

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

**ÇOK SEVİYELİ DOĞRUSAL, GENEL DOĞRUSAL VE
DOĞRUSALOLMAYAN BÜYÜME MODELLERİNİN İNCELENMESİ VE
HAYVANCILIK ALANINDA KULLANILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Volkan İZGİ
DANIŞMAN: Doç. Dr. Suna AKKOL
İKİNCİ DANIŞMAN: Doç. Dr. Ahmet TEKELİ

VAN-2020

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ZOOOTEKNİ ANABİLİM DALI

**ÇOK SEVİYELİ DOĞRUSAL, GENEL DOĞRUSAL VE
DOĞRUSALOLMAYAN BÜYÜME MODELLERİNİN İNCELENMESİ VE
HAYVANCILIK ALANINDA KULLANILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Volkan İZGİ

VAN-2020

KABUL VE ONAY SAYFASI

Zootečni Anabilim Dalı'nda Doç. Dr. Suna AKKOL danışmanlığında, Volkan İZGİ tarafından sunulan “Çok Seviye Lineer, Genel Lineer ve Doğrusal Olmayan Büyüme Modellerinin İncelenmesi ve Hayvancılık Alanında Uygulaması” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Sıddık KESKİN

İmza:

Üye: Doç. Dr. Hamit MİRTAGİOĞLU

İmza:

Üye: Doç. Dr. Suna AKKOL

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

.....
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atf yapıldığını bildiririm.

İmza

Volkan İZGİ

ÖZET

ÇOK SEVİYELİ DOĞRUSAL, GENEL DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN BÜYÜME MODELLERİNİN İNCELENMESİ VE HAYVANCILIK ALANINDA UYGULAMASI

İZGİ, Volkan

Yüksek Lisans Tezi, Zootekni Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Suna AKKOL

Tez İkinci Danışman: Doç. Dr. Ahmet TEKELİ

Ocak 2020, 61 sayfa

Bu çalışmada hayvancılık alanında önemli bir yere sahip olan büyüme eğrilerinin genel doğrusal regresyon, doğrusal olmayan regresyon ve iki seviyeli doğrusal regresyon modelleri kullanılarak değerlendirilmesi ve büyümeyi en iyi açıklayan modelin bulunması amaçlanmıştır. Bu amaçla, 74 adet erkek etlik pilice ait yumurtadan çıkıştan itibaren altıncı haftaya kadar alınmış olan bireysel canlı ağırlık değerleri kullanılmıştır. Çalışmada sırasıyla; Bertalanffy, Gompertz, Brody, Logistik, lineer, kübik, kesim noktasının şansa bağlı olduğu koşulsuz doğrusal büyüme modeli (Model I), kesim noktası ve eğimin şansa bağlı olduğu koşulsuz doğrusal büyüme modeli (Model II), kesim noktası ve eğimin şansa bağlı olduğu koşulsuz kuadratik büyüme modeli (Model III) çalıştırılmıştır. Büyümeyi en iyi açıklayan modeli bulmak amacıyla belirleme katsayısı, hata kareler ortalaması, Log olabilirlik (-2ll), AIC, AICC ve BIC kullanılmıştır.

Çalışmanın sonunda, doğrusal olmayan Bertalanffy, Gompertz, Brody ve Logistik modeller ortalama canlı ağırlık değerlerini kullanması nedeniyle sadece kendi içinde karşılaştırmaya tabi tutulabilmiştir. Doğrusal olmayan büyüme modelleri içinde büyümeyi en iyi açıklayan model Gompertz olarak belirlenmiştir. Doğrusal regresyon modelleri de ortalama canlı ağırlık değerlerini kullandığı için tercih edilen modeller olmamıştır. İki seviyeli doğrusal regresyon modellerinden en küçük -2ll, AIC, AICC ve BIC değerlerine sahip olan Model III, büyümeyi en iyi açıklayan model olmuştur.

Anahtar kelimeler: Büyüme eğrisi, Çok seviyeli modelleme, Doğrusal regresyon, Etlik piliç, Hiyerarşik veri.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF MULTI LEVEL LINEAR, GENERAL LINEAR AND NONLINEAR GROWTH MODELS AND APPLICATION IN LIVESTOCK FIELD

İZGİ, Volkan

M. Sc. Thesis, Animal Science

Supervisor: Assoc. Dr. Suna AKKOL

Second Supervisor: Assoc. Dr. Ahmet TEKELİ

January 2020, 61 Pages

In this study, it is aimed to evaluate growth curves which have an important place in the field of animal husbandry by using general linear regression, nonlinear regression and two level linear regression models and to find the best explaining model of growth. For this purpose, the individual body weight values of 74 male broiler chickens were taken from hatching up to sixth week. Data were analyzed with models that respectively, Bertalanffy, Gompertz, Brody, Logistic, linear, cubic, unconditional linear growth model with random slope (Model I), the unconditional linear growth model with random slope and random intercept (Model II), and the unconditional quadratic growth model with random slope and random intercept (Model III). The coefficient of determination, mean square error, Log likelihood (II), Akaiki Information Criterion (AIC) Corrected AIC (AICC) and Bayesian Information Criterion (BIC) were used to find the model that best describes growth.

At the end of the study, Bertalanffy, Gompertz, Brody and Logistic models could only be compared with themselves because they used average body weight values. In nonlinear growth models, Gompertz was the best model for explaining growth for study data. Linear regression models are not preferred models because they use average live weight values. Of the two-level linear regression models, Model III, which has the smallest $-2II$, AIC, AICC and BIC values, was the best explaining growth.

Keywords: Growth curve, Multilevel modelling, Linear regression, Broiler chickens, Hierarchical data.



ÖN SÖZ

Bu tez çalışmam esnasında zengin bilgi ve birikiminden her fırsatta faydalandığım, desteğini ve olağanüstü sabrını benden esirgemeyen çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Suna AKKOL'a teşekkürlerimi sunuyorum. Araştırmalarımnda bana rehberlik eden, önemli katkılar sunan çok kıymetli ikinci danışman hocam Doç. Dr. Ahmet TEKELİ' ye teşekkürü bir borç bilirim. Her aşamasında bilgi ve tecrübesinden yoğun olarak faydalandığım çalışma arkadaşım Mehmet Nur ÇİFTSÜREN'e de teşekkür ederim. Her zaman olduğu gibi tez çalışmam boyunca da desteğini, ilgisini ve sevgisini bana içtenlikle sunan sevgili eşime ve dünyalar tatlısı oğluma sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

2019

Volkan İZGİ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	5
2.1. Kanatlılarda Yapılan Çalışmalar	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM	19
3.1. Materyal	19
3.2. Yöntem	19
3.2.1. Doğrusal olmayan modeller	19
3.2.2. Doğrusal regresyon modelleri	21
3.2.3. İki seviyeli doğrusal modeller	22
3.2.3.1. Koşulsuz doğrusal model	22
3.2.3.2. Koşulsuz doğrusal büyüme modeli:	23
3.2.4. Çok seviyeli GLM’de tahmin yöntemleri	25
3.2.4.1. İteratif geliştirilmiş en küçük kareler (IGLS) ve kısıtlanmış iteratif geliştirilmiş en küçük kareler (RIGLS) yöntemi	28
3.2.5. Tekrarlamalı ölçümler için kovaryans yapıları	31
3.2.6. Uyum ölçütleri	34
4. BULGULAR	35
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR	55
ÖZ GEÇMİŞ	61



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Erkek etlik piliçlerin yumurtadan çıktıktan kesime gidinceye yapılan canlı ağırlık ölçümlerine ait tanımlayıcı istatistikler	35
Çizelge 4.2. Doğrusal olmayan büyüme modelleri ile tahmin edilen parametre değerleri ve güven sınırları	36
Çizelge 4.3. Doğrusal olmayan büyüme modelleri kullanılarak hesaplanan model uyum ölçütleri.....	37
Çizelge 4.4. Doğrusal büyüme modelleri kullanılarak hesaplanan model uyum ölçütleri.....	39
Çizelge 4.5. Lineer ve kuadratik modele ait tahmin ve standart hatalar	40
Çizelge 4.6. Model I için farklı kovaryans yapılarına göre ML ve REML tahmin yöntemlerinin model uyum ölçütleri	42
Çizelge 4.7. Model I için REML tahmin yöntemi kullanılarak elde edilen tahmin ve standart hatalar.....	43
Çizelge 4.8. Model II için farklı kovaryans yapılarına göre ML ve REML tahmin yöntemlerinin model uyum ölçütleri	45
Çizelge 4.9. Model II için REML tahmin yöntemi kullanılarak elde edilen tahmin ve standart hatalar.....	46
Çizelge 4.10. Model III için farklı kovaryans yapılarına göre ML ve REML tahmin yöntemlerinin model uyum ölçütleri	48
Çizelge 4.11. Model III için REML tahmin yöntemi kullanılarak elde edilen tahmin ve standart hatalar.....	49
Çizelge 4.12. Doğrusal ve iki seviyeli doğrusal regresyon modelleri için REML tahmin yöntemi kullanılarak elde edilen uyum ölçütleri	50

Çizelge 4.13. Çalışmada kullanılan büyüme modellerine ilişkin uyum ölçütleri..... 51



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Zamana göre gözlenen ve Bertalanffy, Gompertz, Brody ve Logistik modelleri ile tahmin edilen canlı ağırlık değerlerine ilişkin grafik	38
Şekil 4.2. Zamana göre gözlenen, lineer ve kuadratik model ile elde edilen canlı ağırlıkların grafiği.....	41
Şekil 4.3. Kesim noktasının şansa bağlı olduğu koşulsuz doğrusal büyüme modeli için bireysel büyüme eğrisi.....	44
Şekil 4. 4. Kesim noktasının ve eğimin şansa bağlı olduğu koşulsuz doğrusal büyüme modeli için bireysel büyüme eğrisi.....	47
Şekil 4.5. Kesim noktasının ve eğimin şansa bağlı olduğu koşulsuz kuadratik büyüme modeli için bireysel büyüme eğrisi.....	50



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
β	Regresyon Katsayısı
$\hat{\beta}$	Regresyon Katsayısının Tahmini
Y	Bağımlı Değişken
X	Bağımsız Değişkenler
e_i	Hata (örneklem)
ε_i	Hata (Anakütle)
\otimes	Kronecer Çarpımı
Cov	Kovaryans
Var	Varyans
Ω	Seviye-2 hataları için varyans kovaryans matrisi
R^2	Belirleme Katsayısı
χ^2	Ki Kare
π	Pi Sayısı
p	Parametre sayısı
n	Örnek büyüklüğü
$\hat{\theta}$	Şansa bağlı etkilere ait parametre vektörü
LL	Log Olabilirlik

Kısaltmalar	Açıklama
WLS	Ağırlıklı En Küçük Kareler Modeli
OLS	Klasik En Küçük Kareler
DW	Durbin Watson İstatistik Testi
OG	Orta Hızda Gelişen
HG	Standart Hızda Gelişen
HKO	Hata Kareler Ortalaması
AIC	Akaike Bilgi Ölçütü
YCA	Yüksek Canlı Ağırlık
GLM	Genel Doğrusal Model
GLMM	Genel Doğrusal Karışık Model
ML	En Çok Olabilirlik
REML	Kısıtlanmış En Çok Olabilirlik
IGLS	İteratif Genelleştirilmiş En Küçük Kareler
RIGLS	Kısıtlanmış İteratif Genelleştirilmiş En Küçük Kareler
AR1	Birinci Derecede Autoregressive
GLS	Genelleştirilmiş En Küçük Kareler
EXP	Doğal Logaritma Tabanı
CS	Bileşik Simetri
UN	Yapısal Olmayan
CV	Varyasyon Katsayısı
SH	Standart Hata
SS	Standart Sapma

Kısaltmalar	Açıklama
BNY	Bükülme Noktası Yaşı
HKO	Hata Kareler Ortalaması
BNA	Bükülme Noktası Ağırlığı
BIC	Bayesian Bilgi Ölçütü
CA	Canlı Ağırlık
AICC	Düzeltilmiş Akaike Bilgi Ölçütü
CSH	Heterojen Bileşik Simetri
TOEPH	Heterojen Toepliz
ARH1	Heterojen Birinci Dereceden Autoregresive
RSD	Artık standart sapma



1. GİRİŞ

Canlıların biyolojik özelliklerinden biri olan ve zigot ile başlayarak ergin canlı ağırlığa ulaşmaya kadar geçen dönemi kapsayan büyüme için literatürde çok sayıda tanımlama yapılmıştır. Büyüme, canlının zaman içinde kütle ve hacminde meydana gelen niceliksel artış olarak tanımlanabilir. Diğer bir ifade ile belirli bir zaman içinde canlının hem ağırlığında hem de beden ölçülerinde meydana gelen değişim, büyüme olarak tanımlanmaktadır (Çolak ve ark., 2006a, b; Yıldız ve ark., 2009).

Canlının genetik yapısına uygun bir şekilde belirli bir zaman aralığında kemik, kas, iç organ ve vücudunun diğer kısımlarında, kısaca bir canlıya ait ağırlık ve beden ölçülerinde meydana gelen değişimin açıklanabilmesi için büyüme eğrisi modelleri kullanılmaktadır (Kocabaş ve ark., 1997; Yıldız ve ark., 2009). Büyüme eğrisi, canlının genetik potansiyeli ve çevresel faktörlerin etkisi altında şekillenen, canlının ağırlığı ve zaman ya da yaş arasındaki istatistiksel ilişkiyi göstermektedir (Akbulut ve ark., 2004). Bu açıklamaya göre büyüme eğrisi aynı zamanda “ağırlık-yaş” eğrisi olarak tanımlanmıştır (Efe, 1990).

Büyüme eğrileri hayvancılıkta en uygun kesim yaşının belirlenmesi, canlının genel sağlık durumu, damızlıkta kullanma yaşının belirlenmesi, cinsel olgunluk yaşının belirlenmesi, seleksiyonun büyüme eğrisi parametreleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi gibi konularda kullanılmaktadır (Doğan, 2003). Büyüme eğrisi çalışılmasında amaç, yaşa bağlı olarak elde edilen ve yorumlanması zor olan verilerin biyolojik olarak yorumlanabilir olması ve daha az parametre ile özetlenmesidir (Akbaş, 1995; 1999).

Büyüme eğrisinin şekli, canlının türüne, yetiştirildiği çevre koşullarına ve incelenen özelliğine göre değişiklik göstermektedir (Efe, 1990; Bilgin ve Esenbuğa, 2003). Hayvanın genetik yapısı tarafından belirlenmiş olan büyüklüğe ulaşılmasında üç durumdan söz etmek mümkündür. Bunlar; sabit hızda büyüme, sürekli artan-azalan hızda büyüme ve değişken hızlarda büyüme olarak sınıflandırılabilir. Belirli dönemlerde canlıların bazı özellikleri sabit bir hızda büyüme gösterse bile canlıların büyüme hızının yaşamları süresince farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Kocabaş ve ark., 1997; Bilgin ve Esenbuğa, 2003). Canlıların yaşamı boyunca büyümeleri sabit hızla ilerlemediğinden

büyüme hızını doğrusal modellerle ifade etmek çoğu zaman yetersiz kalmaktadır (Efe, 1990; Perotto ve ark., 1992; Bilgin ve Esenbuğa, 2003). Canlıların bazı dönemlerde farklı büyüme hızlarının olması daha kapsamlı bir model olan doğrusal olmayan modellerin kullanılmasını gerekli kılmıştır (Bilgin ve Esenbuğa, 2003). Sabit hızda büyüme söz konusu olduğunda doğrusal modeller, büyüme hızının yaşa bağlı olarak değişik zamanlarda gerçekleşmesi söz konusu olduğunda ise doğrusal olmayan (Negatif Eksponensiyal, Brody, Lojistik, Gompertz, Bertalanffy, Richards, Weibull gibi) modeller kullanılmaktadır (Akkol ve ark., 2011).

Hayvanların büyüme verileri kullanılarak oluşturulan eğriler, erken dönemde bir bükülme noktasına ve uzak dönemde bir asimptota ya da sigmodial (S şeklinde) bir yapıya sahip fonksiyonlar söz konusudur (Bilgin ve Esenbuğa, 2003). Daha genel bir ifade ile büyüme verileri kullanılarak elde edilen eğriler sigmoidal yapıya sahip olmaktadır. Bu tip eğriler, canlının sonsuz zamanda ulaşabileceği ergin canlı ağırlığı gösteren uzak bir dönemde asimptota ve büyüme hızının arttığı ve azaldığı dönem olarak iki bölüme ayıran bükülme noktasına sahiptirler (Narinç ve ark. 2009). Doğrusal olmayan büyüme eğrileri modellerinde ortak olarak tahmin edilen parametreler vardır. Bunlar Ergin canlı ağırlık (A), erginleşme hızı (k) ve doğumdan sonraki canlı ağırlığının ergin canlı ağırlığa oranı (B) parametreleridir. Canlının biyolojik büyüme süreci bu parametrelerin yardımı ile açıklanır (Akbulut ve ark., 2004). Hayvan yetiştirme çalışmalarında büyüme eğrileri ilk defa Brody (1945) tarafından bazı büyüme özellikleri kullanılarak, büyüme modelinin tahmin edilmesi ile başlamış ve Richards (1959) ile yaygınlaşmıştır (Şahin ve ark. 2014). Hayvan yetiştiriciliğinde büyüme eğrilerini modellemek amacıyla, en uygun doğrusal olmayan modelin belirlenmesinde uzun yıllar çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda genel olarak Gompertz, Bertalanffy, Lojistik, Brody, Richards, Negatif Üstel, Morgan-Mercer Flodin ve Hiperbolastik modelleri kullanılmıştır (Knizetova ve ark., 1991; Aggrey, 2002; Ahmadi ve Golian, 2008; Narinç ve ark. 2009). Son yıllarda etlik piliçlerin büyümesini tanımlayan en iyi modelin belirlenmesinde yapılan çalışmalarda ise yaygın olarak Gompertz ve Lojistik modeller kullanılmıştır (Norris ve ark., 2007; Dourado ve ark., 2009; Narinç ve ark., 2010; Akkol ve ark., 2011).

Büyüme ile ilgili veriler tekrarlamalı olarak elde edilen verilerdir. Bu veri yapısı hiyerarşik veya sınıflandırılmış veri yapısındadır. Zira zamana bağlı olarak alınmış

büyüme verilerinde, bireyler ikinci seviyeyi ve her bir bireyden zamana bağlı olarak tekrarlamalı alınan ölçümler birinci seviyeyi göstermektedir. Bu hali ile büyüme verileri, çok seviyeli modelleme mantığında iki seviyeli bir yapıya sahip olmaktadır (Singer, 1998; Van Der Leeden, 1998; Hedeker, 2004; Kristjansson ve ark., 2007; Akkol ve ark., 2018, Ghaderi_Jzefrehe ve ark., 2018). Hiyerarşik veya çok seviyeli modellemede, her bir seviyeye şansa bağlı etkilerin dahil edilmesiyle bireysel farklılıklar dikkate alınmış olur. Dolayısıyla çok seviyeli modellemede, ortalama bir büyüme eğrisi yerine bireysel büyüme eğrilerinden bahsedilir (Akkol ve ark. 2018).

İnsanların sağlıklı bir şekilde hayatlarını devam ettirebilmeleri dengeli beslenme ile mümkündür. Dengeli beslenme için hayvansal protein olmazsa olmaz besin gruplarından biridir. Hayvansal protein kaynakları içinde kanatlı eti, ayrı bir yere sahip olup bu protein kaynağına ülkesel ve küresel talebin giderek artacağı beklenmektedir. Bununla birlikte diğer çiftlik hayvanlarına göre kanatlı üretiminin daha kısa sürede yapılabilmesi, yemden yararlanma oranlarının diğer çiftlik hayvanlarından daha iyi olması, üretim maliyetinin düşük ve karlılığın yüksek olması, kanatlı üretime yönelmeyi sağlamıştır. Ayrıca kanatlı üretiminin diğer çiftlik hayvanlarına göre daha çevre dostu olması kanatlı üretiminin tercih edilme nedenlerinin bir diğeridir. Tüm bu nedenlerden dolayı, tüketici açısından kanatlı etine ulaşım, hem kolay hem de daha ekonomik olmaktadır.

Bu çalışmada, yumurtadan çıkıştan itibaren altıncı haftaya kadar bireysel ağırlıkları alınmış erkek etlik piliçlerin büyüme eğrisinin genel doğrusal regresyon, doğrusal olmayan regresyon ve iki seviyeli doğrusal regresyon modelleri kullanılarak elde edilmesi ve büyümeyi en iyi açıklayan modelin bulunması amaçlanmıştır. Bu amaçla, doğrusal olmayan Bertalanffy, Gompertz, Brody, Logistik, doğrusal olan lineer, kübik, çok seviyeli doğrusal regresyon modellerinden kesim noktasının şansa bağlı olduğu koşulsuz doğrusal büyüme modeli, kesim noktası ve eğimin şansa bağlı olduğu koşulsuz doğrusal büyüme modeli ve son olarak kesim noktası ve eğimin şansa bağlı olduğu koşulsuz kuadratik büyüme modeli kullanılmıştır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Büyüme, belirli bir zaman içinde canlının hem ağırlığında hem de beden ölçülerinde meydana gelen değişim olarak tanımlanmaktadır. Çeşitli çiftlik hayvanlarında büyümenin modellenmesi uygun kesim yaşının, damızlıkta kullanma yaşının, cinsel olgunluk yaşının belirlenmesi ve seleksiyon için bazı kriterlerin belirlenmesi bakımından önemli bir yere sahiptir. Canlının genetik potansiyeli kadar çevre koşullarının da etkisi altında olan büyüme, tüm çiftlik hayvanları gibi kanatlılar için de uzun zamandan beri üzerinde çalışılan bir konu olmuştur. Özellikle hayvan yetiştiriciliğinde büyümeyi tanımlamak için çok sayıda araştırma yapılmıştır. Yapılan bu araştırmalarda, hayvanların ağırlık ve yaş verileri kullanılarak istatistiksel modellerden büyümeyi en iyi tanımlayan model belirlenerek çiftlik hayvanlarının ıslah ve bazı seleksiyon çalışmalarında kullanılmak üzere büyümelerine ilişkin bilgi edinilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmanın çiftlik hayvanları içinde yer alan etlik piliçler üzerinde yapılması nedeni ile özellikle bu grubu da içine alan kümes hayvanları ile ilgili literatüre aşağıdaki 2.1 başlığı altında yer verilmiştir.

2.1. Kanatlılarda Yapılan Çalışmalar

Şengül ve Kiraz (2005) ağır beyaz hindiler üzerinde yaptıkları büyüme eğrisi çalışmalarında erkek ve dişi hindilerin canlı ağırlık-yaş ilişkilerini dikkate alarak büyüme eğrilerini modellemeyi amaçlamışlardır. Ayrıca çalışmalarında büyümeyi en iyi açıklayan doğrusal olmayan modeli bulmak amacıyla Gombertz, Lojistik, Morgan-Mercer-Flodin (MMF) ve Richards modellerini kullanmışlardır. Modellere ait belirleme katsayılarını sırayla; dişiler için 0.9975, 0.9937, 0.9993 ve 0.9966; erkekler için 0.9974, 0.9933, 0.9993 ve 0.9969 olarak bulmuşlardır. Ağır beyaz hindilerde Gompertz, Lojistik, ve Richards modellerinin büyümeyi açıklamada yeterli olduğunu bildirmişlerdir.

Yang ve ark. (2006), Çin de yapmış oldukları yumurtacı hatta ait dişi ve erkek civcivlerde 16 haftalık yaşa kadar haftalık olarak elde edilen veri için büyüme modellerini analiz etmişlerdir. Çalışmalarında doğrusal olmayan Lojistik, Gompertz ve

Bertalanffy büyüme modellerini kullanmışlardır. Sonuçlar üç büyüme modelinin de büyüme parametrelerinin tahmininde kullanılabilir olduğunu ortaya koymuştur. Büyüme eğrilerinde dişiler, erkeklerden daha erken bükülme noktasına ulaşmışlardır. Ancak dişilerin vücut ağırlıkları erkeklerden önemli miktarda daha düşük bulunmuştur. Erkekler için canlı ağırlıkların bükülme noktaları Lojistik, Gompertz ve Bertalanffy modeller için sırasıyla 1098.99, 1161.86 ve 1392.91 g olarak belirlenirken aynı değerler dişiler için sırasıyla 824.29, 827.99 ve 918.67 olarak belirlenmiştir. Üç model içinde belirleme katsayısı (R^2) % 99'dan daha büyük olmuştur. Tahmin edilen χ^2 değerleri Bertalanffy modelinde erkek ve dişiler için sırasıyla 9.22 ve 7.43 olarak belirlenmiştir. Çin de Jinghai sarı civcivleri için Bertalanffy'nin parametrelerde en iyi model olduğunu bildirmişlerdir.

Norris ve ark. (2007)'nin, yaptıkları çalışmada yerli Venda ve Çıplak Boyun tavuklarının canlı ağırlığı için büyüme parametrelerini tahmin etmeyi ve karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Bir günlük yaştan 21. haftaya kadar yetiştirilen her iki ırktan 100'er tavuk olmak üzere 200 tavuğun canlı ağırlık verilerini kullanmışlardır. Büyüme eğrilerini tanımlamak için Gompertz, Lojistik ve Richards doğrusal olmayan modelleri kullanmışlardır. Modeller belirleme katsayısı (R^2), asimtotik limit (A Parametresi) değeri, oto korelasyon için Durbin-Watson (DW) istatistik testi, yakınsaklık için yineleme sayısı ve rezidüel varyanslar boyutu kullanılarak model karşılaştırmalarını yapmışlardır. Bütün modeller için R^2 değeri yüksek bulunmuştur. Gompertz, Lojistik ve Richards modelleri için R^2 değerleri sırasıyla 0.996, 0.990 ve 0.997; aynı modeller için artık varyanslar sırasıyla 2240, 5924 ve 1154 olarak tahmin etmişlerdir. Gompertz modelin tavukların büyümesini tanımlayan uygun bir model olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada, büyüme parametrelerinde tür farklılıkları gözlenmiş, Çıplak Boyun tavuklarının Venda cinsine göre daha erken olgunluğa ulaştığı ve daha yüksek büyüme oranına sahip olduğu bildirilmiştir.

Narınç ve ark. (2007), farklı gelişme hızına ait etlik piliçlerde büyümenin analizi çalışmalarında kapalı sistemde yetiştirilen standart hızla gelişen (HG) ve daha yavaş gelişen (Orta Hızda Gelişen=OG) etlik piliç genotiplerinde büyümeyi incelemişlerdir. 70 erkek ve dişi civciv için 63 günlük süreyle haftalık canlı ağırlık kayıtları olan veri seti kullanılmıştır. Çıkış ağırlıkları hariç tüm haftalarda HG'ler OG'lerden daha yüksek canlı ağırlık göstermişlerdir ($p < 0.05$). Üçüncü haftadan başlayarak deneme sonuna

kadar erkeklerin daha yüksek ağırlık ortalamalarına sahip olduklarını bildirmişlerdir ($p<0.05$). Doğrusal olmayan Gompertz büyüme modelini kullanmışlardır. Modelin β_0 , β_1 ve β_2 parametre değerleri HG'lerde 6359, 4.95 ve 0.037; OG'lerde 4879, 4.58 ve 0.031; dişilerde 4850, 4.55 ve 0.034; erkeklerde 6389, 4.98 ve 0.034 olarak belirtmişlerdir. Parametreler arasındaki fenotipik korelasyonlar ($\beta_0-\beta_1$, $\beta_0-\beta_2$ ve $\beta_1-\beta_2$) dişiler için -0.55, -0.97 ve 0.72; erkekler için -0.59, -0.97 ve 0.75; HG' ler için -0.65, -0.97 ve 0.81; OG'ler için -0.49, -0.97 ve 0.66 olarak hesaplanmıştır. Bükülme noktası yaşını HG ve OG'lerde 44.6 ve 49.5 gün olarak belirleyip; canlı ağırlık ortalamalarını da, aynı sırayla 2339, 1795, 1784 ve 2350 g olarak saptamışlardır. Araştırmacılar, Gompertz modelin etlik piliçlerin büyüme verilerini iyi bir şekilde açıkladığını bildirmişlerdir.

Narınç ve ark. (2009), Japon Bildircinlarında yüksek canlı ağırlık yönünden uygulanan seleksiyonun büyüme parametreleri üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada; Gompertz modelin parametre değerleri, bükülme noktası yaşı ve ağırlık üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, cinsiyet faktörünün etkisinin saptanması ve parametreler arasındaki korelasyonların ortaya koyulması amaçlanmıştır. Canlı ağırlık bakımından hat ve cinsiyet faktörlerinin etkisi ($p<0.05$) önemli bulunmuştur. Dişiler için 21.-28. günler arasında ortaya çıkan canlı ağırlık farklılıklarının deneme boyunca sürdüğünü bildirilmişlerdir. Gompertz modelin β_0 , β_1 ve β_2 parametre değerleri kontrol hattı (K) için 210.7, 3.66 ve 0.084 olarak; seleksiyon hattı (YCA) için ise 236.47, 3.44, ve 0.083 olarak hesaplanmıştır. Parametre değerleri dişilerde 243.4, 3.48 ve 0.076; erkeklerde 203.77, 3.62 ve 0.091 olarak tahmin edilmiştir. Parametreler arasındaki fenotipik korelasyonları dişiler için -0.52, -0.90, 0.78, erkekler için -0.52, -0.86, 0.81; kontrol hattı için -0.53, -0.88, 0.80 ve yüksek canlı ağırlık (YCA) hattı için -0.51, -0.88, 0.79 olarak hesaplamışlardır. Bükülme noktası yaşını K ve YCA hatlarında 15.75 ve 15.24 gün dişiler ve erkekler için 16.79 ve 14.20 gün olarak bildirmişlerdir. Canlı ağırlıkları da aynı sırayla 77.51, 86.99, 89.54, 74.96 g olarak belirtmişleridir. Yapılan bu çalışmayla hatlar arasında büyüme eğrisi parametreleri bakımından geniş varyasyon saptandığı ve kriterlerin seleksiyon çalışmalarında kullanılabilirliği görüşünü bildirmişlerdir.

Koncagül ve Çadircı (2009), yaptıkları çalışmada, kuluçkadan itibaren 12. haftaya kadar erkek ve dişi Japon bıldırcınlarının canlı ağırlıklarını kullanarak doğrusal olmayan üç büyüme modelini (Richards, Gompertz-Laird ve lojistik) karşılaştırmışlardır. Gözlenen ve öngörülen vücut ağırlıkları açısından modellerin karşılaştırılmasında, belirleme katsayılarına dayanarak (R^2 değerleri), artık standart sapma (RSD) ve korelasyon (r) değerleri dikkate alınmıştır. Richards, Gompertz-Laird ve Lojistik modelleri için, erkeklerde R^2 değeri sırasıyla 0.987-0.992, 0.987-0.991 ve 0.987-0.992 arasında değişmektedir. Aynı değer dişilerde sırasıyla; 0.984-0.987, 0.997-0.987 ve 0.977-0.987 olarak hesaplanmış olup, bu değerler dişilere kıyasla erkeklerde daha yüksek bulunmuştur. Kalıntı standart sapmalar erkekler için Richards, Gompertz-Laird ve Lojistik model için 10.80-12.69, 10.79-13.09 ve 10.87-12.68 arasında değişmiştir. Üzerinde durulan parametre ve modeller için dişilerde sırasıyla 14.53-18.01, 14.55-18.51 ve 14.78-18.01 arasında değişmiştir. Bu değerler dişilere kıyasla erkeklerde daha düşük bulunmuştur. Şayet erkek bıldırcınlar olgun canlı ağırlığa ulaşmadan önce veriler elde edilmiş ise, doğrusal olmayan üç model arasında en iyi şekilde sonuç veren lojistik modeldir. Olgun canlı ağırlığa ulaşıldıktan sonra, verilerin tamamının kullanılması durumunda her iki cinsiyet içinde üç modelin uygun olduğu belirlenmiştir. Ek olarak, olgun canlı ağırlığa ulaşıldığı zaman, verilerin tamamlanması durumunda erkek bıldırcınlar için, Richards ve Lojistik modellerinin, dişi bıldırcınlar için yalnızca Lojistik modelin uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Şekeroğlu ve ark. (2013), üç yerleşim sıklığında yetiştirilen etlik piliçlerin 42. gün canlı ağırlığa kadar elde edilen canlı ağırlıklarını Gompertz büyüme modeli ile tahmin etmişlerdir. Çalışmada, üç yerleşim sıklığında (9, 13 ve 17 etlik piliç) tesadüfen yerleştirilen 284 adet Ross 308 etlik piliç kullanılmıştır (bütün hayvanlar haftalık olarak tartılmışlardır). 9, 13 ve 17 etlik piliç/m² yerleşim sıklığında haftalık olarak ölçümü yapılan piliçlerin asimptotik ağırlıkları (A) sırayla; 4189.46, 3807.45 ve 3999.92 g olarak ($p < 0.05$); büyüme oranı (k) sırayla 0.055, 0.058 ve 0.052 olarak ($p < 0.01$) bulunmuştur. Belirleme katsayıları R^2 sırasıyla 0.998, 0.997 ve 0.996 olarak ($p < 0.05$) bulunmuştur. Yapılan çalışmanın sonucunda yerleşim sıklığı 9/m² de hata kareler ortalamasının Gompertz modelinde en küçük olduğu belirlenmiş ve 9/m² yerleşim sıklığındaki etlik piliçlerin büyümesini daha iyi olduğu bildirilmiştir.

Eleroğlu ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada, organik sistemde yetiştirilen yavaş gelişen Hubbard S757 (S757) ve Hubbard Gri çubuklu JA (GB-JA) etlik piliçlerin Gompertz ve Lojistik büyüme modellerini kullanarak büyümelerini tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu amaçla, 240 adet S757 GB-JA yavaş gelişen etlik piliç kullanmışlardır. Gompertz modelde dişi ve erkeklerin ergin canlı ağırlık değerleri GB-JA genotipinde 3725 ve 6110 g, S757 genotipinde 4876 ve 6497 g, Lojistik modelde dişi ve erkeklerin ergin canlı ağırlık değerleri GB-JA genotipinde 2133 ve 2906 g, S757 genotipinde ise 2790 ve 3635 g olarak bulunmuştur. Gompertz modelinde ergin canlı ağırlık değerleri Lojistik modele göre daha yüksek bulunmuş olup, erkeklerin ergin canlı ağırlık değeri her iki modelde de dişilere göre daha yüksek bulunmuştur. GB-JA genotipinde erkek ve dişilerin büyüme hızı (β_2) Gompertz modelde 0.1424 ve 0.1288; Lojistik modelde 0.3753 ve 0.3734, S757 genotipinde Gompertz modelde 0.1525 ve 0.1495; lojistik modelde 0.3873 ve 0.3949 olarak elde edilmiştir. Belirleme katsayısı değerleri her iki genotip ve model için 0.996'nın üzerinde hesaplanmıştır. En yüksek belirleme katsayısı değeri GB-JA genotipinde Lojistik modelde bulunmuştur.

Eleroğlu ve ark. (2014), 240 adet yavaş büyüyen, Hubbard S757 ve Hubbard Gray'den (GB – JA) oluşan organik sitemde yetiştirilen iki etçi ırkın büyüme eğrisini tahmin etmek için Gompertz ve Lojistik modelini kullanmışlardır. Gompertz modelinde, GB–JA ve S757 genotiplerinin dişi ve erkekleri için asimptotik ağırlıkları sırasıyla; 3725.34 g, 6109.60 g ve 4876.10 g; 6496.47 g olarak bulunmuştur. Aynı parametreler Lojistik modelinde sırasıyla, 2133.33 g, 2906.35 g ve 2790.37 g, 3635.00g olarak tespit edilmiştir. Asimptotik ağırlık parametreleri için tahmin edilen değerler Gompertz modelinde, Lojistik modelinden daha yüksek olarak belirlenmiştir. Gompertz modelinde GB–JA ve S757 genotiplerinin dişi ve erkekleri için ani büyüme hızı; 0.1424, 0.1288 ve 0.1525 ve 0.1495 olarak belirlenirken; aynı parametreler Logistic modelde 0.3753, 0.3734 ve 0.3873, 0.3949 olarak hesaplanmıştır. Her iki modelde de ani büyüme oranı parametresi için GB–JA ve S757 genotipleri arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Gompertz ve Lojistik büyüme eğrisi modellerinde uyum derecesinin sonuçlarına göre belirleme katsayısı (R^2) ve düzeltilmiş belirleme katsayısı (adj. R^2), her iki genotip broiler için modellerinde 0.996'nın üzerinde belirlenmiştir. En yüksek R^2 ve adj. R^2 değerleri, GB-JA genotipleri için Lojistik modelinde elde edilmiştir. İki modelin de organik sistemdeki yavaş büyüyen tavuk genotiplerinin büyüme eğrilerini tahmininde

kullanımının uygun olduğu, belirleme katsayılarının tamamının 0.998'in üzerinde olduğu belirtilmiştir. Ancak iki model içinde en uygun olanının Lojistik model (% 0,999) olduğu sonucuna varılmıştır.

Raji ve ark (2014a), bir popülasyondan rastgele alınan Japon bildircinlarının vücut ağırlığı verilerini kullanarak Gompertz doğrusal olmayan büyüme modeli ile bildircinların büyümesini açıklamaya çalışmışlardır. Çalışmada 12. haftaya kadar haftalık canlı ağırlıkları alınan 54 erkek ve 67 dişi olmak üzere toplamda 121 bildircin kullanılmıştır. Belirleme katsayısının hem erkeklerde hem de dişilerde yüksek olduğunu (0.98), büyümenin Gompertz model tarafından yeterince tanımlandığını bildirmişlerdir. Ancak erkek ve dişi bildircinlarının büyüme parametrelerinin özdeş olmadığını ifade etmişlerdir. Çalışmada, dişilerin her yaşta erkeklerden daha ağır olduğunu ve bu farkın yaşla bitlikte arttığı bildirilmiştir. Asimptotik ağırlık (A), integrasyon sabiti (B) ve Büyüme Hızı (k) parametreleri erkek ve dişiler için sırasıyla 132.71 ve 168.83, 0.9338 ve 0.9507, 0.3765 ve 0.3262 olarak tahmin edilmiştir. A ve B parametreleri dişilerde yüksek bulunmasına karşın, k parametresi erkeklerde daha yüksek bulunmuş, A ve k parametreleri arasında güçlü ve negatif bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir (erkek ve dişiler için sırasıyla -0.7981 ve -0.8498). Erkeklerin dişilere göre daha erken yaşta bükülme noktasına ulaştığını ($p < 0.05$) ve erkeklerin dişilerden daha düşük kıvrım ve ağırlık kazandığı bildirilmiştir.

Raji ve ark. (2014b), 300 Japon bildircini üzerinde yaptıkları çalışmada, Asimptot regresyonu, Negatif Üstel, Gompertz, Lojistik, Monomoleküler, Richards ve Weibull için belirleme katsayısını sırasıyla 0.994, 0.935, 0.997, 0.997, 0.998, 0.998, 0.998 ve 0.999 olarak bulmuşlardır. En yüksek belirleme katsayısı Weibull modelde (0.999), en düşük belirleme katsayısı Negatif Üstel modelinde (0.935) bulunmuştur. Negatif Üstel modelde en yüksek hata kareler ortalaması (HKO), standart sapma ve AIC (Akaike Bilgi Kriteri) değerleri bulunurken bu değerlerin en düşük olduğu model ise Weibull modelidir. Weibull, Gompertz ve Richards modelleri verileri tanımlamada en iyi model olarak tanımlanır (HKO, Standart sapma ve AIC değerleri en düşük, en yüksek R^2 değeridir) iken en zayıf model ise Negatif Üstel model olarak belirlenmiştir (HKO, Standart sapma ve AIC değerleri daha yüksek R^2 değeri ise daha düşüktür). Çalışmanın sonunda, doğrusal olmayan modellerin doğrusal olan modellere göre daha iyi sonuç verdiği açıklanmıştır. HKO, Standart sapma, R^2 ve AIC değerleri dikkate

alındığında Nijerya’ da yetiştirilen Japon bildircinlarının büyümesini en iyi tanımlayan modelin Weibull model olduğu bildirilmiştir.

Fatten (2015) Broylelerin büyüme eğrisini tanımlamada doğrusal olmayan modeller için belirleme katsayısı (R^2), hata kareler ortalaması (HKO), Pearson korelasyon katsayısı (r) gibi parametreleri kullanmıştır. Çalışmada 90 günlük yaşta broyleler civcivler kullanılmıştır (Ross 308). Mevcut çalışmada doğrusal olmayan Gompertz, Lojistik ve Bertalanffy modellerini kullanmıştır. Sonuçlar Gompertz modelinin broylelerin büyüme eğrisini tahmin etmede en iyi sonucu verdiğini ortaya koymuştur. Gompertz modeline göre Asimtotik (β_0), integrasyon katsayısı (β_1) ve erginleşme hızı (β_2) sırasıyla 2973, 4.67 ve 0.05 olarak bulunmuştur. Gompertz modeline göre bükülme noktası yaşı ve bükülme noktası ağırlığı (IPa, IPW) sırasıyla 31.20 gün ve 1094 g olarak bulunmuştur. En yüksek büyüme hızı ise 54.70 olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak broylelerin (Ross 308) büyüme eğrisini tanımlamada en uygun modelin Gompertz modelin olduğu sonucuna varmıştır.

Al-Samarai (2015), belirleme katsayısı (R^2) ve hata kareler ortalaması (HKO) ölçütlerini kullanarak büyüme eğrisinde en iyi doğrusal olmayan modeli belirlemeye çalışmıştır. Çalışmada 6 hafta boyunca canlı ağırlıkları alınan 80 tane Ross 308 civciv kullanılmıştır. Kullanılan doğrusal olmayan modeller Gompertz, Lojistik ve WLS (Ağırlıklı En Küçük Kareler) modelleridir. WLS modelinin diğer iki modele göre daha iyi sonuç verdiğini belirtmiştir. WLS modelinin asimptotik (β_0), integrasyon sabiti (β_1) ve erginleşme hızı (β_3) parametrelerinin tahmini sonucu sırasıyla 2088, 3.68 ve 0.14 olarak bulmuştur. Modellere ait R^2 ve HKO ise WLS, Gompertz ve Lojistik model için 0.999, 0.997 ve 0.994; üç model için HKO sırasıyla 3.19, 1137.5 ve 497.6 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak WLS modelinin diğer iki modele göre broylelerdeki büyüme eğrisinin tahmininde daha iyi sonuç verdiği ortaya konulmuştur.

Zhao ve ark. (2015) Çin’de Shaobo, Huaixiang ve Youxi ırkı yerli tavuklarında büyüme eğrisinin tahmininde doğrusal olmayan üç büyüme modeli (Lojistik, Gompertz, ve Bertalanffy) kullanmışlardır. Çalışmada yumurtadan çıkıştan itibaren onuncu haftaya kadar canlı ağırlık verileri toplanmıştır. Üç modelinde büyüme eğrisi modelinde iyi sonuç verdiğini bildirmişlerdir. Çalışmada kullanılan her üç modelin belirleme

katsayısının (R^2) çok yüksek olduğu (0.99) ancak Gompertz model büyüme eğrisinin tahmininde en iyi sonuç verdiği bildirilmiştir. Üç ırk için bükülme noktası yaşı sırasıyla 8.64, 7.38 ve 8.96, bu yaşlara karşılık gelen ağırlıklar ise 109.93, 718.03 ve 1032.45 g olarak tahmin edilmiştir.

Eleroğlu ve ark. (2016), doğrusal olmayan modeller kullanarak Ross 308 etlik piliçlerinde büyümeyi modellemek amacıyla yaptıkları çalışmada 240 adet civciv kullanmışlardır. Doğrusal olmayan Lojistik ve Gompertz modeller kullanılarak, altı haftalık canlı ağırlık verileri için Gompertz ve Lojistik modelde ergin canlı ağırlıklar (β_0) sırasıyla 4364,53 g ve 3010,32 g olarak belirlenmiştir. İntegrasyon katsayısı (R^2) değeri Gompertz modelde 4.62 olarak belirlenmelerine karşın Lojistik modelde 31.52 olarak hesaplanmış ve Gompertz modele göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Anlık büyüme oranı (β_2) değeri Gompertz ve Lojistik modeller için sırayla 0.356 ve 0.835 olarak hesaplanmıştır. Bükülme noktası yaşı (BNY) Gompertz ve Lojistik modellerde sırayla 4.31 ve 4.13 hafta, bükülme noktası ağırlığı (BNA) sırayla 1605.79 ve 628.17 g olarak göstermişlerdir. Modellerin hesaplanan belirleme katsayısı (R^2) ve düzeltilmiş belirme katsayısı değerleri 0.997-0.999 arasında değiştiği ortaya konulmuştur.

Michalczuk ve ark. (2016), yarı kapalı şartlar altında yetiştirilen orta büyüme hızına sahip boreylerler için Gompertz, Lojistik ve Richards modellerini kullanmışlardır. 9 haftalık yaşa kadar yetiştirilen 487 erkek 493 dişi tavuk için canlı ağırlıktaki değişimi en iyi açıklayan modeli bulmak için uyum ölçütü olarak belirleme katsayısı (R^2) ve hata kareler ortalamasını (HKO) dikkate almışlardır. CCGB ırkı civcivlerin her iki cinsiyeti için büyüme eğrisinin tahmininde en iyi modelin Gompertz modeli olduğunu bildirmişlerdir. Bütün modeller için belirleme katsayıları yaklaşık olarak 0.99 olarak bulunmuştur. Gompertz modeline göre tavukların 16. hafta itibari ile ulaştıkları maksimum canlı ağırlık erkekler için 5900 g iken, dişiler için 4000 g, günlük maksimum canlı ağırlık kazançları 47. günde erkekler için 69 g, dişiler için 41. günde 50 g olarak belirlenmiştir. Lojistik modelden elde edilen değerlerin diğer modellerden elde edilen değerlerden daha fazla sapma gösterdiği bildirilmiştir. Richards modelinin tavukların canlı ağırlıklarını tahmin etmede başarılı bir şekilde uygulanabileceğini ortaya koymuşlardır. Dişiler maksimum canlı ağırlığa daha erken ulaşmışlar ancak canlı ağırlıklarının büyüme eğrileri 4. haftada 313,09 g/h ve 6. haftada 327,59 g/h olarak iki

pik noktası vermiştir. Büyümenin oransal olarak yavaş olmasının sonucu, hayvanların 14. günde serbest şekilde otlak alana çıkarılmalarına bağlanmıştır.

Söğüt ve ark. (2016), yoğun ve serbest sistemde yetiştirilen Büyük Beyaz hindilerin canlı ağırlıklarını doğrusal olmayan büyüme modelleri ile inceleyerek en iyi modeli belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmalarında 0-18. hafta boyunca yetiştirilen erkek ve dişi hindilerin canlı ağırlık verilerini kullanmışlardır. Doğrusal olmayan büyüme eğrisi modellerinden Lojistik, Gompertz, Bertalanffy ve Gauss modellerini kullanarak; en iyi modelin belirlenmesi için belirleme katsayısı (R^2), hata kareler ortalaması (HKO) ve model etkinliği (ME) ölçütlerini kullanmışlardır. Çalışmada, tüm modellerin belirleme katsayılarının yüksek olduğu ve modeller içinde en iyi modelin Bertalanffy modeli olduğu bildirilmiştir. Bertalanffy modelinde erkek ve dişi hindiler için belirleme katsayısı yoğun sistemde sırasıyla 0.9974 ve 0.99915; serbest sistemde 0.9794 ve 0.9804 olarak bulunmuştur. Bertalanffy modelinin hata kareler ortalaması düşük, belirleme katsayısı ise yüksek çıktığı için erkek ve dişilerde büyümeyi en iyi açıklayan modelin Bertalanffy modeli olduğu bildirilmiştir.

Alkan ve Birgül (2016), etlik piliçlerde embriyonun erken ve geç gelişim dönemlerinde yapılan yüksek ısı uygulamalarının büyüme özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. Büyüme verileri, doğrusal olmayan Gompertz büyüme eğrisi modeli ile analiz edilmiştir. Ergin yaş ağırlık parametresi bakımından (β_0) deneme ve cinsiyet grupları arasında önemli farklılıklar saptamışlardır ($p < 0.05$). Kontrol, geç ve erken embriyonik dönem gruplarındaki piliçler için ergin yaş ağırlığı parametreleri sırayla 3952.28 g, 4044.45 g ve 4010.09 g olarak bulunmuştur. β_0 parametresi bakımında en yüksek ortalama erken embriyonik dönem grubunun erkeklerinde 4560.75 g ve en düşük ortalama ise dişilerde 3603 g olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmanın Gompertz modelinin parametre tahminlerini önemli derecede etkilediğini bildirmişlerdir

Kaplan ve Gürcan (2016), Japon bildircinlarında doğrusal olmayan regresyon fonksiyonunu kullanarak büyüme eğrilerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada Gompertz, Logistic, Von Bertalanffy, Richards, Levakovich ve Janoschek büyüme modelleri kullanılmıştır. Çalışmada, 372 dişi ve 339 erkekte elde edilen haftalık veriler kullanılmıştır. Dişilerin canlı ağırlıklarının, erkeklerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dişi ve erkek hayvanların büyümesindeki ilk farklılıklar 21-28 günde belirlenmiş ve bu farklılığın deneme süresince devam ettiği bildirilmiştir ($p < 0.001$).

Belirleme katsayısı (R^2), düzeltilmiş belirleme katsayısı (adj R^2), Hata kareler ortalaması (MSE), Akaike'nin bilgi kriterleri (AIC), ve Bayesian bilgi kriteri (BIC) en iyi büyüme modelini belirlemek için kullanılmıştır. Belirleme katsayısı ve büyüme modellerinin düzeltilmiş R^2 değerleri tüm modeller için benzer ve 1'e yakın bulunmuştur. MSE, AIC ve BIC değerlerine dayanarak, Richards modelinin her iki cinsiyetin büyüme eğrisi için en uygun model olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, eğitim noktası açısından esnek bir yapıya sahip olan Richards modelinin hem dişi hem de erkek kanatlı hayvanları için en uygun büyüme modeli olduğu kanısına varılmıştır.

Demuner ve ark. (2017), Cobb 500, Ross 308 ve Hubbard Flex etçi ırklarına ait erkek ve dişi hayvanların büyüme eğrilerinin tahmini için Gompertz, Logistic, von Bertalanffy ve Richards modellerini kullanmışlardır. Toplam 1.800 adet hayvan kullanılmış olup, ad-libitum besleme yapılmış olup, deneme 56 gün olarak sürdürülmüştür. İncelenen modeller arasında, Richards ve Gompertz modellerinin en iyi parametre tahminlerine sahip olduğu bildirilmiştir.

Rossi ve ark. (2017), et tipi (*Coturnix coturnix japonica*) ve yumurtacı tipi (*Coturnix coturnix japonica*) Japon bıldırcınlarında cinsiyete göre büyüme eğrilerinin tahmininde kullanılan en iyi modeli belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Birinci günlük yaşta 1.350 erkek-dişi karışık bıldırcın çalışmaya alınmıştır. Bu bıldırcınların 400 adeti etçi ırk olup, deneme 42. güne kadar devam etmiştir. Denemeye alınan bıldırcınlar geleneksel bir sistemde ve ad libitum beslenerek yetiştirilmiştir. Haftalık olarak belirlenen canlı ağırlıkların analizi için doğrusal olmayan modellerden Lojistik, Brody, Von Bertalanffy ve Gompertz modelleri ve en iyi model seçiminde DIC (Sapma Bilgi Kriteri) kullanılmıştır. Et tipi bıldırcınların en yüksek yaşta, en yüksek asimptotik ağırlığa ve maksimum büyüme hızına sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Masoudi ve Azarfar (2017), dört farklı mısır kepeği düzeyiyle beslenen broylerlerde büyüme parametrelerini tahmin etmek için lineer olmayan modeller kullanmışlardır. Bu amaç için iki deneme planlanmıştır. İlk denemede en iyi modeli belirlemek için aynı ağırlıkta 80 tavuk (Ross 308) aynı rasyonla beslenmiştir. En iyi modelin belirlenmesinde kriter olarak belirleme katsayısı (R^2), ACI ve modelin dolaşım sayısı kriter olarak kullanılmıştır. İkinci denemede bir günlük yaşta 300 adet Ross 308 broyler civcivler rastgele dört gruba ayrılmış ve her grup da beş alt gruba ayrılmıştır. Rasyona %2.5,5 ve 7.5 mısır kepeği ilave edilen gruplar muamele gurubunu,

mısır kepeği ilave edilmeyen grup ise kontrol grubunu oluşturmuştur. Sonuçlar göstermiştir ki Gompertz modeli en yüksek R^2 değeri ve en düşük AIC değerine sahip olmuştur. Böylece Gompertz model broylerde büyüme eğrisini en iyi tahmin eden model olmuştur. Gompertz modelinin R^2 ve AIC değerleri sırasıyla 0,9970 ve 648 olarak bildirilmiştir. Farklı düzeylerde mısır kepeği ile besleme olgunluk canlı ağırlık kazancını ve bükülme noktasındaki canlı ağırlığı önemli düzeyde etkilediği ortaya konulmuştur ($p<0.05$). Ancak başlangıç canlı ağırlığı, bükülme noktası oransal büyüme katsayısı (b) istatistik farklılık göstermemiştir. İlave olarak mısır kepeğinin 21, 28, 35 ve 42. günlerde büyüme oranını önemli şekilde azalttığı ($p<0.05$) ancak 7. ve 14. günlerde büyüme üzerine önemli bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak mısır kepeği ile beslenen broylerlerin biyolojik büyüme eğrilerinin tahmininde en iyi modelin Gompertz olduğu bildirilmiştir.

Karadavut ve ark. (2017), farklı ışık renklerine sahip kafeslerde yetiştirilen Japon bıldırcınlarının canlı ağırlıkları ve vücut uzunlukları için büyüme eğrisi modellerini karşılaştırmışlardır. Farklı renk ışıklarında yetiştirilen Japon bıldırcınlarının 6 haftalık (42 gün) büyüme eğrisinin tahmininde Brody, Gompertz ve Von Bertalanffy büyüme modelleri kullanılmıştır. Işık kaynağı olarak sarı, kırmızı, mavi ve beyazdan oluşan renkler belirlenmiştir. Farklı ışık renklerine göre, 42. günde canlı ağırlık ve vücut uzunluğu ortalamaları ve standart hataları sırasıyla 196.09 ve 3.87 g ve 29.48 ve 0.192 cm olarak hesaplanmıştır. Ayrıca kullanılan ışığın rengine göre canlı ağırlıktaki farklılıklar 14, 21 ve 28. günlerde istatistik olarak önemli iken kullanılan ışık kaynağına bağlı olarak vücut uzunluklarındaki farklılıklar 7, 28, 35 ve 42. günlerde istatistik olarak önemli bulunmuştur. Vücut uzunluğu ve canlı ağırlık için en yüksek R^2 değerleri 0.9935 ve 0.9988; Gompertz modeline göre, en küçük hata kareler değerlerinin toplamı vücut uzunluğu ve canlı ağırlık için 9.6588 ve 10.6623 olarak belirlenmiştir.

Eleroğlu ve ark. (2018), organik sistemde yetiştirilen Guinea (Beç tavuğu) rasyonlarına farklı dozlarda ilave edilen kurutulmuş kekik bitkisinin (*Origanum vulgare* L.) büyüme eğrisi üzerine etkilerini çalışmışlardır. Çalışmada 240 günlük Gine tavuğu (*Numida meleagris*) kullanılmıştır. Dört deneme grubu oluşturulmuş olup her bir alt grup 20 hayvan içerecek şekilde 3 alt gruba ayrılmıştır. Hayvanlara 100 m²'lik bir otlatma alanı ayrılmıştır. Kekik yaprağı rasyonlara % 0, % 5, % 10 ve % 15 oranlarında ilave edilmiştir. Ortalama yaş ve vücut ağırlığının tahmininde doğrusal olmayan

Gompertz lojistik büyüme modelleri kullanılmıştır. Bu modelde, büyüme eğrisi modeli için aşağıdaki parametreler kullanılmıştır: β_0 , asimptotik ağırlık parametresi; β_1 , ölçeklendirme parametresi; β_2 , haftada anlık büyüme oranı; WIP, bükülme noktası yaşı; NWG, bükülme noktasındaki maksimum ağırlık kazancı; AIP, bükülme noktasındaki yaşı. Belirleme katsayıları (R^2), hata kareler ortalaması (MSE), düzeltilmiş belirleme katsayısı ($AD R^2$), Akaike'nin bilgi ölçütleri (AIC), ki-kare testi ($Chi.Sq^2$) ve artık standart sapma (RSD) kullanılarak modeller için uyum ölçütleri belirlenmiştir. Rasyona farklı dozlarda kekik yaprağı ilave edilmesinin, kontrol grubuyla kıyaslandığında büyüme eğrisi parametreleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Uyum değerlendirildiğinde Gompertz ve Lojistik modellerin en yüksek belirleme katsayısı ve (0,96 üstü) düzeltilmiş belirleme katsayısına sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Faraji-Arough ve ark. (2018), doğrusal olmayan regresyon modellerini kullanarak, yedi Japon bıldırcın ırkının büyümelerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada Wild, İtalian Speckled, Tuxedo, Scarlert, English White, White Button ve A&M Texas Japon Bıldırcın ırklarını; Gompertz, Richards, Lojistik, Lopez ve Weibull gibi doğrusal olmayan büyüme eğrisi modelleri kullanılarak büyümeyi en iyi tanımlayan modelin belirlenmesi amaçlanmıştır. Popülasyondan rastgele alınan bıldırcın ırklarından Wild (83), İtalian Speckled (136), Scarlert (41), English White (64), White Button (31), Tuxedo (44) ve A&M Texas (71) toplamda 470 adet Japon bıldırcın ırklarının haftada bir olmak üzere 1 ile 42 gün arasında canlı ağırlıkları ölçülmüştür. Doğrusal olmayan en iyi modelin belirlenmesi amacıyla hata kareler ortalaması, belirleme katsayısı, Akaike Bilgi Kriteri ve Bayesian Bilgi Kriteri istatistiklerini kullanılmıştır. Yapılan çalışmanın analiz sonuçlarına göre, İtalian Speckled ve Wild ırkları için Gompertz modelin büyümeyi en iyi tanımlayan model olduğunu, diğer ırklar için ise Lojistik modelin iyi olduğunu göstermiştir. En iyi büyüme oranı İtalian Speckled ırkı için gözlenirken en kötü büyüme oranı ise White Button ırkı için gözlenmiştir.

Araújo ve ark. (2018), Caipira etlik piliç cinsinin farklı ırklarından olan Pesçoço Pelado, Carijó ve Pesadão Vermelho piliç türlerini istatistiksel ölçütler kullanarak büyümeyi en iyi tanımlayan doğrusal olmayan regresyon modelini belirlemeyi amaçlamışlardır. Yaptıkları çalışmada her ırktan 30 adet tavuk kullanarak, canlı ağırlık ölçülerini haftalık olmak üzere 1 ile 91 günlük zaman aralığında almışlardır. Çalışmada

Von Bertalanffy, Gompertz, Lojistik, Richards ve Brody doğrusal olmayan regresyon modelleri kullanılmıştır. En iyi modeli belirlemek amacıyla belirleme katsayısı, asimptotik standart sapma ve mutlak ortalama sapma ölçütleri kullanılmıştır. Çalışmada Caipira etlik piliçleri için büyümeyi en iyi tanımlayan modelin Lojistik model olduğu sonucuna varılmıştır. Lojistik modelde Pescoço Pelado, Carijó ve Pesadão Vermelho ırkları için belirleme katsayılarının sırasıyla 0.96, 0.91, 0.87 ve asimptotik standart sapma değerlerinin 254.78, 353.57, 461.84 ve mutlak ortalama sapma değerlerinin sırasıyla 180.87, 235.67, 315.30 olduğu bildirilmiştir.

Şengül ve ark. (2018), yaptıkları çalışmada 14 dişi ve 6 erkek olmak üzere toplam 20 Beyaz Yeni Zelanda ırkı tavşanda doğrusal olmayan büyüme eğrilerini kullanarak büyümeyi en iyi tanımlayan modeli belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu çalışmada doğrusal olmayan modellerden Lojistik, Gompertz ve Von Bertalanffy modelleri kullanılmıştır. En iyi modeli belirlemek için belirleme katsayısı, hata kareler ortalaması, hata kareler ortalamasının karekökü Akaike Bilgi Kriteri ve Bayesci Bilgi Kriteri kullanılmıştır. Doğumdan itibaren 20. haftaya kadar canlı ağırlıklar haftalık olarak ölçülmüştür. Çalışmada büyümeyi en iyi tanımlayan modelin Von Bertalanffy modeli olduğunu sonucuna varılmıştır.

Mouffok ve ark. (2019), Cobb 500 broyler ırkının büyüme eğrisini belirlemek için doğrusal olmayan bazı modelleri karşılaştırmışlardır. Mevcut çalışmanın amacı, zamana bağlı diferansiyel fonksiyonların matematiksel çözümleri kullanarak uygun ağırlıklar için büyüme eğrisi oluşturmaktır. İstatistiksel analiz için SPSS programının doğrusal olmayan regresyon prosedürü kullanılmıştır. Üç parametrelilik model büyüme eğrisini tanımlayan en iyi model olmuştur (En yüksek verimlilik ve en düşük hata bileşenleri). Son olarak, gerçek ve öngörülen değerler arasında modellere göre karşılaştırma yapılmış ve Gompertz modelinin dört haftaya kadar en uygun model olduğu, bir aylık yaştan sonra Gompertz'in daha düşük bir hassasiyetle yapılmış tahminler ürettiği ortaya konulmuştur. İlavenen bir aylık yaştan sonra Lojistik, Von Bertalanffy ve WLS modelleri büyümeyi daha doğru şekilde açıkladığı bildirilmiştir.

Doğrusal olmayan büyüme modellerinin yanı sıra doğrusal büyüme modelleri de büyüme eğrilerinin belirlenmesi çalışmalarında sıklıkla kullanılmıştır. Tüm bu büyüme eğrisi modellerinde örneklemden elde edilen büyüme verilerinin ortalaması kullanılarak analiz yapılmaktadır. Çok seviyeli modeller, genel olarak hiyerarşik bir sınıflandırmaya

sahip olan veriler için kullanılmaktadır. Öğrencilerin okullar içinde, hastaların hastaneler içinde, süt sığırlarının işletmeler içinde sınıflandırılmış olması verilebilecek örneklerden sadece birkaçıdır. Aynı işletmede yer alan süt sığırlarının çevresel faktörlerden dolayı birbirlerine daha benzer süt vermesi doğal olmaktadır. Bu ve bunun gibi sınıflandırılmış yapılar hiyerarşik bir yapıyı işaret etmektedir. İstatistiksel analizlerde bu yapının göz ardı edilmemesi yapılan çalışmaların sonuçlarının güvenilirliğini artırmaktadır.

Çok seviyeli modeller sosyal bilimler başta olmak üzere çeşitli çalışma alanlarında kullanılmıştır (Matterson ve ark., 1998; Naderi ve Mace 2003; Lochner ve ark., 2003; Sylva ve ark., 2013). Son yıllarda çok seviyeli modeller hayvancılık alanındaki veriler için de kullanılmaya başlamıştır (Simsek ve Firat, 2011; Akkol ve ark., 2018; Ghaderi_Jzefrehei ve ark., 2018). Akkol ve ark. (2018)'nin yaptığı çalışmada, büyüme oranındaki bireysel farklılıkları belirlemek amacıyla çok seviyeli analizler kullanılarak bireysel büyüme eğrisi modelleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla 52 baş melez kuzunun doğumdan 182 günlük yaşa kadar olan canlı ağırlık kayıtlarını içeren veri seti kullanılmıştır. Canlı ağırlıktaki değişimi en iyi açıklayan modelin koşullu kuadratik büyüme modeli olduğu belirlenmiştir. Bireysel büyüme oranının önemli olduğu hayvancılık çalışmalarında, bireysel büyüme eğrilerinin çok seviyeli modelleme kullanılarak araştırılabileceğini bildirmişlerdir. Ghaderi_Jzefrehei ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada İran Lori-Bakhtiari koyunlarının fenotipik büyüme parametrelerini araştırmak için von Bertalanffy, Gompertz, Lojistik ve Brody gibi genel doğrusal olmayan büyüme fonksiyonları ve hiyerarşik modelleme kullanmışlardır. Çok seviyeli ve ya hiyerarşik modelleme yönteminin bireysel büyüme seçimini iyileştirerek, bireysel hayvanlara dayalı büyüme parametrelerinin tahminini sağlamada önemli olduğunu bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmanın veri seti, erkek etlik piliçlerin yumurtadan çıktıktan kesime gidinceye kadar ölçümü yapılmış olan canlı ağırlıklardan oluşmaktadır. Bireysel kafeslerde büyütülen etlik piliçlerin bireysel ölçümlerinin ilki yumurtadan çıkıştan hemen sonra ve diğerleri haftada bir olmak üzere altı hafta süreyle tartımı yapılmış ağırlıkları göstermektedir. Analizler için MLwiN (2.32) ve SAS (9.3) paket programlarından faydalanılmıştır.

3.2. Yöntem

Çalışmada, doğrusal olmayan, doğrusal ve çok seviyeli doğrusal modeller kullanılarak etlik piliçlerde büyümenin tespit edilmesi ve büyümeyi en iyi açıklayan modelin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, ilk olarak doğrusal olmayan modeller hakkında bilgi verilmiştir. Ardından doğrusal regresyon modeli ve çok seviyeli doğrusal regresyon modelleri ile ilgili açıklamalar yapılmıştır.

3.2.1. Doğrusal olmayan modeller

Canlıların farklı yaşlarda ve dönemlerde büyümesi sabit olmadığından, farklı büyüme hızları söz konusu olduğunda büyüme doğrusal bir ilişki göstermez. Hayvanların büyüme verileri kullanılarak oluşturulan eğriler, erken dönemde bir bükülme noktasına ve uzak dönemde bir asimptota ya da sigmoid (S şeklinde) bir yapıya sahip fonksiyonlar söz konusu ise bunun yerine doğrusal olmayan modellerin kullanılmasını gerekli kılmaktadır (Bilgin ve Esenbuğa, 2003). Kullanılan doğrusal olmayan modeller ve modellere ait parametreler aşağıdaki gibidir.

Gompertz model: Benjamin Gompertz tarafından 1825 yılında ortaya konulan ve ölüm oranlarını hesaplamak için geliştirilen bir modeldir. Biyolojik ve ekonomik çalışmalarda araştırmacılar tarafından büyüme eğrisi olarak kullanılmıştır (Winsor,

1932). Üç parametrelili doğrusal olmayan büyüme eğrisi modelinin matematiksel fonksiyonu aşağıdaki eşitlikte verildiği gibidir.

$$Y_t = A \exp(-B \exp(-kt)) \quad (3.1)$$

Eş.3.1'de Y_t : t'inci günlük yaşta gözlenen ağırlığı, t: ağırlığın alındığı zamanı göstermektedir. A: Canlının ulaşabileceği maksimum ağırlıktır. Ergin canlı ağırlığı gösteren A parametresi büyüme eğrisi modellerinde ortak parametre olarak kullanılır. B: Doğumdan sonra kazanılan canlı ağırlığın ergin canlı ağırlığa oranını ifade eder. k: Erginleşme hızı olarak ifade edilir. Maksimum büyüme oranının ergin canlı ağırlığa oranını gösterir. exp: Doğal Logaritma tabanını ifade eder ve birimi 2.718 ile gösterilir.

Lojistik model: Verhulst tarafından 1838 yılında ortaya konulan ve büyüme içinde kullanılan üç parametrelili büyüme eğrisi modelidir. Bu model popülasyon içindeki bireylerin sayısındaki değişimleri modellemek için hayvan ekolojisi çalışmalarında önemli bir şekilde kullanılmaktadır. Bu modelin biyolojik önemi doğumdan sonraki canlı ağırlık artış oranının ve asimptotik değerine bağlanmasıdır (Verhulst, 1838; Efe, 1990).

$$Y_t = A(1 + B \exp(-kt))^{-1} \quad (3.2)$$

Eş.3.2'de, Y_t : t'inci günlük yaşta gözlenen ağırlığı, t: ağırlığın alındığı zamanı göstermektedir. A: Canlının ulaşabileceği maksimum ağırlıktır. Ergin canlı ağırlığı gösteren A parametresi büyüme eğrisi modellerinde ortak parametre olarak kullanılır. B: Doğumdan sonra kazanılan canlı ağırlığın ergin canlı ağırlığa oranını ifade eder. k: Erginleşme hızı olarak ifade edilir. Maksimum büyüme oranının ergin canlı ağırlığa oranını gösterir. exp: Doğal Logaritma tabanını ifade eder ve birimi 2.718 ile gösterilir.

Bertalanffy modeli: 1934 yılında Von Bertalanffy tarafından ortaya konulan büyüme eğrisi modelidir. Üç parametrelili model olan Bertalanffy modeli balık popülasyonlarının büyümesini tanımlamak için yaygın bir şekilde kullanılan modeldir. Modelin matematiksel eşitliği aşağıdaki gibidir (Emsen ve Köyceğiz, 2004).

$$Y_t = A(1 - B \exp(-kt))^3 \quad (3.3)$$

Eş.3.3'de, Y_t : t'inci günlük yaşta gözlenen ağırlığı, t: ağırlığın alındığı zamanı göstermektedir. A: Canlının ulaşabileceği maksimum ağırlıktır. Ergin canlı ağırlığı gösteren A parametresi büyüme eğrisi modellerinde ortak parametre olarak kullanılır. B: Doğumdan sonra kazanılan canlı ağırlığın ergin canlı ağırlığa oranını ifade eder. k: Erginleşme hızı olarak ifade edilir. Maksimum büyüme oranının ergin canlı ağırlığa oranını gösterir. exp: Doğal Logaritma tabanını ifade eder ve birimi 2.718 ile gösterilir.

Brody modeli: Biyolojik canlıların büyümesini tanımlamak için yaygın olarak kullanılan modellerden birisi olan Brody modeli 1945 yılında Samuel Brody tarafından ortaya konulan 3 parametrelili bir modeldir. Hayvan yetiştirme çalışmalarında büyüme eğrilerini ilk defa Brody tarafından bazı büyüme özellikleri kullanılarak, büyüme modelinin tahmin edilmesi ile başlamıştır (Brody, 1945).

$$Y_t = A(1 + B \exp(-kt)) \quad (3.4)$$

Eş.3.4'te Y_t : t'inci günlük yaşta gözlenen ağırlığı, t: ağırlığın alındığı zamanı göstermektedir. A: Canlının ulaşabileceği maksimum ağırlıktır. Ergin canlı ağırlığı gösteren A parametresi büyüme eğrisi modellerinde ortak parametre olarak kullanılır. B: Doğumdan sonra kazanılan canlı ağırlığın ergin canlı ağırlığa oranını ifade eder. k: Erginleşme hızı olarak ifade edilir. Maksimum büyüme oranının ergin canlı ağırlığa oranını gösterir. exp: Doğal Logaritma tabanını ifade eder ve birimi 2.718 ile gösterilir. Bertalanffy, Lojistik ve Gompertz modellerinde değişim noktası sabittir (3, -1 ve ∞).

3.2.2. Doğrusal regresyon modelleri

Bu başlık altında üç büyüme modeli incelenmiştir. Özellikle canlılardaki büyüme seyri için bazı dönemlerde sabit gerçekleştiği durumlarda kullanılan modellerdir. Bunlar sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Linear doğrusal model: Bu modelde zamana bağlı değişimin basit etkisi incelenir. Modelin matematiksel eşitliği aşağıdaki gibidir.

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t \quad (3.5)$$

Kuadratik model: Bu modelde zamanın basit etkisinin yanı sıra ikinci dereceden etkisi de incelenmektedir. Bu regresyon modeli bu nedenle çoklu doğrusal regresyon modelidir. Modelin matematiksel denklemi aşağıda Eş.3.6’de verilmiştir.

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 \quad (3.6)$$

Kübik model: Bu model, diğerleri gibi doğrusal olmakla birlikte zamanın üçüncü dereceden büyüme üzerine olan etkisini de incelemektedir. Modele ilişkin matematiksel eşitlik Eş.3.7’de verilmiştir.

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \beta_3 t^3 \quad (3.7)$$

Yukarıda verilen Eş.3.5, Eş.3.6 ve Eş.3.7’de, Y_t : t’nci günlük yaşta gözlenen ağırlığı, t: ağırlığın alındığı zamanı göstermektedir. Doğrusal modellerde; β_0 : incelenen özellik bakımından doğrunun y eksenini kestiği başlangıç değeridir. β_1 , β_2 ve β_3 : doğrusal modellerdeki regresyon katsayılarını gösterir.

3.2.3. İki seviyeli doğrusal modeller

Bu başlık altında büyüme verilerinin tekrarlamalı ölçümleri seviye-1, bireyler seviye-2 olarak ifade edilir. Bu çalışmada bireyler yumurtadan çıkan her bir civcivi ifade etmektedir. Çalışmada kullanılan iki seviyeli modeller aşağıda verildiği gibidir.

3.2.3.1. Koşulsuz doğrusal model

Bu modelde sadece sabit bulunur ve boş (“null”) model olarak bilinir.

Seviye-1 (Tekrarlamalı ölçüm seviyesi): $Y_{ti} = \pi_{0i} + e_{ti}$

Seviye-2 (Civciv seviyesi): $\pi_{0i} = \beta_{00} + u_{0i}$

Seviye-2 ile verilenler seviye-1'de yerine yazılınca tek bir eşitlik elde edilir.

$$Y_{it} = \beta_{00} + u_{0i} + e_{it} \quad (3.8)$$

Eş.3.8'de, Y_{it} i 'inci civcivin t 'inci ölçüm zamanındaki canlı ağırlığını, β_{00} , tüm civcivler için canlı ağırlık skorunun genel ortalaması ve u_{0i} bu genel ortalama etrafındaki sapmaları ve e_{it} civcivlerin gözlenen ve beklenen canlı ağırlıkları arasındaki sapmayı ifade etmektedir. Seviye-2 (u_{0i}) ve seviye-1 (e_{it}) hata terimleri için sırasıyla $u_{0i} \sim N(0, \sigma_{u_0}^2)$ ve $e_{it} \sim N(0, \sigma_e^2)$ varsayımı yapılır.

3.2.3.2. Koşulsuz doğrusal büyüme modeli:

Zamana bağlı olarak tekrarlamalı ölçümde meydana gelen değişimi modellemek için kullanılır. Bu model ile büyüme oranındaki bireysel varyasyon incelenir ve modelde zaman dışında herhangi bir bağımsız değişken yer almaz. Bu iki başlık altında incelenebilir. Bunlardan ilki sadece kesim noktasının (intercept) şansa bağlı olduğu model, ikincisi hem kesim noktası hem de eğimin (slope) şansa bağlı olduğu modeldir.

Kesim noktasının (intercept) şansa bağlı olduğu koşulsuz doğrusal büyüme modeli (Model I): Bu modele ilişkin seviye-1 ve seviye-2 eşitlikleri aşağıda verildiği gibi yazılır.

$$\text{Seviye-1: } Y_{it} = \pi_{0i} + \pi_{1i}T_{it} + e_{it}$$

$$\text{Seviye-2: } \begin{aligned} \pi_{0i} &= \beta_{00} + u_{0i} \\ \pi_{1i} &= \beta_{10} \end{aligned}$$

Seviye 2'de verilenler seviye 1'de yerine koyulduğunda Eş.3.9 elde edilir.

$$Y_{it} = \beta_{00} + \beta_{10}T_{it} + u_{0i} + e_{it} \quad (3.9)$$

Eş.3.9’da, Y_{it} daha önce açıklandığı gibidir. T_{it} i’inci birey için t’inci ölçüm zamanını gösteren zaman değişkenini, β_{00} kesim noktası (sabit), yani zamanın sıfır olduğu noktada civcivlerin genel-ortalama canlı ağırlık skorunu ve β_{10} eğimi (slope) yani zamana göre canlı ağırlık skorundaki ortalama değişim miktarını ifade eder. Eşitliklerde yer alan u_{0i} seviye-2 hata terimini ve e_{it} seviye-1 hata terimini gösterir. Hata terimleri normal dağılışa sahiptir ve \mathbf{u}_i ile e_{it} hataları birbirinden bağımsızdırlar. Diğer bir ifade ile, $\mathbf{u}_i = u_{0i} \sim N(0, \sigma_{u_0}^2)$ ve $e_{it} \sim N(0, \sigma_e^2)$ şeklinde gösterilir.

Kesim noktası ve eğimin şansa bağlı olduğu koşulsuz doğrusal büyüme modeli (Model II): Modele ait seviye-1 ve seviye-2 eşitlikleri aşağıda verildiği gibi olur.

$$\text{Seviye-1: } Y_{it} = \pi_{0i} + \pi_{1i}T_{it} + e_{it}$$

$$\text{Seviye-2: } \begin{aligned} \pi_{0i} &= \beta_{00} + u_{0i} \\ \pi_{1i} &= \beta_{10} + u_{1i} \end{aligned}$$

Daha önce yazıldığı gibi, seviye-2’de verilenler seviye-1’de yerine konulduğunda Eş.3.10 elde edilir.

$$Y_{it} = \beta_{00} + \beta_{10}T_{it} + u_{1i}T_{it} + u_{0i} + e_{it} \quad (3.10)$$

Eş.3.10’da yer alan terimlerin çoğu daha önce açıklandığı gibidir (Y_{it} , T_{it} , β_{00} , β_{10}). Eş.3.9 ile Eş.3.10 arasındaki farklılık şansa bağlı etkilerin modelde yer almasından kaynaklanmaktadır. Zira bu modelde eğimlerin de şansa bağlı olarak değiştiği varsayımı yapılmaktadır. Dolayısıyla Eş. 3.10’da yer alan u_{0i} ve u_{1i} seviye-2 hata terimi ve e_{it} seviye-1 hata terimini ifade etmektedir. Hata terimleri normal dağılışa sahiptir. \mathbf{u}_i ile e_{it} hataları birbirinden bağımsızdır. Bununla birlikte aynı seviyedeki hata terimleri birbirleri ile ilişkili (korelasyona sahip) olabilir. Bu modele ait eşlilikte $e_{it} \sim N(0, \sigma_e^2)$,

$\mathbf{u}_i = [u_{0i}, u_{1i}]^T \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{\Omega}_u)$ tanımlaması yapılır. Burada $\mathbf{\Omega}_u$, Eş.3.11'de verildiği gibi olur.

$$\mathbf{\Omega}_u = \begin{pmatrix} \sigma_{u_0}^2 & \sigma_{u_{01}} \\ \sigma_{u_{01}} & \sigma_{u_1}^2 \end{pmatrix} \quad (3.11)$$

Kesim noktası ve eğimin şansa bağlı olduğu koşulsuz kuadratik büyüme modeli (Model III): Bu modelde zamanın doğrusal etkisiyle birlikte zamanın kuadratik etkisi de modele dahil edilmektedir. Buna göre seviye-1 ve seviye-2 eşitlikleri sırasıyla aşağıda verildiği gibi olur.

$$\begin{aligned} \text{Seviye 1: } Y_{it} &= \pi_{0i} + \pi_{1i}T_{it} + \pi_{2i}T_{it}^2 + e_{it} \\ \pi_{0i} &= \beta_{00} + u_{0i} \\ \text{Seviye-2: } \pi_{1i} &= \beta_{10} + u_{1i} \\ \pi_{2i} &= \beta_{20} \\ Y_{it} &= \beta_{00} + \beta_{10}T_{it} + \beta_{20}T_{it}^2 + u_{1i}T_{it} + u_{0i} + e_{it} \end{aligned} \quad (3.12)$$

Eş.3.12'de yer alan sabit ve şansa bağlı etkilere ilişkin tanımlamalar Model II için yapıldığı gibidir.

3.2.4. Çok seviyeli genel doğrusal model (GLM)'de tahmin yöntemleri

Çok seviyeli bir model, aslında karışık bir model gibi düşünülebilir. Zira çok seviyeli bir modelde β_0 (kesim noktası, sabit, intercept) ve β_1 (eğim, slope) ile birlikte β_0 ve β_1 etrafında seviyelerden kaynaklanan şansa bağlı değişim kaynakları bulunmaktadır. Dolayısıyla şansa bağlı etkiler modele doğrudan değil bu seviyelerle birlikte dolaylı bir şekilde dahil edilmiş olur. Bunun bir sonucu olarak çok seviyeli genel doğrusal bir model için tahmin yapılması genel doğrusal karışık bir modelde (GLMM) tahmin yapılmasına benzer olmaktadır. Bu nedenle GLMM'de tahmin

yapılırken ortaya çıkan zorlukların benzerleri çok seviyeli modellerde de ortaya çıkmaktadır.

Çok seviyeli bir modelde cevap değişkenin sahip olduğu dağılıma göre kullanılan tahmin yöntemleri farklı olmaktadır. Bu tez çalışmasında cevap değişkeni normal dağılımlı olduğu için tahmin yöntemi olarak En çok olabilirlik (Maximum Likelihood=ML) ve Kısıtlanmış en çok olabilirlik (Restricted Maximum Likelihood=REML) yöntemlerini esas alan IGLS ve RIGLS tahmin yöntemleri kullanılmıştır. IGLS ve RIGLS yöntemleri açıklanmadan önce iki seviyeli bir regresyon modeli için bazı açıklamalar aşağıdaki gibi verilmiştir (Goldstein, 2011).

$$Y = X\beta + E \quad (3.13)$$

Eş.3.13'de yer alan terimler için sırasıyla,

$$\begin{aligned} Y &= \{y_{ij}\}, \\ X &= \{X_{ij}\}, X_{ij} = \{x_{0ij}, x_{1ij}, \dots, x_{pij}\} \\ E &= E^{(2)} + E^{(1)} = \{e_{ij}\} \end{aligned}$$

yazılır. Bu tanımlamalar kullanılarak aşağıdaki açıklamalar yapılmıştır (Goldstein, 1995; Akkol, 2004).

$$\begin{aligned} E^{(2)} &= \{E_j^{(2)}\}, E_j^{(2)} = z_j^{(2)} e_j^{(2)}, z_j^{(2)} = \{z_{ij}^{(2)}\} \\ z_{ij}^{(2)} &= \{z_{0j}^{(2)}, z_{1j}^{(2)}, \dots, z_{q_2j}^{(2)}\}, e_j^{(2)} = \{e_{0j}^{(2)}, e_{1j}^{(2)}, \dots, e_{q_2j}^{(2)}\}' \\ E^{(1)} &= \{E_{ij}^{(1)}\}, E_{ij}^{(1)} = z_{ij}^{(1)} e_{ij}^{(1)}, \\ z_{ij}^{(1)} &= \{z_{0j}^{(1)}, z_{1j}^{(1)}, \dots, z_{q_1j}^{(1)}\}, e_{ij}^{(1)} = \{e_{0j}^{(1)}, e_{1j}^{(1)}, \dots, e_{q_1j}^{(1)}\}' \\ e_j^{(2)} &= \sum_{h=0}^{q_2} z_{hij}^{(2)} e_{hi}^{(2)}, e_{ij}^{(1)} = \sum_{h=0}^{q_1} z_{hij}^{(1)} e_{hi}^{(1)}, \text{ olur ve} \\ e_j^{(2)} &= \{e_j^{(2)}\} \text{ ve } e_j^{(1)} = \{e_{ij}^{(1)}\}. \end{aligned}$$

Birinci ve ikinci seviyede yer alan şansa bağlı etkiler için varsayımlar $e^{(2)} \sim N(0, \Omega_2)$ ve $e^{(1)} \sim N(0, \Omega_{1j})$ şeklinde yapılmaktadır. Burada $\Omega_{1j} = \Omega_1$ olup daha açık şekliyle aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$e_{ij}^{(1)} = e_{0ij} = e_{ij} \text{ ve } e_j^{(2)} = u_j$$

Bu açıklamalar dikkate alındığında Eş.3.13 aşağıda verilen Eş.3.14'deki gibi yazılır.

$$Y = X\beta + Z^{(2)}u + Z^{(1)}e \quad (3.14)$$

Burada $E^{(2)}$ ve $E^{(1)}$ hata matrisleri için beklenen değerler sıfırdır. Bu matrislere ait varyans-kovaryans matrisleri sırasıyla aşağıda verilmiştir.

$$E(E^{(2)}E^{(2)'}) = V_{2(2)},$$

$$E(E^{(1)}E^{(1)'}) = V_{2(1)},$$

$$E(E^{(2)}E^{(1)'}) = 0$$

Bu açıklamalar kullanılarak hata matrisi aşağıdaki gibi yazılır (Browne, 1998).

$$V_2 = V_{2(2)} + V_{2(1)}$$

V_2 'de yer alan alt indis, 2 seviyeli bir modeli ve parantez içindeki alt indisler ise hangi seviyeye ait olduğunu ifade etmektedir.

İki seviyeli standart bir modelde seviye-1 hatalarının aynı seviyedeki birimler için bağımsız olduğu varsayılmaktadır. Buna göre diagonal bir matris olan $V_{2(1)}$ aşağıda verildiği gibi olur.

$$V_{2(1)} = \text{Var}(e_{ij}) = \sigma_{eij}^2 = z_{ij}^{(1)'} \Omega_e z_{ij}^{(1)},$$

Seviye-2 hatalarının da bu seviyedeki bireyler için bağımsız olduğu varsayımı geçerli olup seviye-2 hatalarının blok diagonal bir yapıya sahip olduğu bildirilmiştir (Goldstein,2011; Rodriguez ve Goldman, 1995).

$$V_{2(2)_j} = z_j^{(2)'} \Omega_u z_j^{(2)},$$

3.2.4.1. İteratif genelleştirilmiş en küçük kareler (IGLS) ve kısıtlanmış iteratif genelleştirilmiş en küçük kareler (RIGLS) yöntemi

İteratif genelleştirilmiş en küçük kareler, (IGLS/ML; Goldstein, 1986, 1989, 1991) Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (GLS) tahminine dayanan iteratif bir yöntemdir (Goldstein, 1986, 1991, 2011; Goldstein ve Rasbash, 1992; Browne, 1998). Bu yöntem ile Gaussian çok seviyeli modellerin tamamının uyumu yapılabilir (Browne ve Draper, 2000; Akkol, 2004)

β_{0_j} 'nin şansa bağlı olduğu iki seviyeli model düşünölsün,

$$y_{ij} = \beta_0 + u_j + e_{ij} \quad (3.15)$$

Burada $\beta_{0_j} = \beta_0 + u_j$ açılımına sahip olduğu için β_{0_j} hem sabit hem de şansa bağlı etkileri içermektedir. Eş.3.15'te verilen şansa bağlı terimler için $u_j \sim N(0, \sigma_u^2)$ ve $e_{ij} \sim N(0, \sigma_e^2)$ varsayımları yapılır (Goldstein, 1986, 1989; Browne ve Draper, 2000; Goldstein ve ark., 2002). Eş.3.15, Eş.3.13'deki gibi genel doğrusal formda yazılacak olursa aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$Y = X\beta + e^* \quad (3.16)$$

Bu durumda Eş.3.16'da yer alan X matrisi 1'lerden oluşurken $\beta = \beta_0$ ve $E = e^* = u_j + e_{ij}$ olur. Burada e^* 'nin ortalaması sıfır ve kovaryans matrisi V 'dir.

Doğrusal eşitlik yazıldıktan sonra (Golstein, 1991, 2011; Goldstein ve Rasbash, 1992; Langford ve ark., 1999; Browne ve Draper, 2000; Browne ve Draper, 2001):

(i) Varyansa ait değerlerin bilindiği varsayılır ve blok diagonal matris V oluşturulur. Modeldeki sabit etkiler GLS yöntemi ile tahmin edilir. Buna göre sabit etkiler için eşitlik, aşağıdaki gibi olur.

$$\hat{\beta} = (X'V^{-1}X)^{-1}X'V^{-1}Y \quad (3.17)$$

Burada $(X'V^{-1}X)^{-1}$, sabit etkilere ilişkin kovaryans matrisi olup X ve Y matris ve vektörleri aşağıda verildiği gibi yazılır.

$$X = \begin{pmatrix} 1 & X_{11} \\ 1 & X_{21} \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ 1 & X_{n_{mm}} \end{pmatrix}, \quad Y = \begin{pmatrix} Y_{11} \\ Y_{12} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{n_{mm}} \end{pmatrix}$$

(ii) β 'ların bilinmesi durumunda Eş.3.18 kullanılarak hatalar elde edilir.

$$\tilde{Y} = Y - X\beta = e^* \quad (3.18)$$

Burada $\tilde{Y} = \{\tilde{Y}_{ij}\}$ 'dir. $\tilde{Y}\tilde{Y}'$ çarpımlar vektörü olursa, bunun beklenen değeri basit bir şekilde V olur. Açık şekilde yazılacak olursa,

$$Y^* = \tilde{Y}\tilde{Y}'$$

$$E(Y^*) = V \quad (3.19)$$

ve

$$Y^{**} = \text{vec}(Y^*)$$

tanımlaması yapılarak şansa bağlı parametreleri içeren doğrusal bir model yazılabilir. Burada vec her bir Y^* matrisinde bulunan kolonlardan her birinin bir önceki kolon altına getirilmesi ile oluşturulan bir operatördür. Buna göre şansa bağlı etkilere ilişkin tahminleri içeren doğrusal model aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$E(Y^{**}) = Z^* \theta \quad (3.20)$$

Eş. 3.20'de Z^* şansa bağlı etkilere ilişkin desen matrisini gösterir. Eşitlikte yer alan $\theta = (\sigma_e^2, \sigma_u^2)$, olup şansa bağlı etkilerdir ve θ 'yı tahmin etmek için GLS analizi uygulanır. Buna göre θ için GLS çözümlenmesi aşağıda verilen Eş.3.21 kullanılarak elde edilir (Golstein, 2011; Goldstein ve Rasbash, 1996; Lagford ve ark., 1999).

$$\hat{\theta} = \left(Z^{*'} V^{-1} Z^* \right)^{-1} Z^{*'} V^{*-1} Y^{**} \quad (3.21)$$

Eş.3.21' de $V^* = V \otimes V$ 'dir ve \otimes Kronecer çarpım işlemidir. $\hat{\theta}$ 'ya ait kovaryans matrisi Eş.3.22'deki gibi olur (Goldstein, 1986, 1989, 1991, 2011; Goldstein ve Rasbash, 1992; Langford ve ark., 1999; Browne ve Draper, 2000).

$$Cov(\hat{\theta}) = 2(Z^* V^{*-1} Z^*)^{-1} \quad (3.22)$$

Özetlenecek olursa OLS'den elde edilen sabit etki/etkiler β için başlangıç değeri olur. Daha sonra IGLS, (i) ve (ii) aşamaları arasında iterasyon yapılır. Bu iterasyon yakınsama gerçekleşinceye kadar devam eder. Yakınsamada çok değişkenli normalite varsayımı yapılırsa, bu tahminler ML tahminleri olur. ML yönteminde olduğu gibi IGLS yöntemi de küçük örneklerde sapmalı tahminler üretmektedir. Özellikle bu yöntem ile şansa bağlı parametreler, olması gereken değer altında tahmin edilir. Bunun nedeni, bu algorithmada $\hat{\beta}$ 'nın örnekleme varyansının hesaba katılmamasıdır (Goldstein, 1991; Goldstein ve Rasbash, 1992; Goldstein, 2011; Browne, 1998; Browne ve Draper, 2001).

Goldstein (1989), sapmasız tahminlerin nasıl elde edeceğini göstermiştir. Yapılan basit bir değişimle elde edilen bu yöntem, RIGLS yöntemi olarak bilinmektedir. RIGLS yöntemindeki aşamalar IGLS yönteminde olduğu gibidir. Sadece $\hat{\beta}$ 'nin örnekleme varyansının hesaba katılması ile yapılan bu değişim ile aşağıda verilen Eş.3.23 elde edilir (Goldstein, 1989; Browne, 1998; Browne ve Draper, 2000, Browne ve Draper, 2001).

$$E(Y^*) = V - X \text{cov}(\hat{\beta})X' = V - X(XV^{-1}X)^{-1}X' \quad (3.23)$$

RIGLS yönteminde hata tanımlaması için IGLS için kullanılan Eş.3.18 yerine Eş.3.24 kullanılır (Browne ve Draper, 2000; Browne ve Draper, 2001).

$$\tilde{Y}^* = Y - X\hat{\beta} \quad (3.24)$$

ve

$$\hat{Y}^* = \tilde{Y}^*(\tilde{Y}^*)'$$

Buna göre Eş.3.19, Eş.3.23'e dönüştürülmüş olur. Bu durum, $\hat{\beta}$ 'nin örnekleme varyansının da dikkate alındığını göstermektedir. Her bir iterasyonda \hat{Y}^* 'nin (Eş.3.24) Eş.3.23'de ikinci terime eklenmesi ile IGLS yönteminde ortaya çıkan sapma düzeltilmiş ve RIGLS tahminler elde edilmiş olur (Goldstein, 2011; Browne, 1998; Browne ve Draper, 2001).

3.2.5. Tekrarlamalı ölçümler için kovaryans yapıları

GLM'in bir uzantısı olan GLMM, doğrusal tahmin denkleminde şansa bağlı etki veya etkilerin ilave edilmesi ile elde edilen bir modeldir (Breslow ve Clayton, 1993; Lin ve Breslow, 1996). Standart doğrusal karışık bir model Eş.3.25'teki gibi yazılır ve bu eşitlik iki seviyeli bir regresyon modeli için de geçerlidir.

$$y = X\beta + Zu + e \quad (3.25)$$

Burada X ve Z sırasıyla sabit ve şansa bağlı etkilere ait desen matrisi, β ve u sabit ve şansa bağlı etkilere ait parametre vektörü ve e hata vektörüdür. y değişkeni için normal dağılımlı olduğu varsayıldığında model için; $y|u \sim MVN(X\beta + Zu, R)$, $u \sim MVN(0, G)$ ve $e \sim MVN(0, R)$ varsayımları yapılmaktadır. Diğer bir ifade ile Eş.3.26 ile aşağıda verildiği gibi olur.

$$E \begin{bmatrix} \vec{u} \\ \vec{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{0} \\ \vec{0} \end{bmatrix} \text{ ve } Var \begin{bmatrix} \vec{u} \\ \vec{e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{G} & \vec{0} \\ \vec{0} & \vec{R} \end{bmatrix} \quad (3.26)$$

Buna göre y değişkeninin varyansı Eş.3.27'de verildiği gibi olur.

$$Var(y) = V = \vec{Z}\vec{G}\vec{Z}' + \vec{R} \quad (3.27)$$

Z şansa bağlı etkilerin desen matrisi ve \vec{G} ve \vec{R} 'nin yapısına göre uygun kovaryans matrisi kullanılarak modelin uyumu yapılır. Doğrusal karışık bir modelde kullanılan kovaryans yapılarından çalışmada kullanılmış olan Autoregressive (1) (AR1), CS, UN, Toep, ARH1, CSH ve ToepH sırasıyla aşağıda verildiği gibidir.

Birinci derecede autoregressive (AR(1)): Birbirlerine olan uzaklıklarına göre üssel olarak azalan bir korelasyonlara sahip bir yapıdadır. Diğer bir ifade ile zamana bağlı olarak yan yana bulunan zamandaki ölçümleri yakın korelasyona sahipken uzaklaştıkça korelasyonun zayıfladığını gösteren bir kovaryans yapısıdır. AR (1) yapısı aşağıda verilen eşitlikte gösterilmiştir.

$$AR(1) = \sigma^2 \begin{bmatrix} 1 & \rho & \rho^2 & \rho^3 \\ \rho & 1 & \rho & \rho^2 \\ \rho^2 & \rho & 1 & \rho \\ \rho^3 & \rho^2 & \rho & 1 \end{bmatrix} \quad (3.28)$$

Bileşik simetri (CS): Eş.3.29'da görüldüğü gibi varyanslar homojen olup iki farklı ölçüm arasında bir korelasyon vardır. Ancak CS, ölçümler arasındaki mesafe

dikkate alınmadan tüm korelasyonların sabit olduğu varsayımına dayanan kovaryans yapısına sahiptir. CS yapısı Eş.3.29'da verilmiştir.

$$CS = \begin{bmatrix} \sigma^2 + \sigma_1^2 & \sigma_1^2 & \sigma_1^2 & \sigma_1^2 \\ \sigma_1^2 & \sigma^2 + \sigma_1^2 & \sigma_1^2 & \sigma_1^2 \\ \sigma_1^2 & \sigma_1^2 & \sigma^2 + \sigma_1^2 & \sigma_1^2 \\ \sigma_1^2 & \sigma_1^2 & \sigma_1^2 & \sigma^2 + \sigma_1^2 \end{bmatrix} \quad (3.29)$$

Yapısal olmayan (UN): Bu kovaryans yapısında, matriste yer alan her teriminin birbirinden bağımsız/farklıdır. Eş.3.30 ile verilmiştir.

$$UN = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{13} & \sigma_{14} \\ \sigma_{12} & \sigma_2^2 & \sigma_{23} & \sigma_{24} \\ \sigma_{13} & \sigma_{23} & \sigma_3^2 & \sigma_{34} \\ \sigma_{14} & \sigma_{24} & \sigma_{34} & \sigma_4^2 \end{bmatrix} \quad (3.30)$$

Toepliz: teknik olarak AR(1) Toepliz yapısının özel bir halidir. Toepliz yapısı Eş.3.31 ile verilmiştir.

$$Toepliz = \begin{bmatrix} \sigma^2 & \sigma_1 & \sigma_2 & \sigma_3 \\ \sigma_1 & \sigma^2 & \sigma_1 & \sigma_2 \\ \sigma_2 & \sigma_1 & \sigma^2 & \sigma_1 \\ \sigma_3 & \sigma_2 & \sigma_1 & \sigma^2 \end{bmatrix} \quad (3.31)$$

Heterojen yapıdaki heterojen birinci dereceden Autoregressive (ARH1), Heterojen Bileşik Simetri (CSH) ve Heterojen Toepliz (ToepH) yapıları, ilişkili oldukları kovaryans yapılarından birer tane daha fazla parametre içermektedirler ve matriste yer alan köşegen elamanların aynı olması gerekmemektedir (Kincaid, 2005).

3.2.6. Uyum ölçütleri

Cevap değişkeninde meydana gelen değişimi en iyi açıklayan modeli bulmak için hata kareler Ortalaması (HKO) ve belirleme katsayısı (R^2) kullanılmıştır. Model seçimi için Log olabilirlik (ll), Akaike Information Criteria (AIC) ve Bayesian Information Criteria (BIC) kullanılan bir diğer uyum ölçütleridir. AIC, log-olabilirlik ve parametre sayısını (Akaike,1974), BIC ise log-olabilirlik ve parametre sayısı ile birlikte örnek büyüklüğünü de kullanmaktadır (Schwarz, 1978).

$$\begin{aligned} AIC &= -2ll + 2p \\ BIC &= 2ll + p \ln(n) \end{aligned} \quad (3.32)$$

Burada ll Log-olabilirlik; p parametre sayısı ve n örnek büyüklüğünü gösterir. Model seçimi yapılırken en küçük AIC ve BIC değerine sahip olan model en iyi model olarak belirlenir. Diğer bir ölçüt olan düzeltilmiş AIC (AICC) ise aşağıdaki eşitlikte verildiği gibidir (Hurvich ve Tsai,1989).

$$AICC = AIC + \frac{2p(p+1)}{n-p-1} \quad (3.33)$$

4. BULGULAR

Erkek etlik piliçlerin yumurtadan çıktıktan kesime kadar haftada bir olmak üzere, ölçümü yapılmış olan bireysel canlı ağırlıklarına (g) ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çalışmanın herhangi bir döneminde ölüm ile sonuçlanan bireylere ilişkin ölçümlerin tamamı veri setinden uzaklaştırılmış ve 74 bireye ait veriler kullanılmıştır. Çalışma başlangıcında yumurtadan çıkış ağırlıkları ortalama 42.7 g iken çalışmanın tamamlandığı kesim öncesi ortalama canlı ağırlık 2250.16 g olmuştur.

Çizelge 4.1. Erkek etlik piliçlerin yumurtadan çıktıktan kesime gidinceye yapılan canlı ağırlık ölçümlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Zaman	n	Ortalama	Varyans	SS	SH	CV	Min	Mak
1	74	42.70	6.65	2.59	0.300	6.04	38.60	49.60
2	74	129.82	361.58	19.02	2.21	14.65	67.80	164.40
3	74	342.92	3184.90	56.44	6.56	16.46	136.00	456.0
4	74	655.86	10623.65	103.07	11.98	15.72	250.00	856.00
5	74	1091.84	29124.71	170.66	19.84	15.63	444.00	1387.00
6	74	1655.18	62093.22	249.19	28.97	15.05	729.00	2135.00
7	74	2250.16	98921.95	314.519	36.5699	13.98	1112.00	2802.00

SS: Standart sapma, SH: Standart hata, CV: Varyasyon katsayısı, Min: En küçük, Mak: En büyük

Etlik piliçlerin yumurtadan çıktıktan sonra kesime kadar canlı ağırlıklarında meydana gelen değişimin belirlenmesi amacıyla doğrusal olmayan büyüme eğrisi modelleri, Bertalanffy, Gompertz, Brody ve Logistik modeller kullanılarak elde edilen katsayılara ilişkin tahmin, standart hata değerleri ile %95 güven sınırları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Brody modelindeki A ve K parametrelerinin dışında Bertalanffy, Gompertz, Logistik model parametrelerinin tamamı ve Brody modelinde B parametresi anlamlı bulunmuştur. Çizelge 4.2’de güven sınırları değerlendirildiğinde sadece Brody büyüme modelinde yer alan A ve K tahminleri önemli bulunmasına rağmen A beklenenden çok uzak bir tahmin olup K ise sıfır olarak tahmin edilmiştir. Zira A değeri ulaşılabilecek

maksimum ağırlık olup bu tahmin değeri (1713305.39), pratikte anlamlı bir değer değildir.

Çizelge 4.2. Doğrusal olmayan büyüme modelleri ile tahmin edilen parametre değerleri ve güven sınırları

Modeller	Parametre	Tahmin (\bar{X})	Standart hata ($S_{\bar{x}}$)	%95 Güven Sınırları
Bertalanffy	A	20922.81	5729.45	5015.32-36830.30
	B	0.97	0.01	0.94-1.00
	K	0.09	0.01	0.05-0.13
Gompertz	A	6479.47	379.61	5425.50-7533.44
	B	6.44	0.09	6.19-6.70
	K	0.26	0.01	0.23-0.28
Brody	A	1713305.39	1116447056.50	-3098040659.80-3101467270.62
	B	1.00	0.24	0.33-1.67
	K	0.00	0.15	-0.41-0.41
Logistik	A	3193.54	220.26	2582.00-3805.08
	B	83.81	11.15	52.85-114.77
	K	0.76	0.04	0.63-0.88

A: Canlının ulaşabileceği maksimum ağırlık, B: Doğumdan sonra kazanılan canlı ağırlığın ergin canlı ağırlığa oranını, k: Erginleşme hızı.

Bertalanffy, Gompertz, Brody ve Logistik modelleri için sırasıyla belirleme katsayısı (R^2) ve hata kareler ortalaması (HKO) Çizelge 4.3'te verilmiştir. Brody model en küçük R^2 'ye sahip olup bu değer 0.940184 olmuştur. En büyük R^2 'ye sahip doğrusal olmayan büyüme modeli Gompertz olup bunu sırasıyla Bertalanffy ve Logistik modeller takip etmiştir. Bu üç modelin R^2 değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu Çizelge 4.3'te görülmektedir (Sırasıyla 0.999919, 0.999798 ve 0.99902). Çizelge 4.3'te verilen HKO en büyük Brody modeli ile elde edilmiştir. Büyüklüklerine göre sırasıyla en iyi doğrusal olmayan regresyon modeli Gompertz olup bunu sırasıyla Bertalanffy ve Logistik modelleri takip etmiştir. Canlı ağırlıktaki değişimi en iyi açıklayan modele karar verilirken R^2 'nin büyük ve HKO'nun küçük olması istenir. Buna göre Çizelge 4.3 değerlendirildiğinde, Brody dışında diğer modellerin canlı ağırlıktaki değişimi iyi açıkladıkları sonucuna varılır. Bu sonuç ağır beyaz hindiler üzerinde çalışma yapan Şengül ve Kiraz (2005)'in, yerli Venda ve Çıplak Boyun tavukları üzerinde çalışan Norris ve ark.(2007)'nin çalışma sonuçları ile uyumlu olmuştur. Bu üç doğrusal

olmayan model incelendiğinde en iyi modelin en büyük belirleme katsayısı ve en küçük hata kareler ortalamasına sahip (sırasıyla 0.999919 ve 83.20) Gompertz olduğu Çizelge 4.3'te açıkça görülmektedir. Elde edilen bu sonuç, Norris ve ark. (2007)'nin, farklı gelişme hızına ait etlik piliçlerde büyümenin analizini yapan Nariç ve ark.'nın (2007), Broylelerin büyüme eğrisini tanımlamada doğrusal olmayan modeller ile tanımlamaya çalışan Fatten (2015)'nin, Çin'de Shaobo, Huaixiang ve Youxi ırkı yerli tavuklarında büyüme eğrisinin tahmininde doğrusal olmayan üç matematiksel model kullanan Zhao ve ark. (2015)'nin, dört farklı mısır kepeği düzeyiyle beslenen broyle tavuklarında büyüme parametrelerini tahmin etmek için lineer olmayan doğrusal modeller kullanan Masoudi ve Azarfar (2017)'in, farklı ışık renklerine sahip kafeslerde yetiştirilen Japon bildircinlarının canlı ağırlıkları ve vücut uzunlukları için büyüme eğrisi modellerini karşılaştıran Karadavut ve ark. (2017)'nin ulaştıkları sonuçlarla benzer olmuştur. Aynı zamanda bu sonuç, Koncagül ve Çadırcı (2009)'nin, Eleroğlu ve ark. (2014)'nin, Raji ve ark. (2014b)'nin, Al-Samarai (2015)'nin, yarı kapalı şartlar altında yetiştirilen orta büyüme hızına sahip bireyler için Gompertz, Lojistik ve Richards modellerini kullanan Michalczuk ve ark. (2016)'nin, Söğüt ve ark. (2016)'nin, Kaplan ve Gürcan (2016)'nin çalışmalarında ortaya koydukları sonuçlardan farklı olmuştur.

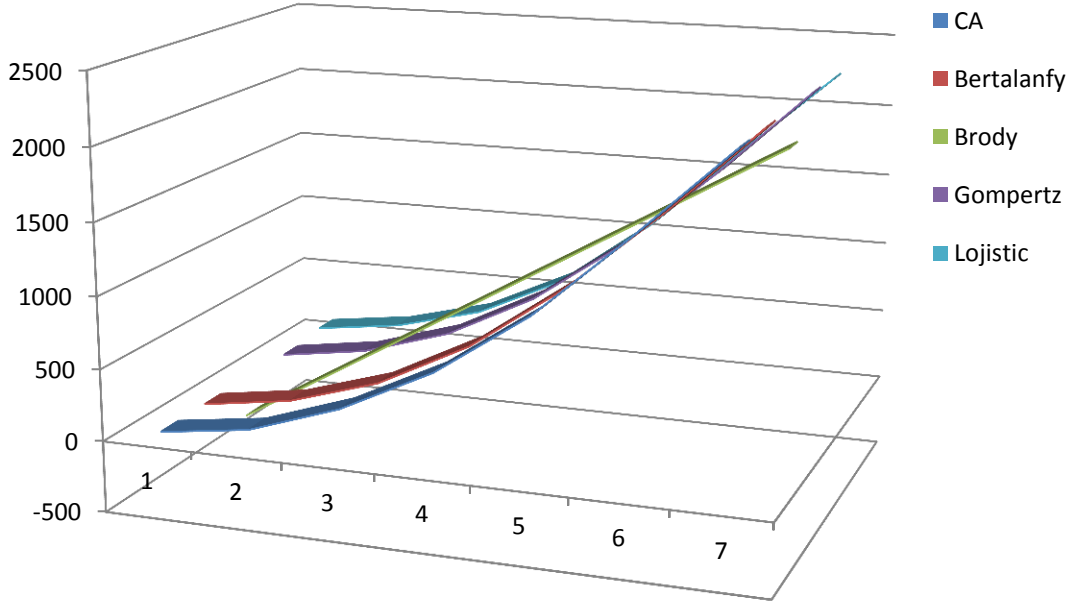
Çizelge 4.3. Doğrusal olmayan büyüme modelleri kullanılarak hesaplanan model uyum ölçütleri

Uyum Ölçütü	Bertalanffy	Gompertz	Brody	Lojistik
R^2	0.999798	0.999919	0.940184	0.99902
HKO	208.25	83.20	61695.11	1010.76

R^2 : Belirleme katsayısı, HKO: Hata kareler ortalaması

Doğrusal olmayan büyüme modellerinden Bertalanffy, Gompertz, Brody ve Lojistik modelleri kullanılarak elde edilen tahmin değerleri Şekil 4.1'de verilmiştir. Buna göre Şekil 4.1 incelendiğinde, Brody modelinin canlı ağırlığı tahmin etmede en kötü model olduğu fakat çalışmada kullanılan diğer doğrusal olmayan büyüme modellerinin birbirlerine yakın olup Brody modelden daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Zira zaman göre değişen gözlenen canlı ağırlık ile Bertalanffy,

Gompertz ve Lojistik modelleri ile tahmin edilen değerler birbirlerine oldukça yakın olmuştur.



Şekil 4.1. Zamana göre gözlenen ve Bertalanffy, Gompertz, Brody ve Lojistik modelleri ile tahmin edilen canlı ağırlık değerlerine ilişkin grafik.

Yumurta çıkışından kesime kadar olan süre içindeki gelişimi belirleyebilmek için ikinci olarak doğrusal büyüme modelleri kullanılmıştır. ML ve REML tahmin yöntemleri kullanılarak çalışmada yer alan lineer ve kuadratik regresyon modellerinden elde edilen uyum ölçütleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. En küçük $-2LL$, AIC, AICC ve BIC değerlerinin elde edildiği doğrusal model, büyüme verilerini en iyi açıklayan model olarak seçilmektedir. Buna göre Çizelge 4.4'te hem ML hem de REML yönteminden elde edilen uyum ölçütlerine bakıldığında, her iki tahmin yönteminde de en iyi regresyon modelinin Kuadratik model olduğu görülmektedir. Zira en küçük uyum ölçütleri bu model ile sağlanmıştır. Tahmin yöntemleri bakımından diğer bir ifade ile ML ve REML ile elde edilen uyum ölçütleri bakımından Çizelge 4 değerlendirildiğinde, her üç doğrusal model için en iyi tahmin yönteminin REML olduğu görülmektedir. Zira Lineer ve Kuadratik modellerin tamamı için ML tahmin yöntemi ile elde edilen tüm uyum ölçütleri (sırasıyla $-2LL$, AIC, AICC ve BIC) REML ile elde edilen uyum ölçütlerinden daha büyük değerlere sahip olmuştur. Bu çalışmada elde edilen sonuca

göre, REML yöntemi ile elde edilen sonuçların ML'den daha isabetli tahminler üreteceği söylenebilir. Bu sonuç literatür ile uyumlu olmuştur. Zira REML sabit etkilerden kaynaklanan serbestlik derecesini dikkate alan bir yöntemdir. Patterson ve Thompson (1971) tarafından geliştirilen REML yöntemi, olabilirlik fonksiyonunu iki kısma ayrılması esasına dayanmaktadır. Bu kısımlardan biri sabit etkilerin olmadığı kısım olup REML yönteminde olabilirliğin sadece bu kısmı maksimize edilmektedir (Akkol, 1998; Ünal ve Çankaya 2012). Bu yönü ile avantajlı olan REML yöntemi ML'den daha sapmasız tahminler verdiği bildirilmiştir (Fırat ve Bek, 1997; Akkol, 1998).

Çizelge 4.4. Doğrusal büyüme modelleri kullanılarak hesaplanan model uyum ölçütleri

Tahmin Yöntemi	Uyum ölçütleri	Lineer Model	Kuadratik Model
ML	-2 LL	93.1	57.0
	AIC	99.1	65.0
	AICC	107.1	85.0
	BIC	99.0	64.8
REML	-2 LL	73.5	44.5
	AIC	75.5	46.5
	AICC	76.8	48.5
	BIC	75.1	45.9

LL: Log olabilirlik, AIC: Akaike bilgi ölçütü, AICC: Düzeltilmiş Akaike bilgi ölçütü, BIC: Bayesian bilgi ölçütü

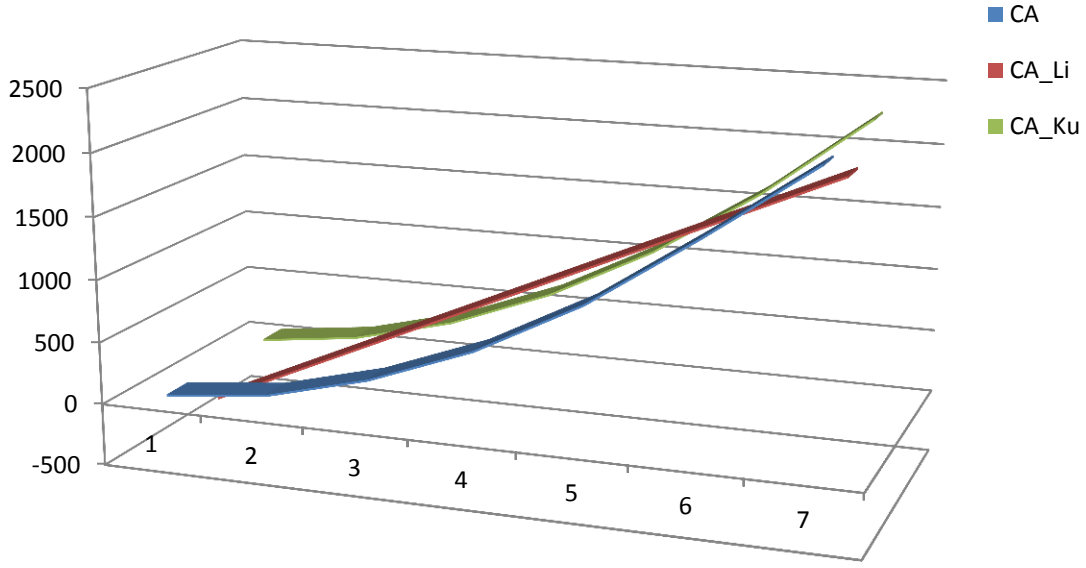
REML ile elde edilen Lineer ve kuadratik regresyon modeli ile elde edilen tahmin ve standart hatalar Çizelge 4.5'te verilmiştir. Lineer modelde zamanın doğrusal etkisinin anlamlı olduğu görülmektedir ($p < 0.001$). Kuadratik modelde zamanın hem doğrusal ($p < 0.05$) hem de kuadratik etkisi ($p < 0.01$) anlamlı bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Lineer ve kuadratik modele ait tahmin ve standart hatalar

Katsayılar	Lineer Model			Kuadratik Model		
	Tahmin	SH	p	Tahmin	SH	p
β_0	-235.43	151.26	0.1803	34.60	16.36	0.1019
β_1	372.22	41.95	0.0003	48.17	12.77	0.0196
β_2				54.01	2.04	0.0001

SH: Standart hata

Lineer ve kuadratik regresyon modeli ile elde edilen tahmin değerlerinin zaman bağlı değişim grafiği Şekil 4.2’de sunulmuştur. Gözlenen değerlerin CA, lineer model ile tahmin edilen değerler CA_Li ve kübik model ile tahmin edilen değerler CA_Ku olarak kodlanmıştır. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi lineer model kullanılarak elde edilen tahmin değerleri gözlenen değerlerden daha uzaktır. Buna rağmen kuadratik model ile elde edilen tahmin değerleri gözlenen değerlere ciddi şekilde yakın olmuştur. Şekil 4.2’de görülen bu durum, aynı zamanda Çizelge 4.4’de verilen uyum ölçütleri ile ilişkilidir. Dikkat edilecek olursa Çizelge 4.4’te hem ML hem de REML tahmin yöntemi kullanılarak elde edilen uyum ölçütlerinden kuadratik modele ait olanlar daha küçük olmuştur. Bu durum, kuadratik modelin canlı ağırlıkta zamana bağlı olarak meydana gelen değişimi lineer modelden daha iyi açıkladığını ortaya koyar ki şekil 4.2’de bu durum açık bir şekilde görülmektedir. Zira hayvanlarda erken dönemlerdeki büyümenin genellikle doğrusal bir artış gösterdiği bilinmesine rağmen, yapılan çalışmalarda doğrusal artışı açıklayan modellerin her zaman tek başına yeterli olmayacağı ortaya koyulmuştur (Bilgin ve Esenbuga, 2003; Topal ve ark., 2004; Bayram ve Akbulut, 2009; Daskiran ve ark., 2010).



Şekil 4.2. Zamana göre gözlenen, lineer ve kuadratik model ile elde edilen canlı ağırlıkların grafiği.

Çalışmanın bir diğer aşamasında çok seviyeli doğrusal modeller kullanılarak etlik piliçlerin canlı ağırlıklarındaki değişim modellenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, kesim noktasının şansa bağlı olduğu koşulsuz doğrusal büyüme modeli kullanılan modellerden ilki olup kısaca Model I olarak isimlendirilmiştir. Model I hem ML hem de REML tahmin yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Her iki tahmin yöntemi için AR1, CS, UN, Toep, ARH1, CSH ve ToepH kovaryans yapıları kullanılmış ve uyum ölçütleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelgede ML yöntemi kullanılarak farklı kovaryans yapılarına ait uyum ölçütlerinin birbirinin aynısı olduğu görülmektedir. Basit bir model olması nedeniyle bu sonuç şaşırtıcı olmamıştır. AR1, CS, UN, Toep, ARH1, CSH ve ToepH kovaryans yapıları için -2LL, AIC, AICC, BIC değerleri sırasıyla 7186.7, 7196.7, 7196.8 ve 7208.2 olmuştur. REML tahmin yöntemi ile aynı kovaryans yapıları için uyum ölçütleri -2LL, AIC, AICC, BIC değerleri sırasıyla 7174.4, 7180.4, 7180.4 ve 7187.3 şeklinde elde edilmiştir. Bununla birlikte REML yöntemi ile elde edilen uyum ölçütleri tüm kovaryans yapıları için ML yöntemi ile elde edilen uyum ölçütlerinden daha küçük olduğu Çizelge 4.6'da görülmektedir. Elde edilen bu sonuç karışık bir model için literatür ile uyumlu olmuştur (Pettersson ve Thopson,1971; Fırat ve Bek, 1997; Akkol, 1998).

Çizelge 4.6. Model I için farklı kovaryans yapılarına göre ML ve REML tahmin yöntemlerinin model uyum ölçütleri

Tahmin Yöntemi	Uyum ölçütleri	AR1	CS	UN	Toep	ARH1	CSH	ToepH
ML	-2 LL	7186.7	7186.7	7186.7	7186.7	7186.7	7186.7	7186.7
	AIC	7196.7	7196.7	7194.7	7194.7	7196.7	7196.7	7194.7
	AICC	7196.8	7196.8	7194.8	7194.8	7196.8	7196.8	7194.8
	BIC	7208.2	7208.2	7203.9	7203.9	7208.2	7208.2	7203.9
REML	-2 LL	7174.4	7174.4	7174.4	7174.4	7174.4	7174.4	7174.4
	AIC	7180.4	7180.4	7178.4	7178.4	7180.4	7180.4	7178.4
	AICC	7180.4	7180.4	7178.4	7178.4	7180.4	7180.4	7178.4
	BIC	7187.3	7187.3	7183.0	7183.0	7187.3	7187.3	7183.0

LL: Log olabilirlik, AIC: Akaike bilgi ölçütü, AICC: Düzeltilmiş Akaike bilgi ölçütü, BIC: Bayesian bilgi ölçütü, AR1: Birinci derecede Autoregressive, CS: Bileşik Simetri, UN: Yapısal Olmayan, Toep: Toepliz, ARH1: heterojen birinci dereceden Autoregressive, CSH: Heterojen Bileşik Simetri, ToepH: Heterojen Toepliz

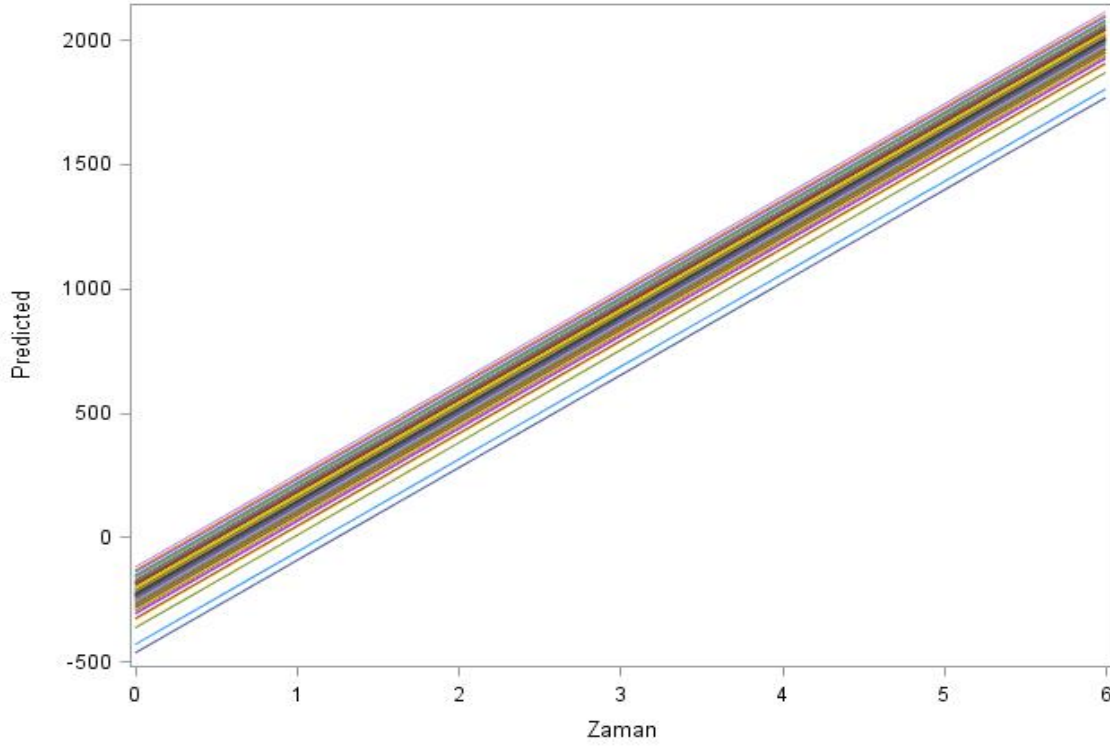
Model I'de yer alan sabit ve şansa bağlı etkiler için REML tahmin yöntemi kullanılarak elde edilen tahmin ve standart hatalar Çizelge 4.7'de verilmiştir. Buna göre hem ortalama kesim noktası hem de zamanın doğrusal etkisi anlamlı bulunmuştur ($p < 0.01$). Çizelge 4.7 incelendiğinde seviye-2 ve seviye-1 hatalarının da anlamlı olduğu görülmektedir ($p < 0.01$). Özellikle seviye-2 hata teriminin anlamlı olması, yumurtadan çıkış ağırlıklarının bireysel farklılıklar gösterdiği, bu farklılıkların dikkate alınması ve sonuçların buna göre yorumlanması gerektiğini göstermektedir. Seviye-1 hata miktarı anlamlı ve büyüktür. Bu durum, canlı ağırlıktaki değişimin açıklanması için çok seviyeli modellemede sırasıyla denenmesi gereken modeller olabileceğini akla getirmektedir. Zira bu modele eklenecek şansa bağlı terimler seviye-1 hatasının azalmasına neden olabilmektedir (Golstein, 2011).

Çizelge 4.7. Model I için REML tahmin yöntemi kullanılarak elde edilen tahmin ve standart hatalar

	Sabit Etkiler				Şansa Bağlı Etkiler				
	Tahmin	SH	t	p	Tahmin	SH	Z	p	
β_{00}	-235.43	21.423	-10.99	0.0001	$\sigma_{u_0}^2$	7653.49	2662.82	2.87	0.0020
β_{10}	372.21	5.23	71.18	0.0001	σ_e^2	56664	3807.32	14.88	0.0001

SH: Standart hata

Sadece kesim noktasının şans bağılı değişim gösterdiği koşulsuz doğrusal büyüme modeli kullanılarak elde edilen grafik Şekil 4.3'de sunulmuştur. Şekil 4.3'te görüldüğü gibi her bir piliç için ayrı bir büyüme eğrisi, diğer bir ifade ile bireysel büyüme eğrisi yer almaktadır. Şekil 4.3'te her bir piliç için büyüme eğrisinin doğrusal olup sadece başlangıç noktası bakımından birbirlerinden farklılıklar gösterdiği ancak eğimlerin değişmediği, aynı kaldığı görülmektedir. Şekil 4.3'te yer alan doğruların birbirlerine paralel olmasının nedeni budur.



Şekil 4.3. Kesim noktasının şansa bağlı olduğu koşulsuz doğrusal büyüme modeli için bireysel büyüme eğrisi.

Etlik piliçlerin canlı ağırlıklarındaki değişimi modellemek üzere çalışmanın bir sonraki aşamasında, “kesim noktası ve eğimin şansa bağlı olduğu koşulsuz doğrusal büyüme modeli kullanılmıştır. Bu model çalışma içinde kısaca Model II olarak isimlendirilmiştir. Bu model için ML ve REML tahmin yöntemleri ve çalışmada kullanılan tüm kovaryans yapıları için elde edilen uyum ölçütleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Çizelge 4.8’deki ML ile elde edilen uyum ölçütleri kovaryans yapılarına göre değerlendirildiğinde, UN kovaryans yapısının en küçük uyum ölçütü değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Benzer durum REML tahmin yöntemi için de geçerli olmuştur. Yine en küçük uyum ölçütü değerleri UN kovaryans yapısının kullanılması ile elde edilmiştir. UN kovaryans yapısının modeli açıklayan en iyi kovaryans yapısı olması sonucu, literatür ile uyumlu olmuştur (Ser ve ark., 2013; Akkol, 2018; Akkol ve ark., 2019). Çizelge 4.8’de tahmin yöntemleri kendi içinde değerlendirildiğinde, tüm kovaryans yapıları için REML ile elde edilen sonuçların ML ile elde edilenden daha küçük olduğu görülmektedir. REML yönetiminin daha az sapmalı tahminler üretmesi literatür ile uyumlu olmuştur (Petterson ve Thopson, 1971; Fırat ve Bek, 1997; Akkol, 1998; Yolcu ve ark., 2004).

Çizelge 4.8. Model II için farklı kovaryans yapılarına göre ML ve REML tahmin yöntemlerinin model uyum ölçütleri

Tahmin Yöntemleri	Uyum Ölçütleri	AR1	CS	UN	Toep	ARH1	CSH	ToepH
ML	-2 LL	7107.1	7090.4	7025.7	7090.4	7105.9	7090.4	7105.9
	AIC	7115.1	7100.4	7035.7	7100.4	7115.9	7100.4	7115.9
	AICC	7115.2	7100.5	7035.8	7100.5	7116.0	7100.5	7116.0
	BIC	7124.3	7111.9	7047.2	7111.9	7127.4	7111.9	7127.4
REML	-2 LL	7094.5	7078.0	7014.2	7078.0	7093.3	7078.0	7093.3
	AIC	7098.5	7084.0	7020.2	7084.0	7099.3	7084.0	7099.3
	AICC	7098.5	7084.1	7020.3	7084.1	7099.4	7084.1	7099.4
	BIC	7103.1	7090.9	7027.1	7090.9	7106.2	7090.9	7106.2

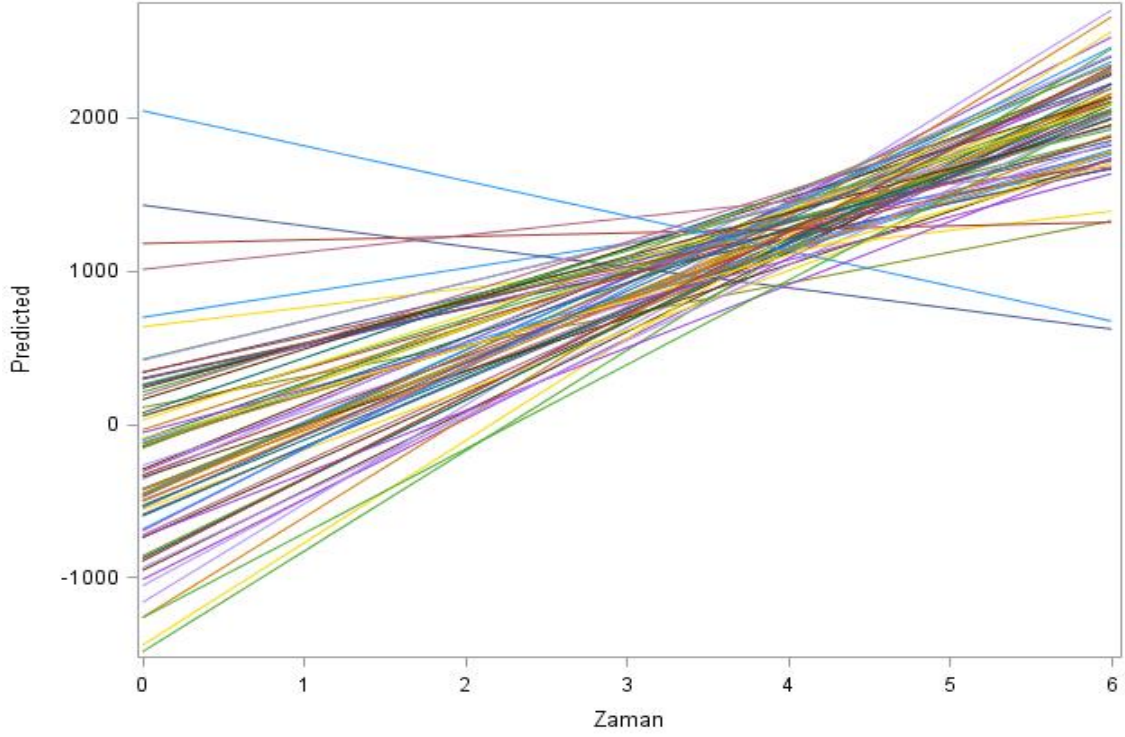
LL: Log olabilirlik, AIC: Akaike bilgi ölçütü, AICC: Düzeltilmiş Akaike bilgi ölçütü, BIC: Bayesian bilgi ölçütü, AR1: Birinci derecede Autoregressive, CS: Bileşik Simetri, UN: Yapısal Olmayan, Toep: Toepliz, ARH1: heterojen birinci dereceden Autoregressive, CSH: Heterojen Bileşik Simetri, ToepH: Heterojen Toepliz

Model II için UN kovaryans yapısının kullanıldığı REML tahmin yöntemi ile elde edilen tahmin ve standart hata değerleri Çizelge 4.9’de verilmiştir. Çizelgede modelin sabit etkiler kısmında bulunan kesim noktası ve eğim anlamlı bulunmuştur ($p < 0.01$). Sabit etkilere ait sonuçlar, Çizelge 4.7’de verilen Model I’nin sonuçları gibi olmuştur. Model II’nin Model I’den en önemli farkı, modelin şansa bağlı etkileri içeren kısmıdır. Zira şansa bağlı etkileri içeren kısımda, kesim noktasına ilaveten eğimin de şansa bağlı olarak bireyden bireye değişim gösterdiği varsayılmaktadır. Bu varsayıma göre analiz edilen Model II sonuçları, yumurtadan çıkış ağırlıklarının bireysel farklılıklara sahip olmadığını ancak büyüme süresi içinde her bir bireyin bir diğerinden farklı olarak gelişim gösterdiğini ve bu değişimin anlamlı olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.9). Seviye 1 hatasını ifade eden σ_e^2 ’nin miktarında ($56664-43553=13111$) 13111 g^2 kadar bir azalma olmuştur. Bu azalma önemli bir miktar olup modelin kullanılmasını anlamlı kılmıştır.

Çizelge 4.9. Model II için REML tahmin yöntemi kullanılarak elde edilen tahmin ve standart hatalar

	Sabit etkiler				Şansa bağlı etkiler			
	Tahmin	SH	t	p	Tahmin	SH	Z	p
β_{00}	-235.43	16.53	-14.24	<.0001	$\sigma_{u_0}^2$	0	.	.
β_{10}	372.21	17.49	21.28	<.0001	$\sigma_{u_{01}}$	-16411	1717.46	-9.56 <.0001
					$\sigma_{u_1}^2$	21082	3070.62	6.87 <.0001
					σ_e^2	43553	2926.35	14.88 <.0001

Model II için zamana göre çizilen bireysel büyüme eğrisi Şekil 4.4 ile sunulmuştur. Şekilde hem kesim notasının hem de eğimin şansa bağlı olarak değişim gösterdiği ve bu sayede her bir birey için ayrı bir büyüme eğrisinin olduğu görülmektedir. Ancak Şekil 4.4'te yer alan bazı bireysel büyüme eğrileri pratikte açıklanabilir değildir. Örneğin bir etlik pilicin yumurta çıkış ağırlığının 2000 g'nin üzerinde olup da 42 günlük bir sürede azalma göstermesi karşılığı olan bir bilgi değildir. Bu nedenle modeli geliştirerek canlı ağırlıktaki değişimi en iyi açıklayan modeli bulmak amacıyla bir sonraki aşamaya geçilmiştir. Zira çok seviyeli modelleme mantığında bu gerekli bir durumdur (Goldstein, 1995).



Şekil 4.4. Kesim noktasının ve eğimin şansa bağlı olduğu koşulsuz doğrusal büyüme modeli için bireysel büyüme eğrisi.

Zamana bağlı olarak canlı ağırlıktaki değişimi incelediğimiz bu çalışmada, üçüncü model olarak kesim noktası ve eğimin şansa bağlı olduğu koşulsuz kuadratik büyüme modeli kullanılmış ve bu, Model III olarak tanımlanmıştır. Model III için farklı kovaryans yapıları tahmin yöntemlerine göre elde edilen uyum ölçütleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelge 4.10'da verilen uyum ölçütleri, tahmin yöntemleri ve çalışmada yer AR1, CS, UN, Toep, ARH1, CSH ve ToepH kovaryans yapılarına göre incelendiğinde, uyum ölçütlerinin en küçük olduğu kovaryans yapısının UN olduğu görülmektedir. Aynı zamanda tahmin yöntemleri bakımından değerlendirilen Çizelge 4.10'da ortaya koyulan bulgular, AR1, CS, UN, Toep, ARH1, CSH ve ToepH kovaryans yapılarının tamamı için en küçük uyum ölçütü değerlerinin REML tahmin yöntemi ile elde edilmiş olduğu göstermektedir. Bu tip bir karışık model için REML yönetiminin ML'den daha az sapmalı tahminler üretmesi, literatür ile uyumlu olmuştur (Pettersson ve Thopson,1971; Fırat ve Bek, 1997; Akkol, 1998; Yolcu ve ark., 2004).

Çizelge 4.10. Model III için farklı kovaryans yapılarına göre ML ve REML tahmin yöntemlerinin model uyum ölçütleri

Tahmin Yöntemleri	Uyum Ölçütleri	AR1	CS	UN	Toep	ARH1	CSH	ToepH
ML	-2 LL	5789.0	5789.0	5760.1	5789.0	5765.4	5789.0	5765.4
	AIC	5801.0	5801.0	5774.1	5801.0	5777.4	5801.0	5777.4
	AICC	5801.2	5801.2	5774.3	5801.2	5777.6	5801.2	5777.6
	BIC	5814.9	5814.9	5790.2	5814.9	5791.3	5814.9	5791.3
REML	-2 LL	5778.4	5778.4	5750.1	5778.4	5755.1	5778.4	5755.1
	AIC	5784.4	5784.4	5758.1	5784.4	5761.1	5784.4	5761.1
	AICC	5784.4	5784.4	5758.1	5784.4	5761.1	5784.4	5761.1
	BIC	5791.3	5791.3	5767.3	5791.3	5768.0	5791.3	5768.0

LL: Log olabilirlik, AIC: Akaike bilgi ölçütü, AICC: Düzeltilmiş Akaike bilgi ölçütü, BIC: Bayesian bilgi ölçütü, AR1: Birinci derecede Autoregressive, CS: Bileşik Simetri, UN: Yapısal Olmayan, Toep: Toepliz, ARH1: heterojen birinci dereceden Autoregressive, CSH: Heterojen Bileşik Simetri, ToepH: Heterojen Toepliz

Model III için diğer modellerde olduğu gibi en küçük uyum ölçütlerinin REML ile sağlanması nedeni ile REML ile elde edilen tahmin ve standart hatalar Çizelge 4.11’de verilmiştir. Sabit ve şansa bağlı etkilerin yer aldığı Model III’de kesim noktası, zamanın doğrusal ve kuadratik etkisinin canlı ağırlıktaki değişimi belirlemede anlamlı olduğu Çizelge 4.11’de görülmektedir ($p < 0.01$). Bununla birlikte Çizelge 4.11’de şansa bağlı etkilerin tamamının ($\sigma_{u_0}^2, \sigma_{u_{01}}^2, \sigma_{u_1}^2, \sigma_e^2$) sıfırdan farklı ve anlamlı olduğu dikkat çekmektedir ($p < 0.01$). Seviye 1 hatasında ise önemli bir azalma olmuş ve hata miktarı 43553’den 2234.83’e gerilemiştir. Bir diğer ifade ile bir önceki model ile canlı ağırlıkta meydana gelen değişimin açıklanamadığı kısımda azalma olmuştur. Bu azalma, canlı ağırlıktaki değişimin Model III’te, Model II’den daha iyi açıklandığını ortaya koymaktadır.

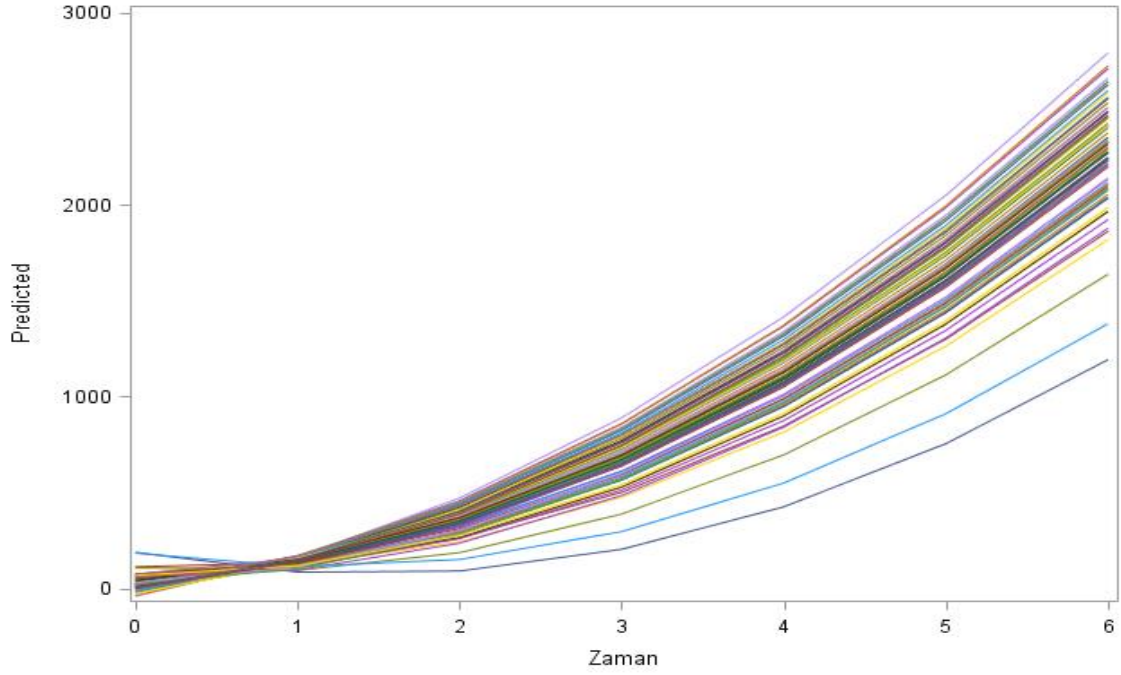
Çizelge 4.11’de verilen Model III sabit ve şansa bağlı unsurlar bakımından incelendiğinde, tüm etkilerin anlamlı olduğu görülmektedir ($p < 0.01$). Özellikle sabit etkilerin kuadratik model kullanılarak elde edilen katsayılar (Çizelge 4.5) ile aynı olduğu dikkat çekmektedir. Ancak kuadratik model kullanılarak elde edilen katsayıların standart hataları Model III ile elde edilenlerden çok daha büyük olmuştur. Bu durum

modele şansa bağı etkilerin dahil edilmesi ile açıklanabilir. Model III’de yer alan şansa bağı etkiler, katsayıların ortalama değeri etrafındaki şansa bağı değişimi miktarını açıklamaktadır.

Çizelge 4.11. Model III için REML tahmin yöntemi kullanılarak elde edilen tahmin ve standart hatalar

	Sabit etkiler				Şansa bağı etkiler				
	Tahmin	SH	t	p	Tahmin	SH	Z	p	
β_{00}	34.60	6.17	5.61	<.0001	$\sigma_{u_0}^2$	1116.47	364.63	3.06	0.0011
β_{10}	48.17	7.32	6.58	<.0001	$\sigma_{u_{01}}$	-2006.07	397.66	-5.04	<.0001
β_{20}	54.01	0.60	90.07	<.0001	$\sigma_{u_1}^2$	2927.52	497.8	5.88	<.0001
					σ_e^2	2234.83	164.53	13.58	<.0001

Kesim noktası ve eğimin şansa bağı olduğu koşulsuz kuadratik büyüme modeli yani Model III için bireysel büyüme eğrileri Şekil 4.5’de verilmiştir. Model III’de kesim noktası ve lineer etkinin yanı sıra modele eklenen kuadratik etkinin de zamana bağı olarak canlı ağırlıktaki değişimi açıklamada önemli olduğu ortaya koyulmuştur. Şekil 4.5’te hem kesim noktası hem de eğim bakımından her bir etlik piliç için büyüme eğrisinin ayrı olduğu görülmektedir. Şekil 4.5, Şekil 4.4 ile karşılaştırıldığında ciddi şekilde aykırı duran büyüme eğrilerinin Model III ile doğru bir şekilde modellendiği söylenebilir.



Şekil 4.5. Kesim noktasının ve eğimin şansa bağlı olduğu koşulsuz kuadratik büyüme modeli için bireysel büyüme eğrisi.

İki seviyeli doğrusal regresyon modelleri ve REML yöntemi kullanılarak elde edilen uyum ölçütleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Çok seviyeli modellemede mantığında kurulan regresyon modelleri içinde en iyi model, en küçük -2LL, AIC, AICC ve BIC değerlerine sahip olan Model III olmuştur. Zira Çizelge 4.12 incelendiğinde, tüm uyum ölçütleri için Model I’den itibaren anlamlı ölçüde azalma olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.12. İki seviyeli doğrusal regresyon modelleri için REML tahmin yöntemi kullanılarak elde edilen uyum ölçütleri

	Uyum Ölçütleri			
	-2LL	AIC	AICC	BIC
Model I	7174.4	7178.4	7178.4	7183
Model II	7014.2	7020.2	7020.3	7027.1
Model III	5750.1	5758.1	5758.1	5767.3

Çalışmada kullanılan tüm büyüme modellerine ait uyum ölçütleri Çizelge 4.13’te verilmiştir. Bu modeller içinde Brody ve Lineer model dışındaki tüm modellerin belirleme katsayısı oldukça yüksek olup birbirlerine çok yakın oluşturu (Çizelge 4.13). Bununla birlikte hata kareler ortalaması değerlendirildiğinde en küçük değer 18.74 ile

Kuadratik modele ait olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, doğrusal olmayan ve genel doğrusal büyüme modellerine ilişkin uyum ölçütleri dikkate alındığında en iyi modelin Kuadratik model olduğu sonucuna varılmıştır. İki seviyeli doğrusal regresyon modellerine ait uyum ölçütleri Lineer ve Kuadratik modelle karşılaştırıldığında değerlerin çok büyük olduğu Çizelge 4.13'te görülmektedir. Ancak uyum ölçütlerine bakılarak genel doğrusal ve çok seviyeli doğrusal modelleri karşılaştırmanın doğru olmadığı kanısına varılmıştır. Çünkü genel doğrusal regresyon modeli mevcut veriyi çok seviyeli doğrusal modellerinden farklı kullanmaktadır. Diğer bir ifade ile doğrusal olmayan büyüme eğrisi modellerinde olduğu gibi genel doğrusal büyüme modellerinde de her bir dönemde elde edilen bireysel canlı ağırlık ölçümlerinin ortalamaları kullanılmıştır. Bireysel ölçümler yerine ortalamaların kullanılması, bilgi kaybına neden olduğu gibi standart hataların da daha büyük çıkmasını beraberinde getirmiştir (Çizelge 4.5.). İki seviyeli regresyon modellerinde her bir dönemde ölçümü yapılmış bireysel ağırlıklar dikkate alınmış ve daha hassas tahminler elde edilmiştir. Çalışmanın sonunda, doğrusal ve iki seviyeli doğrusal regresyon modelleri kullanılarak elde edilen sabit etkilerin tahmininde herhangi bir değişiklik olmadığı ancak çok seviyeli doğrusal regresyon modeli kullanıldığında bu tahminlerin standart hatalarında önemli ölçüde azalma olduğu ortaya konulmuştur (Çizelge 4.5, 4.7. ve 4.11.).

Çizelge 4.13. Çalışmada kullanılan büyüme modellerine ilişkin uyum ölçütleri

Modeller	Uyum Ölçütleri					
	R^2	HKO	-2LL	AIC	AICC	BIC
Doğrusal Olmayan Büyüme Eğrisi Modelleri						
Bertalanffy	0.999798	208.25				
Gompertz	0.999919	83.20				
Brody	0.940184	61695.11				
Logistik	0.999020	1010.76				
Genel Doğrusal Regresyon Modelleri						
Lineer	0.940300	221.99	73.5	75.5	76.8	75.1
Kuadratik	0.999700	18.74	44.5	46.5	48.5	45.9
İki Seviyeli Doğrusal Regresyon Modelleri						
Model I			7174.4	7178.4	7178.4	7183
Model II			7014.2	7020.2	7020.3	7027.1
Model III			5750.1	5758.1	5758.1	5767.3



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, erkek etlik piliçlerin yumurtadan çıkıştan itibaren altı haftalık yaşa kadar haftada bir olmak üzere bireysel canlı ağırlıkları kullanılarak büyüme eğrileri çalışılmıştır. Uzun yıllardan bu yana bilinen doğrusal ve doğrusal olmayan büyüme modelleri kullanılarak diğer çiftlik hayvanlarında olduğu kadar kümes hayvanları veya kanatlılarda da büyümeyi en iyi yansıtan model tespit edilmeye çalışılmıştır. Genetik potansiyelin yanı sıra çok sayıda çevresel koşullardan etkilenen büyümeyi modellemek için bu çalışmada, doğrusal olmayan modellerden Bertalanffy, Gompertz, Brody, Logistik; doğrusal modellerden lineer, kuadratik; iki seviyeli doğrusal modellerden sabitin şansa bağlı olduğu koşulsuz doğrusal büyüme modeli (Model I), sabit ve eğimin şansa bağlı olduğu koşulsuz doğrusal büyüme modeli (Model II) ve sabit ve eğimin şansa bağlı olduğu koşulsuz kuadratik büyüme modeli (Model III) kullanılmıştır. İki seviyeli modeller dışındaki tüm regresyon modelleri, elde edilen verilerin ortalamasını kullanmaktadır. Bu durumda bireysel varyasyonlar dikkate alınmamış olur. Özellikle doğrusal olmayan büyüme modelleri için bir karşılaştırma ölçütü olmaması nedeni ile bir sonuca varılamamıştır. Bu karşılaştırmanın yapılabilmesi için doğrusal olmayan büyüme modelleri için bireysel verilerin dikkate alınacağı bir yöntemin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmada kullanılan doğrusal regresyon modellerinde (lineer ve kuadratik) doğrusal olmayan büyüme eğrisi modellerindeki gibi haftalık verilerin ortalaması kullanılırken, iki seviyeli doğrusal regresyon modellerinde (Model I, Model II ve Model III'ün) haftalık olarak elde edilen bireysel ölçümler kullanılmıştır. Çalışmada çok seviyeli doğrusal regresyon analizinde, her bir civcivin haftada bir kez olmak üzere alınmış bireysel ölçümlerinin kullanılmasıyla iki seviyeli doğrusal büyüme modeli kullanılarak daha hassas tahminlerin elde edileceği açık bir şekilde ortaya konulmuştur. Doğrusal ve iki seviyeli doğrusal model kullanarak büyümeyi modelleme arasındaki diğer farklılık şu şekilde açıklanabilir. Doğrusal büyüme modelleri (lineer ve kuadratik model) ile elde edilen büyüme eğrisi ortalama büyüme eğrisini yansıtmaktadır. Ancak iki seviyeli doğrusal regresyon modeli kullanılarak her bir birey için ayrı bir büyüme eğrisi elde edilmiş olur. Çalışmada kuadratik model etlik piliçlerde büyümeyi hem

lineer modelden hem de doğrusal olmayan modellerden (Bertalanffy, Gompertz, Brody, Logistik) daha iyi açıklamıştır (Çizelge 4.13). İki seviyeli modellerden ise büyümeyi en iyi açıklayan model Model III olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.13). Yapılan bu çalışmada, bireysel farklılıkların dikkate alındığı çok seviyeli doğrusal regresyon modelinin doğrusal regresyon modeline tercih edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Özellikle bireysel farklılıkların önemli olduğu bilinen seleksiyon çalışmalarında, bireysel büyüme eğrilerinin kullanılarak daha hassas tahminler sayesinde daha isabetli seçimler yapılabileceği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Acevedo-Garcia, D., Lochner, K. A., Osypuk, T. L., Subramanian, S. V. 2003. Future directions in residential segregation and health research: a multilevel approach. *American Journal of Public Health*, **93**(2): 215-221.
- Aggrey, S. E. 2002. Comparison of three nonlinear and spline regression models for describing chicken growth curves. *Poultry Science*, **81**:1782-1788.
- Ahmadi, H., Golian, A. 2008. Non-linear hyperbolic growth models for describing growth curve in classical strain of broiler chicken. *Research Journal of Biological Science*, **3**:1300-1304.
- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transaction on Automatic Control*, **19**(6): 716-724.
- Akbaş, Y. 1995. Büyüme eğrisi modellerinin karşılaştırılması. *Hayvansal Üretim*, **36**:73-81.
- Akbaş, Y., Taşkın, T., Demirören, E. 1999. Farklı modellerin Kıvrıkcık ve Dağlıç erkek kuzularının büyüme eğrilerine uyumunun karşılaştırılması. *Tübitak Turkey Journal Veterinary and Animal Sciences*, **23** (3):537-544.
- Akbulut, Ö., Bayram, B., Tüzemen, N. 2004. Esmer sığırlarda büyümenin doğrusal olmayan modellerle analizi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **35**(3-4):165-168.
- Akkol, S. G. 1998. *REML ve DFREML Yöntemlerinin Islah Amaçlı Çalışmalarda Kullanılması* (Yüksek Lisans Tezi). YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Akkol, S. 2004. *Çok Seviyeli Genelleştirilmiş Doğrusal Modellerde Parametre Tahminlemesinde MQL, PQL ve MCMC Yöntemlerinin Karşılaştırılması* (doktora tezi). YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Akkol S., Gökdal Ö., Atay, O. 2019. Evaluation of individual growth performance of goat kids by using multilevel models. *International Journal of Scientific and Technological Research*, **5**(3):88-98.
- Akkol, S., Karakuş, F., Cengiz, F. 2018. Multilevel analysis for repeated measures data in lambs1. *Journal of Agricultural Sciences*, **24**(2): 218-226.
- Akkol, S., Öter, M. S., Gökdal, Ö., Aşkın, Y. 2011. Karakaş kuzularında büyümenin doğrusal ve doğrusal olmayan modellerle belirlenmesi. *7. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi*. 14-15 Eylül 2011, Adana. 9-14.
- Alkan, S., Birgül, Ö. B. 2016. Etlik piliçlerde embriyonun erken ve geç gelişim dönemlerinde yapılan yüksek ısı uygulamalarının büyüme özelliklerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, **29** (3):149-154 .
- Al-Samarai, 2015. Growth curve of commercial broiler as predicted by different nonlinear functions. *American Journal of Applied Scientific Research*, **1**(2): 6-9.
- Araújo, C. C., Rodrigues, K. F., Vieira Vaz, R. G. M., Conti, A. C. M., Amorim, A. F., Campos, C. F. A. 2018. Analysis of growth curves in different lineages of *Caipira* broiler type. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, **v40**, e38806.
- Aytekin, İ., Karabacak, A., Zülkadir, U., Keskin, İ., Boztepe, S. 2009. Açık ve kapalı ağıllarda besiye alınan Akkaraman ve Anadolu Merinosu kuzuların besi periyodu büyüme eğrilerinin tanımlanmasında bazı modellerin kullanımı. *Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, **23**(49): 30-35.

- Bayram, B., Akbulut, Ö. 2009. Esmer ve Siyah Alaca sığırlarda büyüme eğrilerinin doğrusal ve doğrusal olmayan modellerle analizi. *Hayvansal Üretim*, **50**(2):33-40.
- Bilgin, Ö. C., Esenbuğa, N. 2003. Doğrusal olmayan büyüme modellerinde parametre tahmini. *Hayvansal Üretim*, **44**(2): 81-90.
- Breslow, N. E., Clayton, D. G. 1993. Approximate inference generalized linear mixed models. *Journal of the American Statistical Association*, **88** (421) pp.9-25.
- Brody S. 1945. *Bioenergetics and Growth*. Reinhhold Publication, New York. 1023.
- Browne, W. J. 1998. Applying MCMC methods to multilevel models. PhD Dissertation. <http://seis.bris.ac.uk/~frwjb/materials/wbphd.pdf> Erişim tarihi: 10.11.2019.
- Browne, W. J., Draper, D. 2000. Implementation and performance issues in the Bayesian fitting of multilevel models. *Computational Statistics*, **15**: 391-420.
- Browne, W.J., Draper, D. 2001. *A Comparison of Bayesian and Likelihood-Based Methods For Fitting Multilevel Models*. Computational Statistics. Institute of Education, University of London. UK.
- Çelikeloğlu, K., Tekerli, M. 2014. Pırlak kuzularında büyüme eğrilerini etkileyen genetik 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., Ertuğrul, O. 2006a. Simental X Güney Anadolu kırmızısı sığırlarının beden ölçümleri için basit doğrusal ve Lojistik büyüme modelleri. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **53**: 195-199.
- Çolak, C., Orman M. N., Ertuğrul, O. 2006b. Simental X Güney Anadolu kırmızısı sığırlarına ait canlı ağırlık ölçümlerine dayanan için doğrusal ve doğrusal olmayan büyüme eğrileri. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, **46**: 1-5.
- Daskiran, I., Koncagul, S., Bingol, M. 2010. Growth characteristics of indigenouse norduz female and male lambs. *Journal of Agricultural Sciences*, **16**: 62-69.
- Demuner, L. F., Suckeveris, D., Muñoz, J. A., Caetano, V. C., Lima, C. G., Filho, D. E. F., Faria, D. E. 2017. Adjustment of growth models in broiler chickens. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, **52**(12): 1241-1252.
- Doğan, İ. 2003. Kuzularda büyümenin çok boyutlu ölçekleme yöntemi ile değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **22**: 33-37.
- Dourado, L. R. B., Sakomura, N. K., Nascimento, D. C. N., Dorigam, J. C., Marcato, S. M., Fernandes, J. B. K. 2009. Growth and performance of naked neck broiler reared in free-range system. *Ciência Agrotecnologia*, **33**(3): 875-881.
- Efe, E. 1990. *Büyüme Eğrileri* (doktora tezi, basılmamış). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Eleroğlu, H., Bircan, H., Yıldırım, A., Kılıç, F. 2016. Ticari etlik piliçlerde büyüme eğrilerinin doğrusal olmayan modeller kullanılarak karşılaştırılması. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, **13**(2): 12-16.
- Eleroğlu, H., Yıldırım, A., Canikli, A., Duman, M., Bircan, H. 2018. Analysis of growth curves of guinea (*Numida meleagris*) fed diets containing dry oregano (*Origanum vulgare l.*) in an organik sistem. *Ciencia Investigación Agraria*, **45**(2): 99-108.

- Eleroğlu, H., Yıldırım, A., Şekeroğlu, A., Çoksöyler, F. N., Duman, M. 2014. Comparison of growth curves by growth in slow-growing chicken genotypes raised the organic system. *International Journal of Agriculture Biology*, **16**: 529-535.
- Eleroğlu, H., Yıldırım, A., Şekeroğlu, A., Çoksöyler, F. N., Duman, M. 2013. Organik sistemde yetiştirilen iki farklı etlik piliç genotipinde büyüme eğrilerinin Gompertz ve Lojistik modellerle karşılaştırılması. *Türkiye V. Organik Tarım Sempozyumu*. 25-27 Eylül 2013, Samsun. 172-178.
- Emsen, E., Köyceğiz, F. 2004. İvesi ve Morkaraman dişi kuzularında büyüme eğrilerinin karşılaştırılması. *4. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi*. 1-3 Eylül 2004, Isparta. 139.
- Faraji-Arough, H., Rokouei, M., Maghsoudi, A., Ghazaghi, M. 2018. Comparative study of growth patterns in seven strains of Japanese quail using nonlinear regression modeling. *Turk Journal of Veterinary Animal Sciences*, **42**: 441-451.
- Fatten, A. M. 2015. Comparison of three nonlinear functions for describing chicken growth curves. *Scientia Agriculturae*, **9**(3): 120-123.
- Fırat, M. Z., & Bek, Y. 1997. Varyans unsurlarının tahmini için maksimum olabilirlik metodlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi. *Çukurova Univ Zir Fak Derg*, **12**(1): 1-8.
- Ghaderi-Jzefrehei, M. O. S. T. A. F. A., Rafeie, F., Behzadi, M. R. B., Nazari, S., Dolatabadi, M., Samadian, F., Najafabadi, H. A. 2018. Simple hierarchical and general nonlinear growth modeling in sheep. *Turkish Journal of Veterinary And Animal Sciences*, **42**(4): 326-334.
- Goldstein, H. 1986. Multilevel mixed linear model analysis using iterative generalized least squares. *Biometrika*, **73**(1): 43-56.
- Goldstein, H. 1989. Restricted unbiased iterative generalized least squares estimation. *Biometrika*, **76**: 622-626.
- Goldstein, H. 1991. Nonlinear multilevel models with an application to discrete response data. *Biometrika*, **78**(1): 45-51.
- Goldstein, H., Rasbash, J. 1992. Efficient computational procedures for the estimation of parameter in multilevel models based on iterative generalized least squares. *Computational Statistic and Data Analysis*, **13**: 63-71.
- Goldstein, H., Rasbash, J. 1996. Improved approximations for multilevel models with binary responses. *Journal of the Royal Statistical Society*. Series A. **159**: 505-513.
- Goldstein, H. 2011. *Multilevel Statistical Models*. (4th ed.). John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, United Kingdom.
- Goldstein, H., Browne, W., Rasbash, J. 2002. Multilevel modelling of medical data. *Statistics in Medicine*, **21**: 3291-3315.
- Hedeker, D. 2004. An introduction to growth modeling. *The Sage handbook of quantitative methodology for the social sciences*, 215-234.
- Hurvich, C. M., Tsai, C. L., 1989. Regression and time series model selection in small samples. *Biometrika*, **76**(2):297-307.
- Kaplan, S., Gürcan, E. K. 2016. Comparison of growth curves using non-linear regression function in Japanese quail. <https://www.tandfonline.com/loi/taar20>
Erişim tarihi: 15.10.2019.

- Karadavut, U., Taskin, A., Genc, S. 2017. Comparison of growth curves models in Japanese quail raised in cages enriched with different colored lights. *Revista Brasileira De Zootecnia*, **46**(11): 839-846.
- Kincaid, C. 2005. Guidelines for selecting the covariance structure in mixed model analysis. *Proceedings of the thirtieth annual SAS users group international conference*. SAS Institute Inc. Cary NC. 198.
- Knizetova, H., Hyanek, J., Knize, B., Roubicek, J. 1991. Analysis of growth curves of fowling chickens. *British Poultry Science*, **32**: 1027-1038.
- Kocabaş, Z., Kesici, T., Eliçin, A. 1997. Akkaraman İvesi X Akkaraman ve Malya X Akkaraman kuzularında büyüme eğrisi. *The Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, **21**: 267-275.
- Koncagul, S., Cadirci, S. 2009. Comparison of three non-linear models when data truncated at different lengths of growth period in Japanese quails. *Archiv fur Geflügelkunde*, **73** (1): 7-12.
- Kristjansson, S. D., Kircher, J. C., Webb, A. K. 2007. Multilevel models for repeated measures research designs in psychophysiology: An introduction to growth curve modeling. *Psychophysiology*, **44**(5): 728-736.
- Langford, I. H., Leyland, A. H., Rasbash, J., Goldstein, H. 1999. Multilevel modelling of the geographical distributions of diseases. *Journal of Applied Statistics*, **48**(2): 253-268.
- Lin, X., Breslow, N.E. 1996. Bias correction in generalized linear mixed models with multiple components of dispersion. *Journal of The American Statistical Association*, **91**: 1007-1016.
- Masoudi, A., Azarfar, A. 2017. Comparison of nonlinear models describing growth curves of broiler chickens fed on different levels of corn bran. *International Journal of Avian and Wildlife Biology*, **2**(1): 1-7.
- Matteson, D. W., Burr, J. A., Marshall, J. R. 1998. Infant mortality: A multi-level analysis of individual and community risk factors. *Social Science & Medicine*, **47**(11): 1841-1854.
- Michalczyk, M., Damaziak, K., Goryl, A. 2016. Sigmoid models for the growth curves in medium-growing meat type chickens, raised under semi – confined conditions. *Annals Animal Science*, **16**(1): 65-77.
- Mouffok, C., Semara, L., Ghoualmi, N., Belkasmi, F. 2019. Comparison of some nonlinear functions for describing broiler growth curves of cobb500 strain. *Poultry Science Journal*, **7**(1): 51-61.
- Naderi, A., Mace, J. 2003. Education and earnings: A multilevel analysis: A case study of the manufacturing sector in Iran. *Economics of Education Review*, **22**(2): 143-156.
- Narınç, D., Aksoy, T. D., Karaman, E., Karabağ, K. 2009. Japon bıldırcınlarında yüksek canlı ağırlık yönünde uygulanan seleksiyonun büyüme parametreleri üzerindeki etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **22**(2): 149-156.
- Narınç, D., Aksoy, T., İlaslan Ç. D., Karaman, E. 2007. Farklı gelişme hızına sahip etlik piliçlerde büyümenin analizi. *Bahri Bağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Araştırma Dergisi*, **17**: 1-8.
- Narınç, D., Karaman, E., Mehmet, F., Aksoy, T. 2010. Comparison of non linear models to describe the growth in Japanese quail. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, **9**(14): 1961-1966

- Norris, D., Ngambi, J. W., Benyi, K., Makgahlela, M. L., Shimelis, H. A., Nesamvuni, E. A. 2007. Analysis of growth curves of indigenous male Venda and Naked neck chickens. *South African Journal of Animal Science*, **37**(1): 21-26.
- Patterson, H. D., Thompson, R. 1971. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika*, **58**(3): 545-554.
- Perotto, D., Cue, R. I., Lee, A.J. 1992. Comparison of nonlinear functions for describing the growth curve of three genotypes of dairy cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, **72**: 773-782.
- Raji, A. O., Alade, N. K., Duwa, H. 2014a. Estimation of model parameters of the Japanese quail growth curve using Gompertz model. *Archivos de Zootecnia*, **63**(243): 429-435.
- Raji, A. O., Mbap, S. T., Aliyu, J. 2014b. Comparison of different models to describe growth of the Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Trakia Journal of Sciences*, **2**: 182-188.
- Rodríguez, G., Goldman, N. 1995. An assessment of estimation procedures for multilevel models with binary responses. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A*, **158**: 73-89.
- Rossi, R. M., Grieser, D. O., Conselvan, V. A., Marcato, S. M. 2017. Growth curves in meat-type and laying quail: A Bayesian perspective. *Semina: Ciências Agrárias*, **38**(4): 2743-2754.
- 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.
- Şekeroğlu, A., Tahtalı, Y., Sarıca, M., Gülay, M. Ş., Abacı, S. H., Duman, M. 2013. Farklı yerleşim sıklıklarındaki etlik piliçlerin büyüme eğrilerinin gompertz modeli ile karşılaştırılması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **19**(4): 669-672.
- Şengül, T., Çelik, Ş., Taysı, M. R., Söğüt, B. 2018. Beyaz Yeni Zelanda tavşanlarında büyüme eğrilerinin karşılaştırılması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, **5**(4): 509-515.
- Şengül, T., Kiraz, S. 2005. Non-linear models for growth curves in large white turkeys. *The Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, **29**: 331-337.
- Schwarz, G. 1978. *Estimating the Dimensions of a Model. Annals of Statistics*, **6**: 461-464.
- Ser, G., Kaki, B., Yeşilova, A., Yılmaz, A. 2013. Genel doğrusal karışık modellerde farklı kovaryans yapıları ve tahmin yöntemlerinin performanslarının karşılaştırılması. *Hayvansal Üretim*, **54**(2): 18-23.
- Simsek, B., Firat, M. Z. 2011. Application of multilevel analysis in animal sciences. *Applied Mathematics and Computation*, **218**: 1067-1071.
- Singer, J. D. 1998. Using SAS PROC MIXED to fit multilevel models, hierarchical models and individual growth models. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, **23**(4): 323-355.
- Söğüt, B., Çelik, S., Ayasan, T., İnci, H. 2016. Analyzing growth curves of turkey reared in different breeding systems (Intensive and free range) with some nonlinear models. *Brazilian Journal of Poultry Science*, **18**(4): 619-628.
- Sylva, K., Sammons, P., Chan, L. L., Melhuish, E., Siraj-Blatchford, I., Taggart, B. 2013. The effects of early experiences at home and pre-school on gains in

- English and mathematics in primary school: A multilevel study in England. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, **16**(2): 277-301.
- 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.
- Ünalın, A., Çankaya, S. 2012. Jersey sığırlarda süt verimine ait varyans unsurlarının farklı yöntemlerle tahmini. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, **27**(1): 41-47.
- Van Der Leeden, R. 1998. Multilevel analysis of repeated measures data. *Quality and Quantity*, **32**(1): 15-29.
- Verhulst, P. F. 1838. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. *Correspondence Mathématique et Physique*, **10**: 113-121.
- Winsor, C. P. 1932. The Gompertz curve as a growth curve. *Proceedings of the National Academy of Science*, **18**(1): 1-8.
- Yang, Y., Mekki, D. M., Lv, S. J., Wang, L. Y., Yu, J. H., Wang, J. Y. 2006. Analysis of fitting growth models in Jinghai mixed-sex yellow chicken. *International Journal of Poultry Science*, **5**(6): 517-521.
- Yıldız, G., Soysal, M. İ., Gürcan, E. K. 2009. Tekirdağ ilinde yetiştirilen Karacabey Merinosu X Kıvrıcık Melezi kuzularda büyüme eğrisinin farklı modellerle belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, **6**(1): 11-19.
- Yıldızbakan, A., Yılmaz, E., Akgün, C. 2005. Von Bertalanffy boyca büyüme modelinin okaliptüste uygulanması. *Doğu Akdeniz Ormanlık Dergisi*, **1**: 35-52.
- Yolcu, H. İ., Balcıoğlu, M., Fırat, M., Karabağ, K. 2004. Beyaz Yeni Zelanda tavşanlarında canlı ağırlıklara ait varyans unsurlarının farklı yöntemlerle tahmini. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **17**(1): 81-85.
- Zhao, Z., Li, S., Huang, H., Li, C., Wang, Q., Xue, L. 2015. Comparative study on growth and developmental model of indigenous chicken breeds in China. *Open Journal of Animal Sciences*, **5**: 219-223.

ÖZ GEÇMİŞ

Van'ın Özalp ilçesinde 1981 yılında doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Van'da tamamladı. 2001 yılında Atatürk Üniversitesi Ağrı Eğitim Fakültesi Sınıf Öğretmenliği Bölümünü kazandı. 2005 yılında bu bölümden sınıf öğretmeni olarak mezun oldu. On dört yıldır öğretmenlik mesleğini devam ettirmiş olup halen Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi yerleşkesinde bulunan Zeve İlkokulunda sınıf öğretmeni olarak mesleğine devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 08/01/2020

Tez Başlığı / Konusu: ÇOK SEVİYELİ DOĞRUSAL, GENEL DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN BÜYÜME MODELLERİNİN İNCELENMESİ VE HAYVANCILIK ALANINDA UYGULAMASI

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 61 sayfalık kısmına ilişkin, 07/01/2020 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 4 (dört)'tür.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.


Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Volkan İZGİ

Öğrenci No: 159101050

Anabilim Dalı: Zootekni

Programı: Biyometri ve Genetik

Statüsü: Y. Lisans

Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

Doç. Dr. Sema AKKOL

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR

(Unvan, Ad Soyad, İmza)