

163977

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞRUSAL OLMAYAN BÜYÜME MODELLERİ VE
ÖZİLİŞKİNİN İNCELENMESİ: SİMMENTAL X GAK MELEZİ
SIĞIRLARDA BİR UYGULAMA**

Cemil ÇOLAK

BİYOİSTATİSTİK ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Mehmet N. ORMAN

2005 - ANKARA

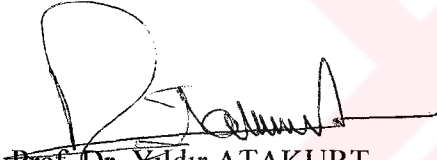
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Biyoistatistik Doktora Programı

çerçevesinde yürütölmüş olan bu çalışma, aşğıdaki jüri tarafından
Doktora **Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi : 29 / 06 / 2005


Yrd. Doç. Dr. Mehmet N. ORMAN
Ankara Üniversitesi
Jüri Başkanı


Prof. Dr. Yıldır ATAKURT
Ankara Üniversitesi


Prof. Dr. Ergun KARAAĞAÖLU
Hacettepe Üniversitesi


Prof. Dr. F. Tahir AKSOY
Ankara Üniversitesi


Prof. Dr. Okan ERTUĞRUL
Ankara Üniversitesi

İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay	ii
İçindekiler	iii
Önsöz	iv
Simgeler ve Kısaltmalar	v
Şekiller	vi
Çizelgeler	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Amaç	1
1.2. Büyüme Modelleri ve Diğer Doğrusal Olmayan Modeller ile ilgili Çalışmalar	8
1.3. Büyüme Modelindeki Parametreler Hakkında Genel Bilgi	27
1.4. Gompertz Büyüme Modeli	28
1.5. Richards Büyüme Modeli	29
1.6. Lojistik Büyüme Modeli	30
1.7. Monomoleküler Büyüme Modeli	32
1.8. Özilişkinin Araştırılması ve Giderilmesi	33
2. GEREÇ VE YÖNTEM	40
2.1. Gereç	40
2.2. Yöntem	41
3. BULGULAR	43
3.1. Canlı Ağırlık	43
3.2. Cidago Yüksekliği	47
3.3. Vücut Uzunluğu	50
3.4. Göğüs Çevresi	53
3.5. Göğüs Derinliği	56
3.6. İncik Çevresi	59
4. TARTIŞMA	62
4.1. Canlı Ağırlık	63
4.2. Cidago Yüksekliği	69
4.3. Vücut Uzunluğu	71
4.4. Göğüs Çevresi	73
4.5. Göğüs Derinliği	75
4.6. İncik Çevresi	77
4.7. Uyum Ölçütleri	79
4.8. Özilişki	82
4.9. Büyüme Modellerinin Karşılaştırılması	83
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	85
ÖZET	88
SUMMARY	89
KAYNAKLAR	90
ÖZGEÇMİŞ	95

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim boyunca her türlü yardım, ilgi ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet N. ORMAN'a, gerek ders dönemimde gerekse tez hazırlama çalışmalarında her türlü yardımı sağlayan Prof. Dr. Ergun KARAAĞAOĞLU'na, Sayın Prof. Dr. Okan ERTUĞRUL'a, Sayın Prof. Dr. Alaattin KUTSAL'a, Sayın Prof. Dr. Orhan ALPAN'a ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sekreteri Sayın Erdoğan ALBAYRAK ile Enstitü personeline, iş, ev arkadaşlarıma ve yetişmeme katkısı olan herkese çok teşekkür ederim.

Ayrıca doktora eğitimimin başlangıcından itibaren bana destek sağlayan TÜBİTAK Bilim Adamı Yetiştirme Grubuna (BAYG) katkılarından dolayı şükranlarımı sunarım.

SİMGELER ve KISALTMALAR

AR(q)	q. dereceden özilişki
d_A	alt sınır değeri
d_U	üst sınır değeri
EKK	En Küçük Kareler
G	Gompertz
GAK	Güney Anadolu Kırmızısı
HKO	Hata Kareler Ortalaması
İS	İterasyon Sayısı
L	Lojistik
M	Monomoleküler
ME	mixtures-of-experts
R	Richards
R^2	Belirleme Katsayısı
SAR	Southern Anatolian Red
$S_{X_{50}}$	Ortanca değerin standart hatası
X_{50}	Ortanca değeri

ŞEKİLLER

Şekil 1. Canlı ağırlık için G_1 genotipine ait büyüme modellerinin çizimi	46
Şekil 2. Canlı ağırlık için $F_1 \times G_1$ genotipine ait büyüme modellerinin çizimi	46
Şekil 3. Cidago yüksekliği için G_1 genotipine ait büyüme modellerinin çizimi	49
Şekil 4. Cidago yüksekliği için $F_1 \times G_1$ genotipine ait büyüme modellerinin çizim	49
Şekil 5. Vücut uzunluğu için G_1 genotipine ait büyüme modellerinin çizimi	52
Şekil 6. Vücut uzunluğu için $F_1 \times G_1$ genotipine ait büyüme modellerinin çizimi	52
Şekil 7. Göğüs çevresi için G_1 genotipine ait büyüme modellerin çizimi	55
Şekil 8. Göğüs çevresi için $F_1 \times G_1$ genotipine ait büyüme modellerin çizimi	55
Şekil 9. Göğüs derinliği için G_1 genotipine ait büyüme modellerin çizimi	58
Şekil 10. Göğüs derinliği için $F_1 \times G_1$ genotipine ait büyüme modellerin çizimi	58
Şekil 11. İncik çevresi için G_1 genotipine ait büyüme modellerin çizimi	61
Şekil 12. İncik çevresi için $F_1 \times G_1$ genotipine ait büyüme modellerin çizimi	61

ÇİZELGELER

Çizelge 1. Canlı ağırlık için modellere ait parametre tahminleri	43
Çizelge 2. Canlı ağırlık için modellere ait HKO, R^2 ve İS Değerleri	45
Çizelge 3. Cidago yüksekliği için modellere ait parametre tahminleri	47
Çizelge 4. Cidago yüksekliği için modellere ait HKO, R^2 ve İS Değerleri	48
Çizelge 5. Vücut uzunluğu için modellere ait parametre tahminleri	50
Çizelge 6. Vücut uzunluğu için modellere ait HKO, R^2 ve İS Değerleri	51
Çizelge 7. Göğüs çevresi için modellere ait parametre tahminleri	53
Çizelge 8. Göğüs çevresi için modellere ait HKO, R^2 ve İS değerleri	54
Çizelge 9. Göğüs derinliği için modellere ait parametre tahminleri	56
Çizelge 10. Göğüs derinliği için modellere ait HKO, R^2 ve İS değerleri	57
Çizelge 11. İncik çevresi için modellere ait parametre tahminleri	59
Çizelge 12. İncik çevresi için modellere ait HKO, R^2 ve İS değerleri	60

1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve Amaç

Hayvan yetiştiriciliğinin temel amacı kârlı bir üretim yapmaktır. Hayvancılığı kârlı yapan etkenler; yetiştirilen hayvanların türü, ırkı, yetiştirme teknikleri ve pazar şartlarıdır. Kârlı bir üretim ise, verimi yüksek olan hayvanlardan elde edilebilmektedir. Verimli hayvan materyalinin sağlanması ile hem bölge hem de ülkenin ekonomik gelişimi ve elde edilen ürünlerin verimli olması sağlanabilmektedir. Verimli hayvan materyalinin sağlanması, bölgesel olarak yapılacak ıslah çalışmaları ile mümkün olabilecektir. Hayvan ıslahı, hayvanların veya bir sürünün genetik olarak geliştirilip, sağlıklı, üretken ve daha verimli olması ile verimliliğinin devamlılığını amaçlamaktadır. Hayvan ıslahçısının amacı, istenen karakterlerin genetik olarak ıslahı için en etkin seleksiyon programını düzenlemektir. Hayvanlarda et veriminin genetik ıslahı genellikle büyüme (veya belirli bir yaştaki canlı ağırlık) yönünden yapılan seleksiyon ile gerçekleştirilir (Tekel, 1998). Genetik olarak geliştirilmesi düşünülen büyüme, yumurta ya da süt verimi gibi özellikler, nicel yapıya sahiptir. Nicel özellikler çok sayıda gen çifti tarafından belirlenmekte ve çevre şartlarından değişik düzeylerde de olsa etkilenmektedir. Büyüme ile ilgili nicel özellikler açısından yapılacak seleksiyonda, özelliklerin ekonomik değerleri, kalıtım dereceleri, fenotipik ve genetik parametreler gibi bilgilere ihtiyaç bulunmaktadır (Aksoy, 1999).

Büyüme ve gelişme hayvan yetiştiriciliğinde ekonomik önemi olan fizyolojik özelliklerdir. Büyüme, zigot ile başlar ve canlı ergin ağırlığına ulaşınca kadar devam eder. Büyüme, vücuttaki hücre sayısı ile hücre büyüklüğünün artması ya da her ikisinin birlikte olması olarak tanımlanabilir. Dokularda yağ ve su birikimi sonucunda meydana gelen canlı ağırlık artışı büyüme değildir. Gerçek büyüme; kas, kemik, organ ve dokulardaki artıştır. Büyüme ile gelişme birbirinden farklı olaylardır. Büyüme ile vücutta ağırlık artışı olup ölçüm ve tartımla belirlenebilirken, gelişme ile vücudun yapısı, şekli, doku, organlarında ve bunların işlevlerinde

değişiklikler meydana gelir. Büyüme ve gelişme olayı, doğum öncesi (pre-natal) ve doğum sonrası (post-natal) dönemleri içermektedir. Doğum sonrası büyümeyi çevre ve genetik faktörleri etkilemektedir. Genetik yapının etkisi nisbeten az olmakla beraber, çevre faktörlerinin etkisi ise daha fazladır. Genetik yapı, canlının büyümesine etki eden genlerle ilgili iken, çevre faktörleri canlıya ait olan (ırk, cinsiyet, doğum ağırlığı, vb.) ve olmayan (iklim, beslenme, mevsim, vb.) faktörlerden oluşmaktadır. Genetik faktörler tarafından belirlenen büyüme sınırına ulaşabilmek için hayvanlara en uygun çevre koşullarının sağlanması gereklidir (Alpan ve Arpacık, 1998; Akçapınar ve Özbeyaz, 1999; Akçapınar, 2000).

Bütün çiftlik hayvanlarında doğumdan sonra mümkün olduğu kadar kısa zaman içinde büyüme ve bu büyümeye göre en iyilerinin damızlığa ayrılması düşünüldüğü gibi, erken büyüyen hayvanlardan kısa zamanda çeşitli ürünlerin alınması verimli hayvancılık için gereklidir. Bu nedenle hayvancılıkta büyüme önemlidir. Canlı materyalin önemli bir özelliği büyüme olup, canlılarda zaman içinde meydana gelen ağırlık ve boyut artışı olarak tanımlanabilir (Kuzu, 2001; Kuzu ve Eliçin, 2002).

Canlının ağırlık ve boyutlarında belirli bir zaman sürecinde meydana gelen değişim, genel olarak büyüme eğrisi modelleri ile açıklanır. Büyüme eğrilerinin şekli canlı türüne, çevre şartlarına ve ölçülen karakterin yapısına göre farklılık gösterir. Büyüme sürecinin, biyolojik olarak yorumlanabilir parametreleri içeren matematiksel eşitliklerle tanımlanabilmesi oldukça önemlidir. Büyüme eğrileri ile canlı materyalin büyümesi matematiksel olarak ifade edelebilir. Büyüme eğrisi, daha çok vücut ağırlığı olmak üzere canlının içinde yaşadığı süre içerisinde diğer büyüme özelliklerinin zaman içindeki değişimini tanımlayan bir eğriyi ifade etmektedir. Daha genel bir anlamda bunlara yaş-gelişme eğrileri denebilir (Efe, 1990).

Canlılarda büyüme ve gelişme, genetik yapıya bağlı olarak vücut yapısı, büyüme temposu, fizyolojik özellikler yönünden büyük farklılıklar gösterir. Bu nedenle değişik zamanlarda vücut ölçümleri ve diğer özellikler için alt ve üst

sınırların bilinmesi gerekir. Vücut ağırlığı, boy uzunluğu, cıdago yüksekliği, vücut uzunluğu, göğüs çevresi, baş çevresi gibi büyüme ve gelişme ile ilgili çeşitli parametrelerin değişik yaşlarda gösterdikleri dağılım, normalin alt ve üst sınırları büyüme eğrileri yardımı ile belirlenebilmektedir (Ilıkkan, 2004).

Büyüme eğrileri, doktorlar ve veteriner hekimlere canlının hangi noktada normalden ayrıldığı konusunda, canlının beslenme durumu ve genel sağlık durumu da dikkate alınarak, inceleme gerekip gerekmediği konusunda yol gösterir. Hayatın ilk döneminde büyüme sıçramalar halinde gerçekleştiği için büyümenin çok az ya da çok fazla olduğunu gösteren tek bir ölçüm önemli olmayabilir (Arıkan ve Bakır, 2004). Büyüme eğrisi çizebilmek ve bir canlının büyümesini değerlendirebilmek için mutlaka belirli aralıklarla izlenerek ölçümlerinin alınması gerekir (Ilıkkan, 2004).

Büyüme eğrisi modellerinin kullanım alanlarından biri de, tahminlenen parametrelerin ekonomik değeri yüksek olan bir karakter için seleksiyon işleminde kullanılabilmesidir. Seleksiyon işleminin yapılabilmesi, genetik ilerleme sağlanacak olan özelliğe ait genetik, fenotipik parametrelerin, kalıtım dereceleri ve özelliklerin ekonomik değerlerinin hesaplanması ile mümkün olabilir. Büyüme eğrileri parametreleri ile mutlak ve oransal büyüme hızları, erginleşme oranı, büyüme hızının en yüksek olduğu yaş gibi biyolojik hesaplamalar yapılabilir. Ayrıca en uygun yemleme programlarının araştırılmasında, en uygun kesim yaşının belirlenmesinde, seleksiyonun büyüme eğrisi modeli parametreleri üzerindeki etkilerinin incelenmesinde büyüme eğrilerinden faydalanılmaktadır (Akbaş, 1996; Keskin ve Tozluca, 2001).

Büyümenin bir özelliği olan ağırlık artışı, büyümenin ilk dönemlerinde düşüktür. Sonra giderek yükselir, en yüksek düzeye ulaşır ve ergin yaşa doğru azalma eğilimi gösterir ve durur. Bütün canlılarda büyüme eğrisi genellikle “S” şeklinde bir yapıya sahiptir. Büyüme eğrileri başlangıçta dik olarak yükselir, sonra yavaş yavaş düzleşir ve en sonda büyüme durur. Büyüme olayı farklı türlerde ve bir

türün çeşitli ırklarında farklı boyutlarda olduğundan çeşitli büyüme modellerinin oluşturulması gerekir (Akçapınar ve Özbeyaz, 1999; Akçapınar, 2000).

Modeller oluşturulurken dikkat edilmesi gereken iki nokta vardır: birincisi, büyüme fonksiyonu olarak kullanılacak eşitliğin $d(büyüme)/d(zaman)$ diferansiyel denkleminde türetilmesi, ikincisi ise; bu eşitlikte kullanılan parametrelerin biyolojik olarak yorumlanabilir olmasıdır (Koşkan, 2000).

Büyüme modelleri incelenirken göz önünde tutulması gereken nokta, bireysel büyüme modellerinin mi, yoksa ortak bir büyüme modelinin mi kullanılmasının daha iyi sonuç vereceğinin incelenmesi gereklidir. Eğer bir ırk içerisindeki hayvanlar genotip bakımından homojen ise, her hayvanın büyüme şekli birbirine daha benzer olacaktır. Fakat genotipleri farklı olan hayvanların zaman içindeki büyüme hızları ve şekilleri farklı olacağından ortak bir büyüme modeli kullanılamayacaktır. Geçerliliği kontrol edilmiş bir büyüme modelinden yararlanarak canlıların daha sonraki yaşlardaki verimleri ve çeşitli büyüme özellikleri tahmin edilebilir (Alkan, 2001).

Sağlık bilimlerinde yapılan analizlerde iki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişki hakkında bilgi edinilmek istenmektedir. Canlıların ölçülebilir bir özelliği ile zaman arasındaki ilişkisini modellemek için büyüme eğrileri, regresyon analiziyle tanımlanır. Regresyon analizi ilk defa 1822-1911 yıllarında Sir Francis Galton tarafından hazırlanan bir araştırmada açıklanmıştır. Regresyon denklemi yardımıyla canlının ölçülebilen bir özelliği eldeki verilere uygun olan bir model ile tahmin edilebilir. Ancak tahminlerin doğru bir şekilde yapılabilmesi için uygun modelin seçilmesi gerekir. Regresyon analizinde açıklayıcı değişken(ler) ve tahmin edilen parametre(ler) yardımıyla açıklanan değişkenin değeri tahmin edilebilir. Regresyon analizinde, açıklayıcı değişken(ler) bağımsız değişken(ler), açıklanan değişken ise bağımlı değişken olarak adlandırılabilir. Regresyon analizi ile doğrusal ve doğrusal olmayan modeller tahmin edilebilir. Bazı canlıların büyümesi doğrusal denklemler ile açıklanıp, tahmin edilebilir. Doğrusal denklem şu şekildedir:

$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon$. Bu denklemde β_i : parametreleri, β_0 : sabit terimi, x_i : açıklayıcı ya da bağımsız değişkenleri, Y : bağımlı ya da açıklanan değişkeni, ε : hata terimlerini ifade etmektedir (Daniel, 1991).

İstatistik biliminde iki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişkinin matematiksel modelinin oluşturulmasında kullanılan regresyon analizinde temel amaç, ele alınan değişkenlerle matematiksel model oluşturmak ve bağımlı değişkende meydana gelen değişimin ne kadarının bağımsız değişken(ler) tarafından oluşturulduğunun belirlenmesidir. Bağımsız değişken(ler) ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi modelleyen regresyon analizi doğrusal olabilir ya da olmayabilir. Eğer veri yapısı doğrusal olmayan bir durum gösteriyorsa, bu durumda doğrusal olmayan modellerin kullanılması daha uygun olacaktır (Orman ve Gürcan, 2001).

Biyoistatistikte laktasyon süt verimi, zamana göre elde edilen canlı ağırlık artışı, yumurta verimleri, vb. sayısal veriler doğrusal modellerle açıklanabildiği gibi genellikle doğrusal olmayan modellerle de açıklanabilmektedir. Canlı ağırlık değerleri, laktasyon süt verimi, beden ölçü değerleri vb. başlangıçta hızlı bir artış göstererek en yüksek düzeye geldikten sonra ilerleyen dönemlerde azalan bir ivme gösterir. Bu durumda doğrusal olmayan bir modelin kullanılması doğrusal modele göre daha uygun olacaktır (Orman, 1996).

Canlıların çeşitli büyüme özellikleri zaman içinde doğrusal bir yapıdan uzaklaşarak doğrusal olmayan bir yapı gösterebilir. Bu durumda doğrusal modeller büyümeyi tam olarak açıklamayabilir. Ayrıca canlıların zaman sürecindeki büyümeleri bir zaman sonra asimptota ulaşmaktadır. Bu yapıdaki büyümeye ait verilerde doğrusal olmayan büyüme modelleri daha iyi tahminler verebilmektedir. (Esenbuğa ve ark., 2000; Kuzu ve Eliçin, 2002). Yaygın olarak kullanılan doğrusal olmayan büyüme modelleri; Lojistik, Richards, Gompertz, Monomoleküler, Bertalanffy, Brody gibi modellerdir.

Regresyon analizi uygulaması geliştirilen bilgisayar paket programları ile genelde kolay olmakla birlikte bazı şartlara dayanmaktadır: Doğru modelin kullanılması, modelde yer alan değişkenlerin bağımsızlığı, parametrelerin ve hata teriminin eklenebilirliği, artık değerlerin bağımsızlığı, bağımsız değişken(ler)in normal dağılıma sahip olmasıdır (Watts, 1981).

Büyüme modelleri ile bir canlının büyüme özellikleri tahmin edilmek istenildiğinde, ilgili canlı için çeşitli zaman aralıklarında ölçümler alınmaktadır. Büyüme modelleri tahmin edildiği zaman, bu modellerden elde edilen artıklar birbirleriyle ilişkili (bağımlı) ise, bu durum özilişki (otokorelasyon) olarak adlandırılır. Zaman serileri çalışmalarındaki veriler gibi belirli bir zaman süreci içinde sıralanan gözlem birimlerinde özilişki tespit edilebilmektedir. Özilişkinin varlığı, regresyon analizi varsayımını bozacağından model ile yapılacak tahminler güvenilir olmayabilecektir. Yapılan tahminler yanı sıra olacağından elde edilen sonuçlara ait hatanın büyümesi söz konusu olacaktır. Bu durumda tahmin edilen model geçerliliğini kaybedebilecektir (Gujarati, 1999). Bu çalışmada değişik beden ölçüleri, büyüme sürecinde belirli zamanlarda yapılan ölçümler sonucunda toplanan veriler ile modellendiği için özilişki ortaya çıkabilir. Böyle durumlarda özilişki sorununu dikkate alıp ortadan kaldıracak yöntemlerin kullanılması ile çalışmada incelenen beden ölçülerine ilişkin tahminlerde ortaya çıkabilecek hata azaltılabilecektir.

Regresyon analizi bir çok paket programının yardımıyla kolaylıkla yapılması nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak uygulamada artıkların bağımsızlığı dikkate alınamayabilmektedir. Geçerli bir model ve tahminlerin yapılabilmesi için özilişki sorununun düzeltilmesi gerekmektedir.

Regresyon analizi sonucunda elde edilen sonuçların güvenilir olması için açıklayıcı değişkenlerin de arasında herhangi bir ilişki olmamalıdır. Açıklayıcı değişkenlerin birbirleriyle ilişkili olması çoklu bağlantı olarak adlandırılır.

Regresyon uygulamalarında çoklu bağlantının giderilmesi durumunda, daha iyi sonuçlar elde edilebilecektir (Dunteman, 1989).

Büyüme modelleri tıpta, hayvan bilimlerinde, ekonomide, biyolojide vb. bilim dallarında büyümenin çeşitli yönleri açısından incelenmektedir. Bu bilim dallarının üzerinde durdukları temel kavram büyümedir. Bu nedenle büyüme olayının tanımlanması ile daha yararlı sonuçlar elde edilebilmesi mümkün olabilecektir.

Bu çalışmanın amacı şöyle sıralanabilir:

(1) Ceylanpınar Tarım İşletmesi'nde 1990 yılından beri yürütülen Simmental x Güney Anadolu Kırmızısı (GAK) sığır ırkı G_1 ve $F_1 \times G_1$ melezlerinden alınan veriler kullanılacaktır. Bu çalışma ile Ceylanpınar Tarım İşletmesi'nde elde edilen yeni genotiplerin büyüme modelleri belirlenecektir. Büyüme eğrisi modelleri olarak Gompertz, Lojistik, Richards ve Monomoleküler gibi doğrusal olmayan modeller kullanılacaktır. Sonuç olarak, her genotipte büyümeyi en iyi tanımlayan model ya da modeller belirlenmeye çalışılacaktır.

(2) Her bir modelin artıklarında (hatalarında) ortaya çıkabilecek özilişki tespit edilmeye çalışılacak ve özilişkinin giderilmesine yönelik modeller oluşturulacaktır.

(3) Ayrıca her model için büyüme parametreleri yönünden genotipler arasında fark olup olmadığı belirlenecektir.

Bu çalışmadan elde edilen büyüme eğrisi modellerinin yardımı ile hayvan yetiştiricilere, ıslahçılara ve diğer araştırmacılara canlıların büyümesi ile ilgili özellikler hakkında yardımcı olabilecek bilgiler sunulabilecektir.

1.2. Büyüme Modelleri ve Diğer Doğrusal Olmayan Modeller ile ilgili Çalışmalar

Hayvan bilimciler için büyüme modelleri konusunda iyi bir başlangıç noktası Brody (1945)'nin "Bioenergetics and Growth" kitabı sayılabilir. Bu kitabın yayımlanmasından bu yana, oldukça fazla sayıda biyolojik büyüme araştırmaları yapılmış, var olan teoriler yeniden ele alınmış ve birçok yeni teoriler oluşturulmuştur. Özellikle yüksek hızlı bilgisayarların gelişmesi ile çok sayıda iteratif işlemler gerektiren matematik fonksiyonların parametrelerinin tahmininde büyük kolaylıklar sağlanmıştır (Efe, 1990).

Büyüme ile ilgili yapılan ilk çalışmalar insanlarda gerçekleştirilmiştir. İnsan vücudunun yapısı ve işleyişi araştırılarak, hacim ve şekilden daha çok gelişme ile ilgilenilmiştir. Dolayısıyla biyolojik mekanizmaya yönelik sorulardan daha çok fizyolojik sorulara yanıtlar aranmıştır. Matematik alanındaki gelişmeler ve matematik biliminin biyolojik araştırmalarda kullanılabilir olması ile büyüme sürecinin nicel olarak incelenebilmesi mümkün olmuştur (Yakupoğlu, 1999).

Ricklefs (1967), çalışmasında büyüme eğrilerine uygun çeşitli denklemleri uydurmak için basit bir yöntemi ele almıştır. Gompertz, Lojistik ve Von Bertalanffy modellerinin özelliklerini ve dönüşüm faktörleri uygulayarak bu büyüme eğrilerinin katsayıları şekilsel olarak ölçülebilen doğrusal bir yapıya dönüştürülebilme yöntemlerini açıklamıştır. Gompertz, Lojistik ve Von Bertalanffy büyüme modellerine ait dönüşüm faktörlerini üç tür kuş (*Plectrophenax nivalis*, *Sialia sialis*, *Cactus Wren*) için hesaplayarak, büyüme eğrilerini çizmiştir. Bu yöntem, dönüşümlü doğrusal model olarak da tanımlanabilir.

Aguilar ve ark. (1983), ağırlık-zaman sürecinde büyümeyi modellemek için bir çok büyüme eğrisinin önerildiğini; ancak bu eğrilerin büyüme sürecinin bütününe tanımlanmasında uygun sonuçlar vermediğini ve çeşitli eksikliklerinden söz

etmişlerdir. Bu nedenle çalışmada, parametreleri biyolojik olarak önemli ve esnek olan şu modeli önermişlerdir:

$$t=a \ln (W)-b \ln (W_{\max }-W)+P(W) \quad (1)$$

burada, $W_{\max}$: ergin ağırlığı, a: başlangıç hızlı büyüme zamanı özelliği, b: büyümenin yavaşladığı büyüme zamanı özelliği, $P(W)$: n. dereceden bir düzeltme polinomu ile ilgilidir. a, b: bilinmeyen parametrelerdir. Araştırmacılar (1) nolu eşitliği, çeşitli kaynaklardan elde ettikleri piliç, fare ve Holştayn verilerine uygulamışlar ve modele ait parametreleri tahmin etmişlerdir. Bu eşitliğin büyüme sürecinin bütününün tanımlanmasında iyi sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir.

Denise ve Brinks (1985), 233 baş akrabalı ve hat birleştirmesi yapılmış etçi sığırlara ait canlı ağırlık verilerinde Richards ve Brody büyüme eğrilerini tahmin ederek büyüme eğrisi parametrelerinin çevresel ve genetik özelliklerini incelemişlerdir. Bu iki modeli verilere uyumu açısından karşılaştırmışlardır. Brody modeli tahmin işleminin Richards modelinden daha hızlı ve daha az maliyetli olduğunu, buna karşın Richards modelinin daha küçük kareler toplamına ve verilere daha iyi uyum sağladığını bulmuşlardır. Brody modelinin Richards modelinden daha kolay yorumlanabileceğini; ancak büyüme üzerinde etkili olan çevresel faktörler değerlendirilirken Richards modelinin bükülme noktası nedeniyle daha yararlı olabileceğini bildirmişlerdir.

Ricklefs (1985), seleksiyon yapılmış ve yapılmamış iki grup Japon bildircin ve broiler hatlarına ait Gompertz büyüme eğrilerini oluşturmuştur. Yumurtadan çıkıştan ilk iki haftalık süreçten sonra dört ya da sekiz haftalık canlı ağırlık için yapılan seleksiyon işleminde büyüme eğrisinin kullanılmasının yararlı olabileceğini göstermiştir.

Koops (1986), insan, kuzey Amerika ısıklı tavşanı (*Ochotona princeps*), Polonya erkek tavşanları ve farelere ait vücut ağırlığı ölçümleri için çok aşamalı

(evreli) büyüme modelini kullanmıştır. Bu büyüme modelini “n” tane lojistik büyüme fonksiyonunun toplamı şeklinde ifade etmiştir. İnsana ait ağırlık ölçümlerinde üç aşamalı lojistik büyüme eğrisini, iki tür tavşan ve fareye ait ağırlık ölçümlerinde tek, iki ve üç aşamalı lojistik büyüme eğrilerini oluşturmuştur. Çok aşamalı lojistik büyüme eğrileri tahminlerinin, tek aşamalı modelin tahminlerinden artık varyanslar, belirleme katsayısı ve artıklarda özilişkinin olmaması bakımından daha iyi olduğunu ifade etmiştir.

Rogers ve ark. (1987), yaptıkları çalışmada broiler piliçlerin büyümelerini açıklamak için Lojistik, Gompertz ve Saturation Kinetiks büyüme modellerini karşılaştırmışlardır. Bu modellerin karşılaştırma işleminde tahminlerin güvenilirliğini, kullanım kolaylığını ve verilerin yorumlanabilir olmasını kullanmışlardır. 100 erkek ve 120 adet dişi piliç çalışmanın materyalini oluşturmuştur. Bu üç model için belirleme katsayıları (R^2) ≥ 0.966 olduğunu ve büyümeyi iyi bir şekilde açıkladığını belirtmişlerdir. Saturation Kinetiks modeli hata değerlerine göre en az uyuma sahip olan model olmasına rağmen, gerçek verilerle yüksek bir uyum gösterdiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca büyüme eğrisinin kısa zaman aralığında uygulanan doğrusal regresyon sonuçlarının da büyümenin açıklanmasında doğru sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Koops ve ark. (1987), 242 erkek ve 238 dişi farelere ilişkin vücut ağırlığı verilerinde tek ve üç aşamalı lojistik büyüme fonksiyonunu kullanarak büyüme eğrilerini oluşturmuşlardır. Ortalama ve bireysel vücut ağırlıkları için hesaplanan büyüme eğrilerini, artık varyanslar ve Durbin-Watson istatistiğine göre karşılaştırmışlardır. Sonuçta, üç aşamalı büyüme fonksiyonun tek aşamalı büyüme fonksiyonundan daha küçük artık varyans ve özilişki değerine sahip olduğundan verileri daha iyi bir şekilde açıkladığını göstermişlerdir. Üç aşamalı fonksiyonda bireysel ağırlıklar için artık varyans, ortalama ağırlığa ait artık varyansdan daha yüksek olarak bulmuşlardır. Farelere ait verilerde üç aşamalı lojistik fonksiyonun büyümenin biyolojik yapısının anlaşılmasında daha fazla bilgi verdiğini bildirmişlerdir.

Kachman ve ark. (1988), farelerin vücut ağırlıkları ile yaş arasındaki ilişkileri açısından lojistik büyüme eğrisinden elde edilen parametrelerin seleksiyon için kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Lojistik büyüme fonksiyonunu 12 aylık büyüme için modellemişler ve model parametreleri ile bükülme noktasını tahmin etmişlerdir. Büyüme eğrisi parametreleri için fenotipik, genotipik parametreleri ve kalıtım derecelerini hesaplamışlardır. Yaptıkları değerlendirmeler sonucunda, asimptotik vücut ağırlığı ya da en yüksek büyüme hızı için yapılacak seleksiyonun bütün yaşlarda vücut ağırlığını artırabileceğini ifade etmişlerdir.

Mccallum ve Dixon (1990), Richards büyüme modeli parametrelerinden şekil parametresinin tahmin edilmesinde ortaya çıkabilecek yanlılığın azaltılması durumunu incelemişlerdir. Richards modelinden tahmin yapıldığında şekil parametresinin eksik olarak tahmin edildiğini göstermişlerdir. Yaptıkları simülasyon çalışması sonucunda yanlılığın şekil parametresinin küçük değerleri ve hızlı büyüme sürecinde artan örneklem frekansı ile azaldığını bildirmişlerdir. Basit bir düzeltme yöntemi ile modelin parametrelerinin tahminine ait yanlılığın ihmal edilebilir olduğunu belirtmişlerdir.

Kanefuji ve Shohoji (1990), 365 tane Japon bayana ait ağırlık kayıtları için asimptotik yaşam süresi büyümesini modellemişlerdir. Büyümenin modellenmesi işlemini önerdikleri yeni bir modeli kullanarak yapmışlardır. Önerdikleri yeni model şöyledir:

$$h_3(t) = (1 - e^{-e^{A-Bt}}) \left(D + \frac{E}{1+t} \right) + B e^{A-Bt} e^{e^{A-Bt}} \{ U - C - Dt - E \log(1+t) \} \quad (2)$$

Modeldeki parametreleri (A, B, C, D, E, U) büyüme modelinin büyüme parametreleri olarak adlandırmışlardır. Durbin-Watson istatistiği ile hata kareler ortalaması değerlerini modelin uyumunun değerlendirilmesinde kullanmışlardır. Yaptıkları incelemeler sonucunda Japon bayanlara ait ağırlık kayıtları için önerdikleri yeni modelin iyi bir uyuma sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Zoons ve ark. (1991), kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde büyüme modellerinin en basit şekilde deneysel modellerle oluşturulabileceğini ve istatistiki olarak iyi sonuçlar verebileceğini açıklamışlardır. Ancak mekanistik modellerin deneysel modellere göre daha geniş durumlarda karşılaşılan sorunların çözümünde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Bununla beraber mekanistik modellerin geliştirilmesinde biyolojik işlemler ve etkileşimleri açısından zorluklarla karşılaşıldığını, bu nedenle farklı bilim dallarında çalışanlarla ayrıntılı bir araştırmanın yapılmasını önermişlerdir.

Hurwitz ve ark. (1991), çalışmalarında İngiliz erkek hindilere ait vücut ağırlığı ve diğer organların (tibia, göğüs kası, bacak kası, karaciğer, dalak ve testisler) büyüklüğünü, büyümenin seyrini belirlemek amacıyla izlemişlerdir. Sonuçları, iteratif doğrusal olmayan tahmin yöntemini kullanarak tek ve iki aşamalı büyümeyi tanımlayan tek ve iki bileşenli Gompertz eşitliği ile elde etmişlerdir. İki aşamalı modelin, tek aşamalı modelden daha iyi bir vücut ağırlığı fonksiyonu ortaya çıkardığını belirtmişlerdir. Tek bileşenli Gompertz büyüme modelinin değişik organların büyümesini tanımlama işleminde yeterli sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. Sonuç olarak, organların gelişiminin tanımlanmasında birden fazla aşamalı modellerin kullanılmasının daha iyi sonuç verebileceğini bildirmişlerdir.

Anthony ve ark. (1991), iki grup hindinin vücut ağırlığı ölçümüne ilişkin büyüme eğrilerini tespit etmişlerdir. Birinci grup hindiler 16. haftaya kadar vücut ağırlığı yönünden seleksiyonla elde edilen 10 erkek ve 9 dişiden oluşmaktadır. İkinci grup hindiler ise, birinci grup hindilerden elde edilmiş olan yavrulardan oluşan 11 erkek ve 9 dişidir. Gompertz büyüme modelinin her iki grup için büyümeyi en iyi şekilde tanımladığı sonucuna ulaşmışlardır.

Preez ve ark. (1992), Gompertz denklemini Oudtshoorn, Namibian ve Zimbabwean deve kuşlarından oluşan toplam 85 baş deve kuşunun (*Struthio camelus*) büyüme eğrilerini elde etmek için kullanmışlardır. Gompertz eğrisini

çizmek için doğrusal olmayan tahminleme yöntemini kullanmışlardır. Büyüme eğrilerini iki parametrelili (ergin yaş canlı ağırlık ve büyüme hızı) Gompertz modeli olarak tahmin etmişlerdir. En fazla günlük ağırlık artış zamanını ise, diğer parametrelerden hesaplamışlardır. Parametre tahmininde daha iyi sonuçlar almak için daha fazla veriye ve ölçümlerin en az 10 ile 15 defa eşit aralıklarla yapılmasını önermişlerdir.

Torre ve ark. (1992), 8 ile 97 aylık yaşta olan 50 baş Retinta sığıra ait ağırlık-yaş verilerinde büyüme modeli parametreleri ile sığırların verimliliği arasındaki ilişkiyi tespit etmek için Von Bertalanffy, Brody ve Richards modellerini kullanmışlardır. Her bir sığırın ağırlığı için bu üç modeli oluşturarak modellerin parametrelerini bulmuşlar ve büyüme modellerini verilere uyumu açısından karşılaştırmışlardır. En iyi uyumu Von Bertalanffy modelinin gösterdiğini tespit etmişlerdir. Yaptıkları incelemeler sonucunda, oldukça yüksek ergin ağırlıklara sahip olan sığırların verimliliği düşürebileceğini ve hızlı erginleşen hayvanların daha verimli olabileceğini bildirmişlerdir.

Ersöz (1992), çalışmasında Aralık, Mayıs ve Ekim aylarında kuluçkadan çıkan Broiler damızlık dişi civcivleri kullanmıştır. Civcivlerin 63. haftaya kadar olan büyümelerini haftalık olarak canlı ağırlık ölçümleri ile belirlemiştir. Büyümeyi tanımlayan doğrusal olmayan Lojistik, Gompertz, Brody, Richards, Bertalanffy, Stevens modellerini karşılaştırarak en uygun modeli bulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, Richards büyüme modelinin civcivlerin büyümesini en iyi belirleyen model olduğunu, sonraki modellerin ise sırasıyla Brody, Stevens, Bertalanffy, Gompertz ve Lojistik modellerinin olduğunu belirtmiştir.

Aggrey ve ark. (1993), Koops ve Grossman tarafından bildirilen çok aşamalı modeli kullanmışlar ve dokuz adet Japon bıldırcınına ilişkin verilere uyumunu araştırmışlardır. Ayrıca bu modelin yardımıyla yumurta verimini tahmin etmeye çalışmışlardır. Sonuçta, Japon bıldırcınlarının yumurta veriminin çok aşamalı bir model ile açıklanabileceğini bildirmişlerdir.

Akbaş (1995), doğrusal olmayan modellerden Richards, Brody, Gompertz, Logistik ve Bertalanffy modellerini tanıtmıştır. Büyüme eğrisi parametrelerinin biyolojik yorumları ve modellerin farklı türlere ait canlı ağırlık verilerine uyum düzeyleri karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, büyüme eğrilerinin uyumunda kullanılacak modelin seçiminde genotip, incelenen özellik, verilerin yapısı, modelin tahmin edilebilme kolaylığı ve tahmin edilen parametrelerin biyolojik olarak yorumlanabilir olması üzerinde durmuştur.

Akbaş (1996), büyüme eğrisi parametrelerinin büyümeyi tanımlama yanında büyüme ile ilgili bazı özelliklerin iyileştirilmesinde doğrudan ıslah kriteri olarak da kullanılabilirliğini incelemiştir. Sonuç olarak, yaptığı araştırma sonuçları büyüme eğrisinin şeklinin seleksiyonla değiştirilebileceğini göstermiştir.

Kocabaş ve ark. (1997), yaptıkları çalışmada Akkaraman, Malya X Akkaraman kuzularında 9, İvesi X Akkaraman kuzularında 10 haftalık besi boyunca haftalık periyotlardaki canlı ağırlık verilerini kullanarak büyümeyi tanımlayacak doğrusal modeli elde etmeye çalışmışlardır. Bu genotip grupları için ortalamaların zamana doğrusal regresyonunu hesapladıklarında, belirleme katsayılarını, Akkaraman kuzular için % 99, Malya X Akkaraman kuzular için % 99,3 ve İvesi X Akkaraman kuzular için % 98,9 olarak bulmuşlar ve büyümenin doğrusal fonksiyon kullanılarak açıklanabileceğini göstermişlerdir.

Akbaş ve Oğuz (1998), seleksiyon yapılmamış (N=116) ve seleksiyon yapılmış (N=78) iki Japon bıldırcını grubunda yaptıkları çalışmada Gompertz, Lojistik ve Bertalanffy büyüme eğrilerini tahmin etmişlerdir. Tahmin edilen modellerin bıldırcınlara ait verilere uyumunu karşılaştırıp, parametreler ve modeller arasındaki genetik ve fenotipik korelasyonları hesaplamışlardır. Bu üç modelin karşılaştırma işlemini, belirleme katsayısı ve artık kareler toplamına göre yapmışlardır. Her bir model için $R^2 > 0,991$ olarak bulmuşlardır. Sonuç olarak, bu üç model Japon

bildirincilerine ait verilere uyum gösterdiği halde, en iyi modelin Gompertz modeli olduğu sonucuna varmışlardır.

Wan ve ark. (1998), yeni bir esnek büyüme fonksiyonu türetmişlerdir. Bu büyüme fonksiyonu:

$$W = a - \left[\frac{1}{(b + c \exp(kt))} \right] \quad (3)$$

burada, a: asimptotik ağırlığı, b, c, k ise sabitleri ifade etmektedir. Üç kümeden oluşan küçük memeli türlerine (*Microtus brandti*, *Ochotona curzoniae*) ait gözlemler için yeni bir büyüme fonksiyonu ile Gompertz, Monomoleküler, Lojistik, France, Jonoschek ve Hill fonksiyonlarının tahminlerini değerlendirmişlerdir. Ayrıca bu büyüme fonksiyonlarının bükülme noktalarını da hesaplamışlardır. Bu yeni fonksiyonun, Lojistik ve Monomoleküler fonksiyonunu farklı bir b parametresi ile kapsadığını ve bu üç küme gözleme ait büyümenin yapısını başarılı bir şekilde tanımladığını bildirmişlerdir.

Orman ve Yıldırım (1998), ineklerde laktasyon süt verimi eğrisini en iyi tanımlayacak istatistiksel modeli ve parametreleri araştırmışlardır. Bu amaçla, Karaköy Tarım İşletmesi'nde yetiştirilen Jersey sürüsüne ait üç laktasyon grubunda toplam 45 adet 305 günlük süt verim kayıtlarını kullanmışlardır. Parametrelerin tahminini iki aşamada gerçekleştirmişlerdir. Birinci aşamada, ilk üçü Morant ve Gnanasakty, dördüncü model Bates ve Watts, beşinci model ise, Schaeffer tarafından geliştirilen beş farklı doğrusal olmayan modeli kullanmışlardır. Modellerin verilere uygulanmasından elde edilen sonuçlardan, en uygun modeli beşinci model olarak bulmuşlardır. İkinci aşamada ise, uygunluğu saptanan modeli ele alarak, beş farklı parametre tahmin yöntemini (Conjugate Gradient, Marquardt, Nelder Mead, Hooke-Jeeves ve Quasi Newton) karşılaştırmışlardır. Bunlar arasında Marquardt metodunun daha pratik olduğunu ve hesaplamalarda daha kısa zaman aldığını saptamışlardır. Sonuçta, beşinci model ve Marquardt metodu ile birlikte üç

laktasyon grubunun herbirisi için laktasyon süt verimi ile ilgili parametreleri tahmin ederek, laktasyon eğrilerini çizmişlerdir.

Demirsoy (1998), 104 baş Morkaraman ırkı koyunlarının gerçek süt verim değerlerini ve dört farklı laktasyon eğrisi modelini kullanarak uygun laktasyon eğrisi modelini tahmin etmeyi amaçlamıştır. Wood, Cobby, Dave ve Morant laktasyon eğrisi modellerinden elde edilen belirleme katsayısı değerleri sırasıyla % 77-81, % 76-86, % 96, % 97-98 arasında bulmuştur. Bu modellerde kullanılan değişkenlerin süt verimini açıklama düzeyinin % 76-98 arasında olduğunu, geriye kalan % 2-24'lük kısmının ise süt verimini etkileyen diğer faktörlerden kaynaklandığını bildirmiştir. Gruplardaki parametrelerin ortalama değerleri ile elde edilen laktasyon süt verimleri yönünden Wood ile Cobby modeli ve Dave ile Morant modelinin benzerlik gösterdiğini tespit etmiştir. Araştırmada, analiz sırasında elde edilen laktasyon eğrisi, laktasyon süt verimi, belirleme katsayısı, hata kareler toplamı ve özilişki sonuçlarına göre, Morkaraman koyunları için en uygun modelin Dave modeli olduğunu belirlemiştir.

Tekel (1998), yaptığı çalışmada TİGEM'e bağlı Ceylanpınar Tarım İşletmesi'nde yetiştirilen toplam 59 baş ivesi kuzularının süt emme ve mer'alanma dönemlerinde 15 günlük aralıklarla altı aylık yaşa kadar yapılan tartımlar ile elde edilen verileri kullanarak büyümenin matematiksel olarak nasıl açıklanabileceğini ve doğrusal büyüme modelinin denemenin materyalini oluşturan bütün hayvanlar için uygun olup olmayacağını belirlemeyi amaçlamıştır. Sonuçta, kuzuların altı aya kadar olan zaman sürecinde doğrusal büyüme gösterdiklerini tespit etmiştir.

Akbaş ve ark. (1999), 14 baş Kıvırcık ve 11 baş Dağlıç erkek kuzularının doğumdan 420. güne kadar canlı ağırlık değişimini farklı büyüme eğrisi modelleri ile ortaya koymuşlar ve iki genotipi büyüme eğrisi parametreleri bakımından karşılaştırmışlardır. Dağlıçlarda basit doğrusal modelin, Kıvırcıklarda karesel (kuadratik) modelin kuzuların büyüme performansını en iyi açıkladığını saptamışlardır. Doğrusal olmayan modellerden Brody, Negatif üssel, Gompertz,

Logistik ve Bertalanffy modellerinin de Kıvırcık ve Dağlıçların erkek kuzularına ait ağırlık-yaş verilerine oldukça iyi uyum gösterdiğini tespit etmişlerdir. Doğrusal olmayan modeller arasından en iyi uyumu Brody modelinin gösterdiğini bildirmişlerdir.

Akbulut (1999), Esmer ve Siyah-Alaca sığırların doğum-18 aylık yaş periyodunda canlı ağırlık ve cıdago yüksekliklerini karşılaştırmıştır. Araştırmada Esmer ırka ait 1628, Siyah-Alaca ırka ait 725 ağırlık kaydını kullanmıştır. Canlı ağırlığın yaşa üçüncü derece polinomiyal regresyonu ile her iki ırkta büyümeyi fonksiyonel olarak ayrı ayrı incelemiştir. Her iki ırkta yaşın doğrusal etkisini önemli, karesel ve üçüncü dereceden (kübik) etkilerini önemsiz bulmuş ve doğum-18 ay periyodunda büyümenin henüz doğrusal olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, aykırı iklim şartlarında Esmer ve Siyah Alaca düvelerinin canlı ağırlık ve cıdago yüksekliği ölçülerini ırka özgü değerlerin altında tespit etmiştir. Her iki ırkın doğum-18 aylık yaş periyodunda farklı büyüme fonksiyonu; fakat benzer büyüme hızı (ağırlık artışı) gösterdiğini tespit etmiştir.

Orman ve Ertuğrul (1999), yaptıkları çalışmada Holstayn ırkı ineklere ait toplam 864 adet laktasyon süt verim kayıtlarını kullanarak doğrusal olmayan modellerle laktasyon eğrilerini oluşturmayı amaçlamışlardır. Elde edilen süt verim kayıtlarını Wood, Glasbey ve Schaeffer laktasyon modelleri yardımıyla analiz etmişlerdir. Çalışmada kullanılan her üç modelin de belirleme katsayısı değerlerini % 70,62 ile 79,47 arasında elde etmişlerdir. Modeldeki parametrelerin tahminleri sırasında sıfırdan küçük değerler alan parametre sonuçlarıyla karşılaşmışlardır. Bu sonuçların sıfırdan büyük değerler alıp alamayacağına yönelik kurulan hipotezlerin istatistiksel olarak kabul edildiğini göstermişlerdir. Süt verim tahminlerini, gerçek laktasyon verimleri ve düzeltilmiş (2x305 EC) verimler olarak ayrı hesaplamışlardır. Gerçek süt verimleri ile Wood ve Glasbey modellerinin sonuçları arasında istatistiksel farklılık bulamamışlardır. Schaeffer modeline ait sonuçları, diğer sonuçlardan istatistiksel olarak farklı bulmuşlardır ($p < 0.001$). Düzeltilmiş süt verim değerlerinde ise modellerden elde edilen sonuçlar ile gerçek verimler arasında

istatistiksel olarak fark bulamamışlardır. Sonuç olarak, laktasyon eğrisi oluşturmak için yapılan şekillerde en uygun sonucun Wood modeline ait olduğu belirlenmiştir.

Birch (1999), Richards denkleminin yaygın bir şekilde kullanılmasını sağlayan özelliklere sahip yeni bir “S” şekline sahip büyüme denklemini tanıtmıştır. Bu denklem aşağıdaki gibidir:

$$y = \frac{K - k}{1 + e^{-a(t-t_0)}} + k \quad (4)$$

Burada, K: üst asimptot, k: alt asimptot, a: başlangıç büyüme hızı ile ilgili bir parametre, t_0 : $y = \frac{K + k}{2}$ olduğundaki zamanı ifade etmektedir. Bu denklemi teorik açıdan incelediğinde genelleştirilmiş Lojistik fonksiyonuna benzer olduğunu bulmuştur. Similasyonla türetilmiş bir veri kümesi için yeni denklemi ve Richards denklemini hem verilere istatistiki uyumu hem de orijinal verilerin bilinen özelliklerini açıklamaları bakımından karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, yeni denklemin hem similasyonla elde edilen veri kümesine uyumu hem de teorik açıdan Richards denkleminden daha uygun olduğunu belirtmiştir.

Akbaş ve Yaylak (2000), Japon bıldırcınlarında Gompertz modelini kullanarak bireysel büyüme eğrisini ve modelin parametrelerini tahmin etmişlerdir. Ayrıca parametrelere ilişkin kalıtım derecelerini ve büyüme eğrisi parametreleri arasındaki genetik ve fenotipik korelasyonları hesaplamışlardır. Sonuç olarak, erkek, dişi ve erkek+dişi olarak tahmin edilen eğrilere ilişkin belirleme katsayılarını $> 0,95$ olarak bulmuşlardır.

Orman ve ark. (2000), çalışmalarında Güney Anadolu Kırmızısı ırkı ineklere ait toplam 130 adet laktasyon verimini tanımlayacak uygun eğrilerin belirlenmesini amaçlamışlardır. Laktasyon eğrisi oluşturmak için Wood (Gamma) modelini kullanmışlardır. Modelin değerlendirmesini doğrusal olmayan regresyon çözümlemesini kullanarak yapmışlardır. Modelin belirleme katsayısı, laktasyon

sırasına göre % 61,5-69,7 arasında, hata kareler ortalaması ise 1,082-2,232 arasında değiştiğini saptamışlardır. Modelin hata kareler ortalaması bakımından laktasyon sıraları arasındaki farkı önemli olarak bulmuşlardır ($p<0.001$). Sonuç olarak, Wood modelini kullanarak beş laktasyon sırası için laktasyon eğrileri ve GAK ırkının süt verim yapısına ait grafiği oluşturmuşlardır.

Kaps ve ark. (2000), 3044 adet Angus ineklerine ait ağırlık kayıtlarını kullanarak Brody büyüme eğrisini oluşturmuşlardır. Brody büyüme eğrisi yardımıyla büyüme ve erginleşme özelliklerini hesaplamışlardır.

Mignon-Grasteau ve ark. (2000), cinsiyet farklılıkları ve canlı ağırlık için yapılan seleksiyonun, piliçlerin büyüme eğrisini nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Bu nedenle piliçlere ilişkin kayıtlar için Gompertz büyüme eğrisini kullanmışlardır. Gompertz eğrisinin parametrelerini, parametreler arasındaki genetik korelasyonları ve kalıtım derecelerini hesaplamışlardır. Büyüme eğrisini tanımlayan bütün parametreler seleksiyon ile geliştirilebildiğinden, canlı ağırlık için yapılan seleksiyonun büyüme eğrisinin tamamını değiştirdiğini bildirmişlerdir.

Esenbuğa ve ark. (2000), 15 baş İvesi, 12 baş Morkaraman ve 10 baş Tuj kuzularının 20 haftalık otlatma periyodu boyunca 15 günde bir alınan canlı ağırlık verilerini kullanarak büyüme eğrilerini çizmişlerdir. Her bir ırk için büyümeyi tanımlamak amacıyla canlı ağırlık ortalamalarının zamana göre doğrusal ve doğrusal olmayan (Brody modeli) regresyonunu hesaplamışlardır. R^2 değerleri İvesi, Morkaraman ve Tuj kuzuları için sırasıyla doğrusal modelde 0,9807, 0,9732 ve 0,9724, doğrusal olmayan Brody modelinde 0,9882, 0,9906 ve 0,9792 olarak bulmuşlardır. Sonuç olarak, bu üç ırka ait canlı ağırlık ortalamaları yaş artıkça bir asimptota doğru ilerlediğinden zaman içindeki değişimi tanımlamak için doğrusal olmayan modellerin kullanılmasını önermişlerdir.

Winship (2000), Steller deniz aslanlarının gıda gereksinimlerini tahmin etmek için erkek ve dişilere ilişkin Richards, Gompertz, Lojistik, Von Bertalanffy ve

Monomoleküler büyüme modellerini oluşturmuştur. Richards büyüme modelinin deniz aslanlarının vücut ağırlığı ve uzunluğu ile yaş arasındaki ilişkiyi en iyi şekilde tanımlayan model olduğunu ifade etmiştir. Tahmin edilen model ile Steller deniz aslanlarının mevsimsel ve gelecekte duyabilecekleri gıda gereksinimlerinin tahmin edilebileceğini belirtmiştir.

Koşkan (2000), yaptığı çalışmanın hayvan materyalini 180 adet Ross ile 180 adet A-3 olmak üzere toplam 360 adet günlük yaşta broyler civciv oluşturmuştur. Broylerlerde iki farklı genotipin, iki farklı yem ve dört değişik yerleşim sıklığında Gompertz modelini kullanarak parametreleri tahmin edip, büyüme eğrisini çizmiştir.

Rhees ve Atchley (2000), on dokuz jenerasyondan türetilerek sınırlı seleksiyon indeksi ile elde edilen fare hatlarına ait vücut ağırlığı ve kuyruk uzunluğuna ilişkin büyüme eğrilerini Lojistik model ile oluşturmuşlardır. Sınırlı seleksiyon indeksinin büyüme eğrileri üzerindeki etkisini ve erken ya da geç yapılan seleksiyonun büyüme eğrisi parametreleri üzerinde etkisi olup olmadığını incelemişlerdir.

Alkan (2001), 37 baş Akkeçi oğlakları için altı aylık bir büyüme periyodunda iki haftalık aralıklarla alınan canlı ağırlık verilerini kullanarak büyüme eğrilerinin çizilmesini amaçlamıştır. Analizler yapılırken denemeye alınan oğlakları doğum tipleri ve cinsiyetlerini dikkate alarak tekiz erkek, tekiz dişi, ikiz erkek ve ikiz dişi gruplarına ayırmıştır. Her bir oğlağa ait modelin belirleme katsayılarını hesaplamış ve doğrusal büyüme eğrilerini çizmiştir. Analizler sonucunda, birkaç oğlak hariç diğerlerinde doğrusal büyüme modelinin iyi yanıt verdiğini ifade etmiştir. Ayrıca doğrusal büyüme modeli için yapılan regresyon katsayılarının homojenlik kontrolü sonuçları, her bir grup için tahmin edilen regresyon doğrularının homojen olmadığından ortak bir regresyon doğrusunun çizilemeyeceğini belirtmiştir.

Behr ve ark. (2001), 1104 baş dişi ve 924 baş erkek Belçika mavi sığına ait toplam 7262 canlı ağırlık verilerini kullanarak büyüme eğrisi modellerini incelemişlerdir. Bu amaçla doğrusal, polinomiyal, üstel, Lojistik, Brody, Gompertz,

Von Bertalanffy, Richards modellerini karşılaştırmışlardır. Ayrıca doğrusal büyümenin iki zamanına göre tanımlanan adımsal doğrusal modeli inceleyerek tahmin etmişlerdir. Belçika mavi sığırlarının büyüme eğrilerinin tanımlanmasında önerdikleri modelin adımsal doğrusal model olduğunu ifade etmişlerdir.

Johnson ve ark. (2001), büyüme eğrisi parametrelerini tahmin etmek için deneysel dönüşüm yöntemlerini incelemişlerdir. Taylor serisi yaklaşımını kullanarak Monomoleküler büyüme modeli parametrelerinin tahmin edilebilmesi için bir kovaryans matrisi tahmin edicisini deniz kaplumbağalarına ait verilerde uygulamışlardır. Similasyon sonuçları, parametrelerin tahmininde dönüşüm nokta tahmin edicisinin en çok olabilirlik yöntemine göre daha iyi sonuç verdiğini bildirmişlerdir.

Keskin ve Tozluca (2001), 337 adet dişi ve 340 adet erkek olmak üzere toplam 677 adet Japon bıldırcınlarında (*Coturnix japonica*) büyüme eğrisi parametrelerine ait kalıtım dereceleri ve bunların değişik dönemlerdeki canlı ağırlıklarla aralarındaki genetik ve fenotipik korelasyonların belirlenmesi ile bu parametrelerin seleksiyon kriteri olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Gompertz büyüme eğrisi parametrelerinin (W , β ve γ) kalıtım derecelerini bütün sürü için sırasıyla; $0,427 \pm 0,159$, $0,271 \pm 0,118$ ve $0,223 \pm 0,105$, değişik dönemlerdeki canlı ağırlıklara ait kalıtım derecelerini de $0,245-0,482$ değerleri arasında tespit etmişlerdir. Sonuçta, Gompertz modeline ait her üç parametrenin seleksiyon kriteri olarak kullanılabilceği, W parametresinin seleksiyon kriteri olarak kullanılması ile canlı ağırlık artışı bakımından önemli bir genetik ilerlemenin sağlanabileceği ve diğer parametrelere (β ve γ) göre yapılacak seleksiyonun, canlı ağırlığa göre yapılacak seleksiyonla elde edilebilecek genetik ilerleme kadar başarılı olma olasılığının düşük olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Orman ve Gürçan (2001), Karaköy Tarım İşletmesin'de yetiştirilen Jersey ırkı bir ineğe ait verim kayıtları ile Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Araştırma Uygulama Çiftliği'nden alınan yumurta verimlerine ait kayıtlarda doğrusal olmayan

regresyon analizini kullanarak laktasyon eğrisi ve yumurta verim eğrisini oluşturmuşlardır. Süt verimi için kullanılan modele ait parametreler, doğrusal olmayan ve logaritmik dönüşüm uygulayarak doğrusal regresyon analizleri ile tahmin etmişler ve doğrusal olmayan iteratif tekniğin daha uygun sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir. Yumurta verimi için kullanılan modelde ise parametreler üzerinde hipotezler kurarak, kısıtlı ve kısıtlı olmayan analizleri karşılaştırmışlardır. Kısıtlı modelin daha uygun olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuçta, veri yapısı gereği olarak doğrusal olmayan bir yapı oluşturan sayısal değerlere ait modellerde doğrusal olmayan regresyon analizi uygulamanın gerekli olduğu sonucuna varmışlardır.

Kuzu ve Eliçin (2002), Kilis keçisi oğlaklarında doğumdan itibaren altı aylık yaşa kadar olan dönemde canlı ağırlık, cidago yüksekliği, göğüs derinliği, kürekler arkası göğüs genişliği, vücut uzunluğu ve göğüs çevresi ölçümlerine ait verileri kullanarak büyüme eğrilerinin çizilmesini amaçlamışlardır. Bu amaçla üzerinde durulan özellikler için 24 baş oğlakta doğumdan itibaren 10 haftalık yaşa kadar birer hafta, 10 haftalık yaştan 16 haftalık yaşa kadar ikişer hafta ve 16 haftalık yaştan 6 aylık yaşa kadar da birer aylık arayla ölçümler yapmışlardır. İlk üç aylık dönemde doğrusal olan büyüme, ilerleyen zaman içinde bir asimptota ulaşmış ve bu durumda cidago yüksekliği, göğüs derinliği, kürekler arkası göğüs genişliği, vücut uzunluğu, göğüs çevresi ve canlı ağırlığın doğrusal model ile tahmin edilmesinde belirleme katsayılarında bir azalma olduğunu görmüşlerdir. Bu nedenle canlı ağırlık ve değişik vücut ölçülerindeki değişimleri tanımlamak için Monomoleküler büyüme modelini kullanmışlardır. Elde edilen sonuçları incelediklerinde, Kilis keçisi oğlaklarında canlı ağırlık ve değişik vücut ölçülerindeki değişimleri tanımlamak için Monomoleküler fonksiyonun iyi bir model olduğunu göstermişlerdir.

Çamdeviren ve Taşdelen (2002), Japon bıldırcınının (*Coturnix Japonica*) ağırlıkça büyümesini tanımlayabilmek için tek, iki ve üç aşamalı lojistik büyüme fonksiyonları kullanmışlardır. Erkek ve dişi Japon bıldırcınlarında iki aşamalı büyüme eğrisinin tahminlerinin hata varyansı, özilişki ve belirleme katsayısı bakımından en iyi tahminler olduğu görmüşlerdir. Buna ek olarak, büyüme eğrilerinin tanımlanması amacıyla, tek aşamalı ve iki aşamalı büyüme fonksiyonları

aralarındaki ilişkiler bakımından birbiriyle karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, büyümenin farklı evrelere bölünerek incelenmesi durumunda farklı büyüme dönemleri hakkında daha ayrıntılı bilgi edinilebileceği ve tahminlerdeki sapmaların en aza indiğini ifade etmişler; ancak sonuçların genellenebilmesi için ağırlık değerlerinin daha uzun bir yaşam periyodunda ölçülmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Keskin ve ark. (2002), çalışmalarında 156 adet dişi ve 174 adet erkek olmak üzere toplam 330 adet Japon bıldırcınlarında (*Coturnix japonica*) en küçük kareler (EKK), Jackknife, Bootstrap ve Ortalaması Alınmış Gözlem Değeri tahmin edicilerini kullanarak yanı (bias) en az olan büyüme eğrisi parametresini tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Tüm sürüye ait hata kareler ortalamaları EKK için 7,555, Jackknife için 7,099, Bootstrap için 7,282 ve Ortalaması Alınmış Gözlem Değeri için 7,099 olarak tespit etmişlerdir. Bütün sürü için belirleme katsayıları ise sırasıyla, % 99,137, % 99,837, % 99,902, % 99,897 ve Hata kareler ortalaması değerlerini birbirine yakın olarak bulmuşlardır. Sonuç olarak, Gompertz modeline ait parametrelerin tahmin edilmesinde bu dört tahmin yönteminin de kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Lobo ve Filbo (2002), yaptıkları çalışmada sığırlar için 205, 365 ve 550 günlük yaş için vücut ağırlığının standartlaştırma yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma işlemi, her hayvan için bireysel doğrusal regresyon eğrilerini, bireysel karesel regresyon eğrilerini, bireysel Brody eğrisini ve bireysel Richards eğrilerini kullanarak yapmışlardır. Farklı yöntemlerle hesaplanan vücut ağırlıklarının ortalamaları arasında fark bulmuşlardır. Varyans ve genetik parametre tahminlerini her bir yöntem için farklı olarak elde etmişlerdir. Böylece doğrusal olmayan büyüme modellerinin sığırların vücut ağırlığının standartlaştırması işleminde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Kratochvilova ve ark (2002), 157 baş Holştayn ineğe ait vücut ağırlığı kayıtlarını kullanarak büyüme eğrisi ve ergin vücut ağırlığı arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Büyüme eğrisi parametrelerinin tahmin edilmesinde Gompertz

büyüme fonksiyonunu kullanmışlardır. Büyüme parametreleri arasındaki korelasyonları hesaplamışlardır. Korelasyon analizi sonucunda, daha erken ergin çağa ulaşan ineklerin daha düşük ergin ağırlığa, daha geç ergin çağa ulaşan ineklerin daha yüksek ergin ağırlığa sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Cho ve ark. (2002), çalışmalarında doğrusal olmayan Gompertz ve Richards modellerini kullanarak Hanwoo'nun (Kore kahverengi sığırı) büyüme eğrisi parametreleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Bu amaçla 1133 baş sığıra ait ağırlık-yaş verileri için Gompertz ve Richards modellerini oluşturmuşlardır. Ağırlık-yaş verilerinde Gompertz ve Richards modellerinin iyi bir uyum gösterdiğini ifade etmişlerdir. Bu modellerin parametrelerine ait kalıtım derecelerini ve parametreler arasındaki genetik korelasyonları hesaplamışlardır.

Tsoularis ve Wallace (2002), çalışmalarında genelleştirilmiş lojistik denklemini ve özelliklerini sunmuşlardır. Diğer büyüme modellerinin (Lojistik, Richards, Bertalanffy, Smith'in denklemi, vb.) genelleştirilmiş Lojistik büyüme eğrisinin özel bir durumu olduğunu ve bu büyüme modellerinin özelliklerinden söz etmişlerdir. Ayrıca Weibull dağılımının da alternatif olarak genelleştirilmiş Lojistik eğrisi ile gösterilebileceğini ifade etmişlerdir.

Kuurman ve ark. (2003), broiler piliçlere ait verileri kullanılarak iki aşamalı bir modelin dağılımlarını ve tahmin yöntemlerini inceleyip, değerlendirmişlerdir. Embriyonik ölüm zamanını üç dağılımı kullanarak modellemişlerdir: Lojistik, log-Lojistik ve Weibull. Bu dağılımların parametrelerini en küçük kareler, en çok olabilirlik ve en küçük Hellinger mesafesi yöntemleri ile hesaplamışlardır. Sonuç olarak, ölüm zamanının dağılım parametrelerinin iki aşamalı Lojistik dağılımı yerine, iki aşamalı Weibull dağılımı ile tahmin edilmesini önermişlerdir. Ölüm zamanının dağılım parametrelerinin tahmin işleminde en çok olabilirlik yönteminin en küçük kareler yöntemine tercih edilebileceğini belirtmişlerdir. Eğer ölüm oranının dağılımı tam olarak bilinmiyor veya veriler aykırı (outlier) değerler içeriyorsa, dağılım parametrelerinin tahmin işleminde en küçük Hellinger mesafesi yönteminin,

en çok olabilirlik yönteminin bir alternatifi olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Rosen ve Cohen (2003), 0-4 yaş arası erkek ve kız çocuklara ait vücut ağırlığı verilerini mixtures-of-experts (ME) yaklaşımını kullanarak büyüme eğrilerini modellemişlerdir. Bireysel büyüme eğrilerini tahmin ettikten sonra, bu tahminlerden yararlanarak ortalama büyüme eğrilerini oluşturmuşlardır. Tanıttıkları yaklaşımın oldukça esnek olduğunu ve değişik yaşlardan oluşan büyüme verilerine uygulanabileceğini bildirmişlerdir.

Lee ve Hsu, (2003), on üç adet erkek fare ve simülasyonla elde edilen verilerde q . dereceden özilişki (AR(q)) yapısında olan gruplanmış varyansa sahip genelleştirilmiş büyüme eğrisini tahmin edip, açıklamışlardır. AR(q) bağımlılık yapısında gruplanmış varyanslı modelin büyüme eğrisi verilerinde etkin ve yararlı sonuçlar verdiğini göstermişlerdir.

Bayram ve ark. (2004), 119 baş dişi Esmer ve 50 baş Siyah Alaca sığırların ağırlık-yaş verilerini kullanarak bazı büyüme ve gelişme özelliklerini Richards ve Bertalanffy büyüme modelleri ile tahmin etmişlerdir. Richards modelinin etkinliğinin Bertalanffy modelinden daha iyi olduğunu bulmuşlardır. Richards modeli büyüme parametreleri A , B , k ve m , Esmerlerde $501 \pm 6,88$ kg, $0,6666 \pm 0,0262$, $0,0581 \pm 0,0019/\text{ay}$ ve $4,07 \pm 0,44$, Siyah Alacalar için sırasıyla $496 \pm 7,40$, $0,8041 \pm 0,032$, $0,0515 \pm 0,0028/\text{ay}$ ve $2,64 \pm 0,67$ olarak tahmin etmişlerdir. Her iki ırk için tahmin edilen doğum ağırlığı ve doğum-3 yaş dönemindeki periyodik ağırlıkların birbirine yakın olduğunu bulmuşlardır. İlk buzağılama yaşının büyüme eğrisi parametreleri B , m ($P < 0,01$) ve A ($P < 0,05$)'ya etkileri istatistiksel olarak önemli iken, k parametresine etkisinin önemli olmadığını belirtmişlerdir. Aralıklı ve ardışık yıllardaki buzağılamanın büyüme eğrisi parametrelerine etkisi ni önemsiz olarak bulmuşlardır.

Hassen ve ark. (2004), 927 baş safkan Angus boğalar ve düveler için canlı ağırlık değişimlerini tanımlamak amacıyla doğrusal ve doğrusal olmayan büyüme modellerini oluşturmuşlardır. Kullanılan modeller üçüncü dereceden polinomial regresyon yöntemi ile doğrusal olmayan Lojistik, Brody, Van Bertalanfy gibi büyüme fonksiyonlarını kullanmışlardır. Bu modeller ile büyüme parametrelerini, belirleme katsayılarını, hata kareler ortalamasının karekökünü hesaplamışlardır. Belirleme katsayısı ve hata kareler ortalamasının karekökü değerleri ile modellerin uyumunu karşılaştırmışlardır. Üçüncü dereceden polinomial regresyon ile Lojistik modelinin büyümeyi oldukça iyi bir şekilde tanımladığını bildirmişlerdir. Bireysel hayvan verilerinde bu iki modeli karşılaştırdıklarında, üçüncü dereceden polinomial regresyonun daha iyi uyuma sahip olduğunu göstermişlerdir.

Lei ve Zhang (2004), Bertalanffy-Richards büyüme modelini ve özelliklerini tanıtmışlardır. Bu model aşağıdaki gibidir:

$$f(x) = \alpha [1 - \beta \exp(-\kappa x)]^{1/\delta} \quad (5)$$

α : asimptot değerini, β : bir biyolojik sabiti, κ : $f(x)$ 'in oranı ve δ : büyüme eğrisinin şekil parametresi ile ilgilidir. Bertalanffy-Richards büyüme modelinin ağaçların büyüme ve ürünlerinin modellenmesinde oldukça iyi uyuma sahip olduğunu göstermişlerdir. Bu modelin "S" şekline ve bükülme noktasına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Doğrusal olmayan büyüme modeli parametrelerinin tahmin edilmesinde Marquardt gibi yöntemler kullanıldığında, kısmi türevlere ihtiyaç duyulmayacağını bildirmişlerdir. Bertalanffy-Richards büyüme modelinden diğer büyüme modellerinin (Gompertz, Lojistik ve Monomoleküler) elde edilebileceğini göstermişlerdir.

Ayrıca doğrusal olmayan büyüme modelleri çeşitli yayınlarda bitkiler için de kullanılmıştır (Bahler ve ark., 1989; Kürklü ve ark., 1998; Damgaard ve ark., 2002; Bergamin ve Amorim, 2002; Damgaard, 2004).

1.3. Büyüme Modelindeki Parametreler Hakkında Genel Bilgi

Büyüme modellerinde kullanılan parametrelerin (α , β , κ , δ ve γ) belirli biyolojik anlamları vardır. Bir model büyümenin tanımlanması için kullanılıyorsa, model parametrelerinin yorumu şu şekilde ifade edilebilmektedir:

α : En yüksek büyüklüğe ait asimptot ile ilgili bir parametredir. Modellerin bir çoğunun asimptotu α olmakla beraber, bazı modellerin asimptotu; e^α , $1/\alpha$ olarak tanımlanabilmektedir.

β : Bu parametrenin biyolojik anlamı literatürde belirtilen değişik model fonksiyonlarına göre farklı olabilmektedir. Genel olarak; büyüme eğrisini tanımlayan bir sabit olarak nitelendirilebilir. Bazı kaynaklarda (Keskin ve Tozluca, 2001; Hassen ve ark., 2004) integrasyon sabiti olarak tanımlanmaktadır. Bir kaynakta (Ratrowsky, 1983) bu parametrenin anlamı; Y eksenini üzerindeki sabit değer ($X=0$ iken, Y 'nin alacağı değer) ile ilgili olup, sabit değer konumu hakkında bilgi verdiğini bildirmektedir. Başka kaynaklarda (Draper ve Smith, 1981; Kuzu ve Eliçin, 2002; Bayram ve ark., 2004) ise, doğumdan sonra kazanılan ilgili özelliğe ait büyüklüğün, en yüksek büyüklüğe oranını ifade edebilmektedir. Bazı modellerde $\beta = e^{\gamma}$ olarak ifade edilebilmektedir.

κ : Bağımlı değişkenin başlangıç değerinden (β ile belirlenen büyüklük) son değerine (α ile belirlenen büyüklük) kadar olan değişimi ifade eden büyüme oranı ya da hızı ile ilgili bir parametredir.

δ : Üç parametrelili modellere kıyasla, dört parametrelili modellerin verilere uyum esnekliğini artırmak için kullanılan parametredir. Şöyle de ifade edilebilir: bükülme noktasına seçmeli olarak yerleştirilmiş eğri ailesine ait esneklik sağlayan bir parametredir.

γ : Bükülme (büküm) noktası (point of inflection) ile ilgili bir parametredir. (Ratrowsky, 1983; Seber ve Wild, 1989).

1.4. Gompertz Büyüme Modeli

Gompertz büyüme modeli, büyümenin bükülme noktasına göre simetrik olmadığı durumlarda hayvanların büyümesi ve kitleye ilişkin çalışmalar için sıklıkla kullanılabilmektedir. Bu eğri, “S” şeklinde bir yapıya sahiptir. x zamanı ifade ettiğinde $f(x)$ kadar büyüklük için Gompertz modeli aşağıdaki gibidir (Seber ve Wild, 1989; Ncse ve Pass, 2004):

$$f(x) = \alpha e^{\{-e^{-x(x-\gamma)}\}} \quad (6)$$

$\beta = e^{\gamma}$ olarak alınırsa,

$$f(x) = \alpha e^{\{-\beta e^{-x}\}} \quad (7)$$

elde edilir.

Büyümenin yalnızca bir tek döngü ile açıklanabileceği varsayımına dayanan ve dolayısıyla büyüme eğrisini bir çift üssel terimle tanımlayabilen modeldir. Gompertz modeli matematiksel anlamda büyüme hızının üssel olarak azaldığı üç parametrelili bir fonksiyondur. Gompertz modelinin diğer şekilleri aşağıda verilmiştir (Yakupoglu, 1999):

$$f(x) = \alpha e^{\{-e^{-(\beta-x)}\}} \quad (8)$$

$$f(x) = e^{(\alpha - \beta x)} \quad (9)$$

$$f(x) = \alpha e^{(1 - \beta e^{-\alpha x})} \quad (10)$$

Gompertz üstel fonksiyonu ise;

$$f(x) = e^{[\alpha e^{(-\beta e^{-\alpha x})}]} \quad (11)$$

olarak ifade edilmiştir (Efe, 1990).

Gompertz modeli, ekonometrik modellemede, bitki, hayvan ve insanların büyüme sürecinde kullanılabilmektedir (Draper ve Smith, 1981; Ratrowsky, 1983).

Eğer (6) nolu eşitlikte $x \rightarrow \infty$ iken, $f(x) = \alpha$, yani en yüksek büyüme değeri elde edilirken, $x = 0$ olduğunda $f(x) = \alpha e^{(e^{\alpha})} = \alpha e^{(\beta)}$, yani başlangıç büyüme değeri elde edilir.

1.5. Richards Büyüme Modeli

Richards büyüme modeli dört parametrelidir bir fonksiyon olup, büyüme modellerinin en geneli olduğu söylenebilir. Bu model şöyle ifade edilebilir:

$$f(x) = \alpha [1 + (\delta - 1)e^{-\kappa(x-\gamma)}]^{1/\delta}, \quad \delta \neq 1 \quad (12)$$

$\beta = e^{\kappa\gamma}$ olarak alınırsa, Richards büyüme modeli aşağıdaki gibidir:

$$f(x) = \alpha [1 + (\delta - 1)\beta e^{-\kappa x}]^{1/\delta}, \quad \delta \neq 1 \quad (13)$$

Richards fonksiyonundan δ 'nın alacağı değere göre diğer büyüme modelleri elde edilebilmektedir: $\delta = 0$ değerini aldığı anda, Monomoleküler büyüme modeli, $\delta = 2$ değerini aldığı anda, Lojistik büyüme modeli, $\delta = 2/3$ değerini aldığı anda, Bertalanffy büyüme modeli, $\delta \rightarrow 1$ limiti alınır, Gompertz büyüme modeli elde edilir (Seber ve Wild, 1989; Ncss ve Pass, 2004).

Richards büyüme modelinin kullanılan diğer uyarlamaları aşağıdadır:

$$f(x) = \frac{\alpha}{[1 + e^{(\beta - \kappa x)}]^{1/\delta}} \quad (14)$$

$$f(x) = \frac{\alpha}{\{[1 + \beta[e^{(-\kappa x)}]]\}^{1/\delta}} \quad (15)$$

$$f(x) = \frac{\alpha/\beta}{\{1 + e^{[-\beta(1+\delta)(x-\kappa)]}\}^{1/(1+\delta)}} \quad (16)$$

(16) nolu model, iki parametresinin iki defa yinelenmesi nedeniyle biçimsiz bir görünüme sahiptir. Bu model, 1951 yılında Von Bertalanffy tarafından türetilen eşitliğin genelleştirilmiş bir biçimidir (Ratrowsky, 1983).

1.6. Lojistik Büyüme Modeli

Lojistik büyüme modeli üç parametresi olan “S” şeklinde bir fonksiyondur. Lojistik büyüme modeli matematiksel olarak aşağıdaki gibidir (Rawlings, 1988; Ncss ve Pass, 2004):

$$f(x) = \frac{\alpha}{1 + e^{-\kappa(x-\gamma)}}, \quad -\infty < x < \infty \quad (17)$$

Eğer $\beta = e^{\kappa\gamma}$ olarak alınırsa, model şu şekilde olur:

$$f(x) = \frac{\alpha}{1 + \beta e^{-\kappa x}} \quad (18)$$

$x=0$ iken, $f(x) = \alpha/(1 + \beta)$ olur. Lojistik denklemi, 1938 yılında Verhulst tarafından bir organın ya da bir kitlenin büyümesini tanımlamak için deneysel olarak türetilmiştir. Ayrıca bu denklem, monomoleküler kimyasal maddenin tüketim hızını açıklayabilmektedir (Seber ve Wild, 1989).

Lojistik eşitlik ya da bu fonksiyondan türetilmiş olan eşitlikler, 'bir topluluk içerisindeki fertlerin sayısındaki değişmelerin modellenmesi için hayvan ekolojisi alanında geniş bir şekilde kullanılabilmektedir. Bu fonksiyonun biyolojik önemi, genellikle doğuştan gelen büyüme artış oranı olan κ parametresine ve α asimptot değerine bağlanmaktadır (Efe, 1990).

Lojistik büyüme modelinin diğer uyarlamaları literatürde sunulmuştur (Ratrowsky, 1983):

$$f(x) = \frac{\alpha}{1 + e^{(\beta - \kappa x)}} \quad (19)$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha + \beta e^{-\kappa x}} \quad (20)$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha + \beta \kappa^x} \quad (21)$$

$$f(x) = \frac{\alpha}{1 + e^{(\beta)} \kappa^x} \quad (22)$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha + e^{(\beta)K^x}} \quad (23)$$

Bertalanffy-Richards büyüme modelinde şekil parametresi (δ) 2 değerini aldığıında, Lojistik modeli elde edilebilmektedir (Lei ve Zhang, 2004).

1.7. Monomoleküler Büyüme Modeli

Monomoleküler büyüme modeli üç parametreye sahip olan asimptotik modellerden biridir. Monomoleküler büyüme modeli biyolojik bilimlerden önce fizikokimya bilim dalında kullanılmıştır. Bükülme noktasının olmaması bu fonksiyonun kullanım alanını sınırlamaktadır. Monomoleküler fonksiyonu, üçüncü dereceden çokterimli fonksiyonun eğrisel yapısına benzerlik göstermektedir; ancak asimptotik fonksiyonların yapısında eğimin negatif bölgeye düşme durumu söz konusu olmamaktadır (Efe, 1990). Bu model aşağıdaki gibi belirtilebilir (Seber ve Wild, 1989; Ncoss ve Pass, 2004):

$$f(x) = \alpha(1 - e^{-\kappa(x-\gamma)}) \quad (24)$$

$\beta = e^{\kappa\gamma}$ olarak alınırsa, model şu şekilde olur (Rawlings, 1988):

$$f(x) = \alpha(1 - \beta e^{-\kappa x}) \quad (25)$$

$x=0$ noktasında $f(x) = \alpha(1 - \beta)$ değerinden (başlangıç değeri) başlayarak α 'ya kadar (asimptot) artacağı bildirilmiştir (Kuzu ve Eliçin, 2002).

Monomoleküler büyüme fonksiyonunun üstel biçimi ise literatürde şöyle verilmiştir:

$$f(x) = e^{\alpha(1 - \beta e^{-\kappa x})} \quad (26)$$

Fonksiyonu basitleştirmek amacıyla yapılan bu üstel dönüşüm işlemi, orijinal verilerin logaritmalarının homojen olduğu ve eğrisinin şekli fonksiyonun eğrisine ait genel şekle benzerlik gösterdiği durumlarda yapılabilir. Fonksiyonun yapısı ve özellikleri bu dönüşüm işlemi ile değişmez (Efe, 1990).

Bertalanffy-Richards büyüme modelinde şekil parametresinin (δ) 0 değerini aldığı anda, Monomoleküler modeli elde edilebilmektedir (Lei ve Zhang, 2004).

1.8. Özilişkinin Araştırılması ve Giderilmesi

Bilgisayar teknolojisinde yapılan gelişmeler ve yüksek hızlı bilgisayarların geliştirilmesi ile doğrusal olmayan modeller sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Büyüme modelleri gibi doğrusal olmayan modeller ve zaman serileri çözümlemeleri sıklıkla en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmektedir. Modelin hata terimleri normal, bağımsız ve aynı dağılıma sahip olduğunda, en küçük kareler yöntemi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. En küçük kareler yöntemi, model katsayılarının yansız en etkin tahminlerini vermektedir. Ancak çoğu durumda özilişki ihtimali göz ardı edilebilmektedir. En küçük kareler regresyon yöntemi, artıklarda özilişkinin varlığı veya bağımsız değişkenlerde hatalı ölçümlerin olması durumunda, yapılacak tahminleri etkisiz yapıp, yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir. Ayrıca parametre tahmin edicileri için çok küçük varyansların elde edilmesine yol açabilmektedir (Watts, 1981; Dagenais, 1994; Octavio ve ark., 2003). En küçük kareler yönteminin geçerliliği bazı şartlara bağlıdır. Bu çalışmada incelenecek olan varsayım: “Ardışık artıklar birbirinden bağımsız olarak dağılır. Başka bir ifade ile artıkların ilişkisiz olması durumudur.” Bu varsayım dikkate alınmadığında çeşitli hatalar ortaya çıkabilmektedir. Bunlar:

- Regresyon katsayılarının tahminleri yansız olmasına rağmen, en küçük varyanslı olamazlar.

- Tahmin edilen standart hatalarda yanlış sonuçlar elde edilebilir.
- Varyans tahmininde kullanılan formül uygulanamaz hale gelir ve gerçek varyans olduğundan daha küçük tahmin edilebilir.
- Belirleme katsayısı gerçek değerinden daha büyük tahmin edilebilir.
- t ile F sınamaları geçersizdir. Tahmin edilen regresyon katsayılarının istatistik bakımından anlamlılıkları ile ilgili olarak yanıltıcı sonuçlar verebilirler (Durbin ve Watson, 1950; Park ve Mitchell, 1980; Dargahi-Noubary, 1990; Kobayashi, 1991; Wilson, 1992; Gujarati, 1999).

Özilişki kavramı, zaman serileri verilerindeki gibi zaman içinde ya da kesit verilerinde olduğu gibi mekan içinde sıralanan gözlem dizilerinin birimleri arasındaki ilişkidir (Gujarati, 1999). Kısaca özilişki şu şekilde tanımlanabilir: artıkların bağımlılığı ya da artık terimlerinin ilişkili olmasıdır (Wilson, 1992).

Eğer artıklar ilişkili yani aralarında bir bağımlılık söz konusu iken bu durum dikkate alınmış ise, en küçük kareler yöntemi yine en iyi doğrusal yansız regresyon katsayılarının tahminini vermektedir (Cochrane ve Orcutt, 1949).

Artıkların ilişkili olup olmama durumunu incelemenin nedenleri bilinmek istenebilir. Bunlar:

- a. Özilişki, regresyon katsayılarına ait güven aralıkları ve testlerin yeterli olup olmadığını belirtebilir,
- b. Özilişkili artıklar, önemli değişkenlerin modelin dışında bırakılıp bırakılmadığı hakkında bir bilgi bulunduğunda görülebilir,
- c. Model kurma hatası sonucunda özilişkili artıklar ortaya çıkabilir,
- d. İlgili analizde kullanılan verilerde ölçüm hatası yapılmış olabilir,
- e. Değişkenler birbirleriyle ilişkili olduğu zaman, artıklar da genellikle ilişkili olmaktadır (Cochrane ve Orcutt, 1949; Huitema ve McKean, 2000).

Veriler bir zaman sürecinde dizisel olarak toplandığında, bazı modellerin artıklarında özilişki olabilmektedir. Özellikle verilerin toplanma noktaları birbirine yakın ise, özilişkinin ortaya çıkma ihtimali artmaktadır. Zaman noktaları geniş bir şekilde dağılmışsa, uygulamada artıkların zayıf ya da ilişkisiz oldukları kabul edilebilir. Ancak bu durumda elde edilecek sonuçların güvenilir olması açısından özilişkinin tespit edilmesi ve özilişki varsa giderilmesi daha yararlı olacaktır (Dargahi-Noubary, 1990).

Özilişkinin tespit edilmesi ile ilgili en yaygın kullanılan sınamalardan birisi Durbin-Watson d istatistiğidir. Şöyle tanımlanır:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (\hat{u}_t - \hat{u}_{t-1})^2}{\sum_{t=2}^n (\hat{u}_t)^2} \quad (27)$$

burada $\hat{u}_t$, artıkları ifade etmektedir. Bu formül kısaca, ardışık artıkların farklarına ait kareler toplamının artıkların kareler toplamına oranı olarak ifade edilebilir. Durbin-Watson d istatistiği, regresyondan elde edilen artıklardan hesaplanmaktadır (Durbin ve Watson, 1950). Bu istatistiğin çeşitli varsayımları vardır:

- Regresyon modeli sabit terim içerir. Sıfır noktasından geçen regresyonda olduğu gibi bu terim yoksa, artık kareler toplamını hesaplamak için sabit terimi içeren regresyonunun bir defa daha bulunması gerekir.
- Açıklayıcı değişkenler (X'ler) olasılıklı (rastgele) değildir ya da tekrarlanan örneklerde değişmezler.
- Artık terimleri birinci dereceden özilişkiye sahiptir.
- Regresyon modeli, bağımlı değişkenin gecikmeli değer(ler)ini açıklayıcı değişken olarak almaz (Gujarati, 1999).

Durbin-Watson d istatistiği, “artıklar ilişkisizdir” hipotezini test etmektedir. Durbin ve Watson, elde edilen d istatistiğini hakkında karar vermek için bir alt (d_A) ve üst (d_U) sınır değerlerini gözlem sayısı ile açıklayıcı değişken sayısına bağlı olarak belirtmişlerdir. Bu test istatistiği 0 ile 4 arasında değer almaktadır ($0 \leq d \leq 4$). Bu d istatistiği ile ilgili ayrıntılı bilgi kaynaklarda verilmiştir (Durbin ve Watson, 1950; Durbin ve Watson, 1951).

Durbin-Watson d istatistiğinin sıklıkla kullanılmasına karşın, bir eksikliği bulunmaktadır. Karar aşamasında eğer d istatistiği kararsızlık ya da belirsizlik bölgesine düşerse, özilişkinin varlığı ya da yokluğu hakkında bir sonuca ulaşılamaz (Kobayashi, 1991; Gujarati, 1999; Huitema ve McKean, 2000). Durbin ve Watson (1951), d istatistiğinin bu eksikliğini gidermek amacıyla Beta dağılımına dayalı olan yeni bir yaklaşım (beta yaklaşımı) geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımda, d istatistiği için dönüşüm uygulanarak değişim aralığı yaklaşık olarak 0 ile 1 arasına getirilmektedir.

$\frac{1}{4}d$ aşağıdaki Beta dağılımına sahiptir:

$$\frac{1}{B(p, q)} \left(\frac{d}{4} \right)^{p-1} \left(1 - \frac{d}{4} \right)^{q-1} \quad (28)$$

Bu dağılımdan şu ifadeler elde edilir:

$$E(d) = \frac{4p}{p+q} \quad (29)$$

$$V(d) = \frac{16pq}{(p+q)^2(p+q+1)} \quad (30)$$

p , q : Beta dağılımını oluşturan değişkenlerdir. $E(d)$ ve $V(d)$ ise, sırasıyla d istatistiğinin beklenen değer ve varyansını temsil etmektedir. (29) ve (30) nolu denklemler kullanılarak p ve q bulunacak olursa,

$$p = \frac{1}{4}(p+q)E(d) \quad (31)$$

$$p+q = \frac{E(d)\{4-E(d)\}}{V(d)} - 1 \quad (32)$$

Buradan p , q , $E(d)$ ve $V(d)$ değerleri hesaplanabilir. Pozitif özilişkinin test edilebilmesi için $\frac{1}{4}d$ 'nin kritik değeri bulunmalıdır. Eğer $2p$ ve $2q$ tam sayı ise, bu Catherine Thompson (1941)'in tablolarından ya da Fisher'in z veya varyans oranı tablolarından elde edilebilir. Eğer $2p$ ve $2q$ tam sayı değil ise, kritik değer ilk yaklaşımdan en yakın integral değerleri ile bulunabilir. Böylece $F = \frac{p(4-d)}{qd}$

varyans oranları olarak dağılır. $z = \frac{1}{2} \log_e F$, Fisher'in z değerine eşittir. Her ikisi de $n_1 = 2q$, $n_2 = 2p$ serbestlik derecesine sahiptir. Karar verme işlemi F ve z testine göre yapılır. Negatif özilişkiyi test etmek için aynı işlemler d yerine $4-d$ alınarak yapılabilir. Ayrıntılı bilgi Durbin ve Watson (1951)'de açıklanmıştır. Bilgisayar paket programlarının gelişmesi ile karmaşık işlem gerektiren bu hesaplamalar kolaylıkla yapılabilmektedir. NCSS gibi bazı paket programlar Durbin-Watson d istatistiğinin yerine Durbin-Watson (1951) tarafından bildirilen Beta dağılımı yaklaşımını kullanmaktadır. Bunun nedeni, test istatistiğinin dağılımının X 'lerin değerlerini içermesi ve sınırların dışında büyük bir kararsızlık bölgesi olmasındandır. Bu nedenle NCSS paket programı Beta dağılımı yaklaşımını kullanarak bir kesin olasılık değeri hesaplamaktadır (Ncss and Pass, 2004).

Durbin ve Watson (1951) çalışmalarında beta yaklaşımının, serbestlik derecesi yeterince büyük olduğunda (40'dan büyük) doğru sonuç verdiğini bildirmişlerdir. Ancak Durbin ve Watson (1971), dört grup veri kümesi için tanıttıkları yeni bir yaklaşım ($a + bd_v$ diye adlandırılan) ile beta testinin de bulunduğu altı yaklaşımı incelemişlerdir. Beta ile yeni yaklaşımın bu dört grup veri kümesinde iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. Böylece Beta yaklaşımı ile ilgili uyarılarının çok ciddi

olmadığını ifade etmişlerdir. Sonuç olarak, ilk olarak d testinin kullanılmasını önermişlerdir. Eğer sonuç belirsiz olursa, Beta ya da $a+bd_U$ yaklaşımının kullanılmasını önermişlerdir.

Huitema ve McKean (2000), Durbin-Watson d istatistiğinin test işlemlerinin yanlıya neden olabilmesi ve kararsızlık bölgesinin bulunması gibi eksikliklerini açıklamışlardır. Yaptıkları Monte Carlo değerlendirmesi sonucunda, önerdikleri yeni testin, Durbin-Watson beta testi ile hemen hemen aynı etkinliğe sahip olduğunu ve bu iki testin Durbin-Watson d ile Mood'nin run testinden daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Özilişkinin varlığının tespitinden sonra özilişki sorununun giderilmesine ilişkin bir yaklaşım Bates ve Watts (1988) tarafından açıklanmıştır. Bu yaklaşım kısaca özetlenecek olursa, herhangi bir model fonksiyonu $f(x_n, \theta)$ olsun. Burada θ , parametre vektörüdür. Parametre sayısı kullanılan modele göre değişebilmektedir; iki, üç, dört veya daha fazla olabilir. İlgili model fonksiyonu için başlangıç değerleri belirlenir.

Başlangıç değerleri verilerek yakınsama sonucunda parametrelerin (θ^0) elde edildiğini ve birinci dereceden özilişkinin varlığı belirlenmiş olsun. Tahmin edilecek yeni model, $Y_n = f(x_n, \theta) + Z_n$, burada $Z_n = \varepsilon_n + \phi Z_{n-1}$ şeklindedir. θ ve ϕ 'yi tahmin etmek için aşağıdaki eşitlik kullanılır:

$$Y_n - \phi Y_{n-1} = f(x_n, \theta) - \phi f(x_{n-1}, \theta) + Z_n - \phi Z_{n-1} \quad (33)$$

veya

$$Y_n = \phi Y_{n-1} + f(x_n, \theta) - \phi f(x_{n-1}, \theta) + \varepsilon_n \quad (34)$$

Başlangıç değerleri olarak θ parametresinin tahmini için ilk regresyon tahmininden elde edilen değerler ve ϕ için birinci adım korelasyon katsayısı tahmini kullanılabilir. Böylece yeni parametreler elde edilmiş olur. Bates ve Watts (1988) tarafından bir örnekle açıklanan bu yöntemden tahmin edilen parametreler, en küçük kareler yöntemi varsayımlarını sağladığı ve daha küçük standart hatalara sahip olmaları nedeniyle daha iyi tahminlerin elde edildiğini bildirmişlerdir.

Regresyon modellerinde birinci dereceden özilişki tespit edildiğinde, Cochrane-Orcutt, Hildreth-Lu, Prais-Winsten, vb. tahmin yöntemleri kullanılarak bu durumun düzeltilmesi yoluna gidilebilir; ancak bu yaklaşımlar çoğu uygulamalarda bağımsız değişkenlerin ölçüm hataları içerdiği durumu dikkate almaz. Değişkenlerde ölçüm hataları söz konusu olduğunda, en küçük kareler yöntemi daha az güvenilir ve yanıltıcı sonuçlar (yanlı ve büyük standart hataya sahip tahmin ediciler) vermektedir (Dagenais, 1994). Dagenais (1994) yaptığı Monte Carlo denemelerinde bu sorunlarla karşılaşmıştır. Sonuç olarak, özilişki sorununu düzeltirken, bağımsız değişkenlerdeki olabilecek ölçüm hatalarını dikkate alan istatistik tekniklerinin kullanılmasını önermiştir.

Regresyon analizinde artıklarda görülen özilişki sorununu ve giderme yollarını inceleyip, açıklayan pek çok yayın yapılmıştır (Gallant ve Goebel, 1976; Sapra, 1986; Kulperger, 1987; Giles, 1988; Huitema ve McKean, 1991; Octavio ve ark., 2003).

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Gereç

Bu çalışmada, Ceylanpınar Tarım İşletmesi'nde 1990 yılında başlayan VHAG-950 nolu TUBITAK destekli projeden elde edilen Simmental x Güney Anadolu Kırmızısı sığır ırkı G_1 ve $F_1 \times G_1$ melezlerine ilişkin canlı ağırlık ve beden ölçülerine ait veriler kullanılmıştır. G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotiplerinde sırasıyla 8 ve 52 baş olmak üzere toplam 60 baş sığıra ilişkin veriler kaydedilmiştir. 1990 yılında başlayarak iki yıl süren bu projenin ilk aşamasında melezleme ile elde edilmesi amaçlanan F_1 jenerasyonunun sağlanması için Güney Anadolu Kırmızısı inek ve damızlıkta kullanma çağına gelmiş düveler Simmental sperması ile tohumlanmıştır. Projenin ikinci ve üçüncü aşaması üçer yıl olmak üzere toplam altı sürmüştür. Projenin ikinci aşamasında Simmental x F_1 melezlemesinden G_1 genotipi sağlanmıştır. Projenin üçüncü aşamasında ise $F_1 \times G_1$ genotipi elde edilmiştir (Alpan ve ark., 1993). Bu projenin bazı özelliklerine ait bulgu ve sonuçları ile ilgili yayınlar (Alpan ve ark., 1993; Alpan ve ark., 1997; Ertuğrul ve ark., 1999) yapılmıştır.

Büyüme özellikleri incelenirken, canlı ağırlıklar ve aşağıda verilen değişik beden ölçülerine ait bireysel veriler süt emme döneminde 15 günde bir, süt kesim sonrası döneminde altı aya kadar ayda bir, altı aydan sonra üç ayda bir toplanmıştır. Her iki genotipte aşağıda belirtilen ölçümler alınmıştır:

- Canlı Ağırlık: Canlı ağırlıklar 0,5 kg'a kadar hassas baskülle tartılmıştır.
- Cidago Yüksekliği: Yer ile cidago arası olup, ölçü bastonu kullanılarak ölçülmüştür.
- Vücut Uzunluğu: Articulatio humeri ile Tuber ichii arası olup, ölçü bastonu kullanılarak ölçülmüştür.

- Göğüs Çevresi: Scapulaların arkasından ölçü şeridi kullanılarak ölçülmüştür.
- Göğüs Derinliği: Cidago ile sternum arası ölçü bastonu kullanılarak ölçülmüştür.
- İncik Çevresi: Sağ metakarpusun ortasından ölçü şeridi kullanılarak ölçülmüştür.

Veriler, Ceylanpınar Tarım İşletmesinden aynı kişi tarafından yukarıda belirtilen ölçü aletleri kullanılarak elde edilmiş ve bireysel kayıtlara işlenmiştir.

2.2. Yöntem

Öncelikle G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotiplerine sahip sığırların her birisi için değişik beden ölçülerine ilişkin aşağıdaki bireysel büyüme modelleri oluşturulmuştur:

1. Gompertz (G) büyüme modeli için (7) nolu eşitlik,
2. Richards (R) büyüme modeli için (13) nolu eşitlik,
3. Lojistik (L) büyüme modeli için (18) nolu eşitlik,
4. Monomoleküler (M) büyüme modeli için (25) nolu eşitlik kullanılarak büyüme modelleri tahmin edilmiştir.

Bireysel büyüme modellerinin artıklarında görülen özilişkinin belirlenmesi için Durbin ve Watson (1951) tarafından bildirilen Beta dağılımı yaklaşımı kullanılmıştır. Modellerin artıklarında tespit edilen özilişki sorununun giderilmesi ise, önceki bölümlerde açıklanan Bates ve Watts (1988) tarafından bildirilen yöntem ile ortadan kaldırılmış ve özilişkisiz yeni modeller oluşturulmuştur.

G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotiplerine göre değişik beden ölçüleri için tahmin edilen büyüme modellerini bütün canlılar için genelledebilmek için parametre tahmin değerlerinin ortalaması alınmıştır. Ancak parametre tahminlerinde aşırı değerlerle karşılaşılmasıdır. Aritmetik ortalama aşırı değerlerden etkilenmektedir. Bu nedenle aşırı değerlerden etkilenmeyen ve ortalamadan daha iyi sonuç veren ortanca (medyan) yöntemi kullanılmıştır. Aşırı değerler; parametre değerleri arasında diğer değerlerden farklı olan az sayıdaki değerlerdir (Rice, 1995; Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu, 1997).

Her iki genotipte değişik beden ölçüleri için elde edilen büyüme modelleri belirleme katsayısı, Hata Kareler Ortalaması (HKO) ve iterasyon sayısı (İS) açısından karşılaştırılmıştır. Bu özelliklere göre her iki genotip için en iyi uyuma sahip büyüme modelleri belirlenmiştir.

Her bir büyüme modeli için büyüme parametreleri yönünden genotipler arasında farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla Mann-Whitney U testi kullanılmıştır.

Her genotip için tahmin edilen modellerin R^2 , HKO ve İS değerleri arasında fark olup olmadığı Friedman Varyans analizi yöntemi ile bulunmuştur. Farkın istatistiksel olarak önemli olduğu durumda ise, ikili karşılaştırmalar Wilcoxon testi ile yapılmıştır.

Verilerin analizinde ve şekillerin çizilmesinde NCSS, SPSS ve Microsoft Excel paket programı kullanılmıştır.

3. BULGULAR

Simmental x GAK melezlerine ait G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipinden sırasıyla 8 ve 52 baş sığırdan elde edilen verilerde analizler yapılmıştır. Çizelgelerde ölçülen değişkenlere ait analiz sonuçları, ortanca değeri (X_{50}) ve ortanca değerin standart hatası ($S_{X_{50}}$) ile verilmiştir.

3.1. Canlı Ağırlık

Her iki genotipte (G_1 , $F_1 \times G_1$) canlı ağırlık değişkeni için yapılan analizlere ait sonuçlar Çizelge 1 ve 2’de verilmiştir. Modellere ait parametrelerin özet değerleri Çizelge 1’de, modellerin uyum göstergesi olarak kullanılan HKO, R^2 ve İS değerlerine ait özet bilgiler ise Çizelge 2’de verilmiştir. Genotipler arası yapılan önem kontrollerine ilişkin sonuçlar Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Canlı ağırlık için modellere ait parametre tahminleri

Model	Parametre	$G_1(n=8)$		$F_1 \times G_1(n=52)$		Önem Düzeyi
		X_{50}	$S_{X_{50}}$	X_{50}	$S_{X_{50}}$	
L	α	463,411	48,511	540,429	20,908	0,128
	β	12,347	1,375	13,224	0,583	0,712
	κ	0,010	7,879E-04	0,009	2,788E-04	0,086
G	α	579,912	50,657	630	18,476	0,361
	β	3,276	0,254	3,089	0,060	0,192
	κ	0,005	6,893E-04	0,004	1,425E-04	0,292
M	α	7510,827	1505,10	10031,855	715,56	0,117
	β	1,001	1,15E-03	1,000	4,29E-04	0,258
	κ	1,281E-04	6,034E-05	9,430E-05	3,080E-05	0,035
R	α	549,540	46,579	574,402	11,982	0,107
	β	3,262	0,918	6,499	1,131	0,082
	κ	0,005	0,001	0,008	4,266E-04	0,600
	δ	1,031	0,365	1,532	0,096	0,139

α parametresine ait değerler G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipleri için sırasıyla; L modeli için 463,411 ve 540,429, G modeli için 579,912 ve 630, R modeli için 549,540 ve 574,402, M modeli için 7510,827 ve 10031,855 olarak hesaplanmıştır. α parametresi için yapılan önem kontrollerinde genotipler arası fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

β parametresine ait değerler G_1 genotipi için; L modelinde 12,347, G modelinde 3,089, R modelinde 3,262, M modelinde 1,001 olarak hesaplanmıştır. $F_1 \times G_1$ genotipinde ise, L modelinde 13,224, G modelinde 3,276, R modelinde 6,499, M modelinde 1,000 olarak tahmin edilmiştir. β parametresi için yapılan önem kontrolleri sonucunda genotipler arası fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotiplerinde κ parametre tahminleri sırasıyla; L modelinde 0,010 ve 0,009, G modelinde 0,005 ve 0,004, R modelinde 0,005 ve 0,008, M modelinde 1,281E-04 ve 9,430E-05 olarak hesaplanmıştır. κ parametresi için yapılan önem kontrollerine göre M modeli için genotipler arası fark istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur.

Canlı ağırlık değişkeni için modellerin karşılaştırılması işleminde kullanılacak olan ölçütlere ilişkin değerler izelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2’den canlı ağırlık için her bir modele ait HKO, R^2 , İS değerleri G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipleri için sırasıyla şoyledir: L modeli için 73,904, 0,997, 14 ve 64,629, 0,997, 13, G modeli için 93,353, 0,994, 9 ve 110,593, 0,994, 6, R modeli için 112,081, 0,994, 11 ve 78,077, 0,997, 15, M modeli için 146,205, 0,992, 181 ve 294,361, 0,986, 312,5 olarak elde edilmiştir.

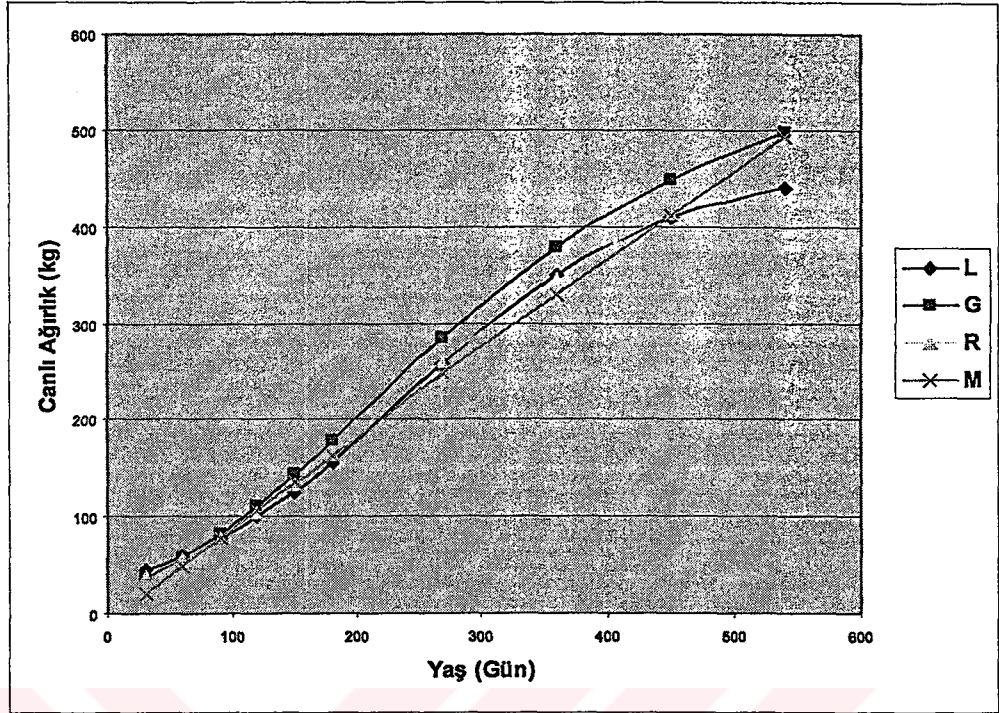
Çizelge 2. Canlı ağırlık için modellere ait HKO, R^2 ve İS Değerleri

		$G_1(n=8)$	$F_1 \times G_1(n=52)$
	Model	X_{50}	X_{50}
HKO	L	73,904	64,629 ^a
	G	93,353	110,593 ^{bc}
	R	112,081	78,077 ^{bc}
	M	146,205	294,361 ^d
	Önem Düzeyi	0,175	0,000
R^2	L	0,997	0,997 ^a
	G	0,994	0,994 ^b
	R	0,994	0,997 ^a
	M	0,992	0,986 ^c
	Önem Düzeyi	0,369	0,000
İS	L	14 ^a	13 ^a
	G	9 ^a	6 ^b
	R	11 ^a	15 ^a
	M	181 ^b	312,5 ^c
	Önem Düzeyi	0,005	0,000

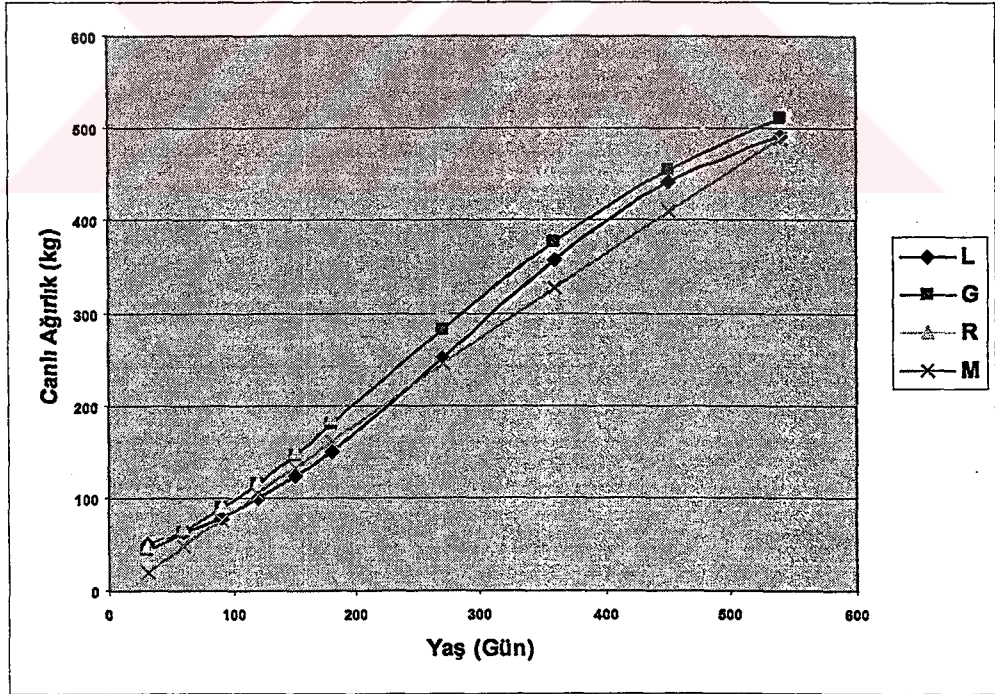
a, b, c, d: Aynı sütunda her bir HKO, R^2 ve İS için farklı harflere sahip modeller arası fark önemli ($p < 0,05$)

Modellerin uyum kriteri olarak kullanılan HKO, R^2 ve İS değerleri için her iki genotipte modeller arasındaki fark, G_1 genotipinde İS, $F_1 \times G_1$ genotipinde ise, HKO, R^2 ve İS değerleri için istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. Her bir genotip için modeller arası farklılığın belirlenmesi için yapılan test sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir.

Dört model için elde edilen parametre tahmin sonuçları ile oluşturulan büyüme eğrileri genotiplere göre Şekil 1 ve 2’de verilmiştir.



Şekil 1. Canlı ağırlık için G_1 genotipine ait büyüme modellerinin çizimi



Şekil 2. Canlı ağırlık için $F_1 \times G_1$ genotipine ait büyüme modellerinin çizimi

3.2. Cidago Yüksekliği

G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipi için cidago yüksekliği değişkenine ait oluşturulan modellere ilişkin parametrelerin özet değerleri Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Cidago yüksekliği için modellere ait parametre tahminleri

Model	Parametre	$G_1(n=8)$		$F_1 \times G_1(n=52)$		Önem Düzeyi
		X_{50}	$S_{X_{50}}$	X_{50}	$S_{X_{50}}$	
L	α	127,209	8,586	134,395	5,295	0,514
	β	0,842	0,099	0,870	0,060	0,543
	κ	0,005	8,637E-04	0,004	3,809E-04	0,557
G	α	131,341	14,319	138,082	4,824	0,811
	β	0,650	0,076	0,675	0,025	0,679
	κ	0,004	8,410E-04	0,003	3,340E-04	0,679
M	α	132,383	12,085	144,275	11,065	0,292
	β	0,484	0,033	0,514	0,016	0,145
	κ	0,003	6,971E-04	0,002	3,036E-04	0,277
R	α	128,933	17,053	139,586	8,182	0,145
	β	0,703	0,247	0,536	0,088	0,514
	κ	0,005	0,001	0,002	4,192E-04	0,249
	δ	1,900	1,414	0,139	0,378	0,390

α parametresine ilişkin tahminler G_1 genotipinde L modeli için 127,209, G modeli için 131,341, R modeli için 128,933, M modeli 132,383, $F_1 \times G_1$ genotipinde L modeli için 134,395, G modeli için 138,082, R modeli için 139,586, M modeli 144,275 olarak tahmin edilmiştir.

β parametresine ilişkin tahminler G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotiplerine göre, L modeli için 0,842 ve 0,870, G modeli için 0,650 ve 0,675, R modeli için 0,703 ve 0,536, M modeli için 0,484 ve 0,514 olarak tespit edilmiştir.

κ parametresine ilişkin tahminler G_1 genotipinde L modeli için 0,005, G modeli için 0,004, R modeli için 0,005, M modeli için 0,003, $F_1 \times G_1$ genotipinde L modeli için 0,004, G modeli için 0,003, R modeli için 0,002, M modeli için 0,002 olarak hesaplanmıştır.

Cidago yüksekliği için tahmin edilen büyüme parametrelerine ait yapılan önem kontrolünde genotipler arası fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Her iki genotipte cidago yüksekliği için tahmin edilen modellere ait HKO, R^2 ve İS değerleri Çizelge 4’de verilmiştir.

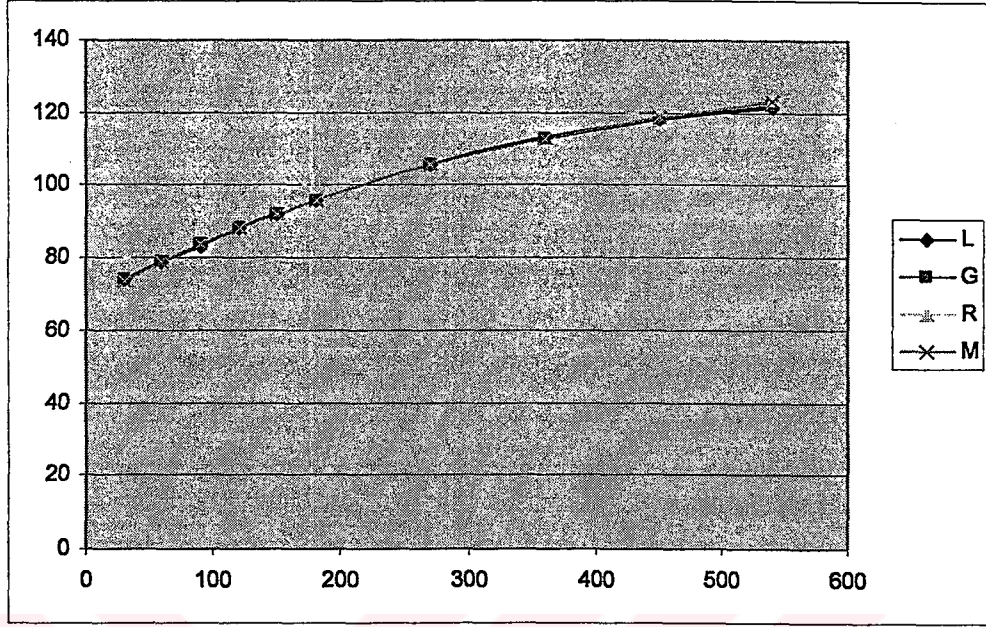
Çizelge 4. Cidago yüksekliği için modellere ait HKO, R^2 ve İS Değerleri

		$G_1(n=8)$	$F_1 \times G_1(n=52)$
	Model	X_{50}	X_{50}
HKO	L	3,479	1,615
	G	3,356	1,702
	R	3,430	1,990
	M	3,355	2,101
	Önem Düzeyi	0,789	0,064
R^2	L	0,986 ^{ab}	0,994 ^a
	G	0,985 ^{ab}	0,993 ^a
	R	0,989 ^a	0,994 ^b
	M	0,985 ^b	0,992 ^a
	Önem Düzeyi	0,041	0,000
İS	L	13 ^a	11 ^{ac}
	G	9 ^a	10 ^{ad}
	R	33 ^{bc}	103,5 ^b
	M	11 ^{ac}	12,5 ^d
	Önem Düzeyi	0,011	0,000

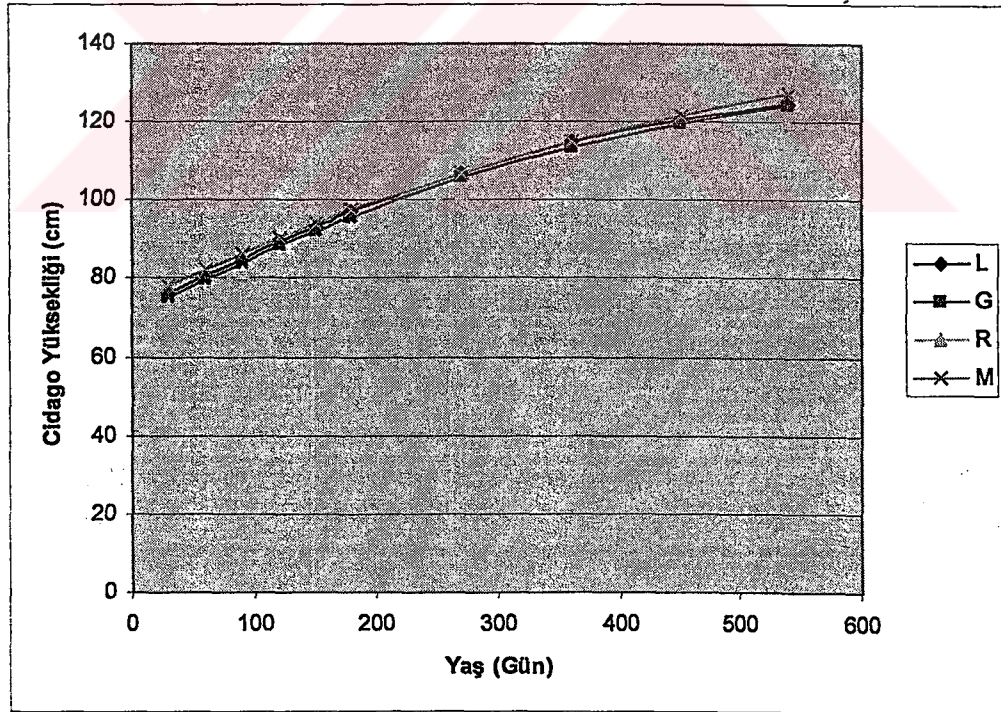
a, b, c, d: Aynı sütunda her bir R^2 ve İS için farklı harflere sahip modeller arası fark önemli ($p < 0,05$)

Çizelge 4’de G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipleri için dört modelin R^2 ve İS değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. R^2 ve İS değerleri için modeller arası yapılan ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 4’de belirtilmiştir.

Her iki genotipte her bir modele ilişkin büyüme eğrileri ise Şekil 3 ve 4’de verilmiştir.



Şekil 3. Cidago yüksekliği için G_1 genotipine ait büyüme modellerinin çizimi



Şekil 4. Cidago yüksekliği için $F_1 \times G_1$ genotipine ait büyüme modellerinin çizimi

3.3. Vücut Uzunluğu

Vücut uzunluğu değişkeni için G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlara ilişkin verilerden elde edilen sonuçlar Çizelge 5 ve 6'da verilmiştir. Her bir modele ait parametrelerin ortanca değerleri ve ortanca değerlerin standart hatalarına ilişkin bilgiler Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Vücut uzunluğu için modellere ait parametre tahminleri

Model	Parametre	$G_1(n=8)$		$F_1 \times G_1(n=52)$		Önem Düzeyi
		X_{50}	$S_{X_{50}}$	X_{50}	$S_{X_{50}}$	
L	α	114,609	15,270	133,052	5,905	0,043
	β	1,201	0,261	1,409	0,114	0,086
	κ	0,007	0,001	0,005	3,375E-04	0,232
G	α	117,890	35,423	143,950	12,398	0,056
	β	0,889	0,159	0,961	0,056	0,139
	κ	0,005	0,001	0,003	2,850E-04	0,161
M	α	123,745	19,273	145,717	11,985	0,125
	β	0,653	0,035	0,651	0,015	0,572
	κ	0,003	0,001	0,002	2,163E-04	0,277
R	α	123,062	16,236	140,466	13,119	0,052
	β	0,979	0,298	0,944	0,092	0,983
	κ	0,004	0,002	0,003	4,14E-04	0,207
	δ	1,385	1,522	0,868	0,224	0,624

α , β , κ parametre tahmin değerleri G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipi için sırasıyla; L modelinde 114,609, 1,201, 0,007 ve 133,052, 1,409, 0,005, G modelinde 117,890, 0,889, 0,005 ve 143,950, 0,961, 0,003, M modelinde 123,745, 0,653, 0,003 ve 145,717, 0,651, 0,002, R modelinde 123,062, 0,979, 0,004 ve 140,466, 0,944, 0,003 olarak tahmin edilmiştir.

Vücut uzunluğu için tahmin edilen büyüme parametrelerine ait yapılan önem kontrolleri sonucunda L modelinin α parametresi için genotipler arası fark istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) iken, diğer model parametreleri için önemsiz bulunmuştur.

Büyüme modellerin etkinliğinin karşılaştırılması işleminde kullanılan HKO, R^2 ve İS değerleri Çizelge 6'da verilmiştir.

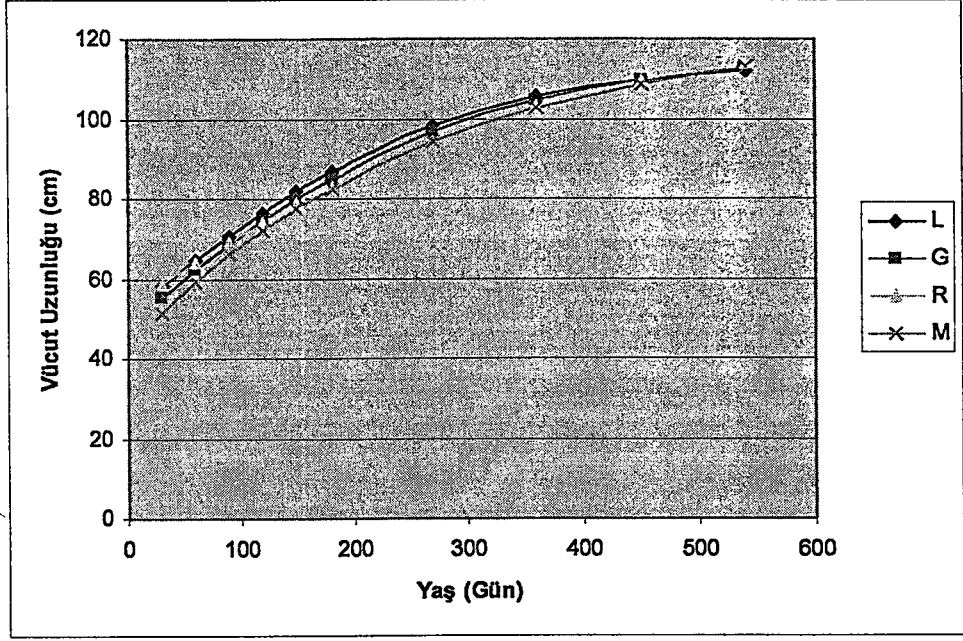
Çizelge 6. Vücut uzunluğu için modellere ait HKO, R^2 ve İS Değerleri

		G ₁ (n=8)	F ₁ xG ₁ (n=52)
	Model	X_{50}	X_{50}
HKO	L	3,563	3,681
	G	3,643	4,050
	R	4,815	5,482
	M	4,562	6,563
	Önem Düzeyi	0,327	0,068
R^2	L	0,990	0,992 ^{ab}
	G	0,989	0,992 ^{bc}
	R	0,989	0,991 ^b
	M	0,987	0,988 ^a
	Önem Düzeyi	0,113	0,000
İS	L	13	9 ^a
	G	16,5	11,5 ^b
	R	36,5	28 ^c
	M	9,5	10 ^{ab}
	Önem Düzeyi	0,648	0,000

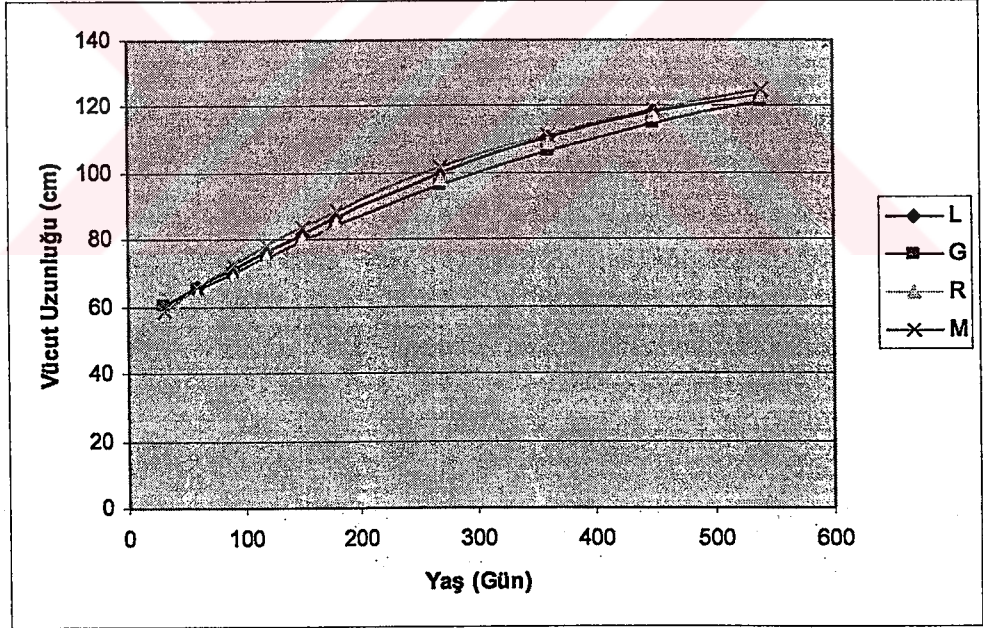
a, b, c: Aynı sütunda her bir R^2 ve İS için farklı harflere sahip modeller arası fark önemli ($p < 0,05$)

Her genotipte dört modelin R^2 , HKO ve İS değerleri arasında fark olup olmadığına ilişkin test sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre G₁ genotipinde R^2 , HKO ve İS değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. F₁xG₁ genotipinde modellerin R^2 değerleri ile İS değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) olarak tespit edilmiştir. Farklılığın belirlenmesi amacıyla yapılan test sonuçları ise Çizelge 6'da verilmiştir.

Vücut uzunluğu için tahmin edilen büyüme eğrileri Şekil 5 ve 6'da verilmiştir.



Şekil 5. Vücut uzunluğu için G_1 genotipine ait büyüme modellerinin çizimi



Şekil 6. Vücut uzunluğu için $F_1 \times G_1$ genotipine ait büyüme modellerinin çizimi

3.4. Göğüs Çevresi

Her iki genotip için göğüs çevresi değişkenine ilişkin yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar Çizelge 7 ve 8’de verilmiştir. Büyüme modellerine ilişkin elde edilen parametre tahmin değerlerine ait tanımlayıcı bilgiler Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Göğüs çevresi için modellere ait parametre tahminleri

Model	Parametre	G ₁ (n=8)		F ₁ ×G ₁ (n=52)		Önem Düzeyi
		X_{50}	$S_{X_{50}}$	X_{50}	$S_{X_{50}}$	
L	α	190,940	11,525	199,797	5,414	0,215
	β	1,733	0,143	1,839	0,065	0,223
	κ	0,006	5,911E-04	0,005	2,302E-04	0,373
G	α	205,311	17,787	219,610	10,415	0,339
	β	1,104	0,071	1,156	0,033	0,328
	κ	0,004	5,187E-04	0,003	1,999E-04	0,307
M	α	206,169	19,085	231,478	7,541	0,679
	β	0,697	0,019	0,704	0,007	0,777
	κ	0,002	3,521E-04	0,002	1,419E-04	0,473
R	α	186,492	15,801	200	9,663	0,063
	β	2,444	0,827	1,817	0,309	0,983
	κ	0,007	0,002	0,005	5,83E-04	0,267
	δ	2,450	1,123	1,900	0,298	0,983

α , β , κ parametre tahminleri G₁ genotipinde sırasıyla; L modelinde 190,940, 1,733, 0,006, G modelinde 205,311, 1,104, 0,004, M modelinde 206,169, 0,697, 0,002, R modelinde 186,492, 2,444, 0,007 olarak tahmin edilmiştir. F₁×G₁ genotipinde ise sırasıyla; L modelinde 199,797, 1,839, 0,005, G modelinde 219,610, 1,156, 0,003, M modelinde 231,478, 0,704, 0,002, R modelinde 200, 1,817, 0,005 olarak hesaplanmıştır.

Büyüme parametreleri açısından G₁ ve F₁×G₁ genotipleri arasındaki farkın önemliliğine ait test sonuçları Çizelge 7’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre genotipler arasında istatistiksel olarak önemli fark tespit edilememiştir.

Tahmin edilen büyüme modellerine ait HKO, R^2 ve İS değerleri ise Çizelge 8'de verilmiştir.

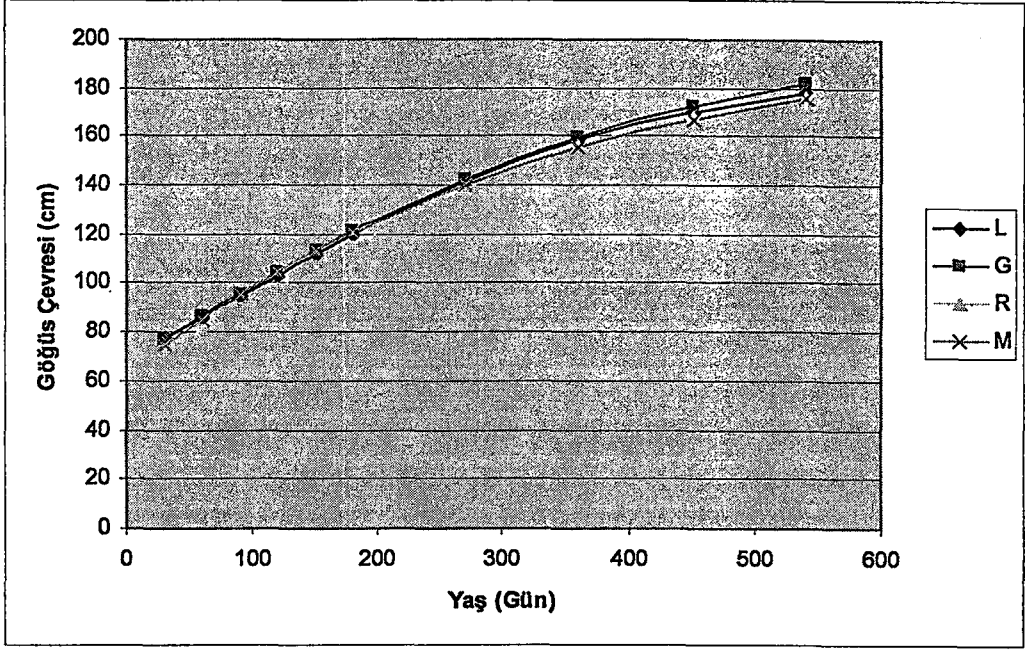
Çizelge 8. Göğüs çevresi için modellere ait HKO, R^2 ve İS değerleri

		$G_1(n=8)$	$F_1 \times G_1(n=52)$
	Model	X_{50}	X_{50}
HKO	L	9,640	3,442 ^a
	G	7,712	3,606 ^a
	R	8,639	3,156 ^a
	M	10,571	6,435 ^b
	Önem Düzeyi	0,934	0,000
R^2	L	0,993	0,997 ^a
	G	0,993	0,996 ^a
	R	0,993	0,997 ^b
	M	0,988	0,995 ^c
	Önem Düzeyi	0,478	0,000
İS	L	11	8 ^a
	G	24	11 ^{bd}
	R	72	32,5 ^c
	M	12,5	11 ^{bd}
	Önem Düzeyi	0,123	0,000

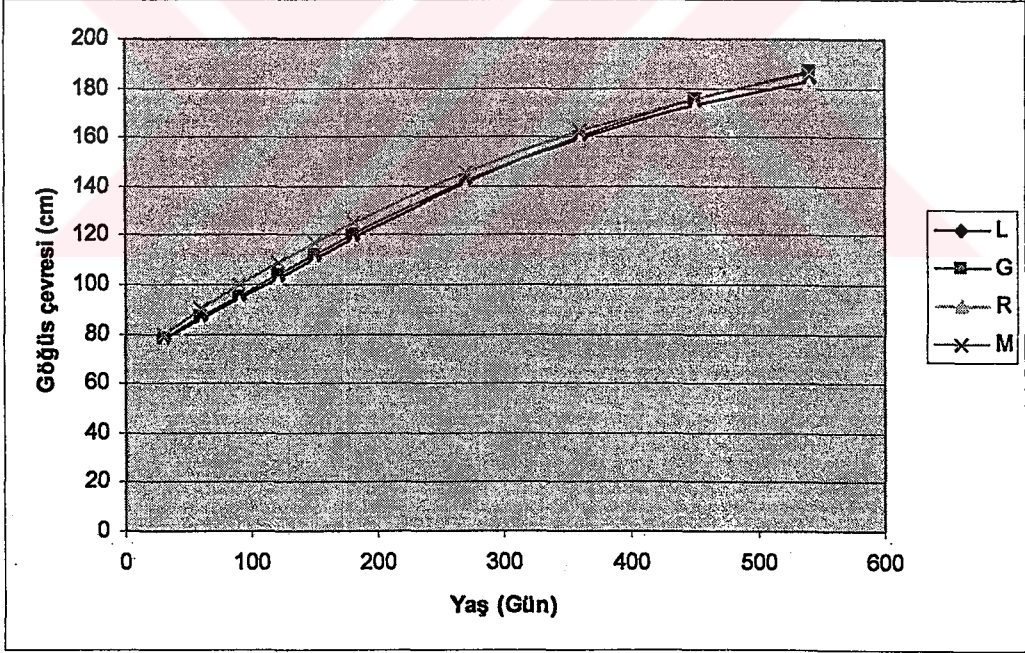
a, b, c, d: Aynı sütunda her bir HKO, R^2 ve İS için farklı harflere sahip modeller arası fark önemli ($p < 0,05$)

Genotiplere göre HKO, R^2 ve İS değerleri açısından modeller arasındaki farkın önemlilik kontrollerine ait bilgiler Çizelge 8'de verilmiştir. $F_1 \times G_1$ genotipi açısından dört modelin HKO, R^2 ve İS değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. Modeller arası farklılığın belirlenmesi için yapılan test sonuçları Çizelge 8'de verilmiştir.

Göğüs çevresi için tahmin edilen parametre değerleri kullanılarak elde edilen büyüme eğrileri Şekil 7 ve 8'de verilmiştir.



Şekil 7. Göğüs çevresi için G_1 genotipine ait büyüme modellerin çizimi



Şekil 8. Göğüs çevresi için $F_1 \times G_1$ genotipine ait büyüme modellerin çizimi

1.5. Göğüs Derinliği

Göğüs derinliği değişkenine ilişkin yapılan analizlere ait sonuçlar genotiplere göre Çizelge 9 ve 10'da verilmiştir. Model parametrelerine ait özetleyici bilgiler Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. Göğüs derinliği için modellere ait parametre tahminleri

Model	Parametre	$G_1(n=8)$		$F_1 \times G_1(n=52)$		Önem Düzeyi
		X_{50}	$S_{X_{50}}$	X_{50}	$S_{X_{50}}$	
L	α	65,210	3,177	67,047	2,196	0,409
	β	1,225	0,203	1,158	0,073	0,931
	κ	0,006	0,001	0,006	7,590E-04	0,249
G	α	69,180	4,595	69,195	5,003	0,550
	β	0,889	0,264	0,843	0,047	0,913
	κ	0,004	0,002	0,004	6,25E-04	0,434
M	α	71,385	9,084	72,378	13,609	0,572
	β	0,621	0,053	0,615	0,022	0,587
	κ	0,003	8,780E-04	0,003	5,340E-04	0,409
R	α	69,500	3,082	69,372	2,453	0,543
	β	0,715	0,173	0,813	0,128	0,744
	κ	0,004	0,001	0,003	4,829E-04	0,339
	δ	0,807	0,814	0,995	0,396	0,704

α parametresi G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipleri için sırasıyla şöyledir; L modeli için 65,210 ve 67,047, G modeli için 69,180 ve 69,195, R modeli için 69,500 ve 69,372, M modeli için 71,385 ve 72,378 olarak hesaplanmıştır.

β parametresi G_1 genotipinde L modeli için 1,225, G modeli için 0,889, R modeli için 0,715, M modeli için 0,621, $F_1 \times G_1$ genotipinde ise L modeli için 1,158, G modeli için 0,843, R modeli için 0,813, M modeli için 0,615 olarak tahmin edilmiştir.

κ parametresi G_1 genotipinde L modeli için 0,006, G modeli için 0,004, R modeli için 0,004, M modeli için 0,003 olarak hesaplanmıştır. $F_1 \times G_1$ genotipinde

ise, L modeli için 0,006, G modeli için 0,004, R modeli için 0,003, M modeli için 0,003 olarak tahminlenmiştir.

Her bir büyüme modeli parametrelerine göre genotipler arasındaki farkın önem kontrollerine ait bilgiler Çizelge 9'da verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda genotipler arasında istatistiksel anlamda bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Büyüme modellerine ilişkin HKO, R^2 ve İS değerlerine ait özet bilgiler Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 10. Göğüs derinliği için modellere ait HKO, R^2 ve İS değerleri

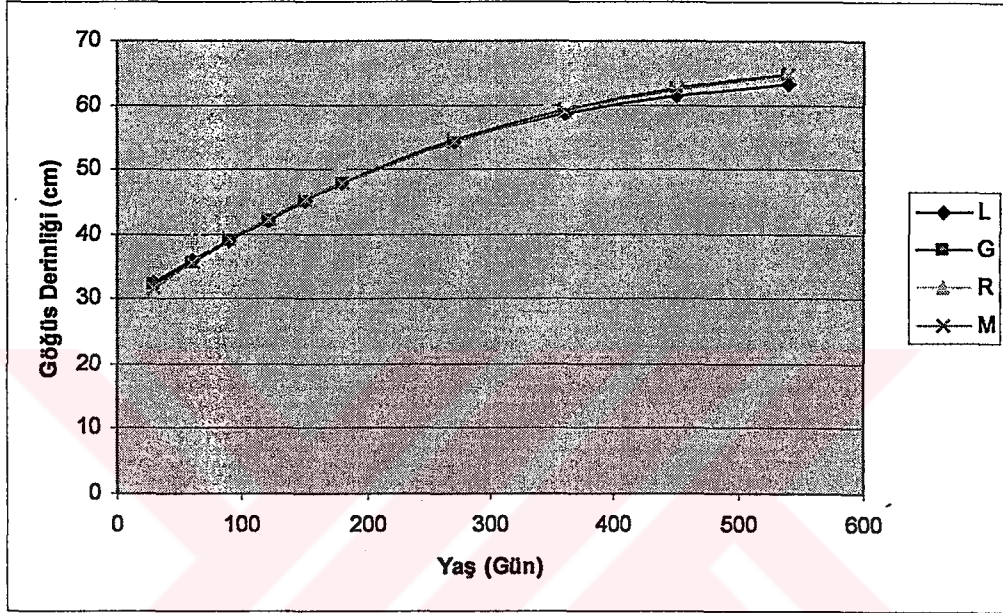
		$G_1(n=8)$	$F_1 \times G_1(n=52)$
	Model	X_{50}	X_{50}
HKO	L	4,596	1,732
	G	3,760	1,746
	R	4,067	1,543
	M	5,753	1,815
	Önem Düzeyi	0,583	0,152
R^2	L	0,960	0,983 ^a
	G	0,978	0,982 ^{bd}
	R	0,963	0,986 ^c
	M	0,960	0,982 ^{ad}
	Önem Düzeyi	0,272	0,000
İS	L	10	11 ^{ac}
	G	9,5	9 ^a
	R	22	36,5 ^b
	M	14,5	10,5 ^c
	Önem Düzeyi	0,055	0,000

a, b, c, d: Aynı sütunda her bir R^2 ve İS için farklı harflere sahip modeller arası fark önemli ($p < 0,05$)

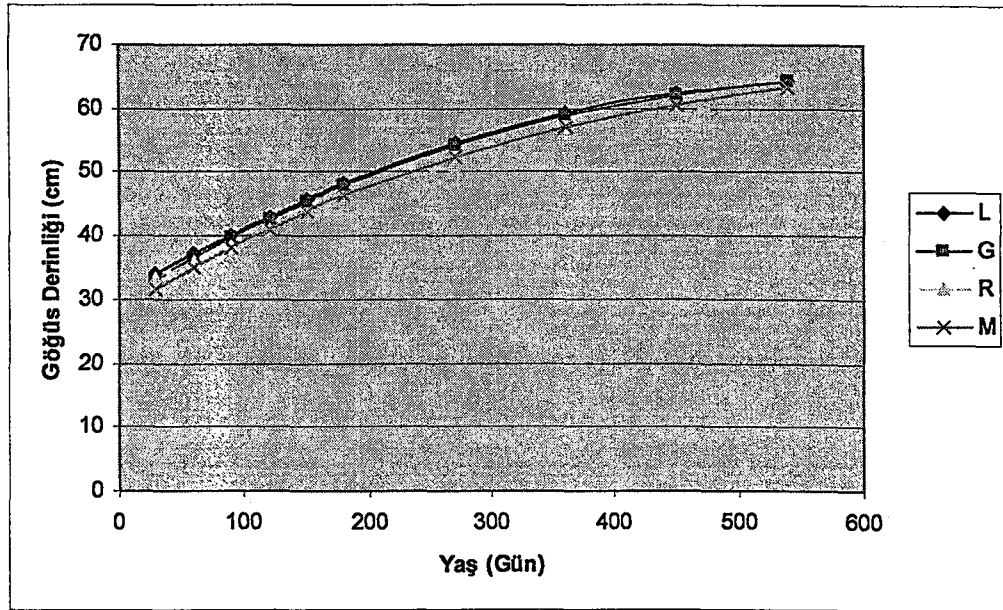
Her genotipte dört modelin R^2 , HKO ve İS değerleri arasında fark olup olmadığını tespit etmek amacıyla yapılan test sonuçları Çizelge 10'da verilmiştir. Buna göre $F_1 \times G_1$ genotipinde modellerin R^2 ve İS değerleri arasındaki farkın

önemli ($p < 0,05$) olduğu belirlenmiştir. Farklılığın belirlenmesi amacıyla yapılan test sonuçları ise Çizelge 10'da gösterilmiştir.

G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipleri için oluşturulan büyüme eğrileri Şekil 9 ve 10'da verilmiştir.



Şekil 9. Göğüs derinliği için G_1 genotipine ait büyüme modellerin çizimi



Şekil 10. Göğüs derinliği için $F_1 \times G_1$ genotipine ait büyüme modellerin çizimi

3.6. İncik Çevresi

Her iki genotipte İncik çevresi değişkeni için yapılan analizlere ait sonuçlar Çizelge 11 ve 12’de verilmiştir. Modellere ait parametre tahminlerinin ortanca değerleri, ortanca değerlerin standart hataları ve önemlilik testleri sonuçları Çizelge 11’de verilmiştir.

Çizelge 11. İncik çevresi için modellere ait parametre tahminleri

Model	Parametre	$G_1(n=8)$		$F_1 \times G_1(n=52)$		Önem Düzeyi
		X_{50}	$S_{X_{50}}$	X_{50}	$S_{X_{50}}$	
L	α	19,709	1,917	21,920	1,350	0,178
	β	1,027	0,201	0,971	0,127	0,744
	κ	0,004	0,001	0,004	2,976E-04	0,617
G	α	20,025	3,004	22,620	6,141	0,249
	β	0,772	0,132	0,740	0,088	0,845
	κ	0,003	0,001	0,002	2,794E-04	0,728
M	α	20,819	5,239	24,097	4,950	0,103
	β	0,504	0,076	0,559	0,021	0,572
	κ	0,002	0,001	0,002	2,407E-04	0,447
R	α	21,171	1,044	23	0,663	0,037
	β	0,562	0,189	0,641	0,135	0,350
	κ	0,003	9,309E-04	0,002	4,426E-04	0,434
	δ	0,509	0,918	0,700	0,392	0,542

G_1 genotipi için α parametresine ait değerler L, M, R ve M modelleri için sırasıyla; 19,709, 20,025, 21,171 ve 20,819, $F_1 \times G_1$ genotipi için ise, 21,920, 22,620, 23 ve 24,097 olarak hesaplanmıştır. α parametresi için yapılan önem kontrolleri sonucunda R modelinde genotipler arası fark istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur.

β parametresine ait tahminler G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipleri için sırasıyla şöyledir: L modeli için 1,027 ve 0,971, G modeli için 0,772 ve 0,740, R modeli için 0,562 ve 0,641, M modeli için 0,504 ve 0,559 olarak hesaplanmıştır. β parametresi için yapılan önem kontrolleri sonucunda genotipler arası fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipinde κ parametresine ilişkin değerler sırasıyla; L modeli için 0,004 ve 0,004, G modeli için 0,003 ve 0,002, R modeli için 0,003 ve 0,002, M modeli için 0,002 ve 0,002 olarak tahminlenmiştir. κ parametresi için yapılan önemlilik testleri sonucunda genotipler arası fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Her bir genotip için modellere ait HKO, R^2 ve İS değerleri ile önemlilik testi sonuçları Çizelge 12’de verilmiştir.

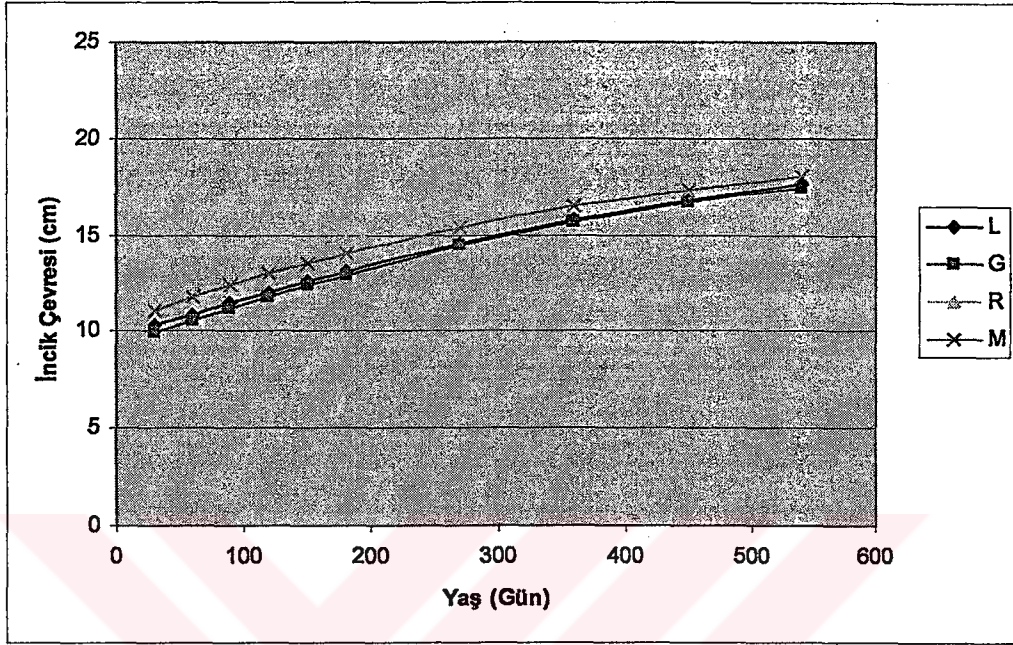
Çizelge 12. İncik çevresi için modellere ait HKO, R^2 ve İS değerleri

		$G_1(n=8)$	$F_1 \times G_1(n=52)$
	Model	X_{50}	X_{50}
HKO	L	0,067	0,100 ^a
	G	0,072	0,097 ^a
	R	0,113	0,132 ^{bc}
	M	0,078	0,110 ^{bc}
	Önem Düzeyi	0,051	0,042
R^2	L	0,984	0,983 ^{ac}
	G	0,984	0,980 ^c
	R	0,984	0,979 ^a
	M	0,984	0,978 ^b
	Önem Düzeyi	0,392	0,000
İS	L	11	11 ^a
	G	11	11,5 ^{bd}
	R	25	32 ^c
	M	16,5	14,5 ^{bd}
	Önem Düzeyi	0,189	0,000

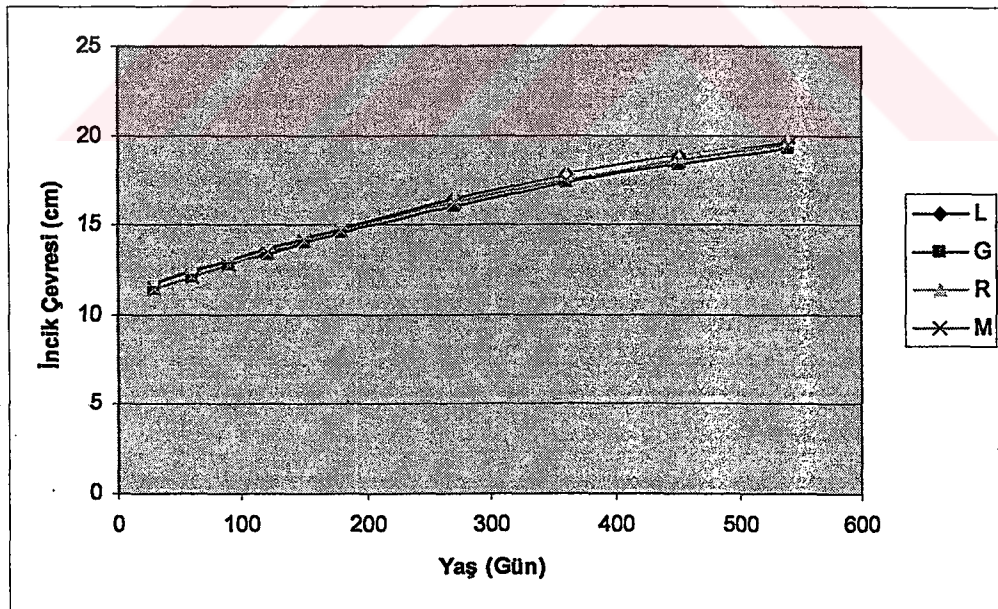
a, b, c, d: Aynı sütunda her bir HKO, R^2 ve İS için farklı harflere sahip modeller arası fark önemli ($p < 0,05$)

Büyüme modellerinin uyum kriteri olarak kullanılan HKO, R^2 ve İS değerleri bakımından büyüme modelleri arasındaki fark, $F_1 \times G_1$ genotipinde HKO, R^2 ve İS değerleri için istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. Farklılığın tespit edilmesine ilişkin test sonuçları ise Çizelge 12’de verilmiştir.

İncik çevresi için elde edilen büyüme eğrileri Şekil 11 ve 12’de verilmiştir.



Şekil 11. İncik çevresi için G_1 genotipine ait büyüme modellerin çizimi



Şekil 12. İncik çevresi için $F_1 \times G_1$ genotipine ait büyüme modellerin çizimi

4. TARTIŞMA

G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipindeki Simmental x GAK melezi sığırların canlı ağırlık, cıdago yüksekliği, vücut uzunluğu, göğüs çevresi, göğüs derinliği ve incik çevresine ait kayıtlarda her bir sığır için bireysel Lojistik, Gompertz, Richards ve Monomoleküler büyüme eğrisi modelleri oluşturulmuştur. Büyüme eğrisi modellerine ilişkin parametre tahminlerinde aşırı değerlere rastlanmıştır. Elde edilen tahminlerdeki aşırı değerleri analiz dışında bırakmak kolay bir yaklaşım şekli olabilir. Ancak bu değerlerin analiz dışı bırakılması durumunda ilgili genotipe ait denek sayısı azalmakla beraber bir bilgi kaybının söz konusu olacağı göz önüne alınmalıdır. Yapılan analizler sonucunda tahmin edilen bu değerleri analiz dışı bırakmak yerine, bu durumu dikkate alan bir tanımlayıcı istatistik olan ortanca yöntemi kullanılmıştır. Aşırı değerlerle karşılaşıldığında aritmetik ortalamanın kullanılması, aritmetik ortalamanın özelliği gereği aşırı değerlerden etkilendiğinden böyle durumlarda aritmetik ortalamanın kullanılması tavsiye edilmemektedir. Bu nedenle bu çalışmada her iki genotipteki sığırlara ait tahminlerden tanımlayıcı bilgiler elde edebilmek ve genel büyüme eğrileri oluşturabilmek için aritmetik ortalama yerine ortanca değerleri kullanılmıştır. İstatistik biliminde ortancanın aşırı değerlerden etkilendiği ve aritmetik ortalamadan daha iyi sonuç veren bir yöntem olduğu bilinmektedir (Rice, 1995; Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu, 1997).

Regresyon varsayımlarından biri olan tahmin edilen modellerin artıklarında özilişkinin olmaması şartının sağlanması için elde edilen bireysel büyüme eğrisi modellerinin artıklarındaki olası özilişki durumu önceki bölümlerde açıklanan yöntemle incelenmiştir. Tespit edilen özilişkili modeller giriş bölümünde anlatılan yaklaşım ile yok edilerek özilişkisiz yeni modellere ilişkin tahmin değerleri elde edilmiştir. Her iki genotipe ait tanımlayıcı istatistikler hesaplanarak çizelgelerde verilmiştir. Bu tanımlayıcı istatistik tahminleri yardımıyla her iki genotipte genel büyüme eğrileri çizilerek şekillerle sunulmuştur.

4.1. Canlı Ağırlık

Canlı ağırlık için her iki genotipte elde edilen büyüme modellerine ait bilgiler verilecek olursa, Lojistik modeline ait α parametre değeri G_1 genotipinde $F_1 \times G_1$ genotipinden daha küçük, κ parametresi değeri ise, daha büyük olarak tahmin edilmiştir. Önceki bölümlerde açıklandığı gibi α modelin en yüksek değere erişme parametresi ile ilişkilidir. Bu özellik bakımından sonuçlar incelendiğinde, G_1 genotipinin $F_1 \times G_1$ genotipinden daha düşük ergin canlı ağırlığa sahip olduğu söylenebilir. Bu parametrenin yüksekliği ergin canlı ağırlık değerinin de yüksek olabileceğini ifade eder. $F_1 \times G_1$ genotipine ait α parametresi değeri G_1 genotipinden daha yüksek olmasına rağmen, α parametresi için yapılan önem testi sonucunda her iki genotip arasında istatistiki anlamda önemli bir fark saptanmamıştır. κ parametresi ise büyüme hızını tanımlayan bir parametredir. $F_1 \times G_1$ genotipinde G_1 genotipine göre küçük olan bu parametreye göre G_1 genotipinin daha hızlı büyüme kapasitesine sahip olduğu söylenebilir. Bu sonuç da ergin canlı ağırlığa G_1 genotipinin daha önce ulaştığını gösterebilir. Yapılan önem kontrolleri sonucunda κ parametresi açısından her iki genotip arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Tahminlenen Lojistik modeli α parametresi tahmini, Hassen ve ark. (2004) tarafından safkan Angus boğalar için bildirdikleri değerden her iki genotipte daha küçük iken, düveler için bildirdikleri değerden $F_1 \times G_1$ genotipinde daha büyük, G_1 genotipinde ise daha küçük olarak hesaplanmıştır. Lojistik modeli κ parametre değeri her iki genotip için aynı çalışmada safkan Angus boğalar ve düveler için bulunan değerler ile benzerdir. α parametresi tahmini, Behr ve ark. (2001) tarafından bildirilen dişi Belçika mavi sığına ait tahmin ettikleri α parametresinden her iki genotipte daha büyük olarak bulunmuş iken, erkek Belçika mavi sığına ait tahmin ettikleri α parametresinden daha küçük olarak elde edilmiştir. Büyüme hızı ya da erginleşme hızı parametresi κ açısından, bu çalışmada her iki genotip için tahmin edilen κ parametresi değerleri, Behr ve ark. (2001) tarafından elde edilen erkek ve dişi Belçika mavi sığına ait tahmin değerlerinden daha büyüktür. Her iki genotip için tahminlenen α parametresi değerleri, Oliveira ve ark. (2000)'nın dişi Guzerat etçi sığırlarına ait tahmin ettikleri

asimptotik ağırlık parametresi ile ilişkili olan α parametresi değerinden büyüktür. Büyüme hızı parametresi κ bakımından her iki genotipte elde edilen değerler, Oliveira ve ark. (2000)'nın dişi Guzerat etçi sığırlarına ilişkin bildirdikleri değerden daha küçüktür.

G_1 genotipinde Richards modeli için tahmin edilen α ve κ parametrelerine ait değerler, $F_1 \times G_1$ genotipi için tahmin edilen değerlerden daha küçük olarak belirlenmiştir. Richards modeli parametrelerinin biyolojik açıklamaları ise, α parametresi Lojistik büyüme modelindeki gibi ergin canlı ağırlığı tanımlamaktadır. Buna göre, G_1 genotipinde olan sığırların $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlardan daha düşük ergin ağırlıkta olduğu ifade edilebilir. Richards modeli α parametresi için yapılan önem kontrolleri sonucunda genotipler arası fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. κ parametresi büyüme hızı ile ilgili olup, G_1 genotipine sahip sığırların, $F_1 \times G_1$ genotipine sahip sığırlardan daha yavaş bir şekilde ergin canlı ağırlığa ulaştığı belirtilebilir. Yapılan önem testi sonucunda κ parametresi açısından genotipler arası farklılık istatistiksel olarak önemsizdir. G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlar için tahmin edilen α parametresi tahminleri, Bayram ve ark. (2004) tarafından Esmer ve Siyah Alaca sığırlar için tespit ettikleri değerlerden daha yüksek bulunurken, κ parametresi tahminleri ise her iki genotip için daha küçüktür. Bu çalışmada her iki genotip için tahminlenen α ve κ parametresine ait değerler, Denise ve Brinks (1985)'in akrabalı ve hat birleştirmesi yapılmış etçi sığırlar için tahmin ettikleri Richards modeli α ve κ parametresine ait değerlerden daha büyüktür. Bu çalışmada her iki genotipte tahmin edilen Richards modeli α parametresi tahminleri, Behr ve ark. (2001) tarafından bildirilen erkek ve dişi Belçika mavi sığırına ait tahmin değerinden daha küçük olarak elde edilmiş ve κ parametre tahmini ise yine aynı çalışmada erkek ve dişi Belçika mavi sığırına ilişkin değerlerden daha büyük olarak saptanmıştır. Bu çalışmada tahmin edilen α ve κ parametresi tahmin değerleri, Beltran ve ark. (1992) Angus sığırlarına ait parametrelere göre seçilen hat A, hat K ve her iki hat için tahmin ettikleri değerlerden her iki genotipte daha büyüktür. Richards modeli α parametresi değeri, Oliveira ve ark. (2000)'nın dişi Guzerat ırkı etçi sığırlarına ait tahmin ettikleri asimptotik ağırlık parametresi ilişkili olan α parametresi değerinden her iki

genotipte daha büyüktür. Büyüme hızı parametresi olan κ açısından ise, her iki genotip için bu çalışmada tahminlenen değerler, Oliveira ve ark. (2000) tarafından dişi Guzerat etçi sığırlarına ilişkin bildirdikleri değerden daha küçüktür.

$F_1 \times G_1$ genotipinde Gompertz modeline ait α parametresi tahmin değeri, G_1 genotipinde elde edilen değerden büyük iken, κ parametre tahmini ise, daha küçüktür. Gompertz modelinde de α parametresi ergin canlı ağırlığı ifade etmektedir. Bu parametre genotiplere göre değerlendirilirse, $F_1 \times G_1$ genotipinde olan sığırlar G_1 genotipindeki sığırlardan daha yüksek ergin ağırlığa sahiptir. α parametresi bakımından genotipler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. κ parametresi diğer modellerde olduğu gibi büyüme hızını tanımlayabilmektedir. Buna göre, $F_1 \times G_1$ genotipine sahip sığırlar, G_1 genotipine sahip sığırlardan daha yavaş olarak ergin ağırlığa ulaşmaktadır. Buradan, G_1 genotipindeki sığırların daha hızlı ergin çağa ulaşma potansiyelinde olduğu söylenebilir. κ parametresi için yapılan önemlilik testi sonucunda genotipler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Behr ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada dişi Belçika mavi sığına ait Gompertz modeli α parametre tahmini, bu çalışmada her iki genotip için tahmin edilen değerlerden küçük iken, erkek Belçika mavi sığına ait elde ettikleri değer ise, her iki genotipte de bu çalışmadaki parametre tahminlerinden daha büyüktür. Behr ve ark. (2001)'in erkek ve dişi Belçika mavi sığına ilişkin bildirdikleri κ parametresi tahmin değerleri, bu çalışmada tahminlenen G_1 genotipine ait değerden küçüktür. $F_1 \times G_1$ genotipi için elde edilen κ parametre tahmini, Behr ve ark. (2001)'in erkek Belçika mavi sığına ilişkin bildirdikleri değerden büyük, dişi Belçika mavi sığına ait değere ise benzerdir. G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipi için elde edilen α parametresi değerleri, Oliveira ve ark. (2000)'nın dişi Guzerat etçi sığırlarına ait tahmin ettikleri α parametresi değerinden daha büyüktür. Her iki genotip için tahminlenen κ parametresi tahmin değerleri ise, aynı çalışmada bildirilen değerden daha küçüktür.

G_1 genotipinde Monomoleküler modeli için tahmin edilen α parametresi değeri, $F_1 \times G_1$ genotipi için tahmin edilen değerden küçük, κ parametre tahmini ise,

büyük olarak bulunmuştur. Model parametrelerinin biyolojik yorumları ise; α modelin en yüksek büyüklüğünü gösteren bir parametredir. Bu bakımdan sonuçlar incelendiğinde, G_1 genotipinin $F_1 \times G_1$ genotipinden daha düşük ergin canlı ağırlığa sahip olduğu söylenebilir. α parametresi açısından her iki genotip arasındaki fark, istatistiksel olarak önemsizdir. Modelin diğer bir parametresi olan κ ise büyüme hızını tanımlayan bir parametredir. Bu parametreye göre G_1 genotipinin daha hızlı büyüme kabiliyetine sahip olduğu ve ergin ağırlığı $F_1 \times G_1$ genotipinden daha önce kazandığı belirtilebilir. Yapılan önem testleri sonucunda, κ parametresi için genotipler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir.

Canlı ağırlık için her iki genotipte Monomoleküler modeli, α parametresi değerlerinde aşırı tahmin yapmıştır. Bu durumda modelin bu çalışmadaki canlı ağırlık verilerinde iyi bir performansa sahip olmadığı sonucu çıkarılabilir.

Lojistik, Gompertz, Richards ve Monomoleküler büyüme eğrisi modellerine ait parametre tahminleri incelendiğinde, G_1 genotipinde α parametresi tahminleri, $F_1 \times G_1$ genotipinden daha küçüktür. Canlı ağırlık ile göğüs çevresi arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Diğer bir ifade ile yüksek canlı ağırlıkta olan canlının büyük göğüs çevresine, düşük canlı ağırlığa sahip olan canlının küçük göğüs çevresine sahip olması beklenir. Bu çalışmadaki sonuçlar dikkate alındığında, $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlar daha yüksek canlı ağırlığa sahip olduğundan, $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırların G_1 genotipindekilerden daha büyük göğüs çevresine sahip olduğu tespit edilmiştir. κ parametre tahminleri değerlendirildiğinde, G_1 genotipinde Lojistik, Gompertz ve Monomoleküler modellerine ait tahminler, $F_1 \times G_1$ genotipinden daha büyük olarak hesaplanmıştır. Bu üç model açısından sonuçlar ele alınırsa, daha büyük büyüme hızına sahip sığırların daha düşük canlı ağırlığa sahip oldukları Kratochvilova ve ark. (2002)'nin Holştayn inekler için bildirdikleri sonuçlara benzer olduğu söylenebilir.

Canlı ağırlık için yapılan model tahminlerinde parametre değerleri her iki genotipte farklı olarak bulunmuştur. Sonuçların farklı olması genel olarak normal

kabul edilebilir. Çalışmada kullanılan sığırların genotipleri ile kullanılan örnek büyüklüklerinin farklı olması elde edilecek olan sonuçları etkileyebilir. Eğer farklılık söz konusu ise, tahmin edilen büyüme modellerindeki parametrelerin bu farklılıklardan etkilenebileceği dikkate alınmalıdır. Bu nedenle büyüme modelini tanımlayan parametrelerin daha yüksek ya da küçük olması genotiplerin farklı olmasından kaynaklanabilir.

Elde edilen sonuçların literatürdeki çalışmalardan farklı olması normal olarak kabul edilebilir. Genotip yapısı, beslenme, sürü, yetiştirme ve çevre şartları (coğrafi yapı, iklim, sıcaklık, vb.) gibi faktörlerin farklılığı canlıların büyüme ve gelişme özelliklerini etkilemektedir. Bu faktörlerin büyüme özellikleri üzerine olan etkisi nedeni ile tahmin edilen parametrelerin de bu farklılıktan etkinebileceği göz önüne alınmalıdır. Türkiye'nin çevre şartlarının diğer ülkelerden farklı olması elde edilen sonuçların farklı olmasına etki edebilir.

Dört büyüme modelinde α parametresi sığırın en yüksek canlı ağırlık değerini ifade etmektedir. Bu nedenle yetiştiricilik açısından herhangi bir genotip veya ırk arasında seçim yaparken bu parametre değeri yüksek olan sığırların seçilmesi daha yararlı olabilir. Aynı durum κ parametresi için de geçerlidir. Bu parametre ise, canlının en yüksek değere ulaşma veya erken erginleşme kabiliyeti ile ilişkilidir. κ parametresi canlının büyüklüğü ile verimliliği arasındaki ilişkiler hakkında bilgi verebilir (Denise ve Brinks, 1985). Yapılacak seçim işleminde bu parametrenin dikkate alınması yetiştiricilik ve hayvancılık bakımından iyi sonuçlar verebilir. Ancak Torre ve ark. (1992) Retinta sığırlarına ilişkin yaptıkları çalışma sonucunda, oldukça yüksek ergin ağırlığa sahip olan sığırların verimliliğinin düşük olabileceğini ve hızlı erginleşme yeteneğinde olan hayvanların daha verimli olabileceğini bildirmişlerdir. Bu durumda herhangi bir genotip veya ırk arasında seçim yaparken verimlilik konusu dikkate alınarak işlem yapılmalıdır. Kratochvilova ve ark. (2002) Holştayn ineklere ilişkin çalışmaları sonucunda, erken ergin çağa ulaşan ineklerin daha düşük ergin ağırlığa, geç ergin çağa ulaşan ineklerin ise, daha yüksek ergin ağırlıkta olduklarını bildirmişlerdir. Bu sonuçtan yola çıkılırsa, yapılacak bir seçim

işleminde ilgili canlının erginleşme yeteneğinin göz önüne alınması daha yararlı olabilir.

Önceki bölümlerde ifade edildiği gibi büyüme eğrisi parametreleri ıslah çalışmalarında seleksiyon ölçütü olarak kullanılabilir. Genetik olarak ilerleme sağlanması istenen özellik canlı ağırlık ise, bu durumda büyüme eğrisi modeline ait parametrelerden yararlanılarak kalıtım dereceleri ile parametreler arasındaki genetik ve fenotipik korelasyonlar hesaplanabilir. Böylece hesaplanan bu değerlerden seleksiyon işleminde yararlanılabilir. Herhangi bir özelliğin seleksiyon yönteminde kullanılabilmesi için özelliğe ait kalıtım derecesinin büyük olması, yapılacak seleksiyonun başarılı olabileceğini ifade etmektedir. Bir başka ifade ile özelliğe ait kalıtım derecelerinin yüksek olması ile yapılacak seleksiyonun başarısı arasında doğru orantının olduğu belirtilebilir. Seleksiyonda kullanılan diğer bir ölçüt ise parametreler arasındaki genetik korelasyonlardır. Parametreler arasındaki genetik korelasyonların alacağı işaretin pozitif ya da negatif olması canlının biyolojik özellikleri hakkında bilgi verebilmektedir. Denise ve Brinks (1985), Brody modeli α ve κ parametreleri arasındaki genetik korelasyonun negatif olduğunu ve erginlikte daha küçük canlı ağırlıkta olan sığırların daha erken erginleştiklerini bildirmişlerdir. Akbaş (1996) bu durumu, ergin canlı ağırlık için yapılacak seleksiyon işleminin, bütün yaşlardaki büyüme/erginleşme hızını azaltacağını ve erginleşme süresini uzatacağını belirtmiştir. Bu sonuca, ergin canlı ağırlık ile erginleşme hızı arasındaki negatif genetik ilişkiden ulaşılmıştır. Yine büyüme/erginleşme hızındaki artışı ise, erken yaşlarda canlı ağırlıktaki artışa ve ergin yaş canlı ağırlığında azalmaya neden olabileceğini ifade etmiştir.

Büyüme eğrisi modeline ait parametrelerden mutlak ve oransal büyüme hızları, erginleşme oranı gibi biyolojik hesaplamalar yapılabilir. Tahmin edilen büyüme modelleri birer regresyon modeli olduğundan herhangi bir yaş değeri için her iki genotipteki sığırların canlı ağırlık büyüklüğü hesaplanabilir.

G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipinde canlı ağırlık için çizilen büyüme eğrilerinde Gompertz, Lojistik ve Richards modelleri “S” şeklinde bir yapı göstermişlerdir. Bu yapı içinde G_1 genotipinde en üstte Gompertz modeli, $F_1 \times G_1$ genotipinde ise Richards modeli yer almıştır. Monomoleküler modeli ise iki genotipte de belirlenen tanım aralığı içinde doğrusal bir yapı taşımaktadır. Büyüme süreci doğrusal olmayan bir olay olduğundan “S” şeklindeki bir yapı bu sürecin tanımlanmasında daha yararlı olabilecektir.

Canlı ağırlık için oluşturulan dört modelin parametre değerlerinin her iki genotipte birbirinden farklı olduğu görülmektedir. Bu nedenle büyüme eğrileri oluşturulurken canlıların genotip ve ırk farklılıklarının dikkate alınması daha iyi sonuç verebilecektir.

Sığırların canlı ağırlığı için yapılan çalışmalarda (Akbulut, 1999; Hassen ve ark. 2004) doğrusal veya polinomiyal regresyon kullanılmıştır. Ancak büyümenin belirli bir asimptota ulaştıktan sonra azalması durumunda bu modeller büyümeyi etkin bir şekilde tanımlamayabilir. Bu nedenle öncelikle canlının hangi özelliğinin zamana göre değişimi modellenmek isteniyorsa, ilgili özelliğin zaman içindeki seyri incelenebilir. İnceleme sonucunda doğrusal olmayan bir yapı gösteriyorsa, böyle durumlarda doğrusal olmayan büyüme modellerinin kullanılması daha iyi sonuç verebilir. Ayrıca doğrusal olmayan büyüme modelleri kullanıldığında, tahmin edilen parametrelerden ilgili özelliğe ait biyolojik yorumlar çıkarılabilmektedir.

4.2. Cidago Yüksekliği

Sığırlarda cidago yüksekliği, kemiklerin uzunluğuna büyümesinin bir göstergesi olarak kabul edilebilir (Alpan ve Arpacak, 1998). Cidago yüksekliği ile yaş arasındaki ilişki modellendiğinde, tahmin edilen büyüme modellerine ait bilgiler şöyledir; Lojistik, Gompertz ve Monomoleküler büyüme modellerinde α parametre değeri G_1 genotipinde, $F_1 \times G_1$ genotipinden daha küçük olarak, κ parametre değeri

ise, daha büyük olarak tespit edilmiştir. α parametresi en yüksek büyüklüğü tanımlayabildiğinden, her üç model için G_1 genotipindeki sığırların $F_1 \times G_1$ genotipindekilerden daha küçük cidago yüksekliğine sahip olduğu söylenebilir. En yüksek cidago yüksekliğine erişme hızı ile ilişkili olan κ parametresi bakımından G_1 genotipindeki sığırların $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlardan daha yüksek bir yetenekte oldukları ve G_1 genotipindeki sığırların daha erken erginliğe ulaşabilecekleri belirtilebilir. Üç modelde tahmin edilen α ve κ parametrelerine ilişkin yapılan önem kontrolünde genotipler arası fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Richards büyüme modelinde ise, G_1 genotipinde α parametre tahmini $F_1 \times G_1$ genotipinden daha küçük iken, diğer parametreler daha büyük olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre G_1 genotipine sahip sığırlar $F_1 \times G_1$ genotipinden daha küçük cidago yüksekliğine sahiptir. En yüksek cidago yüksekliğine erişme hızı açısından en iyi genotipin G_1 olduğu sonucu çıkarılabilir. Diğer üç modelde olduğu gibi G_1 genotipinin daha erken erginliğe erişme yeteneğine sahip olduğu söylenebilir. Richards büyüme modeli α ve κ parametreleri için yapılan önem testi sonucunda genotipler arası fark istatistiksel olarak önemsizdir. Tahminlenen büyüme eğrisi modellerine ait parametre tahminleri incelendiğinde, G_1 genotipine ilişkin α parametresi tahminleri, $F_1 \times G_1$ genotipinden daha küçüktür. κ parametre tahminlerinde ise, G_1 genotipine ilişkin tahminler $F_1 \times G_1$ genotipinden daha büyük olarak hesaplanmıştır. Bu bilgilerden daha büyük büyüme hızına sahip sığırların daha küçük cidago yüksekliğine sahip oldukları çıkarılabilir. Bu sonuç, canlı ağırlık değişkeninde Lojistik, Gompertz ve Monomoleküler büyüme modellerinden elde edilen sonuçlarla benzerdir.

Cidago yüksekliğinin yaşa göre değişimi hakkında bilgi edinilmek istenildiği zaman, tahmin edilen parametreler yardımı ile her iki genotipteki sığırların herhangi bir yaştaki cidago yüksekliği değeri tahmin edilebilir. Böylece ilgili canlının büyüme seyri hakkında bilgi edinilebilir. Tahminlenen büyüme eğrisi modellerine ait parametreler kullanılarak cidago yüksekliği özelliğine ilişkin kalıtım dereceleri ile parametreler arasındaki genetik ve fenotipik korelasyonlar hesaplanabilir.

Her iki genotipte elde edilen parametre tahmin değerleri birbirinden farklı bulunmuştur. Canlı ağırlık için yapılan açıklamalarda olduğu gibi bu farklılık genotiplerin ve örneklem büyüklüklerinin farklı olmasından ileri geldiği söylenebilir.

Her iki genotipte cidago yüksekliği için oluşturulan bütün büyüme eğrileri doğrusal olmayan bir yapıya sahiptirler. G_1 genotipinde en üstte Richards modeli bulunurken, diğer üç model hemen hemen aynı yapıdadır. $F_1 \times G_1$ genotipinde ise Monomoleküler modeli en üstte, Richards modeli ise en altta yer almıştır.

4.3. Vücut Uzunluğu

Vücut uzunluğu değişkeni için G_1 genotipinde Lojistik ve Gompertz modellerine ait α parametresi değerleri, $F_1 \times G_1$ genotipine ait değerden daha küçük olarak tahmin edilmiş iken, κ parametresi değerleri daha büyük olarak belirlenmiştir. Yukarıdaki özelliklerde açıklandığı gibi parametrelerin yorumları genel olarak modeller açısından benzerdir. Bu nedenle α parametresi dört modelde vücut uzunluğu değişkeninin en büyük değerini ifade edebilmektedir. Bu parametre Lojistik ve Gompertz modellerine ait sonuçlar açısından incelenirse, $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlar G_1 genotipindekilerden daha büyük vücut uzunluğuna sahiptir. Bu parametre değeri ne kadar büyük olursa ilgili canlının o kadar büyük vücut uzunluğuna sahip olacağını ifade eder. Lojistik modeli α parametresi için genotipler arası fark istatistiksel olarak önemli iken, Gompertz modeli için önemsizdir. Büyüme hızı parametresi olan κ açısından durum değerlendirilirse, G_1 genotipindeki sığırlar en büyük vücut uzunluğuna erişme potansiyeli bakımından $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlardan daha üstün bir yeteneğe sahip olduğu söylenebilir. Lojistik ve Gompertz modeline ait κ parametresi açısından her iki genotip arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. Richards ve Monomoleküler modellerine ait κ parametresi tahminleri, G_1 genotipinde $F_1 \times G_1$ genotipinden daha büyük olarak, α parametresi değerleri ise, daha küçük olarak tespit edilmiştir. Lojistik ve Gompertz modellerinde varılan sonuçlara benzer olarak, Richards ve

Monomoleküler modellerinde α parametresi bakımından sonuçlar yorumlanırsa, $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlar G_1 genotipindeki sığırlardan daha büyük vücut uzunluğuna sahiptirler. Büyüme hızı bakımından genotipler karşılaştırıldığında, G_1 genotipindeki sığırların daha erken en yüksek vücut uzunluğu değerine eriştiği; başka bir ifade ile bu sürecin G_1 genotipindeki sığırlar için daha kısa olabilmesi durumu söz konusudur. Richards ve Monomoleküler modeli α ve κ parametreleri için yapılan önem kontrolleri sonucunda genotipler arasındaki fark istatistiki anlamda önemsiz bulunmuştur.

Vücut uzunluğu değişkeninde de yine genotiplere göre modellere ait parametre tahmin değerleri birbirinden farklı olarak saptanmıştır. Bu değerlerin farklı olarak elde edilmesi canlı ağırlık ve cidago yüksekliğinde belirtildiği gibi çalışmada iki farklı genotipin ve eşit sayıda olmayan örneklemin kullanılmasından olabilir.

Vücut uzunluğunun en yüksek değeri bakımından $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlar G_1 genotipindeki sığırlardan daha büyük değerlere sahiptir. Dolayısıyla $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırların daha büyük bir yapıya sahip oldukları çıkarılabilir. Büyüme hızı bakımından ise, G_1 genotipindeki sığırların vücut uzunluğunun en yüksek değerine $F_1 \times G_1$ genotipinden daha kısa sürede ulaştıkları ileri sürülebilir.

Çalışmada elde edilen büyüme modeli parametreleri yardımı ile sığırların herhangi bir yaştaki vücut uzunluğu büyüklüğü tahmin edilebilir. Bu şekilde bir hesaplama ile herhangi bir sığırın daha ilerideki vücut uzunluğu değerleri hakkında bilgiler elde edilebilir. Büyüme eğrisi modellerine ait parametreler kullanılarak parametrelere ilişkin kalıtım derecelerine ek olarak parametreler arasındaki genetik ve fenotipik korelasyonlar hesaplanabilir. Genetik ve fenotipik korelasyonların yardımı ile parametreler arasındaki ilişkinin yönüne ait bilgiler edinilebilir.

G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotiplerinde vücut uzunluğu için oluşturulan bütün büyüme eğrileri doğrusal olmayan bir yapı göstermiştir. G_1 genotipi için büyüme sürecini en

üstte Lojistik modeli tanımlamıştır. $F_1 \times G_1$ genotipinde ise Monomoleküler modeli en üstte yer alarak büyüme sürecini tanımlamıştır.

4.4. Göğüs Çevresi

Göğüs çevresi için oluşturulan büyüme modellerine ait sonuçlar; G_1 genotipinde Lojistik, Gompertz ve Monomoleküler modelleri için tahmin edilen α parametre değeri, $F_1 \times G_1$ genotipine ait değerlerden daha küçük olarak tahmin edilmiştir. Göğüs çevresi değişkeni için büyüme modellerinden tahmin edilen α parametresi, en büyük göğüs çevresi büyüklüğünü tanımlamaktadır. Bu sonuçlara göre bu üç model için durum değerlendirildiği zaman, G_1 genotipindeki sığırlar $F_1 \times G_1$ genotipindekilerden daha küçük göğüs çevresi değerine sahiptir. Her ne kadar $F_1 \times G_1$ genotipine ait α parametre tahminleri G_1 genotipine ait tahminlerden büyük ise de, bu büyüklük istatistiksel olarak önemli değildir. κ parametre değeri yönünden G_1 genotipi için Lojistik ve Gompertz modelinden elde edilen tahminler, $F_1 \times G_1$ genotipinden daha büyüktür. Monomoleküler modelinde ise her iki genotip sonuçları birbirine yakın olarak hesaplanmıştır. Büyüme hızının göstergesi olan κ parametresi bakımından Lojistik ve Gompertz modeline ait sonuçlar ele alındığında, G_1 genotipindeki sığırlar $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlardan daha hızlı büyüme yeteneğine sahiptirler. Bu sonuç, G_1 genotipinin daha iyi bir büyüme potansiyeline sahip olduğu ve en yüksek büyüklüğe ulaşma zamanının daha kısa olacağını ifade edilebilir. Her iki genotip için Lojistik, Gompertz ve Monomoleküler modeli κ parametresi için yapılan önem kontrolleri sonucunda, genotipler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. Richards modelinde de diğer modellerde olduğu gibi α parametresi, en büyük göğüs çevresi büyüklüğünü ifade etmektedir. G_1 genotipine ait α parametre tahmini $F_1 \times G_1$ genotipinden daha küçük, diğer parametreler ise, daha büyük olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, G_1 genotipindeki sığırlar $F_1 \times G_1$ genotipindekilerden daha küçük göğüs çevresine sahip olduğu söylenebilir. Büyüme hızı bakımından da sonuçlar ele alınırsa, G_1 genotipindeki sığırların daha büyük bir büyüme hızı ile en büyük değere ulaştıkları ifade edilebilir. Richards modeline ait α ve κ parametreleri için yapılan önem

kontrolleri sonuçlarına göre genotipler arasında istatistiksel olarak önemli fark tespit edilmemiştir.

Genel olarak büyüme eğrisi modellerinden tahminlenen parametre değerleri iki genotipte farklı olarak belirlenmiştir. Bu farklılığın nedeni, çalışmada incelenen sığırların genotiplerinin ve örneklem büyüklüğünün farklı olmasından kaynaklanabilir.

Göğüs çevresi için tahminlenen büyüme eğrisi parametrelerinden kalıtım dereceleri, büyüme parametreleri arasındaki genetik ve fenotipik korelasyonlar hesaplanabilir. Bu hesaplamalar bu değişken açısından seleksiyon ölçütü olarak kullanılabilir. Hesaplanan kalıtım dereceleri ne kadar yüksek olursa planlanan seleksiyon çalışmasının da o kadar başarılı olabileceği söz konusu olabilir. Büyüme parametreleri arasındaki genetik ve fenotipik korelasyonlar kullanılarak göğüs çevresine ait tahmin edilen biyolojik parametreler arasındaki ilişkiler hakkında bilgi edinilebilir. Ayrıca elde edilen büyüme modelleri birer regresyon modeli olduğundan herhangi bir yaş değeri için her iki genotipteki sığırların göğüs çevresi büyüklüğü tahmin edilebilir. Ayrıca büyüme modeli parametrelerinin tahmin işleminden sonra büyüme parametreleri kullanılarak değişik biyolojik hesaplamalardan olan mutlak ve oransal büyüme hızları, erginleşme oranı gibi hesaplamalar elde edilebilir.

Tahminlenen büyüme modeli parametreleri genel olarak incelendiğinde, α parametresi açısından $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlar daha büyük göğüs çevresine sahiptirler. Lojistik, Gompertz ve Richards modellerine ait κ parametresi açısından, G_1 genotipindeki sığırların daha erken en büyük göğüs çevresi değerine ulaştıkları söylenebilir.

Büyüme modeli parametrelerinden α parametresi, en yüksek göğüs çevresi büyüklüğünü belirtmektedir. Bu parametrenin büyüklüğü ilgili canlının o kadar daha büyük bir göğüs çevresi büyüklüğüne sahip olması anlamına gelir. Göğüs çevresi

büyüklüğü ile canlı ağırlık arasında doğrusal bir ilişki söz konusudur. Bir başka ifade ile büyük göğüs çevresine sahip olan canlıların büyük canlı ağırlıkta, küçük göğüs çevresine sahip olan canlıların küçük canlı ağırlıkta olması beklenir. Bu çalışmada $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlar G_1 genotipindeki sığırlardan daha büyük göğüs çevresine sahip olduğundan, $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırların daha büyük canlı ağırlıkta olması beklenir. Canlı ağırlığa ilişkin sonuçlar incelendiğinde, $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlar G_1 genotipindeki sığırlardan daha büyük canlı ağırlığa sahiptir. κ parametresi ise, en yüksek göğüs çevresine erişme yeteneğini belirleyen bir ölçüt olarak kullanılabilir. Bu nedenle bir genotip veya ırk arasında seçim yapılırken, bu parametrelerin değerleri dikkate alınarak yapılacak bir işlem, yetiştiricilik ve ıslah çalışmaları bakımından daha yararlı olabilir.

Büyüme eğrileri incelendiğinde ise, çizilen eğrilerin benzer bir yapıda oldukları söylenebilir. Dört modelde de bu sürecin tam olarak "S" şeklinde bir yapıya sahip olmadığı tespit edilmiştir. Bu şekillerin yapısı doğrusal yapıya benzerlik gösterdiğinden, göğüs çevresi-yaş sürecinin modellenmesinde belirlenen tanım aralığı içinde doğrusal model kullanılarak verilere uyumu incelenebilir.

4.5. Göğüs Derinliği

Göğüs derinliği için G_1 genotipinde Lojistik, Gompertz ve Monomoleküler modellerinde tahmin edilen κ parametresi tahminleri, $F_1 \times G_1$ genotipine ait tahmin sonuçlarına benzer iken, α parametresi tahminleri daha küçük olarak tespit edilmiştir. α parametresi için sonuçlar yorumlandığında her üç modelde G_1 genotipindeki sığırların, $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlardan daha küçük göğüs derinliği büyüklüğüne sahip oldukları belirtilebilir. Dolayısı ile bu parametrenin yüksekliği ilgili genotipteki sığırların o kadar büyük göğüs derinliği büyüklüğüne sahip olacağını ifade eder. Lojistik, Gompertz ve Monomoleküler modeli α parametresi için yapılan önem kontrollerinde, her iki genotip arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. Büyüme hızı ile ilişkili olan κ parametresine göre bu üç modelden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, G_1 ile $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırların benzer büyüme

potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. Böylece her iki genotipteki sığırların en yüksek göğüs derinliği büyüklüğüne aynı büyüme hızı ile ulaşacağı çıkarılabilir. Lojistik, Gompertz ve Monomoleküler modeline ait κ parametresi için yapılan önem testleri sonucunda genotipler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Richards modelinde ise, G_1 genotipine ait α ve κ parametre tahminleri, $F_1 \times G_1$ genotipinden daha büyük olarak saptanmıştır. Richards modeli tahmin sonuçlarına göre G_1 genotipindeki sığırlar en yüksek göğüs derinliği ve büyüme hızı açısından $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlardan daha büyük değerlere sahip oldukları ifade edilebilir. Buna göre G_1 genotipindeki sığırların daha kısa sürede en büyük göğüs derinliği büyüklüğüne ulaşabilme yeteneğinde oldukları çıkarılabilir. Ancak α ve κ parametreleri için yapılan önemlilik testi sonuçlarına göre her iki genotip arasında istatistiksel anlamda önemli fark olmadığı belirlenmiştir.

Göğüs derinliği için tahmin edilen büyüme parametreleri kullanılarak oluşturulan büyüme eğrisi modelleri yardımı ile her iki genotipteki bir sığırın herhangi bir yaştaki göğüs derinliği büyüklüğü tahmin edilebilir.

Eğer göğüs derinliği için genetik ilerleme sağlanmak istenirse, bu durumda tahmin edilen büyüme eğrisi parametrelerinden yararlanılabilir. Seleksiyon işleminde, büyüme parametrelerinin kalıtım dereceleri ile parametreler arasındaki fenotipik ve genetik korelasyonlar gibi hesaplamalar kullanılabilir. Böylece hayvan yetiştiriciliği açısından hem daha kârlı hem de daha faydalı sonuçlar elde edilebilir. Seleksiyon çalışmalarının başarılı olabilmesi için ilgili özelliğe ait kalıtım derecelerinin yüksek olması tercih edilmektedir. Hesaplanan genetik ve fenotipik korelasyonların yardımı ile biyolojik anlamları olan büyüme parametreleri arasındaki ilişkiler hakkında bilgiler elde edilebilir. Ayrıca büyüme modeli parametreleri tahmin edildikten sonra bu parametreler yardımıyla, mutlak ve oransal büyüme hızları, erginleşme oranı gibi değişik biyolojik hesaplamaların yapılması mümkün olabilir.

Göğüs derinliğinde elde edilen tahmin sonuçları G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipinde farklıdır. Bu fark normal olarak kabul edilebilir. Çalışmada kullanılan sığırların genotiplerinin ve örneklem büyüklüklerinin farklı olması nedeniyle elde edilen tahmin sonuçları farklı bulunmuş olabilir.

Büyüme modeli parametrelerinden biyolojik olarak yorumlanabilir olan α ve κ parametreleri sırası ile en yüksek göğüs derinliği ile büyüme hızını belirtebilmektedir. Bu iki parametre değerleri yetiştiricilik çalışmalarında dikkate alınır, herhangi bir ırk ya da genotipin karşılaştırma işleminde kullanılabilir.

Göğüs derinliği için G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipinde oluşturulan büyüme eğrileri her ne kadar doğrusal olmayan bir yapıya sahiptirler de tam olarak "S" şeklinde bir süreç göstermemiştir. G_1 genotipinde en üstte Richards modeli bulunurken, diğer üç model hemen hemen aynı yapıdadır. $F_1 \times G_1$ genotipinde ise Lojistik modeli en üstte, Richards modeli ise en altta yer almıştır. Her iki genotipte bu sürecin tanımlanmasında belirtilen tanım aralığı içinde doğrusal modelin etkinliğinin kontrol edilerek kullanılması da iyi sonuçlar verebilir.

4.6. İncik Çevresi

İncik çevresi sığırlarda iskelet sisteminin ya da kemiklerin enliliğine büyümesinin bir ölçüsü olarak kabul edilebilir. Buna göre daha yüksek bir incik çevresi ölçüsü daha sağlam ve kuvvetli bir kemik yapısını ifade edebilir. İncik çevresi-yaş süreci büyüme modelleri ile incelendiğinde, sonuçlar şöyle yorumlanabilir; G_1 genotipinde Lojistik modeline ait α parametre tahmini, $F_1 \times G_1$ genotipine ilişkin parametre tahmininden daha küçük bulunmuştur. Bu durum ise, $F_1 \times G_1$ genotipinin G_1 genotipinden daha büyük incik çevresine sahip olduğu anlamına gelir. Ancak yapılan önem kontrolü sonucunda α parametresi açısından genotipler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Büyüme hızı ile ilgili olan κ parametresi açısından G_1 genotipi ile $F_1 \times G_1$ genotipinin aynı

büyüme yeteneğine sahip olduğu ifade edilebilir. κ parametresi bakımından iki genotip arasında da istatistiksel olarak önemli fark yoktur. Monomoleküler büyüme modelinde G_1 genotipi için hesaplanan α parametre değeri, $F_1 \times G_1$ genotipi için hesaplanan değerden küçük iken, κ parametresine ait tahmin değeri ise benzer olarak bulunmuştur. α parametresinden yola çıkarak $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırların G_1 genotipindekilerden daha büyük incik çevresine sahip olduğu söylenebilir. En yüksek incik çevresi büyüklüğüne erişme yeteneği bakımından iki genotipin aynı olduğu ileri sürülebilir. Her iki parametre açısından genotipler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. Gompertz modelinde ise G_1 genotipine ait α parametre tahmini, $F_1 \times G_1$ genotipine ait parametre değerinden daha küçük, κ parametre tahmini ise, daha büyük olarak bulunmuştur. Ancak α ve κ parametreleri bakımından her iki genotip arasında istatistiksel olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. G_1 genotipinde Richards modeli için tahmin edilen κ parametre değeri, $F_1 \times G_1$ genotipinde bulunan değerden büyük, α parametresi açısından küçük tahminler tespit edilmiştir. Bu tahminlere göre Gompertz ve Richards büyüme modelleri için aynı yorumlar yapılabilir: α parametresi açısından, $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırlar, G_1 genotipindeki sığırlardan daha büyük incik çevresine sahip olmakla beraber erken gelişme potansiyeli bakımından ise, G_1 genotipinin daha yüksek bir potansiyelde olduğu söylenebilir. Başka bir ifade ile, G_1 genotipindeki sığırların en büyük incik çevresine erişme kapasitesi bakımından diğer genotipten daha iyi olduğu ifade edilebilir. Yapılan önem kontrolleri sonucunda Richards modeli α parametresi için G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli iken, κ parametresi için genotipler arası fark önemsizdir.

Diğer değişkenlerde de belirtildiği gibi elde edilen büyüme modelleri birer regresyon modeli olduğundan, iki genotipteki sığırların herhangi bir yaştaki incik çevresi büyüklüğü bu modeller yardımıyla hesaplanabilir. Böylece incik çevresi açısından yetiştiriciye, araştırmacıya çeşitli öngörülerde bulunabilmesi için ışık tutulabilir. Büyüme eğrisi modellerinden tahminlenen parametrelere ilişkin kalıtım dereceleri hesaplanabilir. Ayrıca büyüme eğrisi parametreleri arasındaki genetik ve fenotipik korelasyonlar elde edilebilir.

Daha önce incelenen değişkenlerdeki gibi incik çevresi değişkeninde de iki genotipte elde edilen parametre değerleri birbirinden farklıdır. Bu farklılık genotiplerin ve örneklem büyüklüğünün aynı olmamasından ileri gelebilir. Genel olarak tahminler α parametresine göre iki genotipte karşılaştırılırsa, $F_1 \times G_1$ genotipindeki sığırların daha büyük incik çevresine sahip oldukları söylenebilir.

G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotiplerinde incik çevresi için oluşturulan bütün büyüme eğrileri doğrusal modele benzer bir yapı göstermiştir. Buradan incik çevresi-yaş sürecinin incelenen tanım aralığı içinde doğrusal modellerle açıklanabileceği sonucu çıkarılabilir. Ancak doğrusal modeller kullanıldığında tahminlenen parametrelerden biyolojik yorumlar çıkarılamaz. Büyüme parametrelerinden biyolojik anlamlar elde edilmek istenirse, doğrusal olmayan modellerin kullanılması gerekmektedir.

4.7. Uyum Ölçütleri

Modellerin uyum iyiliği ölçütü olarak kullanılabilecek olan HKO değerleri ne kadar küçük olursa, modelin uyumunun da o kadar iyi olacağı anlamına gelebilmektedir. Bu nedenle çalışmada ele alınan her bir değişkene ait HKO değerleri için sıralama aşağıda verilmiştir. Canlı ağırlık için G_1 genotipinde dört modele ait HKO tahmin sonuçları küçükten büyüğe doğru sırasıyla; Lojistik, Gompertz, Richards, Monomoleküler ve $F_1 \times G_1$ genotipinde ise, Lojistik, Richards, Gompertz, Monomoleküler modelleridir. Yapılan önem testleri sonucunda, G_1 genotipinde dört modelin HKO değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz iken, $F_1 \times G_1$ genotipi için önemlidir. Modellerin ikili karşılaştırmalarına ilişkin bilgiler, Bulgular bölümünde çizelgeler ile ayrıntılı olarak verilmiştir. Aynı şekilde cidago yüksekliği için G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipinde sırasıyla küçükten büyüğe doğru sıralama; Richards, Lojistik, Monomoleküler, Gompertz ve Lojistik, Gompertz, Richards, Monomoleküler olarak tespit edilmiştir. Her iki genotip için yapılan modellerin HKO değerleri arasındaki farkın önemliliğine ilişkin önem kontrollerinde istatistiksel olarak önemli fark yoktur. Vücut uzunluğu için ise sıralama; G_1

genotipinde Lojistik, Gompertz, Monomoleküler, Richards ve $F_1 \times G_1$ genotipinde Lojistik, Gompertz, Richards, Monomoleküler şeklindedir. Modellerin HKO değerleri arasındaki fark, her iki genotipte istatistiksel olarak önemsizdir. G_1 genotipi için göğüs çevresinde HKO değerleri bakımından küçükten büyüğe doğru sıralama; Gompertz, Richards, Lojistik, Monomoleküler ve $F_1 \times G_1$ genotipinde ise, Richards, Lojistik, Gompertz, Monomoleküler olarak tespit edilmiştir. G_1 genotipi için dört modelin HKO değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz iken, $F_1 \times G_1$ genotipi için önemlidir. Göğüs derinliği değişkeninde ise G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipi için sıralama sırası ile; Gompertz, Richards, Lojistik, Monomoleküler ve Richards, Lojistik, Gompertz, Monomoleküler olarak bulunmuştur. Her iki genotip için modellere ait HKO değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir. İncik çevresi değişkeninde ise durum; G_1 genotipi için Lojistik, Gompertz, Monomoleküler, Richards ve $F_1 \times G_1$ genotipi için Gompertz, Lojistik, Monomoleküler, Richards olarak belirlenmiştir. İncik çevresi için G_1 genotipinde tahminlenen HKO değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark yok iken, $F_1 \times G_1$ genotipi için hesaplanan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. Yapılan çalışmalarda ne kadar kontrol sayısı artarsa (bu çalışmada yaşa göre yapılan ölçümler) o kadar hatanın düşebileceği istatistiksel olarak beklenmektedir. Bu nedenle büyüme ile yaş arasındaki ilişki modellenirken, ölçüm aralığının olabildiğince küçük olması ölçüm sayısını artıracığından elde edilecek hatayı da azaltabilecektir. Bilgisayar ve bilişim sistemlerinin bu kadar geliştiği bir ortamda, mümkünse haftalık yapılabilecek ölçümler ile tahmin edilecek değişkene ait daha güvenilir sonuçlar elde edilebilecektir. Elde edilen sonuçların güvenilirliği ve hatanın azaltılması analizde kullanılan denek sayısının artırılması ile de sağlanabilmektedir.

Regresyon modellerinin uyumunu gösterebilen diğer bir kriter belirleme katsayısıdır. R^2 ; bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni tanımlama başarısıyla ilgili bir ölçüttür. R^2 değerleri, altı değişken açısından bütün modeller için % 96 ile % 99,9 arasındadır. Bu değerler, incelenen altı özelliğin büyüme modelleri tarafından % 96-99,9 gibi büyük bir oranda açıklanabildiği anlamına gelmektedir. Çalışmada elde edilen R^2 değerlerinin yüksek olması, büyüme-yaş sürecinin büyük oranda

bağımsız değişken tarafından iyi bir şekilde açıklanması nedeniyle başka bağımsız değişkenlerin modele eklenmesi ile ortaya çıkabilecek maliyet, zaman, vb. etkenlere gerek olmayacağını ifade edebilir. Yapılan bir regresyon çalışmasında R^2 tahmin değeri yeteri kadar büyük değilse, ilgili değişken için yapılan ölçüm sayısının artırılması, elde edilen kontrol sayısını artıracığından daha yüksek R^2 değerleri bulunabilir. Üzerinde inceleme yapılan denek sayısının artırılması, gerçek değerlere daha yakın tahminler verebileceğinden R^2 'nin daha yüksek çıkması beklenebilir. HKO değerlerinde olduğu gibi R^2 tahmin değerleri açısından her iki genotip için modeller arası farkın istatistiksel olarak önemliliği incelenmiştir: canlı ağırlık, vücut uzunluğu, göğüs çevresi, göğüs derinliği, incik çevresi için G_1 genotipinde önemsiz iken, $F_1 \times G_1$ genotipi için önemli, cidago yüksekliğinde ise her iki genotip için önemli olarak saptanmıştır.

Doğrusal olmayan büyüme modellerinde parametreler tahmin edilirken iteratif (tekrarlamalı) bir yaklaşım kullanılmaktadır. Bu işlemde karmaşık hesaplamalar yapılmakta, işlemin yapısına göre çok vakit alabilmekte ve yüksek maliyetlere neden olabilmektedir. Bu nedenle iterasyon sayısının küçük olması zaman ve maliyet açısından değerlendirildiğinde modelin bir uyum ölçütü olarak kullanılabilir. Bu nedenle en küçük $\bar{IS}$ 'ye sahip olan modeller G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipinde sırasıyla; vücut uzunluğunda Monomoleküler ve Lojistik, göğüs çevresi değişkeni için her iki genotipte Lojistik, incik çevresinde ise, G_1 genotipinde Lojistik ile Gompertz modeli aynı sayıda iken, $F_1 \times G_1$ genotipi için Lojistik modeli en az $\bar{IS}$ değerine sahiptir. Canlı ağırlık, cidago yüksekliği, göğüs derinliği için ise, her iki genotipte Gompertz modeli elde edilmiştir. Her ne kadar $\bar{IS}$ modelin uyum ölçütü olarak kullanılabilse de, bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile karmaşık işlemler kolaylıkla yapılabilmektedir. Bu nedenle bir modeli uyum açısından değerlendirirken, $\bar{IS}$ değerini diğer uyum ölçütleri ile beraber göz önüne almak daha uygun sonuç verebilecektir. Dört modele ait $\bar{IS}$ değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemliliği araştırıldığında; canlı ağırlık, cidago yüksekliği için her iki genotipte önemli, vücut uzunluğu, göğüs çevresi, göğüs derinliği ve incik çevresi için G_1 genotipinde önemsiz, $F_1 \times G_1$ genotipinde önemli olarak belirlenmiştir.

4.8. Özilişki

Zaman serileri analizi gibi belirli zamanlarda herhangi bir değişken için yapılan ölçümlerin modellenmesinde özilişki ile karşılaşılabilir. Eğer verilerin toplanma (ölçüm) aralığı uzun ise, özilişki tespit edilemeyebilir. Bunun nedeni ise, ardışık gözlemler arasındaki ilişkinin ölçüm aralığının uzun olması ile ortadan kaybolmasından kaynaklanabilir. Ölçüm aralığının uzun tutulması, analiz sonucunda ortaya çıkabilecek hatanın büyümesine ve bilgi kaybına neden olabilir. Böylece elde edilecek sonuçların güvenilirliği azalabilir. Verilerin toplanma aralığının kısaltılması ile daha fazla ölçüm yapılabilir. Bu durumda ise, ardarda gelen ve diğer gözlemler arasında olabilecek ilişkinin artmasına neden olabilecektir. İlişkinin artması ile özilişkinin ortaya çıkma durumu da güçlenmiş olabilecektir. Dolayısıyla herhangi bir değişkenin zamana göre değişimi incelendiğinde ilgili değişkene ait ölçüm sayısı ne kadar fazla olursa ele alınan kayıtlarda özilişkinin olup olmadığı daha açık olarak izlenebilir. Büyüme modeli çalışmalarında özilişki olayını daha net izleyebilmek ve daha sağlıklı çıkarımlar yapabilmek için mümkünse günlük veya haftalık ölçümler yapılması ile daha yararlı sonuçlar elde edilebilir.

Bu çalışmanın amaçlarından birisi, büyüme eğrisi modellerinin artıklarında ortaya çıkabilecek bağımlılık yapısı olarak da adlandırılan özilişkiyi araştırmaktır. G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipinde canlı ağırlık, cidago yüksekliği, vücut uzunluğu, göğüs çevresi, göğüs derinliği, incik çevresi için tahmin edilen bireysel büyüme modellerinin artıklarında özilişkinin olup olmadığı test edilmiştir. Test işleminde yaygın olarak kullanılan Durbin-Watson d istatistiğinin yerine Durbin ve Watson (1951) tarafından bildirilen Beta dağılımı yaklaşımı kullanılmıştır. Bunun nedeni, hesaplanan d istatistiği değeri belirsizlik veya kararsızlık bölgesinde yer alırsa, özilişkinin varlığı ya da yokluğu hakkında kesin bir sonuca varılamamaktadır (Kobayashi, 1991; Gujarati, 1999; Huitema ve Mckean, 2000). Durbin ve Watson (1951) tarafından bildirilen Beta dağılımına dayanan yaklaşım ise, özilişkinin varlığını belirlemek için alt ve üst sınır değerleri ile karşılaştırma yapılması yerine

bir kesin olasılık değeri ile karşılaştırma yapma imkanı sunmaktadır. Bu çalışmada özilişkinin varlığı, Durbin-Watson beta dağılımı yaklaşımı ile test edilmiştir. Sonuçta canlı ağırlık için oluşturulan iki adet bireysel Richards modeli, bir adet bireysel Lojistik modeli ile cidago yüksekliği için tahmin edilen bir adet bireysel Monomoleküler büyüme modeline ait artıklarda özilişki tespit edilmiştir. Özilişkinin araştırılması ve giderilmesi ile ilgili bölümde açıklanan yöntem ile özilişki ortadan kaldırılarak özilişkisiz yeni modeller tahmin edilmiştir. Büyüme modeli çalışmalarında regresyon analizi varsayımını sağlayabilmek ve güvenilir tahminler elde edebilmek için özilişkinin araştırılarak giderilmesi gereklidir. Özilişki sorununu ele alıp, ortadan kaldıran çalışmalara ait bilgiler önceki bölümde verilmiştir.

4.9. Büyüme Modellerinin Karşılaştırılması

Canlı ağırlık-yaş sürecinin tanımlanmasında her iki genotipte gerek tahminler gerekse uyum kriterleri (hata kareler ortalaması, belirleme katsayısı, iterasyon sayısı) yönünden diğer modellerle karşılaştırıldığında en uygun büyüme modeli Lojistik modeli olarak görülmektedir. Genel olarak büyüme süreci "S" şeklinde olduğundan, her iki genotipte canlı ağırlık için oluşturulan Lojistik büyüme eğrisi "S" şeklinde bir yapıya sahiptir.

Cidago yüksekliği-yaş süreci genotiplere göre incelendiğinde, tahminler ve uyum iyiliği ölçütleri bakımından modeller karşılaştırıldığında en uygun büyüme modeli; G_1 genotipinde Richards modeli, $F_1 \times G_1$ genotipinde ise, Lojistik modeli olarak bulunmuştur.

Vücut uzunluğunun zamana göre değişimi G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotiplerine göre matematiksel olarak büyüme modelleri ile oluşturulduğunda, vücut uzunluğu ile zaman (yaş) arasındaki ilişkiyi tanımlayan en uygun büyüme modeli iki genotipte de Lojistik modeli olarak tespit edilmiştir.

Göğüs çevresi ile yaş arasındaki ilişki dört tane doğrusal doğrusal olmayan büyüme eğrileri ile modellendiğinde, G_1 genotipi için en uygun modelin Gompertz büyüme modeli olduğu saptanmıştır. $F_1 \times G_1$ genotipinde bu ilişkiyi tanımlayan en uygun model, Richards modeli olarak elde edilmiştir.

Göğüs derinliği değişkeninin zamana göre değişimi genotiplere göre incelendiğinde, G_1 genotipinde bu değişimi en uygun olarak açıklayan model, Gompertz modeli olarak tespit edilmiştir. $F_1 \times G_1$ genotipinde ise, bu zamana göre olan değişimi en uygun şekilde açıklayan model, Richards modeli olarak bulunmuştur.

İncik çevresi-yaş sürecinin tanımlanması işleminde G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotipi için yapılan değerlendirmeler sonucunda en uygun büyüme modeli Lojistik olarak saptanmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ceylanpınar Tarım İşletmesi'nde 1990 yılından beri yürütülen Simmental x GAK sığır ırkı G_1 ve $F_1 \times G_1$ melezlerinden alınan çeşitli vücut ölçülerine ait veriler kullanılarak yapılan bu çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Canlı ağırlık ile yaş arasındaki ilişkiyi her iki genotipte en iyi tanımlayan model Lojistik modeli olarak belirlenmiştir. Büyüme eğrisinin genel yapısı, büyüme modelinin belirleme katsayısı, hata kareler ortalaması ve büyüme modelindeki tahmin değerleri dikkate alındığında en uygun modelin Lojistik modeli olduğu sonucuna varılmıştır. Cidago yüksekliği ile yaş arasındaki sürecin modellenmesinde uyum ölçütleri göz önüne alındığında en uygun modelin G_1 genotipinde Richards modeli, $F_1 \times G_1$ genotipinde ise, Lojistik olarak bulunmuştur. Vücut uzunluğunun zamana (yaşa) göre değişimi genotiplere göre büyüme eğrisi modelleri ile oluşturulduğunda, G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotiplerinde en uygun model, Lojistik modeli olarak tespit edilmiştir. Göğüs çevresi ile yaş arasındaki ilişki modellendiğinde, G_1 genotipi için en uygun modelin Gompertz büyüme modeli, $F_1 \times G_1$ genotipinde bu ilişkiyi tanımlayan en uygun model, Richards modeli olarak elde edilmiştir. Göğüs derinliğinin yaşa göre değişimi tanımlandığında en uygun model, G_1 genotipinde Gompertz, $F_1 \times G_1$ genotipinde Richards modeli olarak bulunmuştur. İncik çevresinde ise her iki genotip için en uygun büyüme modeli Lojistik olarak belirlenmiştir.

Bireysel olarak tahmin edilen modellerin artıkları kullanılarak özilişkinin varlığı test edilmiştir. Test sonucunda bazı modellerin artıklarında özilişki tespit edilerek bu sorun düzeltilmiş ve özilişkisiz modeller oluşturulmuştur. Bu çalışmada kullanılan değişkenlerdeki gibi bir değişkenin zaman ile olan ilişkisi modellenirse, özilişki ortaya çıkabilir. Çalışmada kullanılan ölçüm aralığı daha uzun olsa idi, bu durumda gözlem değerleri arasındaki ilişki zayıflayabileceğinden özilişkinin ortaya çıkması ihtimali azalabilir. Bu durumun tersi de söz konusudur: ölçüm aralığının daha kısa tutulması, toplanacak olan gözlem sayısını artıracığından özilişkinin ortaya çıkması güçlenebilir. Bu nedenle büyümenin zamana göre seyri

incelendiğinde ölçüm aralığı küçük tutularak daha fazla ölçümün yapılması, elde edilecek sonuçların güvenilirliğini artırıp hatayı azaltabilir. Bilgisayar teknolojisinin bu kadar geliştiği bir dönemde, canlılara ilişkin verilerin mümkün olabilecek en küçük zaman aralıklarıyla (günlük, haftalık) kaydedilmesi ile daha sağlıklı ve daha yararlı sonuçlar elde edilebilir. Bir çalışmada değişkenin zamana göre değişimi ister doğrusal ister doğrusal olmayan modellerle tanımlandığında, tahmin edilen modellerin artıklarında özilişkinin varlığı test edilmelidir. Eğer modelin artıklarında özilişkiye rastlanırsa, bu sorunu düzeltecek yaklaşımlar kullanılmalıdır.

Büyümenin incelendiği çalışmalara yaş (zaman) gibi bir bağımsız değişkene ek olarak genetik ve çevre ile ilgili değişkenlerin eklenmesi bu sürecin tanımlanmasında daha faydalı olabilir. Regresyon modelinde birden fazla bağımsız değişken kullanılacak ise, bu durumda çoklu bağlantı sorunu göz önüne alınmalıdır.

Çalışmada kullanılan değişkenler için iki genotipte oluşturulan büyüme eğrisi modelleri yardımıyla sığırların büyüme seyri incelenerek bireysel ya da sürü olarak karşılaştırma yapılabilir. Herhangi bir değişkenin zamana göre seyrinde bir sığır belirli bir zaman sürecinde izlendiğinde, eğer standart eğrinin altında kalıyorsa bu sığır seçim işlemi sonucunda elenebilir. Böylece standart büyüme eğrileri seçim işleminde kullanılabilir. Ayrıca değişkenler için oluşturulan standart eğriler kullanılarak, sığırın büyüme-gelişme sürecinde normal dışı bir durumu olup olmadığı tespit edilebilir. Büyüme eğrileri veteriner hekimler ve doktorlara canlının genel sağlık durumu, beslenme durumu gibi büyüme ile ilgili konularda incelemenin gerekliliği hususunda bilgi verebilir.

Standart büyüme eğrileri ile incelenen değişken için bir canlının belirlenen bir yaştaki ölçülebilir herhangi bir özelliği tahmin edilebilir. Bunun yardımı ile canlıya ait tanımlayıcı bilgiler (belirli yaştaki bir verim gibi) önceden tahmin edilebildiği gibi işletmenin kârlılığı açısından planlamada kullanılabilir.

Hayvan yetiştiriciliğinin amaçlarından biri verimli hayvan materyali sağlayarak kâr elde etmektir. Bu ise planlı olarak yapılacak ıslah çalışmaları ile olabilir. Islah çalışmalarında istenen karakterlerin genetik ıslahı için seleksiyon işlemi yapılır. Büyüme eğrisi modellerinde tahmin edilen parametrelere ait kalıtım dereceleri ve büyüme eğrisi parametreleri arasındaki genetik ve fenotipik korelasyonlar, incelenen karakter için seleksiyon işlemlerinde kullanılabilir. Seleksiyon çalışmalarında, genetik ilerleme sağlanacak olan özelliğe ait tahminlenen büyüme parametrelerine ilişkin kalıtım derecelerinin yüksek olması seleksiyonun başarısını etkilemektedir. Bu nedenle seleksiyon çalışmalarında parametrelere ait kalıtım derecelerinin yüksek olması tercih edilmektedir. Ayrıca parametreler arasındaki genetik ve fenotipik korelasyonlar yardımıyla biyolojik anlamları olan büyüme parametreleri arasındaki ilişki hakkında bilgi edinilebilir.

Büyüme sürecinin genel yapısı itibarıyla “S” şeklinde bir yapı gösterdiğinden bu sürecin doğrusal olmayan modellerle tanımlanması daha faydalı olabilir. Ayrıca bu süreçte kullanılan model parametrelerinin biyolojik olarak yorumlanabilir olması tercih edilmelidir.

Büyüme eğrilerini canlıların türü, genotipi, bulunduğu çevre şartları gibi unsurlar etkileyebilmektedir. Büyüme olayı hakkında daha ayrıntılı bilgi elde edebilmek için canlının genetik özelliklerini oluşturan unsurlar ile çevre faktörleri ve mümkünse bunların etkileşimlerini göz önüne alarak yapılacak bir modelleme, büyüme ile ilgili daha yararlı bilgilerin elde edilmesini sağlayabilir.

Büyüme eğrisi modellerine ait α ve κ parametreleri sırasıyla canlının en yüksek büyüklüğü ve büyüme hızı ile ilgili olduğundan, bu biyolojik büyüme parametreleri ile canlının verimliliği arasında pozitif ya da negatif yönde ilişkiler söz konusu olabilir. Bu nedenle verimliliğe etki eden çevresel ve genetik faktörler de dikkate alınarak büyüme eğrisi parametrelerinin verimlilik üzerine olan etkilerinin daha ayrıntılı olarak incelenmesi, hayvancılık ve yetiştiricilik açısından daha yararlı sonuçlar verebilir.

ÖZET

Doğrusal Olmayan Büyüme Modelleri ve Özilişkinin İncelenmesi: Simmental X GAK Melezi Sığırlarda Bir Uygulama

Bu çalışma, Simmental x Güney Anadolu Kırmızısı (GAK) sığır ırkı G_1 ve $F_1 \times G_1$ melezlerinden alınan çeşitli vücut ölçülerine ait büyüme eğrisi modellerinin oluşturulması amacıyla yapılmıştır. Ayrıca tahmin edilen büyüme eğrisi modellerinin artıklarında ortaya çıkabilecek özilişkinin araştırılarak ortadan kaldırılması hedeflenmiştir.

Çalışmada G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotiplerinde sırasıyla 8 ve 52 baş olmak üzere toplam 60 baş sığırın canlı ağırlık, cidago yüksekliği, vücut uzunluğu, göğüs çevresi, göğüs derinliği ve incik çevresine ilişkin veriler kullanılmıştır. Büyüme sürecinin tanımlanmasında Lojistik, Gompertz, Richards ve Monomoleküler büyüme modelleri kullanılmıştır.

Altı değişken için G_1 ve $F_1 \times G_1$ genotiplerine ait bireysel büyüme eğrisi modelleri tahmin edilmiştir. Bazı modellerin artıklarında özilişki tespit edilerek, ortadan kaldırılmış ve özilişkisiz yeni modeller tahmin edilmiştir. Her iki genotip için genel büyüme eğrileri oluşturabilmek için büyüme eğrisi parametrelerinin ortanca değerleri kullanılmıştır. Her iki genotip için genel büyüme eğrileri çizilmiştir.

Büyüme eğrisi modellerinin uyum iyiliği, hata kareler ortalaması, belirleme katsayısı ve iterasyon sayısı değerleri kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada kullanılan bütün değişkenlerde her model için belirleme katsayısı değerleri % 96-99,9 olarak bulunmuştur.

İncelemeler sonucunda, canlı ağırlık, cidago yüksekliği, vücut uzunluğu, göğüs çevresi, göğüs derinliği ve incik çevresi için G_1 genotipinde en uygun modeller sırasıyla; Lojistik, Richards, Lojistik, Gompertz, Gompertz ve Lojistik olmuştur. $F_1 \times G_1$ genotipi için aynı sıralama; Lojistik, Lojistik, Lojistik, Richards, Richards ve Lojistik olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Büyüme modeli, doğrusal olmayan regresyon, özilişki, sığır, simmental, GAK.

SUMMARY

Nonlinear Growth Models and The Study of Autocorrelation: An Application of Simmental X SAR Crossbred Cattle Genotypes

This study was carried out to obtain growth curve models of the various body measurements of Simmental x Southern Anatolian Red (SAR) crossbred cattle B_1 and $F_1 \times B_1$ genotypes. Also, it was aimed to inspect the autocorrelation of the residuals from the growth curve models and to eliminate the autocorrelation.

The number of cattles having B_1 and $F_1 \times B_1$ genotypes were 8 and 52 heads respectively, totally 60 heads. The data of live weight, wither height, body length, chest circumference, chest depth, cannon bone circumference of these cattles were recorded. Logistic, Gompertz, Richards and Monomolecular growth curve models were used to define the growth pattern.

The invidual growth curve models of each genotypes were estimated for six variables explained above. The autocorrelation was detected in some of the residuals from the invidual growth curve models. The autocorrelation was eliminated and new models were estimated. Median values of growth curve parameters were used to obtain general growth curve models. General growth curves were drawn for each genotypes.

Goodness of fit of the growth curve models was determined by mean square error, determination coefficient and iteration number values. The values of determination coefficients of each models for all variables were estimated between 96-99,9 %.

It was concluded that the best models of B_1 genotype for live weight, wither height, body length, chest circumference, chest depth, cannon bone circumference were Logistic, Richards, Logistic, Gompertz, Gompertz and Logistic in sequence. The same arranging for $F_1 \times B_1$ genotype was Logistic, Logistic, Logistic, Richards, Richards and Logistic.

Key Words: Growth model, nonlinear regression, autocorrelation, cattle, simmental, sar.

KAYNAKLAR

- AGGREY, S. E., NICHOLS, C. R., CHENG, K. M. (1993). Multiphasic analysis of egg production in Japanese Quail. *Poultry Science*. **72**: 2185-2192.
- AGUILAR, C., FRIEDLIT, C., CAFIAS, R. (1983). The growth curve of animals. *Agricultural Systems*. **10**: 133-147.
- AKBAŞ, Y. (1995). Büyüme eğrisi modellerinin karşılaştırılması. *Hayvansal Üretim Dergisi*. **36**: 73-81.
- AKBAŞ, Y. (1996). Büyüme eğrisi parametreleri ve ıslah kriteri olarak kullanımla olanakları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. **33**(1): 241-248.
- AKBAŞ, Y., OĞUZ, İ. (1998). Growth curve parameters of lines of japanese quail (*coturnix coturnix japonica*), unselected and selected for four-week body weight. *Arch. Geflügelk.* **62**(3): 104-109.
- AKBAŞ, Y., TAŞKIN, T., DEMİRÖREN, E. (1999). Farklı modellerin kıvrıcık ve dağlıç erkek kuzularının büyüme eğrilerine uyumunun karşılaştırılması. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. **23**: 537-544.
- AKBAŞ, Y., YAYLAK, E. (2000). Heritability estimates and growth curve parameters and genetic correlations between the growth curve parameters and weights at different age of japanese quail. *Arch. Geflügelk.* **64**(4): 141-146.
- AKBULUT, Ö. (1999). Esmer ve siyah-alaca düvelerin sert iklim şartlarında büyüme analizleri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. **23**(1): 131-137.
- AKÇAPINAR, H. (2000). Koyun Yetiştiriciliği. İsmat Matbaacılık Ltd. Şti. Ankara.
- AKÇAPINAR, H., ÖZBEYAZ, C. (1999). Hayvan Yetiştiriciliği Temel İlkeleri. Kariyer Matbaacılık Ltd. Şti. Ankara.
- AKSOY, F. T. (1999). Tavuk Yetiştiriciliği. Şahin Matbaası. Ankara.
- ALKAN, S. (2001). Akkeçi oğlaklarının altı aylık yaşa kadar olan büyüme eğrilerinin çizilmesi üzerine bir araştırma. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. **14**(2): 77-84.
- ALPAN, O., ERTUĞRUL, O., UMay, M., BULMUŞ, S., BİLKİ, A., MERMİ, A. (1993). Simmental ırkı kullanılarak güney anadolu kırmızısı ırkının et verim özelliklerinin geliştirilmesi. *Güneydoğu Anadolu Bölgesi 1. Hayvancılık Kongresi*, Şanlıurfa.
- ALPAN, O., ERTUGRUL, O., UMay, M., BİLKİ, A., BULMUS, S. (1997). Improvement of beef production traits of southern anatolian red cattle through crossings with simmental bulls. EAAP - 48th Annual Meeting Vienna.
- ALPAN, O., ARPACIK, R. (1998). Sığır Yetiştiriciliği. 2. Baskı. Şahin Matbaası. Ankara.
- ANTHONY, N. B., EMMERSON, D. A., NESTOR, K. E. (1991). Research note: influence of body weight selection on the growth curve of turkeys. *Poultry Science*. **70**: 192-194.
- ARIKAN Ç., BAKIR, M. (2004). Çocuk sağlığı. Erişim: [http://www.aileniz.net/saglik/cocuksagligi/cocuksagligi4.htm]. Erişim Tarihi: 04.01.2004.
- BAHLER, C., HILL, R. R., JR., BYERS, R. A. (1989). Comparison of logistic and weillbull functions: the effect of temperature on cumulative germination of alfalfa. *Crop Science*. **29**: 142-146.
- BATES, D. M., WATTS, D. G. (1988). Nonlinear Regression Analysis and Its Applications. John Wiley&Sons, Inc.
- BAYRAM, B., AKBULUT, Ö., YANAR, M., ÜZEMEN, N. (2004). Esmer ve siyah alaca dişi sığırlarda büyüme özelliklerinin richards modeli ile analizi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. **28**(1): 201-208.

- BEHR, V. DE, HORNICK, J. L., CABARAUX, J. F., ALVAREZ, A., ISTASSE, L. (2001). Growth patterns of Belgian Blue replacement heifers and growing males in commercial farms. *Livestock Production Science*. 71: 121-130.
- BELTRAN, J. J., BUTTS, W. T., JR., OLSON, T. A., KOGER, M. (1992). Growth patterns of two lines of angus cattle selected using predicted growth parameters. *Journal of Animal Science*. 70: 734-741.
- BERGMIN, F. A., AMORIM, L. (2002). Doenças com período de incubação variável em função da fenologia do hospedeiro. *Fitopatologia Brasileira*. 27: 561-565.
- BIRCH, C. P. D. (1999). A new generalized logistic sigmoid growth equation compared with the richards growth equation. *Annals of Botany*. 83: 713-723.
- CHO, Y. M., YOON, H. B., AHN, B. S., PARK, Y. I. (2002). Estimation of genetic relationship among growth curve parameters of hanwoo (Korean Brown Cattle). *National livestockresearch institute, R.D.A., Cheonan, 330-801, Korea*.
- COCHRANE, D., ORCUTT, G. H. (1949). Application of least squares regression to relationships containing autocorrelated error terms. *American Statistical Association Journal*. 44: 32-61.
- ÇAMDEVİREN, H., TAŞDELEN, B. (2002). Beşinci hafta canlı ağırlığı yönünden seleksiyon yapılmış japon bildiricini hattında büyümenin tek ve çok aşamalı analizi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 26: 421-427.
- DAGENAIS, M. G. (1994). Parameter estimation in regression models with errors in the variables and autocorrelated disturbances. *Journal of Econometrics*. 64: 145-163.
- DAMGAARD, C. (2004). Modelling individual plant growth at a variable mean density or at a specific spatial setting. *C. R. Biologies*. 327: 255-260.
- DAMGAARD, C., WEINER, J., NAGASHIMA, H. (2002): Modelling individual growth and competition in plant populations: growth curves of *Chenopodium album* at two densities. *Journal of Ecology*. 90: 666-671.
- DANIEL, W. W. (1991). Biostatistics, A Foundation For Analysis in The Health Sciences. John Wiley & Sons, Inc.
- DARGAHI-NOUBARY, G. R. (1990). A method for parameter estimation of non-linear regression with autocorrelated errors. *Commun in statist*. 19(8): 2907-2923.
- DEMİRİSOY, Ş. (1998). Morkaraman koyunların laktasyon eğrisinin belirlenmesi için uygun modellerin tahmini. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- DENISE, R. S. K., BRINKS, J. S. (1985). Genetic and environmental aspects of the growth curve parameters in beef cows. *Journal of Animal Science*. 61(6): 1985.
- DRAPER, N.R., SMITH, H. (1981). Applied Regression Analysis Second Edition. John Wiley & Sons, New York.
- DUNTEMAN, G. H. (1989). Principal Components Analysis, Sage Publications Inc., California.
- DURBIN, J. & WATSON, G. S. (1950). Testing for serial correlation in least squares regression: I. *Biometrika*, 37: 409-428.
- DURBIN, J. & WATSON, G. S. (1971). Testing for serial correlation in least squares regression: III. *Biometrika*, 58(1):1-19.
- DURBIN, J. (1951). Testing for serial correlation in least squares regression: II. *Biometrika*, 38: 159-178.
- EFE, E. (1990). Büyüme eğrileri. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, Adana.
- ERSÖZ, F. (1992). Doğrusal olmayan büyüme modellerinin incelenmesi ve parametre tahmini. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- ERTUGRUL, O., ALPAN, O., UMay, M., BİLKİ, A., BULMUS, S. (1999). Improvement of beef production traits of southern anatolian red cattle through crossings with simmental sires. *Veterinarski Arhiv*. 69(1): 17-28.

- ESENBÜĞA, N., BİLGİN, Ö.C., MACİT, M., KARAOĞLU, M. (2000). İvesi, Morkaraman ve Tuj kuzularında büyüme eğrileri, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*. 31(1): 37-41.
- GALLANT, A. R., GOEBEL, J. J. (1976). Nonlinear regression with autocorrelated errors. *Journal American Statistical Association*. 71(356): 961-967.
- GILES, D. E. A. (1988). The estimation of allocation models with autocorrelated disturbances. *Economics Letters*. 28: 147-150.
- GUJARATI, D. N., Çevirenler: Ümit Şenesen, Gülay Günlük Şenesen (1999). Temel Ekonometri.
- HASSEN, A., WILSON, D. E. ROUSE, G. H. (2004). Use of linear and non-linear growth curves to describe body weight changes of young angus bulls and heifers. Iowa State University Animal Industry Report.
- HUITEMA, B. E., MCKEAN, J. W. (1991). Autocorrelation estimation and inference with small samples. *Psychological Bulletin*. 110(2): 291-304.
- HUITEMA, B. E., MCKEAN, J. W. (2000). A simple and powerful test for autocorrelated errors in OLS intervention models. *Psychological Reports*, 87: 3-20.
- HURWITZ, S, TALPAZ, H., BARTOV. L. PLAVNIK. L. (1991). Characterization of growth and development of male british united turkeys. *Poultry Science*. 70: 2419-2424.
- ILIKKAN, D. (2004). Erişim: [<http://www.annelergrubu.com/jinemed/base.asp?catID=14&selectedID=348>]. Erişim Tarihi: 15.01.2004.
- JOHNSON, D. S., HOETING, J. A., TWEEDIE, R. L. (2001). Empirical transform estimation of parameters in the monomolecular growth model. Erişim: [<http://www.stat.colostate.edu/~jah/papers/emt4.pdf>]. Erişim Tarihi: 11.06.2004.
- KACHMAN, S. D., BAKER, R. L., GIANOLA, D. (1988). Phenotyping and genetic variability of estimated growth curve parameters in mice. *Theor. Appl. Genet*. 76: 148-156.
- KANEFUJI, K., SHOHOJI, T. (1990). On a growth model of human height. *Growth, Development & Aging*. 54: 155-165.
- KAPS, M., HERRING, W. O., LAMBERSON, W. R. (2000). Genetic and environmental parameters for traits derived from the Brody growth curve and their relationships with weaning weight in Angus cattle. *Journal Animal Science*. 78: 1436-1442.
- KESKİN, İ., TOZLUCA, A. (2001). Japon bıldırcınlarında büyüme eğrilerinin genetik analizi II. genetik parametreler. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 15(28): 61-68.
- KESKİN, İ., TOZLUCA, A., GENÇ, A. (2002). Japon bıldırcınlarında (coturnix japonica) büyüme eğrisi parametrelerinin yanlılığı. *Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 12(1): 55-58.
- KOBAYASHI, M. (1991). Testing for autocorrelated disturbances in nonlinear regression analysis. *Econometrica*. 59(4): 1153-1159.
- KOCABAŞ, Z., KESİCİ, T., ELİÇİN, A. (1997). Akkaraman, İvesi X Akkaraman Ve Malya X Akkaraman kuzularında büyüme eğrisi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 21: 267-275.
- KOOPS, W. J. 1986. Multiphasic growth curve analysis. *Growth*. 50: 169-177.
- KOOPS, W. J., GROSSMAN, M., MICHALSKA, E. (1987). Multiphasic growth curve analysis in mice. *Growth*. 51: 372-382.
- KOŞKAN, Ö. (2000). Farklı genotip ve yerleşim sıklıklarında toz ve pelet rasyonlarla beslenen broylerlerin büyüme eğrilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KRATOCHVÍLOVA, M., HYANKOVA, L., KNIZETOVA, H., FIEDLER, J., URBAN, F. (2002). Growth curve analysis in cattle from early maturity and mature body size viewpoints. *Czech J. Anim. Sci*. 47(4): 125-132.
- KULPERGER, R. J. (1987). Some remarks on regression with autoregressive errors and their residual processes. *J. Appl. Prob.* 24: 668-678.

- KUURMAN, W. W., BAILEY, B. A., KOOPS, W. J., GROSSMAN, M. (2003). A model for failure of a chicken embryo to survive incubation. *Poultry Science*. **82**: 214-222.
- KUZU, E. (2001). Kilis keçisi oğlaklarında değişik vücut ölçüleri bakımından büyüme eğrileri, Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KUZU, E., ELİÇİN, A. (2002). Kilis keçisi oğlaklarında değişik vücut ölçüleri bakımından büyüme eğrileri, *Tarım Bitkileri Dergisi*. **8(3)**: 242-247.
- KÜRKLÜ, A., HADLEY, P., WHELDON, A. (1998). Effects of temperature and time of harvest on the growth and yield of aubergine (*solanum melongena* L.). *Tr. J. of Agriculture and Forestry*. **22**: 341-348.
- LEE, J. C., HSU, Y. L. (2003). Estimation and prediction of generalized growth curve with grouping variances in AR(q) dependence structure. *Biometrical Journal*. **45(3)**: 165-181.
- LEI, Y. C., ZHANG, S. Y. (2004). Features and partial derivatives of bertalanffy-richards growth model in forestry. *Nonlinear Analysis Modelling and Control*. **9(1)**: 65-73.
- LOBO, R. N. B., FILBO, R. M. (2002). Evaluation of body weight standardization methods for 205, 365 and 550 days of age. *R. Bras. Zootec.* **31(4)**: 1-10.
- MCCALLUM, D. A., DIXON, P. M. (1990). Reducing bias in estimates of the Richards growth-function shape parameter. *Growth, Development and Aging*. **54(4)**: 135-141.
- MIGNON-GRASTEAU, S., PILES, M., VARONA, L., DE ROCHAMBEAU, H., POIVEY, J. P., BLASCO, A., BEAUMONT, C. (2000). Genetic analysis of growth curve parameters for male and female chickens resulting from selection on shape of growth curve. *Journal of Animal Science*. **78(10)**: 2515-2524.
- MORAN, P. A. P. (1950), A test for the serial independence of residuals. *Biometrika*, **37**: 178.
- NCSS and PASS, Number Cruncher Statistical Systems, Released: January 9, 2004.
- OCTAVIO, A. R., SUKANT, K. M., JEANNIE, N. (2003). Efficient estimation of agricultural time series models with nonnormal dependent variables. *American Journal of Agricultural Economics*. **85(4)**: 1029-1040.
- OLIVEIRA, H. N. DE, LÔBO, R. B., PEREIRA, C. S. (2000). Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça guzerá. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, **35(9)**: 1843-1851.
- ORMAN, M. N. (1996). Kısıtlı doğrusal olmayan en küçük kareler tahmini kullanılarak laktasyon eğrisinde özilişkili artıkların incelenmesi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.
- ORMAN, M. N., ERTUĞRUL, O. (1999). Holştayn ineklerin süt verimlerinde üç farklı laktasyon modelinin incelenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. **23**: 605-614.
- ORMAN, M. N., ERTUĞRUL, O., CENAN, N. (2000). Güney anadolu kırmızısı sığır ırkında laktasyon eğrisinin özellikleri. *Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg.* **40(2)**: 17-25.
- ORMAN, M. N., GÜRCAN, İ. S. (2001). Doğrusal olmayan regresyon analizi ve biyoistatistikte kullanımı. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. **48(3)**: 195-199.
- ORMAN, M. N., YILDIRIM, F. (1998). Statistical description of lactation curve of jersey bred in karaköy state farm. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. **22**: 131-135.
- PARK, R. E., MITCHELL, B. M. (1980). Estimating the autocorrelated error model with Trended data. *Journal of Econometrics*. **13**: 185-201.
- PREEZ, J. J. DU, JARVIS, M. J. F., CAPATOS, D., KOCK, J. DE (1992). A note on growth curves for the ostrich (*Struthio camelus*). *Anim. Prod.* **54**: 150-152.
- RATROWSKY, D. A. (1983). Nonlinear Regression Modeling. Marcel Dekker, Inc. New York.
- RAWLINGS, J. O. (1988). Applied Regression Analysis. A research tool. Wadsworth, Inc.

- RHEES, B. K., ATCHLEY, W. R. (2000). Body weight and tail length divergence in mice selected for rate of development. *Journal of Experimental Zoology*. 288: 151-164.
- RICE, J. A. (1995). Mathematical Statistics and Data Analysis. Duxbury Press. Second Edition.
- RICKLEFS, R. E. (1967). A graphical method of fitting equations to growth curves. *Ecology*. 48(6): 978-983.
- RICKLEFS, R. E. (1985). Modification of growth and development of muscles of poultry. *Poultry Science*. 64: 1563-1576.
- ROGERS, S. R., PESTI, G. M., MARKS, H. L. (1987). Comparison of three nonlinear regression models for describing broiler growth curves. *Growth*. 51: 229-239.
- ROSEN, O., COHEN, A. (2003). Analysis of growth curves via mixtures. *Statist. Med.* 22: 3641-3654.
- SAPRA, S. K. (1986). A conditional least squares estimation procedure for a disequilibrium market model with autocorrelated errors. *Economics Letters*. 20: 251-254.
- SEBER, G. A. F., WILD, C. J. (1989). Nonlinear Regression. John Wiley and Sons Inc. New York.
- SÜMBÜLOĞLU, K., SÜMBÜLOĞLU, V. (1997). Biyoistatistik. Hatipoğlu Yayınevi. Ankara.
- TEKEL, N. (1998). İvesi kuzularının süt emme ve mer'alanma dönemlerinde büyüme eğrilerinin çizilmesi üzerine bir araştırma, Ankara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- TORRE, G. L. D., CANDOTTI, J. J., REVERTERL, A., BELLIDO2, M. M., VASCO, P., GARCIA, L. J., BRINKS, J. S. (1992). Effects of growth curve parameters on cow efficiency. *J. Anim. Sci.* 70: 2668-2672.
- TSOULARIS, A., WALLACE, J. (2002). Analysis of logistic growth models. *Mathematical Biosciences*. 179: 21-55.
- WAN, X. R., ZHONG, W. Q., WANG, M. J. (1998). New flexible growth function and its application to the growth of small mammals. *Growth Development and Aging*. 62(1-2): 27-36.
- WATTS, D. G. (1981). An introduction to nonlinear least squares. in I endreyni ed. kinetic data analysis, design and analysis of enzyme pharmacokinetic experiments. Plenum, New York, 1-24.
- WILSON, A. C. (1992). The effect of autocorrelation on regression-based model efficiency and effectiveness in analytical review. *American Accounting Association*. 11(1): 32-47.
- WINSHIP, A., J. (2000). Growth and bioenergetic models for steller sea lions (*eumetopias jubatus*) in Alaska. British Colombia University. Yüksek Lisans Tezi.
- YAKUPOĞLU, Ç. (1999). Etlik piliçlerde büyüme eğrilerin karşılaştırılması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- ZOONS, J, BUYSE, J., DECUYPERE, E. (1991). Mathematical models in broiler raising. *World's Poultry Science Journal*. 47: 243-255.

ÖZGEÇMİŞ

I- Bireysel Bilgiler

Adı: Cemil
 Soyadı: Çolak
 Doğum Yeri ve Tarihi: Malatya-16/01/1978
 Uyruğu: Türkiye Cumhuriyeti
 Medeni Durumu: Bekar
 Askerlik Durumu: Tecilli
 İletişim Adresi ve Telefonu: Başbakanlık Gümrük Müsteşarlığı
 ULUS/ANKARA- 0 312 306 85 64

II- Eğitimi

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyoistatistik Anabilim Dalında Doktora öğrenimimi sürdürüyorum.
 İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyoistatistik Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimimi tamamladım.
 Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Fakültesi İstatistik bölümünden bölüm birincisi olarak mezun oldum.
 Yabancı dili: İngilizce.

III- Ünvanları

İstatistikçi
 Programcı
 Biyoistatistik Bilim Uzmanı
 Sistem Çözümleyicisi

IV- Mesleki Deneyimi

1999-2000: Aksel Holding, Toplam Kalite Yönetiminde istatistiksel uygulamalar.
 2000-2004: İçişleri Bakanlığı Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü'nde (MERNİS) Bilgisayar Programcısı.
 2004-....: Başbakanlık Gümrük Müsteşarlığı'nda Sistem Çözümleyicisi.

V- Diğer Bilgiler

03-06 Eylül 2002, Bilişim Zirvesi 2002, İstanbul.
 Öğretmenlik Sertifikası.
 SQL, Oracle Developer 2000, İçişleri Bakanlığı / ANKARA 2000.
 JAVA programlama dili, İçişleri Bakanlığı / ANKARA 2001.
 Proses Yönetimi, Etkileşimi ve İyileştirme Teknikleri, TSE / ANKARA 2002.
 Müşteri Memnuniyeti ve Ölçümü, TSE / ANKARA 2002.