta}_0}} + \frac{(\beta_1 - \hat{\beta}_1)^2}{\sigma_{\hat{\beta}_1}} + \frac{(\beta_2 - \hat{\beta}_2)^2}{\sigma_{\hat{\beta}_2}} \right] \right\}$ olacaktır.

Gompertz model için vektör olarak ifade $\tilde{\theta}_2 = (\hat{\beta}_0, \sigma_{\hat{\beta}_0}, \hat{\beta}_1, \sigma_{\hat{\beta}_1}, \hat{\beta}_2, \sigma_{\hat{\beta}_2})$ şeklindedir. Böylece Gompertz model için önsel dağılım; $\eta(\theta_2|\tilde{\theta}_2) \propto \frac{1}{\sigma_{\hat{\beta}_0}, \sigma_{\hat{\beta}_1}, \sigma_{\hat{\beta}_2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{(\beta_0 - \hat{\beta}_0)^2}{\sigma_{\hat{\beta}_0}} + \frac{(\beta_1 - \hat{\beta}_1)^2}{\sigma_{\hat{\beta}_1}} + \frac{(\beta_2 - \hat{\beta}_2)^2}{\sigma_{\hat{\beta}_2}} \right] \right\}$ olacaktır.

Bu şekilde modellere ait sonsal dağılımlar önsel dağılım ve modellere ait olabilirlik fonksiyonun çarpımı ile ifade edilir. Logistik model için sonsal dağılım;

Model karşılaştırma kriterleri

Frekanscı yöntemler olan EKK ve Maximum Olabilirlik yöntemleri ile tahmin edilen modellerin kıyaslanmasında Akaiki bilgi ölçütü (AIC, AICC) ve Bayes bilgi ölçütü (BIC) değerleri kullanılmıştır. HKT=Hata Kareler Toplamı, n=Gözlem Sayısı ve p=Modeldeki Parametre Sayısı olmak üzere, AIC değeri şu şekilde hesaplanır:

$$AIC = n \log \left(\frac{SSE}{n} \right) + 2p + n + 2 \quad (7)$$

(Hurvich ve Tsai, 1989). AICC değeri şu şekilde hesaplanır:

$$AICC = n \log \left(\frac{SSE}{n} \right) + \frac{n(n+p)}{n-p-2} \quad (8)$$

(Hurvich ve Tsai, 1989). BIC değeri $q = \frac{n\hat{\sigma}^2}{SSE}$ olmak üzere şu şekilde hesaplanır:

$$BIC = n \log\left(\frac{SSE}{n}\right) + 2(p + 2)q - 2q^2 \quad (9)$$

(Hurvich ve Tsai, 1989). Bayesci yöntem ile yapılan modelleme çalışmalarında en iyi uyuma sahip modele karar verilmesinde sapma bilgi kriteri (DIC) sıklıkla kullanılmaktadır (Forni ve ark., 2009; Fırat ark., 2016). $\bar{D} = -2 \int \log[p(y_t|\theta_k)p(\theta_k|y_t)] d\theta_k$ ve $D(\bar{\theta}_k) = -2 \log[p(y_t|\bar{\theta}_k)]$ olmak üzere DIC değeri şu şekilde hesaplanır:

$$DIC = 2\bar{D} - D(\bar{\theta}_k) \quad (10)$$

Model karşılaştırmalarında, AIC, AICC, BIC ve DIC değeri ne kadar küçük ise modelin daha uyumlu olduğu söylenir (Spiegelhalter ve ark., 2002; Forni ve ark., 2009; Fırat ve ark., 2016).

İstatistiksel analiz

İstatistiksel analizlerin tamamı SAS 9.4 programında nlin, nlmixed, mcmc prosedürleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Logistik ve Gompertz modelleri 3 yönetime göre tahmin edilmiştir:

- Frekanscı yöntemlerden EKK Yöntemi: Doğrusal olmayan en küçük kareler yöntemi, model parametreleri açısından fonksiyonun doğrusal olmadığı için kısıtlanmamış bir minimizasyon problemidir. Doğrusal en küçük kareler tahmininin aksine, kapalı form çözümleri elde edilemez ve bu nedenle, karelerin toplamını en aza indirmek için Gauss-Newton gibi yöntemler gerekir. Bu nedenle, büyüme fonksiyonlarının parametrelerini tahmin etmek için Gauss-Newton algoritması tercih edilerek SAS 9.4 programının NLIN prosedürü kullanılmıştır.
- Frekanscı yöntemlerden Maximum Olabilirlik Yöntemi: Doğrusal olmayan Maximum Olabilirlik yöntemi, NLIN prosedürü ile elde edilen tahminler iterasyon tekniği için başlangıç değeri olarak kullanılmıştır. Model parametrelerinin tahmini için Dual Quasi-Newton algoritması tercih edilerek SAS 9.4 programının NLMIXED prosedürü kullanılmıştır.
- Bayes yöntemi: SAS 9.4 programının MCMC prosedürü kullanılarak Bayes yöntemi ile parametrelere ait sonsal dağılımlar araştırılmıştır. Sonsal dağılımların tahmininde kullanılan MCMC iterasyon uzunluğu 110000, ısınma periyod uzunluğu 7000 olarak belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan 55 erkek ve 54 dişi kuzuya ait canlı ağırlıkları Logistik ve Gompertz büyüme eğrileri kullanılarak modellenmiştir. Model tahmininde öncelikle frekanscı yöntemlerden EKK ve Maximum Olabilirlik yöntemi kullanılmıştır. Modellerin

parametrelerine ait tahmin, standart sapma, t istatistik ve Prob değerleri Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1'de tüm modellere ait parametre tahminlerinin tamamı Prob değerleri 0.05'den küçük olduğu için tüm katsayıların istatistiksel olarak 0.95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Çalışmanın hayvan materyali ile aynı olan Şireli ve Ertuğrul (2004) çalışmasında Logistik model parametreleri mevcut çalışma parametrelerinden farklılıklar göstermektedir. Bunun sebebinin ölçüm uzunluğundaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Model karşılaştırmasının yapılmadığı Peil ve Henvil (1981), Şireli ve Ertuğrul (2004) çalışmalarında Logistik model, Santos ve ark. (2014) çalışmalarında Gompertz model, koyunlarda canlı ağırlık artışının modellenmesinde kullanılmıştır. Model karşılaştırmasının yapıldığı mevcut çalışmada hesaplanan karşılaştırma istatistikleri Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 2'de EKK ve Maximum olabilirlik yöntemleri için Gompertz modellerinin AIC, AICC ve BIC değerleri Logistik modellerine göre daha küçük olduğu için Gompertz modellerinin iki cinsiyette de daha başarılı olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca EKK yöntemi ile tahmin edilen Gompertz modellerinin, Maksimum olabilirlik yöntemi ile tahmin edilen Gompertz modellerinden daha iyi olduğu anlaşılmıştır. Benzer şekilde Yıldız ve ark. (2009) Karacabey Merinosu ve Kıvrıkcık melezlerinin 101. güne, Topal ve ark. (2004) Morkaraman kuzularının 1 yaşına, Sarmiento ve ark. (2006) Santa Ines kuzularının 196. güne, Rêgo ve ark. (2012) Santa Ines kuzularında 350. güne kadar kayıt edilmiş canlı ağırlıklarının modellenmesinde Gompertz modelinin Logistik modelden daha iyi olduğuna karar vermişlerdir.

Daşkiran ve ark. (2010) Norduz (198 gün), Gbangboche ve ark. (2008) Batı Afrika Cüce (180. gün), Silva ve ark. (2012) Santa Ines (120-774 gün), Çelikeloğlu ve Tekerli (2014) Pırlak (1 yaş), Tahtalı ve ark. (2020) Romanov (180. gün), Mohammadi ve ark. (2019) Kordi (1 yaş) ve Hojjati and Hossein-Zadeh (2018) İran Mehraban (1 yaş) ırklarında büyüme eğrisi modelleme çalışmaları yapmışlardır. Daşkiran ve ark. (2010) ve da Silva ve ark. (2012) Logistik modeli, Çelikeloğlu ve Tekerli (2014); Hojjati and Hossein-Zadeh (2018); Mohammadi ve ark., (2019) ve Gbangboche ve ark., (2008) Brody modelini, Tahtalı ve ark. (2020) Kübik Spline modelinin Gompertz modeline göre veri seti için daha uyumlu olduğunu bildirmişlerdir.

Malhado ve ark. (2008) Santa Inês ve Texel melezi koyunlarında yaptıkları modelleme çalışmasında 120 güne kadar canlı ağırlık artışlarını modellemede Gompertz modelinin Logistik modele göre, 120

günden sonraki canlı ağırlık artışını modellemede Logistik modelin Gompertz modelinden daha iyi

olduğunu vurgulayarak mevcut çalışma ile uyumlu bir sonuç raporlamışlardır.

Çizelge 1. Frekanscı Yaklaşım Yöntemlerine Ait Tahmin Sonuçları
Table 1 Estimation Results of Frequent Approach Methods

Yöntem	Model	Cinsiyet	Parametre	Parametre Tahmini	SD	t-istatistik	Prob.	
En Küçük Kareler Yöntemi	Logistik	Erkek	β_0	54.886	7.2601	7.5599	0.017051	
			β_1	8.3794	0.9675	8.6607	0.013071	
			β_2	0.0254	0.0032	7.9200	0.015571	
		Dişi	β_0	42.118	2.93963	14.3278	0.004835	
			β_1	7.0518	0.66059	10.6749	0.008661	
			β_2	0.0290	0.00283	10.2600	0.009366	
	Gompertz	Erkek	β_0	86.296	15.4332	5.5916	0.030520	
			β_1	2.7779	0.1328	20.9130	0.002279	
			β_2	0.0105	0.0015	7.0847	0.019347	
		Dişi	β_0	54.784	2.57845	21.2470	0.002207	
			β_1	2.4527	0.03768	65.0983	0.000235	
			β_2	0.0140	0.00074	18.8923	0.002790	
Maximum Olabilirlik Yöntemi	Logistik	Erkek	β_0	54.8856	4.6763	11.74	<.0001	
			β_1	8.3794	0.6198	13.52	<.0001	
			β_2	0.02535	0.002029	12.49	<.0001	
		Dişi	ϵ_t	0.3874	0.2451	5	1.58	
			β_0	42.1183	1.9055	22.10	<.0001	
			β_1	7.0518	0.4133	17.06	<.0001	
		Gompertz	Erkek	β_2	0.02900	0.001804	16.08	<.0001
				ϵ_t	0.2231	0.1411	1.58	0.1747
				β_0	86.2957	10.7582	8.02	0.0005
	Dişi		β_1	2.7779	0.09084	30.58	<.0001	
			β_2	0.01051	0.001031	10.19	0.0002	
			ϵ_t	0.1312	0.08444	1.55	0.1810	
	Dişi		β_0	54.7844	1.6997	32.23	<.0001	
			β_1	2.4527	0.02399	102.23	<.0001	
			β_2	0.01404	0.000489	<.0001	0.01278	
		ϵ_t	0.02505	0.01603	1.56	0.1789		

Çizelge 2. Frekanscı Yaklaşım Tahmin Sonuçlarına ait İstatistikler
Table 2 Statistics of Frequent Approach Estimation Results

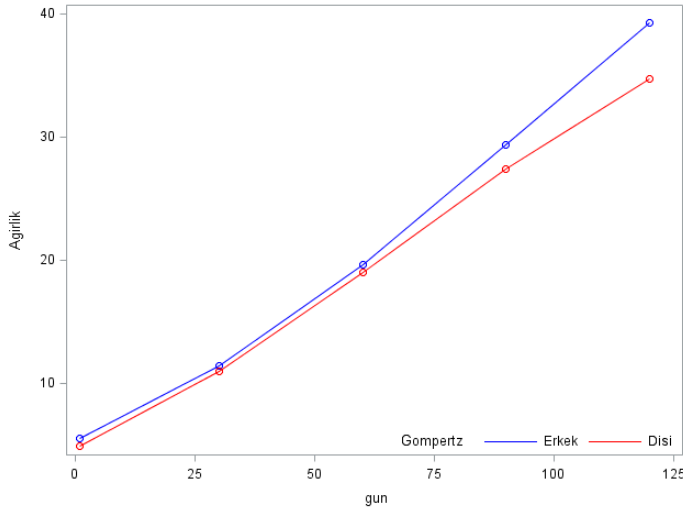
Yöntem	Cinsiyet	Kriter	Logistik	Gompertz
En Küçük Kareler Yöntemi	Erkek	AIC	6.26	0.84
		AICC	35.2585	29.8438
		BIC	-4.74	-10.16
	Dişi	AIC	3.50	-7.43
		AICC	32.4983	21.5657
		BIC	-7.50	-18.43
Maximum Olabilirlik Yöntemi	Erkek	AIC	17.4	12.0
		AICC	57.4	52.0
		BIC	15.9	10.5
	Dişi	AIC	14.7	3.8
		AICC	54.7	43.8
		BIC	13.1	2.2

Mevcut çalışmada Frekanscı yöntem için seçilen Gompertz modeli, erkek kuzular için;

$y_t = 86.296 \exp(-2.7779 \exp(-0.0105t))$, dişi kuzular için; $y_t = 54.78 \exp(-2.45 \exp(-0.014t))$ olarak tahmin edilmiştir. Tahmin edilen bu modellere ait grafik Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1 incelendiğinde erkek kuzularının dişi kuzulara göre daha yüksek canlı ağırlığa sahip olduğu ve dişilere göre daha doğrusal bir yapı gösterdikleri anlaşılmaktadır. Bunun çalışma materyalini oluşturan kuzuların ölçümlerinin ayda bir kez yapılmış olması ve 4. ayda sonlandırılmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kocabaş ve ark. (1997) İvesi ve Akkaraman melezi kuzularının canlı ağırlık artışının modellenmesinde doğrusal modeli yetersiz ancak Malya ve Akkaraman melezi kuzularının canlı ağırlık artışının modellenmesinde

doğrusal modeli yeterli bulmuşlardır. Şireli ve Ertuğrul (2004) Akkaraman ırkı için tahmin ettikleri ergin canlı ağırlık değerleri ile kuzuların 6. ay ağırlıkları aralarında istatistiksel olarak fark olmadığını bildirmişlerdir.



Şekil 1. EKK Yöntemi ile Tahmin Edilen Gompertz Modellerine Ait Grafik

Figure 1. Graphics of Gompertz Models Estimated by least-squares Method.

Kocabaş ve ark. (1997) tarafından yapılan çalışmada henüz ergin canlı ağırlığa ulaşmamış hayvanlara ait büyüme bilgilerinin kullanılması durumunda beklenen aksine daha doğrusal bir yapı gözlenmesi olarak ifade etmişlerdir.

Az bilgi içeren veri setinin Bayesci Yöntem ile modellenmesi için tam bilgi içeren önsel seçimine ihtiyaç duyulmuştur. Bundan dolayı Frekansçı yöntemlerden elde edilen parametre tahminlere ait istatistiksel bilgi kullanılarak Logistik ve Gompertz model parametrelerine ait sonsal dağılımlar MCMC yöntemi ile tahmin edilmiştir. Parametrelere ait, sonsal dağılım, MCMC iterasyon ve korelasyon grafikleri Logistik model için Şekil 2’de, Gompertz model için Şekil 3’de ki gibidir.

Şekil 2 ve Şekil 3’de bulunan MCMC yöntemine ait iterasyon grafiğinin rassal görünümüne sahip olması ve korelasyon grafiklerinde anlamlı korelasyon gözlenmemesi tahmin edilen sonsal dağılımların geçerli olduğunu göstermektedir. Model karşılaştırması yapılabilmesi için cinsiyetlere göre tahmin edilen modellere ait DIC değerlerinin değişimi Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3’te tahmin edilen Bayes maddelerine ait DIC değerlerine göre Gompertz modellerinin, Frekansçı yöntemlerle uyumlu bir şekilde, daha iyi olduğuna karar verilmiştir. Bu benzerlikte Frekansçı yöntemden elde edilen sonuçların önsel olarak kullanılmış olmasının yanı sıra Malhado ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada belirttiği gibi ergin ağırlığa henüz ulaşmamış kuzuların

kullanıldığı modelleme çalışmada Logistik model kuzuların büyümesini olduğundan fazla tahmin edebilmektedir. Bayes Gompertz modeli parametrelerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4’deki gibidir.

Table 3. Estimated DIC Statistics of Bayesian Models
Çizelge 3. Bayes Modellerine ait Tahmin Edilen DIC İstatistikleri

Model	Cinsiyet	DIC
Logistik	Erkek	15.015
	Dişi	12.54
Gompertz	Erkek	9.20
	Dişi	1.94

Araştırmada kullanılan koyun ırkı için Gompertz model parametrelerinin tahmin edildiği bir araştırmaya rastlanmamıştır. Ancak literatürde farklı koyun ırkları için Frekansçı yöntem ile yapılan modelleme çalışmalarında veri seti ile yüksek uyumu gösteren hata terimi istatistikleri elde edilmiştir (Yıldız ve ark. 2009; Topal ve ark. 2004; Sarmiento ve ark. 2006; Rêgo ve ark. 2012).

Salles ve ark. (2020) Santa Ines kuzularına ait bilgileri kullanarak Logistik model parametrelerini Bayesci yöntem ile tahmin edilmiştir. Bayesci yaklaşım için önsel seçimini tartıştıkları bu çalışmada Santa Ines koyunlarında geçmiş araştırmalardan yararlanarak elde edilen tam bilginin kullanılmasının kestirim başarısını artırdığını raporlamışlardır.

Bayesci yöntem ile yapılan tahminleme çalışmalarının uyum iyiliğinin ötesine geçtiğini bildirilmektedir (Salles ve ark., 2020). Bu araştırmada Frekansçı yöntemler ile elde edilen parametre tahminleri önsel bilgi olarak Bayesci yöntemde kullanıldığı için iki yöntemden elde edilen sonuçlar benzer olarak bulunmuştur. Bayesci yöntem ile elde edilen dağılım bilgilerinin sadece bir sürü için değil tüm Akkaraman ırkı koyunlarını temsil edebilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

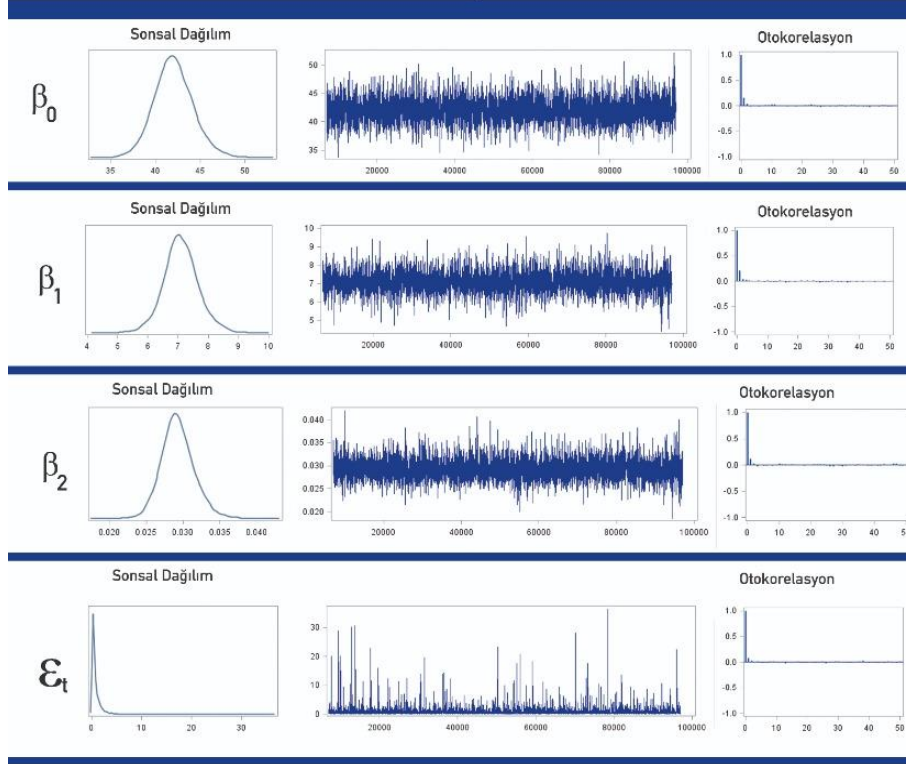
SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada kullanılan erkek ve dişi Akkaraman kuzularına ait canlı ağırlıklar için tahmin edilen büyüme eğrisi modellerinden Gompertz modeli tüm yöntemlerde daha başarılı bulunmuştur. Frekansçı yöntemlerden EKK yöntemi AIC, AICC ve BIC değerleri bakımından Maximum Olabilirlik yöntemine tercih edilmiştir. Erkek Akkaraman kuzuları için EKK Gompertz modeli:

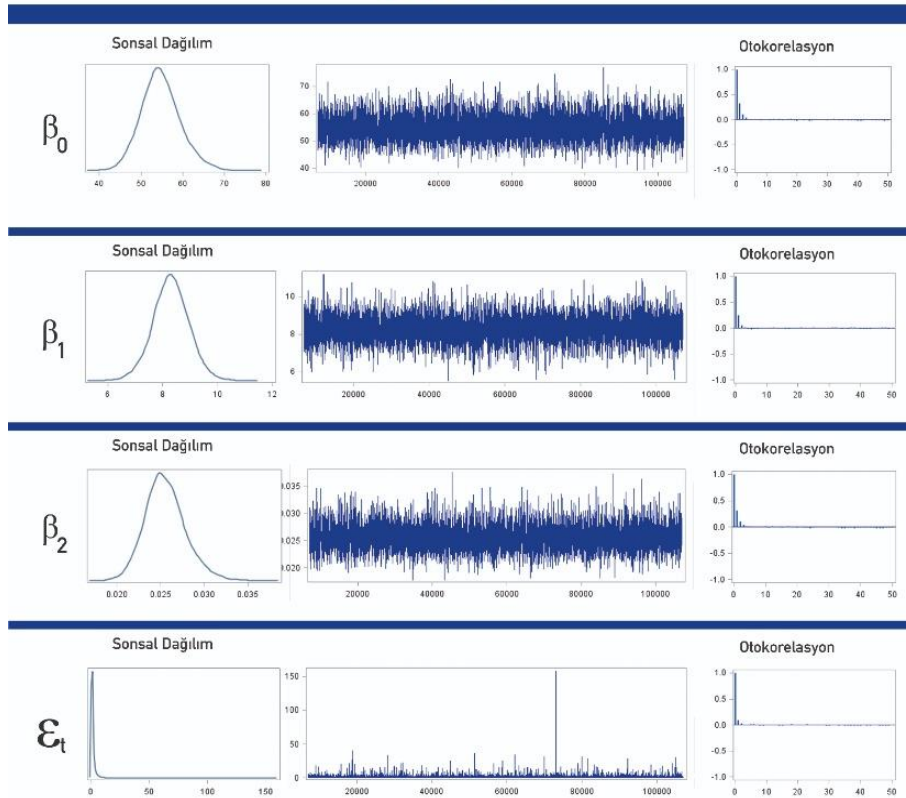
$y_j = 86.296 \exp(-2.778 \exp(-0.014t))$ ve dişi Akkaraman kuzuları için EKK Gompertz modeli: $y_j = 54.784 \exp(-2.452 \exp(-0.014t))$ olarak belirlenmiştir. Çalışmada beklenen eğrisel görüntünün aksine daha

doğrusal bir yapı belirlenmiştir. Bunun nedeni olarak kaynaklandığı düşünülmektedir. kuzularda henüz büyümenin devam etmesinden

DİŞİ

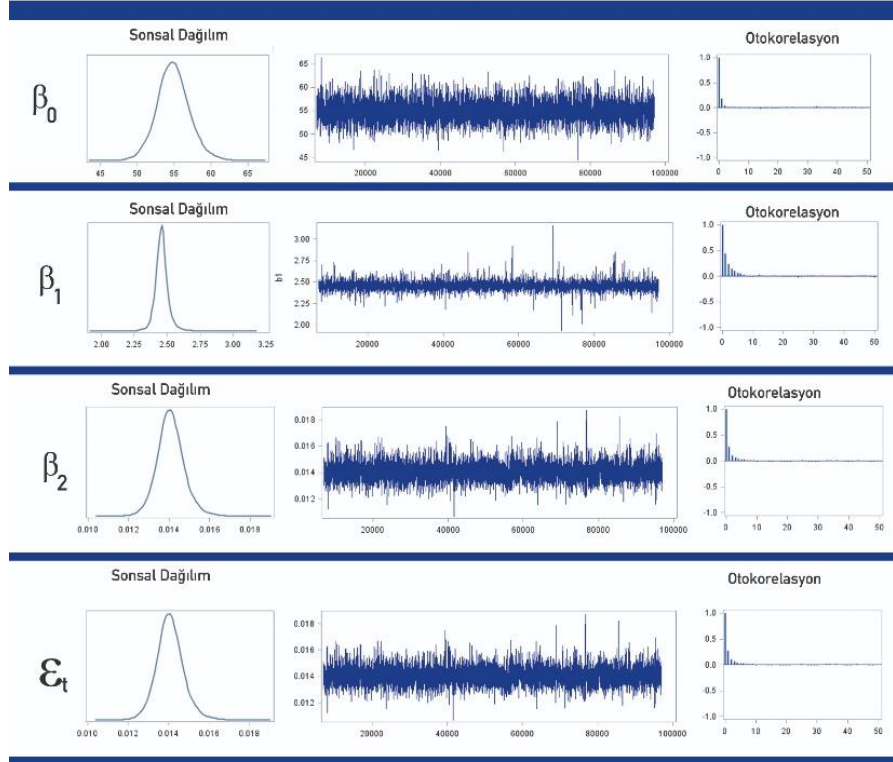


ERKEK

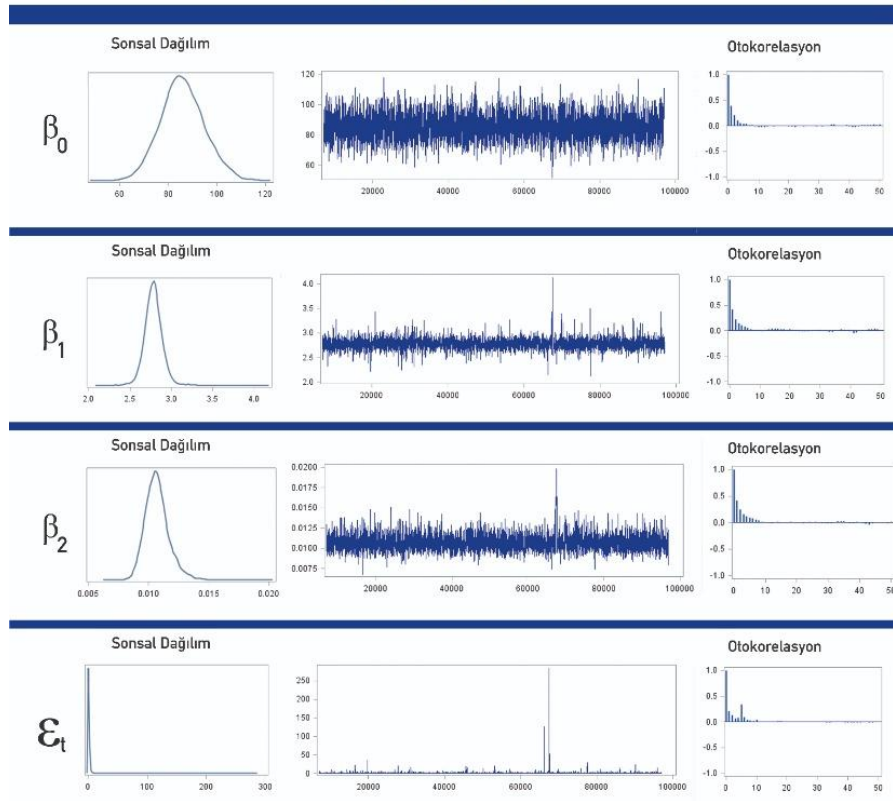


Şekil 2. Bayes Logistik Model Parametrelerine ait Sonsal Dağılım, MCMC İterasyon ve Otokorelasyon Grafikleri
Figure 2. Posterior Distribution, MCMC Iteration and Autokorelation Graphs of Bayesian Logistic Model Parameters

DİŞİ



ERKEK



Şekil 3. Bayes Gompertz Model Parametrelerine ait Sonsal Dağılım, MCMC İterasyon ve Otokerasyon Grafikleri
Figure 3. Posterior Distribution, MCMC Iteration and Autokeration Graphs of Bayesian Gompertz Model Parameters

Table 4. Posterior Distribution Descriptive Statistics of Bayes Gompertz Model Parameters

Çizelge 4. Bayes Gompertz Modeli Parametrelerine Ait Sonsal Dağılım Tanımlayıcı İstatistikleri

Model	Cinsiyet	Parametre	Ortalama	SD	% 95 HPD Bölgesi	
					Alt Sınır	Üst Sınır
Gompertz	Erkek	β_0	85.8400	8.90725	68.1220	103.5
		β_1	2.7830	0.11342	2.5719	2.9966
		β_2	0.0107	0.00103	0.00876	0.0126
		ϵ_t	0.7991	4.50204	0.0364	2.3577
	Dişi	β_0	54.8692	2.18291	50.61	59.29
		β_1	2.4574	0.05541	2.3568	2.5616
		β_2	0.0141	0.00068	0.0128	0.0155
		ϵ_t	0.1703	0.57196	0.00742	0.5368

*HPD: Yüksek Yoğunluk Bölgesi

Veri setinde aylık ortalama değerlerinden yararlanılıyor olması ve sadece 120. güne kadar ölçüm yapılmış olması nedeniyle daha az bilgi bulunmaktadır. Bu durumun ve Akkaraman ırkına ait yapılmış çalışmaların yetersizliğinin bir sonucu olarak EKK modellerine ait parametre bilgileri Bayesci yaklaşım ile tahmin edilen modellerde önsel bilgi olarak kullanılmıştır. Bu nedenle tahmin sonuçları Akkaraman ırkı için genelleylebilir sonuçlar değildir. Canlı ağırlıklar ile ilgili ortalama değer kullanan muhtemel Bayesci yöntem ile modelleme çalışmalarında geçmiş çalışmalardan elde edilmiş tam bilgi kullanılmalıdır.

Tahmin edilen modellerde, DIC değerleri karşılaştırması sonucunda iki cinsiyet için de Bayes Gompertz modelleri Logistik modellere tercih edilebileceği belirlenmiştir. Gompertz modeline ait elde edilen sonsal dağılımlar ve nokta tahminleri incelendiğinde canlı ağırlığın erkeklerde daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Hayvan yetiştiriciliğinde büyüme ve gelişmenin takibi edilmesi ve ıslah amaçlı kullanılması işletme ekonomisi içinde çok önemlidir. Bu bağlamda hayvanlarda büyüme modellerinin tahmin edilmesi ile ilgili her ırk için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

TEŞEKKÜR

Çalışma verilerinin toplandığı Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Ayhan Şahenk Tarımsal Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi Küçükbaş Yetiştiriciliği Birimi personellerine teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Aggrey S E 2002. Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. Poultry Science 81: 1782-1788.
- Akbaş Y, Taşkın T, Demirören E 1999. Farklı modellerin Kıvrıkcık ve Dağlıç erkek kuzularının büyüme eğrilerine uyumunun karşılaştırılması. Turk J Vet Anim Sci 23 (Suppl 3): 537-544
- Alós J, Palmer M, Balle S, Grau A M, Morales-Nin B 2010. Individual growth pattern and variability in Serranus scriba: a Bayesian analysis. ICES Journal of Marine Science 67(3): 502-512.
- Bilgin C Ö, Esenbuğa N 2003. Doğrusal olmayan büyüme modellerinde parametre tahmini. Hayvansal Üretim 44 (2): 81-90.
- Blasco A, Piles M, Varona L 2003. A Bayesian analysis of the effect of selection for growth rate on growth curves in rabbits. Genetics Selection Evolution 35(1): 21-41.
- Ceyhan A, Şekeroğlu A, Duman M 2019. Niğde ilinde yetiştirilen Akkaraman ırkı koyunların bazı döl verim özellikleri ve kuzuların büyüme performans. Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(10): 1509-1514.
- Çelikeloğlu K, Tekerli M 2014. Pırlak kuzularında büyüme eğrilerini etkileyen genetik ve çevresel faktörlerin belirlenmesi ve eğri parametreleri yönünden baba koçların değerlendirilmesi. I. Bazı çevresel faktörlerin canlı ağırlığa ilişkin büyüme eğrilerine etkileri. Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi 54 (1): 8-14.
- Çolak C, Orman M N ve Ertuğrul O 2006. Simental x Güney Anadolu Kırmızısı sığırlarına ait canlı ağırlık ölçümlerine dayanan doğrusal ve doğrusal olmayan büyüme eğrileri. Laladan Hayvan Araş. Ens. Dergisi 46 (1): 1-5.
- daSilva L S A, Fraga A B, da Silva F D L, Beelen P M G, de Oliveira Silva R M, Tonhati H ve da Costa Barros C 2012. Growth curve in Santa Inês sheep. Small Ruminant Research 105(1-3): 182-185.
- Daşkiran I, Koncagül S ve Bingöl M 2010. Growth characteristics of indigenous Norduz female and male lambs. Journal of Agricultural Sciences 16

- (1): 62-69.
- Esenbuga N, Bilgin Ö C, Macit M, Karaoglu M 2000. İvesi, Morkaraman ve Tuj Kuzularında Büyüme Eğrileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 31: 37-41.
- Fırat M Z, Karaman E, Başar E K, Narinc D 2016. Bayesian analysis for the comparison of nonlinear regression model parameters: an application to the growth of Japanese quail. Brazilian Journal of Poultry Science 18 (SPE): 19-26.
- Forni S, Piles M, Blasco A, Varona L, Oliveira H N D, Lôbo R B, Albuquerque L G D 2009. Comparison of different nonlinear functions to describe Nelore cattle growth. Journal of Animal Science 87(2): 496-506.
- Gbangboche A B, Glele-Kakai R, Salifou S, Albuquerque L G D ve Leroy P L 2008. Comparison of non-linear growth models to describe the growth curve in West African Dwarf sheep. Animal 2(7): 1003-1012.
- Hojjati F, Ghavi Hossein-Zadeh N 2018. Comparison of non-linear growth models to describe the growth curve of Mehraban sheep. Journal of Applied Animal Research 46(1): 499-504.
- Hurvich CM, Tsai CL 1989. Regression and time series model selection in small samples. Biometrika 76(2): 297-307.
- Kaymakçı M 2016. İleri Koyun yetiştiriciliği. İzmir İli Damızlık Koyun-Keçi Yetiştiricileri Birliği Yayınları No:1 (Genişletilmiş 5. Basım) Bornova-İzmir 392 sy.
- Kizilkaya K, Balcioglu MS, Yolcu H İ, Karabag K, Genc IH 2006. Growth curve analysis using nonlinear mixed model in divergently selected Japanese quails. Archiv Fur Geflugelkunde 70(4): 181-186.
- Kocabaş Z, Kesici T, Eliçin A 1997. Akkaraman, İvesi x Akkaraman ve Malya x Akkaraman kuzularında büyüme eğrileri. Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi21(3): 267- 275
- Koncagül S, Cadirci S 2009. Comparison of three non-linear models when data truncated at different lengths of growth period in Japanese quails. European Poultry Science 73(1): 7-12.
- Koncagül S, Demiralp C, Aksümer N, Akın A O, Ertuğrul M 2011. Domestic Animal Genetic Resources in Turkey. Ankara, 116 sy.
- Koptur M 2020. Doğa Sporlarının Yaşam Doyumu Üzerine Etkisi: Bayesci Yaklaşım. Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Dönem Projesi. 59 sy.
- Kozaklı Ö 2020. Kontrol günü süt verimlerinin Bayesian zaman serisi yöntemi ile modellenmesi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 76 sy.
- Lázaro S F, Ibáñez-Escriche N, Varona L, e Silva F F, Brito L C, Guimarães S E F, Lopes P S 2017. Bayesian analysis of pig growth curves combining pedigree and genomic information. Livestock Science 201: 34-40.
- Malhado C H M, Carneiro P L S, Santos P F, Azevedo DMM, de Souza JC, Affonso PRM 2008. Curva de crescimento em ovinos mestiços Santa Ines x Texel criados no Sudoeste do Estado da Bahia. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal 9(2): 210-218.
- Mohammadi Y, Mokhtari M S, Saghi D A, Shahdadi A R 2019. Modeling the growth curve in Kordi sheep: The comparison of non-linear models and estimation of genetic parameters for the growth curve traits. Small Ruminant Research 177: 117-123.
- Owens F N, Dubeski P, Hanson CF 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. J Anim Sci. 71: 3138–3150.
- Peil J, Helvin H 1981. Phenomenologic-mathematical model of growth dynamics. Bio J 23: 41-54.
- Rêgo Neto A D A, Santos G V D, Sarmiento J L R, Biagiotti D, Sousa JERD 2012. Curva de crescimento de ovinos Santa Inês no Vale do Gurgueia. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal 13(4): 912-922.
- Salles T T, Beijo L A, Nogueira D A, Almeida G C, Martins T B, Gomes V S 2020. Modelling the growth curve of Santa Ines sheep using Bayesian approach. Livestock Science 239: 104-115
- Santos N P S, de Oliveira Neto C B, Sarmiento J L R, Bezerra L R, Oliveira R L, dos Santos G V, Biagiotti D 2014. Carcass traits and growth curve parameters in Santa Inês sheep. Journal of Agricultural Science 6(5): 180-187.
- Sarmiento J L R, Regazzi A J, Sousa W H D, Torres R D A, Breda F C, Menezes G R D O 2006. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. Revista Brasileira de Zootecnia 35(2): 435-442.
- Spiegelhalter D J, Best N G, Carlin B P, Van Der Linde A 2002. Bayesian measures of model complexity and fit. Journal of the royal statistical society: Series b (Statistical Methodology) 64(4): 583-639.
- Şahin A, Ulutaş Z, Karadavut U, Yıldırım A, Arslan S 2014. Anadolu mandası malaklarında büyüme eğrisinin çeşitli doğrusal olmayan modeller kullanılarak karşılaştırılması. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 20(3): 357-362.
- Şireli H D, Ertuğrul M 2004. Dorset Down x Akkaraman (GDİ), Akkaraman ve Akkaraman x GD1 Genotipli Kuzularda Büyüme Eğrilerinin Logistic Model ile Tahmini. Tarım Bilimleri Dergisi 10 (4): 375-380.
- Tahtali Y, Sahin M, Bayyurt L 2020. Comparison of Different Growth Curve Models in Romanov Lambs. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 26(5): 609-615.

- Teixeira M C, Villarroel A B, Pereira E S, de Oliveira S M P, Albuquerque Í A, Mizubut I Y 2012. Curva de crescimento de cordeiros oriundos de três sistemas de produção na Região Nordeste do Brasil. *Semina: Ciências Agrárias* 33(5): 2011-2018.
- Tekel N, Şireli H D, Eliçin M 2002: İvesi kuzularında canlı ağırlığın tekrarlanma derecesinin tespiti üzerine bir araştırma. 3. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, 14-16 Ekim 2002, Ankara, 105-110
- Topal M, Ozdemir M, Aksakal V, Yildiz N. Dogru, U 2004. Determination of the best nonlinear function in order to estimate growth in Morkaraman and Awassi lambs. *Small Ruminant Research* 55(1-3): 229-232.
- Yakupoğlu Ç 1999. Etlik piliçlerde büyüme eğrilerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 98 sy.
- Yıldız G, Soysal M İ, Gürcan E K 2009. Tekirdağ ilinde yetiştirilen Karacabey Merinosu x Kıvırcık melezi kuzularda büyüme eğrisinin farklı modellerle belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 6(1): 11-19.