**T.C.**
**ORDU ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# BAZI SİGMOİDAL BÜYÜME MODELLERİNİN BİYOLOJİK ANLAMLI MEKANİK MODELLERE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

**VOLKAN ODA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ORDU 2017**

## TEZ ONAY

Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Volkan ODA tarafından hazırlanan ve Yrd. Doç. Dr. Mehmet KORKMAZ danışmanlığında yürütülen "Bazı Sigmoidal Büyüme Modellerinin Biyolojik Anlamlı Mekanik Modellere Dönüştürülmesi" adlı bu tez, jürimiz tarafından 08 / 08 / 2017 tarihinde oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Matematik Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Mehmet KORKMAZ

| | | | |
|---|---|---|---|
| Başkan | : | Doç. Dr. Selahattin MADEN<br>Matematik, Ordu Üniversitesi | İmza : |
| Üye | : | Yrd. Doç. Dr. Mehmet KORKMAZ<br>Matematik, Ordu Üniversitesi | İmza : |
| Üye | : | Yrd. Doç. Dr. Sercan TURHAN<br>Matematik, Giresun Üniversitesi | İmza : |

ONAY:

23 /08 / 2017.. tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 24 /08/ 2017.. tarih ve .2017 / 389. sayılı kararı ile onaylanmıştır.

T.C. ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ 1923

Enstitü Müdürü Y.

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Sami GÜLER

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

İmza

Volkan ODA

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirilişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# ÖZET

**BAZI SİGMOİDAL BÜYÜME MODELLERİNİN BİYOLOJİK ANLAMLI MEKANİK MODELLERE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ**


**Volkan ODA**

Ordu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Matematik Anabilim Dalı, 2017

Yüksek Lisans Tezi, 43s.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mehmet KORKMAZ



Bu tez altı bölümden oluşmaktadır: Birinci bölümünde; büyümenin genel tanımı ile büyüme analizinin diğer bilim dallarıyla ilişkisinden bahsedilmiştir. İkinci bölümünde; büyümenin modellenmesi, büyüme eğrileri ve büyüme parametrelerinin tahmininde kullanılan doğrusal olmayan sigmoidal büyüme modellerinin yapısı anlatılmıştır. Ayrıca, uygun modelin seçim kriterlerine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde araştırmanın materyal ve yöntemi izah edilmiştir. Dördüncü bölümde doğrusal olmayan sigmoidal modellerin mekanik modele dönüştürülme sebepleri ve Bertalanffy modelinin mekanik modele nasıl dönüştüğü adım adım açıklanmıştır. Beşinci bölümde ise; bu modellerden Logistic, Gompertz, Holling ve Bertalanffy modellerine ait birinci ve ikinci türevler yardımıyla hesaplanan biyolojik anlamlı parametrelerin değerleri çizelgeler halinde verilmiş, kangal köpeklerine ait sekiz haftalık sayısal büyüme verileri kullanılarak MAPLE paket programı yardımıyla parametre değerleri hesaplanmıştır. Gözlenen değerler ile tahminlenen değerler karşılaştırılmış, model seçim kriterleri gözönüne alınarak en uygun model elde edilmiştir. Son bölümde elde edilen sonuçlar belirtilmiş ve sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

## ABSTRACT

## CONVERTION OF SOME SIGMOIDAL GROWTH MODELS INTO BIOLOGICALLY MEANINGFUL MECHANICAL MODELS

**Volkan ODA**

University of Ordu

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mathematics, 2017

MS. Thesis, 43p.

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mehmet KORKMAZ

This thesis consists of six parts. In the first part, it is mentioned the general definition of the growth and the relation of the growth analysis with other disciplines, In the second part, it is explained the modelling of the growth, growth curve, and the structure of the non-linear sigmodial growth models that are used in the prediction of growth parameters. Furthermore, criteria of choosing the suitable model is included. In the third part, materials and methods of the research are explained. In the fourth part, the reasons of transforing the non-linear sigmodial models to mechanical model, and how to transform Bertanlanfyy model to mechanical model are explained step by step. In the fifth part, the values of the biological meaning parameters that is calculated with the first and the second derivatives, belonging to Logistic, Gompertz, Holling and Bertalanffy models among the other models, are shown with charts, and by means of MAPLE packaged software the values of parameters have been calculated by using the eight week numeric growth data that is belong to Kangal dog with MAPLE packaged software. After that, observed value and predicted value has been compared, and the most suitable model has been achieved regarding the model choosing criteria. In the last part, achieved results are indicated and suggestions are given for the follow-up studies.

**TEŞEKKÜR**

Tüm çalışmalarım boyunca her zaman bilgi ve deneyimleriyle yolumu açan, desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet KORKMAZ' a ve Ordu Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Tezin düzeltilmesi ve kontrolünü yapan sayın Elif ÖZKURT ve Öğr.Gör.Arif Emre ÖZDEMİR' e de engin sabırlarından dolayı teşekkür ederim.

Her zaman benim yanımda olup, benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen eşim Züleyha ODA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

# İÇİNDEKİLER

# SEMBOLLER DİZİNİ

| | | |
|---|---|---|
| A | : | Asimptotik Büyüklük |
| $\mu_m$ | : | Maksimum Spesifik Büyüme Hızı |
| $\lambda$ | : | Gecikme Süresi (Lag Time) |
| HKT | : | Hata Kareler Toplamı |
| GKT | : | Genel Kareler Toplamı |
| n | : | Veri Sayısı |
| k | : | Parametre Sayısı |
| $R^2$ | : | Belirleme Katsayısı |
| $\overline{R^2}$ | : | Düzeltilmiş Belirleme Katsayısı |

# ÇİZELGELER DİZİNİ

**Çizelge No**

# 1. GİRİŞ

Canlıların önemli biyolojik özelliklerinden birisi büyümedir. Bu zamana kadar büyümenin birçok tanımı yapılmıştır. Büyüme, topluluk veya bir organizmanın büyüklüğünde zamana bağlı olarak görülen gelişmedir (Yıldızbakan, 2005). Büyüme bir canlının ağırlık ve bedensel ölçülerinde belli zaman diliminde oluşan artım olarak tanımlanabilir. Fizyolojik bakımdan büyüme ise spermin yumurtayı döllemesi sonucu zigotun oluşmasıyla başlamaktadır. Büyümeyle birbirine karıştırılan bir terim olan gelişme, canlının beden yapısı ve şeklinin bazı fonksiyonları karşılayabilecek seviyede değişikliğe uğraması olarak tanımlanır (Çolak ve ark, 2006).

Büyümenin genel bir ifadesi; canlıların, boyutlarında ve sayılarında oluşan artışlar sonucunda kütlesel bakımdan genişlemesi şeklinde belirtilebilir. Organik yapıdaki canlıların büyümesiyle inorganik maddelerin kristal yapılarının büyümesi olayları birbirlerinden farklı olgulardır. Organik yapılarda veya canlılarda büyüme; hem biyolojik hem de biyokimyasal olayların birleşimi şeklinde, dokuların, organların veya bir tek organizmanın boyu ve ağırlığı bakımından artışı ya da organizmalar tarafından oluşturulmuş bir populasyondaki bireylerin sayısal olarak artışı sonucunda ortaya çıkmaktadır (Efe, 1990).

Büyüme kelimesi birden çok biyolojik olayı tanımlamak için kullanılmaktadır. Populasyonlardaki büyüme hayvanların çoğalmasını; vücuttaki büyüme hücrelerin sayı bakımından artışını (hyperplasia) veya hücresel boyutlarındaki artışını (hypertrophy); hücre büyümesi ise moleküllerin replikasyonunu içermektedir. Yağ ve kas dokularındaki büyüme, vücudun başka organlarının büyümesinden farklılık göstermektedir. Kaslar yaşa bağlı olarak hipertrofi göstermek suretiyle büyürler ve gelişirler. Yağ dokuları ise kısmen yeni hücrelerin ilave edilmesi ya da lipidlerin hücre içerisinde daha fazla birikmesi ile büyümektedirler (Cengiz, 1995).

Büyüme, bireylerin ilgili özellik bakımından genetik potansiyeliyle içinde bulunduğu çevrenin etkileşimi sonucunda ortaya çıkar. Büyüme eğrileri, bu etkileşimler sonucunda elde edilen verimin zamana bağlı olarak gösterdiği değişimi ortaya koyar. Zamana bağlı olarak değişiklik gösteren verim, herhangi bir canlının ağırlığı olabilir. Ayrıca, herhangi bir organın boyutu veya ağırlığı, dokuların kompozisyonu, hücre sayısı ya da büyüklüğü olabilir (Eisen, 1976).

Kaslar, kemikler, iç organlar ve vücudun diğer bölümlerinin gelişmesine ve vücut kitlesinin belli zaman dilimlerinde, türüne has bir şekilde uyumlu olarak artmasına büyüme denmektedir(Özen, 1997). Toparlanmış bir ifadeyle büyüme; bütün canlılarda belirli bir dönemde organizmalardaki doku ve hücre artışı olarak tanımlanmakta olup, evcil hayvanların genelinde canlı ağırlıkları ile ilgilenilmektedir. Başka bir ifadeyle canlı organizmalarda büyüme, yeni hücrelerin üretilmesi şeklinde ifade edilmekle birlikte hücrelerin hacimlerindeki artış ya da kitlesel olarak artışları anlamlarına da gelmektedir (Owens ve ark.,1993). Yani hücresel boyutta büyümenin 2 şekli vardır:

1. Hiperplazik (sayısal olarak) büyüme
2. Hipertrofik (hacimsel veya kitlesel olarak) büyüme

Bazı özelliklerdeki büyüme, canlıların genetik yapısıyla genetik-çevre arasındaki etkileşimlerinin sonucunda oluşmaktadır (Kor ve ark., 2006). Başka bir ifadeyle büyüme, doğumdan itibaren yetişkin büyüklüğe erişinceye kadar devam eden kalıtımsal bir özelliktir. Ayrıca uygun çevresel koşulların kalıtımsal yapının ihtiyaçlarını karşılaması çok önemlidir. Örnek olarak; beslenme büyüme üzerinde etkili bir çevresel faktör olmasına rağmen, hayvanlar ne kadar sağlam beslenseler de, hiçbir hayvan genetik yapısının imkan vermediği bir büyüme gücüne ulaşamaz. Bütün türlerin ve ırkların kendine has bir büyüme eğrileri vardır. Bununla birlikte aynı genetik yapıdaki bireylerde bile zaman zaman kayda değer gözlemlenen farklılıklar oluşabilmektedir (Özen, 1997).

Büyüme analizi, birçok çalışma alanlarında incelenmektedir. Örneğin; Biyologlar, organizmalarda, bitkilerde ve hayvanlarda büyüme olayını gözlemektedir. Kimyacılar, bir kimyasal tepkimenin zaman içinde meydana gelen etkisini formüle etmeye çalışmaktadır. Tıpta, bebeklerin normal olarak büyümesinde, büyüme üzerine etki yapan faktörler, bazı hormonlarla büyüme arasındaki ilişkiler, büyüme üzerindeki etkiler gibi büyüme olayı değişik yönlerden incelenmeye çalışılmaktadır. Ekonomide ve sosyal bilimlerde, üretim, tüketim, arz, talep, toplumun gelir düzeyi, ülkelerdeki ekonomik gelişmeler ve nüfus hep büyüme kavramı içinde incelenmektedir. Ziraatte ise, bitkilerin ne kadar hızla büyüdüğü, çevresel şart ve faktörlerin bitkiyi nasıl etkilediği ve bitkinin büyüme hızının ekonomi ve yönetim açısından ne gibi avantajlar sağladığı konularında çalışılmaktadır. Böylece büyüme olayı, değişik bilim dallarında değişik yönleri ile incenlemektedir. Ancak bütün bu alanlarda ortak olan “büyüme” olgusudur. Konu fare olabilir, fil olabilir, çelik üretimi olabilir, refah olabilir. Bütün bu farklı konulardaki büyümenin ortak bir modeli olmalıdır (Ersöz,1992).

# 2. GENEL BİLGİLER

## 2.1.Büyüme Eğrileri

Canlı varlıkların yaşlarına bağlı olarak ağırlıklarında ve vücut ölçülerinde gösterdikleri gelişim ve değişimler büyüme eğrileri ile ifade edilebilir (Goonewardene ve ark., 1981; Kocabaş ve ark., 1997). Daha özel olarak, ağırlıksal bakımdan büyüme eğrileri, kalıtım ve çevresel etmenlerin etkisiyle şekillenmiş olan ve hayvanın yaşı ile ağırlığı arasındaki matematiksel bağıntıyı göstermektedir (Bethard, 1997). Efe (1990), bu bağıntıyı ağırlık-yaş eğrisi olarak sunmuştur. Büyüme eğrilerindeki bilgileri, biyolojik olarak anlam içeren parametrelerle ifade eden modellere ise büyüme modelleri ya da büyüme fonksiyonları (growth functions) adı verilmektedir.

Büyümeyi bilimsel temellerle bağdaştırmak ancak elde edilen veri değerlerine uygun matematiksel büyüme modelini uydurmakla mümkün kılınabilmektedir. Ancak bu yöntemle büyümeyle ilişkili olayların yorumlanabilmesi ve karara varılabilmesi mümkün olabilir (Efe, 1990).

Bir canlının doğum ağırlığı ile çeşitli dönemlerdeki canlı ağırlıkları kalıtsal yapıya ve çevresel etkenlere bağlı olarak zaman içerisinde şekillenmektedir. Canlının doğumundan gelişmesini tamamlayıncaya kadar geçen süreye bağlı olarak vücut ve ağırlık ölçülerinde görülen değişimlerin eğrisel olarak ifade edilişine büyüme eğrisi adı verilmektedir. Bir canlının vücut ve ağırlık ölçülerinde belirli bir zaman içerisinde meydana gelen değişimler genellikle büyüme eğrisi modelleri yardımıyla açıklanır (Yıldız ve ark, 2009).

Hayvancılıkta en ideal kesim zamanının belirlenmesi, hayvanın genel sağlık durumuyla ilgili bilgi sahibi olunması, damızlıkta kullanma yaşının tespiti, cinsiyetine bağlı olgunluk yaşının tespit edilmesi, büyüme eğrisi parametrelerini seleksiyonun nasıl etkilediğinin incelenmesi gibi hususlarda büyüme eğrileri kullanılmaktadır (Doğan, 2003).

Büyüme eğrilerinin şekli; canlının türüne, ırkına, çevre koşullarına, hayvanın cinsiyetine, yaşına ve ölçülen karakterin yapısına bağlı olarak değişiklik gösterir. Büyüme eğrileri yardımıyla değişik yaşlardaki büyüme özellikleri irdelenmektedir. Büyüme eğrileri, canlıların genel sağlık durumları ve beslenme düzenleri hakkında bilgi vermekle yetinmeyip, tahminlenen büyüme eğrisi parametreleri yardımıyla ekonomik değeri fazla bir karakterin seleksiyon işleminde kullanılarak canlının kantitatif bir özelliğini tahmin edilir hale getirir (Çolak ve ark., 2006).

Büyüme eğrisi modelleri, büyüme olayının sonlandığı erişkin canlı ağırlığa ulaşılıncaya kadar olan dönemde büyümenin fizyolojik mekanizmasını izah eden biyolojik anlam içeren parametrelere sahiptirler (Menchaca ve ark., 1996; Behr ve ark., 2001). Biyolojik anlamlı bu parametrelerin yardımıyla, büyüme sürecinin sahip olduğu karmaşık yapının anlaşılması ve bu süreç boyunca büyümeyi etkileyen faktörlerin tespit edilmesi mümkün olmaktadır (Brown ve ark.,1976). Büyüme eğrisi modellerinin başlıca yararı, yaşa bağlı olarak değişik zamanlarda toplanan ve yorumlanması çok zor olan bazı bilgileri biyolojik anlamlı olarak yorumlamaya imkan tanıması gelmektedir (Akbaş,1995).

Yapılan çalışmalarda tespit edilen büyümenin biyolojik anlamda yorumlanabilir parametreleri içermesi çok önemlidir. Büyümeyi ifade eden bir fonksiyon biyolojik olarak açıklanamıyorsa bir anlam ifade etmeyecektir. Ancak, çeşitli dönemlerde alınmış veriler kullanılarak tahminlenen matematiksel büyüme modeli ile büyümenin biyolojik sürecini açıklamak ve büyümeye etkili faktörleri tespit etmek mümkün olabilmektedir. (Brown ve ark., 1976; Torre ve Rankin 1978; Behr ve ark., 2001).

Büyüme eğrilerinin şekli, canlının genotip yapısına, bulunduğu çevrenin şartlarına ve incelenecek özelliğine göre değişmektedir (Efe, 1990). Bir ya da daha fazla gelişme döneminde bir canlının büyümesini belirleyebilmek için sayıca çok fazla ölçüm yapılabilir. İnceleme yapılan dönem süresince, ölçüm sayısının artırılmasıyla doğru orantılı olarak büyümeyi tanımlamakta olan eğrilerin doğruluğu da artmaktadır. Geçerliliği kontrol edildikten sonra kabul edilmiş olan büyüme eğrisi modelleri, belli zaman dilimlerindeki hayvan ölçümlerinde kullanılabilir. Bu kullanım şeklinin pratik olarak en büyük faydası, söz konusu gözlem değerlerini elde edebilmek üzere belirli bir zaman geçmesine olan ihtiyacı ortadan kaldırmasıdır (Tekel, 1998).

Matematik dilini kullanmak, doğal dili kullanmaktan daha öz ve kesindir. Matematik model kullanılmadan verilerin toplu olarak kavranılması ve işlenilmesi, bulgulara açıklık, geçerlilik ile daha geniş boyutlar kazandırılması zordur. Zira matematiksel tanımın önemli bir niteliği birleştirici oluşudur. Temel varsayımın yerine gelmesi halinde daima yanlış sonuçlara ulaşılabilmektedir. Matematiksel tanımın olayları idealleştirmeyi ve soyutlaştırmayı gerektirdiği, ancak bu ideal durumların doğada yeterli sıklıkta bulunmadığı da bir gerçektir. Bir sistemi oluşturan ve kontrol eden bütün etkenlerin sayısal olarak tanımlanmasının her zaman mümkün olmadığı bir gerçektir. Büyüme modeli, farklı zaman ve durumlardaki gelişmeyi önceden tahmin eden denklem sistemini gösterir (Vanclay, 1994).

Büyüme eğrisi modelleri şu üç ortak parametreyi tahmin ederler. Bu parametreler; canlının ergin ağırlığı (A), erginleşmenin hızı (k) ve doğduktan sonra ulaşılan canlı ağırlığın canlının ergin ağırlığına oranını belirten (B) parametrelerdir. Sayılan bu parametreler yardımıyla bir hayvanın biyolojik bakımdan büyüme sürecini tanımlamak mümkün olmaktadır. Büyüme eğrisi parametrelerinin genetik ıslahı amacıyla kullanılabilmesi için hayvanların tek tek ağırlık-yaş verilerinin analiz edilmesine gereksinim duyulmaktadır. Bu uygulamalar, aşırı fazla zaman ve işgücü gerektirmektedir. Bununla birlikte bir hayvan sürüsünün büyümesinin seyrini izah edecek en uygun büyüme modelinin tespitine ihtiyaç duyulabilir. Bu model sayesinde üzerinde çalışma yapılan hayvan sürüsünün ergin canlı ağırlık ortalaması, erginleşme hızı gibi bazı ölçütler elde edilebilmektedir. Sürüye ilişkin ortalama büyüme parametrelerinin hesabının amaçlandığı araştırmalarda mevcut bütün ağırlıklar birlikte analiz edilmektedir (Akbulut ve ark.,2004).

Ağırlık-yaş ilişkisinin tespit edilmesi için kullanılan modelleri, doğrusal (linear) büyüme modelleri ve doğrusal olmayan (nonlinear) büyüme modelleri olarak iki grupta inceleyebiliriz (Gujarati, 1995). Doğrusal büyüme modellerinin tahminlenmesi daha basit olmakla birlikte, değişkenlerin matematiksel işlemlerle dönüştürülmesiyle doğrusallaştırılabilen yarı logaritmik modellerin tahminlenmesi daha zordur. Bu modellerde, doğrusal (linear) modellerde olduğu gibi bağımsız değişkenler basit olarak listelenmez. Bunun yerine; regresyon eşitlikleri yazılmalı, parametre tahminlenmesi işlemi yapılmalı, bunları yapabilmek için de başlangıç değeri seçilmeli ve parametrelere bağlı olarak da modellerin türevlerinin alınması gerekmektedir (Yakupoğlu ve Akbaş, 1999). Bununla beraber, sığırlarda belirli zaman dilimini kapsayan büyüme olayını açıklayabilmek üzere doğrusal olmayan büyüme modelleri daha fazla kullanılmaktadır. Çünkü hayvanlarda erişkin canlı ağırlıklara ve boyutlara ulaşana kadar geçen süre içindeki değişimler belirli bir yaşa gelinceye kadar doğrusal büyüme modelleriyle tanımlanabilir. Fakat daha ileriki yaşlarda büyüme oranı doğrusal şekilde artış göstermez, yani canlının ağırlığında ve boyutlarındaki değişim asimptot değerine ulaşır. Bunun sonucunda zamana bağlı değişmeleri tahminlemek üzere doğrusal olmayan modellerin kullanılması zorunlu hale gelmiştir (Çıtak ve ark., 1998). Günümüzde bilgisayar teknolojilerinde meydana gelen ilerlemelere paralel olarak, yazılım programlarının geliştirilmesi ve hayvansal üretimde kullanılmak üzere geliştirilen istatistik paket programları sayesinde, doğrusal olmayan büyüme modellerinin kullanımından kaynaklanan güçlükler ortadan kaldırılmıştır (Aksoy ve ark.,2010).

Büyüme sürecinin modellendirilmeye çalışıldığı biyolojik sistemlerde, büyümenin hızı bakımından sabit hızda büyüme, sürekli artan ya da azalan hızlarda büyüme ve değişken hızlarda büyüme olmak üzere üç farklı durum söz konusudur. Büyüme eğrisinin şeklini belirlemede canlının türü, çevre şartları ve incelenen özellikler etkili olduğundan, uygun modelin seçilmesi istatistiksel olarak bir karar sürecini gerektirmektedir. Literatürde; sabit hızla gerçekleşen büyümenin bazı canlıların birtakım özellikleri için belli zamanlarda gerçekleştiği, ancak genel olarak canlıların büyüme hızının hayat boyunca sabit olmayacağı bildirilmiştir (Kshirsagar ve Smith, 1995; Efe, 1990; Akbaş,1995; Kocabaş ve ark., 1997). Bu sebeple, doğrusal modellerin canlıların yaşamları süresince büyümelerinin modellenmesi için yetersiz kaldığı söylenebilir (Perotto ve ark.,1992;Efe, 1990). Büyüme hızlarının farklı olduğu dönemlerde ise, doğrusal modellerden daha karmaşık yapıya sahip olan doğrusal olmayan modelleri kullanmak daha faydalı ve hatta gerekli olmaktadır. Sürekli azalan hızlardaki büyüme durumunda ileri zamanlı bir asimtota sahip olan ve Brody ve negatif eksponensiyal gibi modellerden bahsedilebilirken, büyümenin değişken hızlarda gerçekleştiği durumlarda, Gompertz, Lojistik, Richards ve Bertalanffy gibi erken zamanlı bir bükülme (dönüm) noktasına ve ileri dönemde bir asimtotu ya da maksimum değeri olan sigmoidal büyüme fonksiyonları söz konusudur. Polinomsal denklemler gibi ampirik modellerle karşılaştırıldıklarında, bu kuramsal modellerin, bağımlı değişkenin tanımlamış olduğu durumun nedeni ya da fonksiyonuyla bağlantılı temel bir hipoteze ve biyolojik anlamlı parametrelere sahip oldukları söylenebilir. Bununla birlikte literatürde Martin ve Ek (1984) tarafından kuramsal altyapıya sahip denklemlerin, veri aralığının dışındaki değerleri tahmin etmek için, ampirik polinomsal denklemlere kıyasla daha fazla güvenilir oldukları ifade edilmiştir.

Doğrusal olmayan büyüme modellerinin önemli avantajlarından birisi de, biyolojik bir canlının büyüme potansiyeli ile sürdürülebilir üretimi hakkında tahmin yürütülecek objektif bir yönteme temel oluşturabilmeleridir (Fekedulegn ve ark., 1999).

Doğrusal olmayan büyüme modellerinin tespit ve tahmini, doğrusal büyüme modellerine göre daha güçtür ve sonuçları farklı metotlar kullanılarak iterasyonlar yardımıyla belirlenmektedir (Draper ve Smith, 1981). Model denklemlerinin kısmi türevleri istatistiksel paket programlar yardımıyla ve sayısal yöntemler kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu sayısal yaklaşımlar, analitik çözümlerin yerine kullanılmakta ve genelde yaklaşık sonuçları üretmektedir. Böyle durumlarda, daha etkili ve daha kesin sonuç veren parametre tahminleri sağlamak için sayısal yaklaşımlardan ziyade kısmi türevleri doğrudan kullanmak uygun olmaktadır. Büyüme modellerinin matematiksel özellikleri ve büyüme parametrelerinin çiftlik hayvanlarının büyümesiyle ilgili anlamlı yorumları bazı araştırmacılar tarafından tartışılmıştır (Akbaş, 1995; Akbaş ve ark., 1999; Efe, 1990; Esenbuğa ve ark., 2000; Kocabaş ve ark., 1997).

Büyüme verilerinin analiz edilmesinde kullanılan iki temel yaklaşım mevcuttur. Bunlardan birincisi istatistiksel yaklaşım, ikincisi de mekanik yaklaşımdır. İstatistiksel yaklaşım sadece deneyle ilgili ve çok değişkenli modellerde sıkça kullanılan polinom eğrilerinin uygunluğunu kapsayan bilgilerden oluşmaktadır. Biyolojik olarak büyüme, mekaniksel yaklaşım içinde kabul edilmekte olup; bu yaklaşımlar, biyolojik anlamlı parametreleri ihtiva eden modellerle ilgilidir (Ersöz, 1992).

Hayvanlarda canlı ağırlığın zamana bağlı ve doğrusal olmayan değişimini matematiksel bir fonksiyon ile ifade etmek için kullanılan büyüme eğrisi modelleri, genellikle 3-4 parametre değeri ile tahmin edilmektedir. Model parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olmalarının yanında biyolojik olarak da yorumlanabilir olması gerekmektedir (Akbaş ve Oğuz, 1998; Mendeş ve ark., 2007). Hayvanların büyüme verileri kullanılarak oluşturulan eğriler sigmoid yapıdadır. Bu tip eğrilerde geç dönem asimptotu ve bükülme noktası bulunmaktadır (Bilgin ve Esenbuğa, 2003). Geç dönem asimptot değeri o bireyin sonsuz zamanda ulaşabileceği ağırlığı ifade etmektedir. Bükülme noktası ise, büyüme eğrisini, büyüme hızının arttığı dönem ve azaldığı dönem olmak üzere iki devreye ayırmaktadır (Narinç ve ark.,2009).

Doğrusal olmayan modeller bakteriyel koloni büyümesi tahmininde son yirmi yılda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu modellerin yaygın olarak kullanılmasına Zwitering ve ark. (1990) çok büyük katkı sağlamışlardır. Bu araştırıcılar Gompertz, Lojistik, Richards, Stannard ve Schunute modellerini bakterinin maksimum büyüme miktarı, maksimum büyüme hızı ve maksimum büyüme hızına ulaştığı süreyi veren yeni parametrelerle modifiye etmeleriyle bu alandaki çalışmalar ivme kazanmıştır. Özellikle günümüzde Lu ve ark. (2007), Fujikawa (2011) ve Li ve ark. (2013) gibi birçok araştırıcılar son yıllarda modifiye edilmiş bu modelleri başta gıda olmak üzere ormancılık, tarım ve hayvancılık gibi birçok farklı disiplinlerde kullanmışlardır (Alexandrov, 2008).

## 2.2.Sigmoidal Eğriler

Bir canlının doğumundan ölümüne geçen zamanda alınan ağırlık ve boy ölçümlerinin büyüme modellerine uygunluğu sağlandığında elde edilen eğriler genellikle düz bir "S" şeklinde olmakta ve "sigmoidal eğri" olarak adlandırılmaktadır. Sigmoidal eğriler, üç devreden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi hazırlık devresi, ikincisi büyüme devresi ve üçüncüsü de durgunluk devresidir. Hazırlık devresinde, büyüme olayı belirli bir noktadan başlayıp sabit oranlı bir artış göstermektedir. Büyüme devresinde, büyüme eğrisi doğrusal bir şekil izledikten sonra bükülme (dönüm) noktasına ulaşmaktadır. Durgunluk devresine geçildiğinde ise asimptot değerine ulaşmış olan eğrinin şekli tanımlanmaktadır ( Yakupoğlu, 1999).

Büyümenin karakteristiği olan canlı ağırlık artışı ilk bir iki günlük dönemde doğal olarak düşüktür. Giderek yükselir ve pik seviyeye ulaşır. Ergin çağa yaklaştıkça azalır ve durur. Böylece bütün hayvanlarda benzer bir yapı gösterir ve “S” harfi şeklindedir. Büyüme hızı ve canlının ulaşabileceği büyüme sınırı türe göre farklıdır. Dolayısıyla her türün kendine ait karakteristik bir büyüme eğrisi vardır. Azami büyüme ve gelişme bir kalıtım derecesine sahiptir. Uygun bakım ve beslenme şartları da bu düzeye ulaşmayı etkilemektedir (Akçapınar ve Özbeyaz, 1999). Büyümeyi tanımlayan ve “S” şeklindeki bu fonksiyonlar ile elde edilen eğrilere sigmoidal büyüme eğrileri adı verilmektedir. Sigmoidal büyüme eğrilerinin başlıca 3 önemli evresi bulunmaktadır. Bunlar; hazırlık evresi, büyüme evresi ve durgunluk evresidir. İlk evre olan hazırlık evresinde büyüme sabit bir artış gösterirken, büyüme evresinde ise eğri doğrusal bir hal almaktadır ve daha sonra bükülme noktasına ulaşmaktadır. Durgunluk evresinde ise asimtotik (maksimum) bir sonuç değeri ile eğrinin biçimi tamamlanmaktadır (Yakupoğlu, 1999).

Sigmoidal büyüme eğrisi modelleri, üç önemli parametreden oluşmaktadır (Buffington ve ark., 1972). Bu parametreler; büyüklük, büyüme hızı ve bükülme parametreleridir. Hayvanların maksimum ağırlıklarını tespit eden parametre, büyüklük veya asimptotik ağırlık parametresi olarak adlandırılmaktadır. Birim zamanda vücut ölçüsünde veya canlı ağırlıkta meydana gelen artışa büyüme hızı denilmektedir. Artış hızını tahmin eden parametre de büyüme hızı parametresidir. Büyüme eğrisinin bükülme (dönüm) noktası ise, büyüme hızının arttığı dönem ve azaldığı dönem olarak eğriyi iki devreye ayırmaktadır (Brody, 1945).

## 2.3.Uygun Model Seçimi

### 2.3.1. $R^2$ Kriteri

Herhangi bir regresyonun uygunluk derecesini ölçmede $R^2$ 'nin kullanıldığı bilinmektedir. 0 ve 1 aralığında değerler alabilen ve 1'e yaklaştığında en iyi açıklanabilirliği veren istatistiği aşağıdaki şekliyle elde edebiliriz.

$$\mathrm{R}^2 = 1 - \frac{HKT}{GKT}$$

Fakat $R^2$ model seçim kriteri olarak alındığında bazı sorunlarla karşılaşılır (Gujarati, 2003).

•Verilen örnek büyüklüğü içinde tahmini değerler gerçek değerlere ne kadar yakın bulunsalar da gelecek tahmininde bu garantiyi sağlamak mümkün olmayabilir.

• $R^2$ 'lerin karşılaştırılabilmeleri için modellerin fonksiyonel yapısının ve tahmin edicilerinin aynı olması gerekmektedir. Farklı model yapıları için birçok $R^2$ örneği verilebilir. Bunlardan bazıları: Maddala $R^2$, Gragg-Uhler $R^2$, McFadden $R^2$, Estrella $R^2$, Pseudo $R^2$ (McFadden'a benzer fakat probit modellemelerinde kullanılır).

• Modele alınan açıklayıcı değişken sayısı arttıkça $R^2$ değeri de artmaktadır. Bu yöntemle maksimum $R^2$ 'ye ulaşılabilinir. Fakat bu durum, gelecek tahmin hata varyansının da yükselmesine neden olacaktır. Bu nedenle model seçim kriteri olarak alınması her zaman yeterli değildir.

### 2.3.2. Düzeltilmiş $R^2$

Henry Theil, açıklayıcı değişkenlerin katkısıyla ortaya çıkan $R^2$ değerindeki yükselmeyi önlemek için düzeltilmiş $R^2$' yi ($\overline{R^2}$) geliştirmiştir. Burada n veri sayısını, k ise parametre sayısını ifade etmektedir.

$$\overline{R^2} = 1 - \frac{\frac{HKT}{(n-k)}}{\frac{GKT}{(n-1)}} = 1 - \frac{\left(1-\mathrm{R}^2\right).(\mathrm{n}-1)}{(\mathrm{n}-\mathrm{k})}$$

Düzeltilmiş $R^2$, $R^2$'den farklı olarak eklenen değişkenin sadece mutlak t değerinin 1'den büyük olduğu durumlarda yükselir ve daima $\overline{R^2} \leq R^2$' dir. Fakat unutulmaması gereken, model karşılaştırmalarında ister $\overline{R^2}$ ister $R^2$ kullanılsın her zaman modelin fonksiyonel yapısı ve tahmin edicilerinin aynı olmasıdır.

Düzeltilmiş $R^2$ en küçük kareler ile tahmin edilmiş regresyonlarda daha çok kullanılmaktadır. Bayes yaklaşımlarında zayıf kaldığı görülmektedir (Burham ve Anderson, 1998).

# 3.MATERYAL VE YÖNTEM

## 3.1.Materyal

Bu tez çalışmasının materyalini; Çoban ve ark. tarafından hazırlanan ve Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisinin 2011 yılı 6(1) :17-22 sayfalarında yer alan "Kangal Köpeği Yavrularında Vücut Ağırlığı Değişimlerinin Tanımlanmasında Doğrusal Olmayan Büyüme Modellerinin Kullanılması" adlı araştırma makalesindeki erkek ve dişi köpeklere ait 8 haftalık gözlenen ağırlık değerleri oluşturmuştur.

## 3.2.Yöntem

Büyüme eğrilerinden tahminlenen ağırlıkların ve büyüme eğrisi parametrelerinin hesaplanmasında MAPLE paket programı kullanılmıştır. Erkek ve dişi köpekler için gözlenen ağırlık değerleri programda yerine yazılarak Gompertz, Logistic, Holling ve Bertalanffy modelleri için tahminlenen değerler elde edilmiştir. Belirleme katsayıları ($R^2$) ve Düzeltilmiş Belirleme Katsayıları ( $\overline{R^2}$ ) değerleri en yüksek, Hata Kareler Toplamları (HKT) değeri en düşük olan model en uygun model olarak seçilmiştir. Ayrıca mekanik modele dönüşüm için birinci ve ikinci türevler yardımıyla biyolojik anlamlı parametreler elde edilmiştir.

# 4. YAPILAN ÇALIŞMALAR

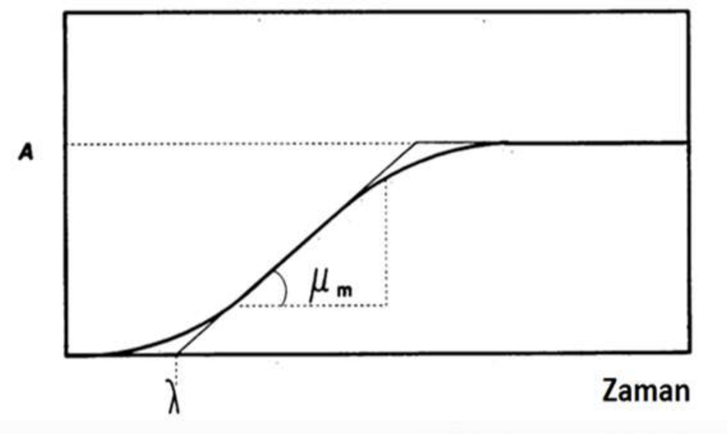
## 4.1.Modellerin Modifiye Edilişi

Büyüme modelleri, populasyonların bilinmeyen bazı değerlerini tahmin etmek için kullanılır. Matematiksel modeller; sigmoidal modeller ve mekanik modeller olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir. Sigmoidal modeller, doğrudan sistem hakkında bir fikir vermezler ve a, b, c vb. gibi parametreleri içerir. Bu modellerde, parametreler doğrudan anlam ifade etmez. Ancak, mekanik modeller biyolojik anlamlı A, $\mu_m$ , $\lambda$ vb. parametreler içerirler.

Sigmoidal modeller, sadece veri kümesinin genel şeklini tarif ederken, mekanik modeller gerçek sistem özelliklerinin (büyüme oranı, en büyük boyutu, öteleme süresi, başlangıç boyutu…vb) tahmini hakkında bilgi verirler.

Eğer biyolojik anlama sahip değillerse, parametreler için başlangıç değerleri tahmin etmek zordur. Bu nedenle, araştırmacılar çalışmalarında mekanik modelleri tercih etmektedirler. Bu yüzden tüm büyüme modeleri A, $\mu_m$ ve $\lambda$ matematiksel parametreleri ile yeniden yazılmıştır. Bu yazılış, temel parametrelerin bir fonksiyonu olarak biyolojik parametrelerin ifadesini türeterek ve ardından onları formülde yerine yerleştirilerek yapılır.

Bu üç biyolojik parametre; maksimum spesifik büyüme hızı ($\mu_m$), maksimum büyüme değeri (A) ve gecikme süresi ($\lambda$) ile gösterilir. Bunun bir sonucu olarak, bu üç parametre ile biyolojik olarak anlamlı bir model elde edilmiştir. Ayrıca ilaveten bu modellerin dönüm noktası ve zaman değerleri belirlenmiştir (Oda ve ark.,2016).




**Şekil 1.** Bir Büyüme Eğrisi [ M.H.Zwietering ve ark.,1990 ]

Çizelge 4.1' de tanıtımı yapılacak doğrusal olmayan büyüme modelleri verilmiştir.

**Çizelge 4.1** Büyüme Eğrilerini Tahmin Etmede Kullanılan Sigmoidal Modeller ve Denklemleri

| MODELLER | DENKLEMLER |
|---|---|
| **GOMPERTZ** | $y = ae^{-e^{(b-ct)}}$ |
| **LOGİSTİC** | $y = \frac{a}{1 + e^{(b-ct)}}$ |
| **HOLLİNG** | $y = \frac{(a-b)t^2}{(c^2 + t^2)} + b$ |
| **BERTALANFFY** | $y = a[1 - be^{-ct}]^3$ |

Bu modellerde yer alan;

y: t zamanındaki büyüklük,

t: Zaman,

a: Asimptotik büyüklük

c: Büyüme sabiti

b: Canlının başlangıç büyüklüğü

e: 2.71828 değerlerini ifade etmektedir.

Bu tezde, Çizelge 4.1'de verilen büyüme modellerinden sadece Bertalanffy büyüme modelinin biyolojik anlamlı mekanik modele dönüşümü ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur. Benzer şekilde diğer modellerin de dönüşümleri yapılabilir.

Bertalanffy büyüme modelinin biyolojik anlamlı mekanik modele dönüşümü şu şekilde düzenlenmiştir:

$$y = a[1 - be^{-c}\ ]^3 \qquad (4.1)$$

Eğrinin bükülme noktasını elde etmek için, fonksiyonun t' ye göre önce birinci türevi sonra da ikinci türevi hesaplanır.

$$\frac{dy}{dt} = 3abc[1 - be^{-ct}]^2 e^{-ct} \quad (4.2)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = 3abc[[2(1 - be^{-ct})bce^{-ct}]\, e^{-ct} - ce^{-c}\,(1 - be^{-ct})^2] \quad (4.3)$$

Bükülme noktası, ikinci türev sıfır olduğunda elde edildiğinden (4.3) nolu denklem sıfıra eşitlenirse,

$$t_i = \frac{In(3b)}{c} \quad (4.4)$$

bulunur.

Böylece maksimum spesifik büyüme hızı ($\mu_m$) , bükülme noktasının zaman değeri ($t_i$) yerine yazılarak hesaplanır.

Birinci türevde, $t_i = \frac{\ln 3b}{c}$ yazarak ,

$$\mu_m = (\frac{dy}{dt})_{t_i} = \frac{4ac}{9} \quad (4.5)$$

elde edilir.

Bertalanffy denkleminde $\mu_m$ parametresi, c parametresi ile yer değiştirebilir.

Buradan, $c = \frac{9\mu_m}{4a}$ bulunur.

$t_i = \frac{\ln 3b}{c}$'yi (4.1) denkleminde yerine yazınca, bükülme noktasının büyüme değeri $y_i = \frac{8a}{27}$ bulunmaktadır. Teğet denkleminde m= $\mu_m$ ve $y_i = \frac{8a}{27}$ yazılırsa;

$$y = \mu_m \lambda + \frac{8a}{27} - \mu_m t_i \quad (4.6)$$

olur. Buradan, y=0 iken t = λ değerleri (4.6) denkleminde yerine yazılırsa ve gecikme süresi, bükülme noktasında t ekseninin teğeti olarak tanımlandığı için,

$$0 = \mu_m \lambda + \frac{8a}{27} - \mu_m t_i \quad (4.7)$$

denklemi elde edilir. (4.4), (4.5), (4.7) denklem verilerini kullanarak:

$\mu_m = \frac{4ac}{9}$ ve $t_i = \frac{\ln 3b}{c}$ değerleri (4.7) denkleminde yerine yazılınca,

$-\frac{8a}{27} = \frac{4ac}{9}\left(\lambda - \frac{\ln 3b}{c}\right)$'den

$$\lambda = \frac{\ln(3b) - \frac{2}{3}}{c} \tag{4.8}$$

elde edilir. (4.8) denkleminden,

$$b = \frac{e^{\lambda c + \frac{2}{3}}}{3} \tag{4.9}$$

bulunur.

Buradan, Çizelge 4.1'deki Bertalanffy denklemi $b = \frac{e^{\lambda c + \frac{2}{3}}}{3}$ ve $c = \frac{9\mu_m}{4a}$ için aşağıdaki gibi düzenlenir:

$$y = a[1 - be^{-ct}]^3$$

$$y = a[1 - \frac{e^{\frac{\lambda 9\mu_m}{4a} + \frac{2}{3}}}{3} e^{-\frac{9\mu_m t}{4a}}]^3$$

$$y = a[1 - \frac{e^{\frac{9\mu_m(\lambda - t)}{4a} + \frac{2}{3}}}{3}]^3$$

$y = \frac{a}{27}[3 - e^{\frac{9\mu_m(\lambda - t)}{4a} + \frac{2}{3}}]^3$ elde edilir.

$t \longrightarrow \infty$ iken $y \longrightarrow a$ olduğundan,

Bertalanffy denklemindeki a parametresi yerine, elde edilen modifiye Bertalanffy denkleminde A yazılabilir (a = A).

Böylece,

$$y = -\frac{1}{27}\mathrm{A}[-3 + \mathrm{e}^{\frac{2}{3}+\frac{9\mu_{\mathrm{m}}(\lambda-\mathrm{t})}{4\mathrm{A}}}]^3 \tag{4.10}$$

şeklinde modifiye Bertalanffy modeli elde edilmiş olur. (Oda ve ark.,2016).

## 5.BULGULAR

4.bölümde Bertalanffy modelinin modifiye edilişi ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Ayrıca Gompertz, Logistic ve Holling modellerinin de dönüşüm aşamaları çizelgeler halinde sunulacaktır. Bunun için öncelikle modellerin birinci ve ikinci türevleri hesaplanarak Çizelge 5.1. ve 5.2.'de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.1** Modellere Ait Birinci Türevler

| MODELLER | BİRİNCİ TÜREVLER |
|---|---|
| **GOMPERTZ** | $ace^{-e^{(b-ct)}}e^{(b-ct)}$ |
| **LOGİSTİC** | $\frac{ace^{(b-ct)}}{(1+e^{(b-ct)})^2}$ |
| **HOLLİNG** | $\frac{2(a-b)t}{(c^2+t^2)} - \frac{2(a-b)t^3}{(c^2+t^2)^2}$ |
| **BERTALANFFY** | $3abc[1-be^{-ct}]^2e^{-ct}$ |

**Çizelge 5.2** Modellere Ait İkinci Türevler

| MODELLER | İKİNCİ TÜREVLER |
|---|---|
| **GOMPERTZ** | $ac^2e^{-e^{(b-ct)}}e^{(b-ct)}[e^{(b-ct)}-1]$ |
| **LOGİSTİC** | $\frac{2ac^2(e^{(b-ct)})^2}{(1+e^{(b-ct)})^3} - \frac{ac^2e^{(b-ct)}}{(1+e^{(b-ct)})^2}$ |
| **HOLLİNG** | $\frac{2(a-b)}{(c^2+t^2)} - \frac{10(a-b)t^2}{(c^2+t^2)^2} + \frac{8(a-b)t^4}{(c^2+t^2)^3}$ |
| **BERTALANFFY** | $6ab^2c^2[1-be^{-ct}](e^{-ct})^2 \quad -3abc^2[1-be^{-ct}]^2e^{-ct}$ |

Çizelge 5.3, 5.4 ve 5.5 'de bükülme noktasının zamanı ve büyüme değeri ile maksimum büyüme hızı ve gecikme süresi formülleri sırasıyla verilmiştir.

**Çizelge 5.3** Modellere Ait Dönüm Noktasının Zamanı ve Değerleri

| MODELLER | DÖNÜM NOKTASININ ZAMANI $(t_i)$ | DÖNÜM NOKTASININ DEĞERİ $(y_i)$ |
|---|---|---|
| GOMPERTZ | $\frac{b}{c}$ | $\frac{a}{e}$ |
| LOGİSTİC | $\frac{b}{c}$ | $\frac{a}{2}$ |
| HOLLİNG | $\frac{\sqrt{3}}{3}c$ | $\frac{a+3b}{4}$ |
| BERTALANFFY | $\frac{\ln(3b)}{c}$ | $\frac{8a}{27}$ |

**Çizelge 5.4** Modellere Ait Maksimum Spesifik Büyüme Hızları

| MODELLER | MAKSİMUM SPESİFİK BÜYÜME HIZI $(\mu_m)$ |
|---|---|
| GOMPERTZ | $\frac{ac}{e}$ |
| LOGİSTİC | $\frac{ac}{4}$ |
| HOLLİNG | $\frac{3\sqrt{3}\,(a-b)}{8c}$ |
| BERTALANFFY | $\frac{4ac}{9}$ |

**Çizelge 5.5** Modellere Ait Gecikme Süreleri

| MODELLER | GECİKME SÜRESİ ($\lambda$) |
|---|---|
| GOMPERTZ | $\frac{b-1}{c}$ |
| LOGİSTİC | $\frac{b-2}{c}$ |
| HOLLİNG | $\frac{\sqrt{3}c(a-9b)}{9(a-b)}$ |
| BERTALANFFY | $\frac{\ln(3b)-\frac{2}{3}}{c}$ |

Yukarıdaki çizelgelerle verilen değerler sigmoidal büyüme modeli denklemlerinde yerlerine yazıldıklarında biyolojik anlamlı parametreler içeren mekanik denklemler elde edilmiştir. Elde edilen mekanik denklemler Çizelge 5.6'da sunulmuştur.

**Çizelge 5.6** Modellere Ait Mekanik Denklemler

| MODELLER | MEKANİK DENKLEMLER |
|---|---|
| GOMPERTZ | $y = Ae^{(-e^{[\frac{\mu_m e(\lambda-t)}{A}+1]}}$ |
| LOGİSTİC | $y = \frac{A}{[1+e^{\frac{4\mu_m(\lambda-t)}{A}+2}]}$ |
| HOLLİNG | $y = \frac{1}{9}\frac{(27t^2{\mu_m}^2A - 6\mu_m\lambda A^2 - 15{\mu_m}^2\lambda^2 - 8{\mu_m}^3\lambda^3 + A^3)}{(A^2 + 2A\mu_m\lambda + {\mu_m}^2\lambda^2 + 3t^2{\mu_m}^2)}$ |
| BERTALANFFY | $y = -\frac{A}{27}[-3 + e^{\frac{2}{3}+\frac{9\mu_m(\lambda-t)}{4A}}]^3$ |

Ayrıca Kangal köpeklerinin canlı ağırlıklarının 8 haftalık değerleri kullanılarak MAPLE paket programıyla doğrusal olmayan büyüme modellerinden tahmin edilen ağırlıklar hesaplanmış, gözlenen değerlerle karşılaştırılarak Çizelge 5.7'de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.7** Gözlenen ve Doğrusal Olmayan Büyüme Eğrilerinden Tahmin Edilen Ağırlıklar(kg)

| **GÖZLENEN** | | | **GOMPERTZ** | | **LOGİSTİC** | | **HOLLİNG** | | **BERTALANFFY** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Hafta** | **Erkek** | **Dişi** | **Erkek** | **Dişi** | **Erkek** | **Dişi** | **Erkek** | **Dişi** | **Erkek** | **Dişi** |
| **1** | **0.803** | **0.813** | 0.852 | 0.871 | 0.968 | 0.974 | 0.861 | 0.892 | 0.808 | 0.832 |
| **2** | **1.269** | **1.275** | 1.440 | 1.413 | 1.458 | 1.433 | 1.385 | 1.358 | 1.445 | 1.416 |
| **3** | **2.415** | **2.275** | 2.162 | 2.081 | 2.111 | 2.039 | 2.132 | 2.040 | 2.187 | 2.102 |
| **4** | **3.046** | **2.933** | 2.961 | 2.835 | 2.903 | 2.782 | 2.974 | 2.839 | 2.997 | 2.850 |
| **5** | **3.700** | **3.600** | 3.776 | 3.629 | 3.763 | 3.611 | 3.813 | 3.666 | 3.771 | 3.627 |
| **6** | **4.408** | **4.308** | 4.557 | 4.421 | 4.593 | 4.449 | 4.588 | 4.460 | 4.538 | 4.405 |
| **7** | **5.285** | **5.092** | 5.270 | 5.176 | 5.307 | 5.211 | 5.273 | 5.186 | 5.257 | 5.164 |
| **8** | **5.962** | **5.975** | 5.898 | 5.872 | 5.862 | 5.843 | 5.862 | 5.830 | 5.916 | 5.888 |

Hata Kareler Toplamları Çizelge 5.8'de verilmiştir.

**Çizelge 5.8** Cinsiyetlere Göre Modellerin Hesaplanan Hata Kareler Toplamları (HKT)

| MODEL | ERKEK | DİŞİ |
|---|---|---|
| **GOMPERTZ** | 0.135 | 0.101 |
| **LOGİSTİC** | 0.224 | 0.181 |
| **HOLLİNG** | 0.157 | 0.135 |
| **BERTALANFFY** | 0.110 | 0.080 |

Elde edilen verilere bakıldığında Hata Kareler Toplamına göre en iyi uyumu hem erkek hem de dişi köpeklerde Bertalanffy modelinin sağladığı belirlenmiştir.

Cinsiyetlere göre modellerin hesaplanan belirleme katsayıları Çizelge 5.9'da verilmiştir.

**Çizelge 5.9** Cinsiyetlere Göre Modellerin Hesaplanan Belirleme Katsayıları ($R^2$)

| MODEL | ERKEK | DİŞİ |
|---|---|---|
| **GOMPERTZ** | 0.994 | 0.996 |
| **LOGİSTİC** | 0.990 | 0.992 |
| **HOLLİNG** | 0.993 | 0.994 |
| **BERTALANFFY** | 0.995 | 0.997 |

Belirleme Katsayıları ($R^2$) MAPLE paket programıyla hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5.9'da sunulmuştur. Hesaplanan değerlere göre erkek köpeklerde en yüksekten düşüğe doğru Bertalanffy, Gompertz, Holling ve Logistic olarak sıralandığı görülmüştür.

Dişi köpeklerde de sıralamanın aynı şekilde olduğu görülmüştür. Belirleme Katsayıları ($R^2$) değerlerine göre cinsiyet ayrımı yapılmadan en iyi uyumu Bertalanffy modelinin sağladığı sonucuna varılmıştır.

Daha sonra $\overline{R^2} = 1 - \frac{(1-R^2).(n-1)}{(n-k)}$ formülü kullanılarak (n=8, veri sayısı; k= 3 parametre sayısı) Düzeltilmiş Belirleme Katsayıları ( $\overline{R^2}$ ) değerleri hesaplanarak Çizelge 5.10'da gösterilmiştir.

**Çizelge 5.10** Cinsiyetlere Göre Modellerin Hesaplanan Düzeltilmiş Belirleme Katsayıları( $\overline{R^2}$)

| **MODEL** | **ERKEK** | **DİŞİ** |
|---|---|---|
| **GOMPERTZ** | 0.992 | 0.994 |
| **LOGİSTİC** | 0.986 | 0.989 |
| **HOLLİNG** | 0.990 | 0.992 |
| **BERTALANFFY** | 0.993 | 0.996 |

MAPLE paket programı kullanılarak hesaplanan Düzeltilmiş Belirleme Katsayıları ( $\overline{R^2}$) dikkate alındığında, dört büyüme modelinin Belirleme Katsayıları ($R^2$) ile bulunan sıralaması değişmemiş, hem erkek hem de dişi köpeklerde en iyi uyumun Bertalanffy modeli ile sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Ayrıca, MAPLE paket programıyla kangal köpeklerinin canlı ağırlıklarının sekiz haftalık gözlenen değerleri kullanılarak, doğrusal olmayan sigmoidal büyüme modellerinin denklemlerindeki parametreler tahmin edilmeye çalışılmıştır. Kullanılan dört sigmoidal büyüme modelinin denklemlerinden tahminlenen parametre değerleri erkek ve dişi köpekler için ayrı ayrı Çizelge 5.11'de sunulmuştur.

**Çizelge 5.11** Cinsiyetlere Göre Hesaplanan Model Parametreleri

| | MODEL | DENKLEM | a | b | c |
|---|---|---|---|---|---|
| **ERKEK** | **GOMPERTZ** | $y = ae^{-e^{(b-ct)}}$ | 8.659 | 1.098 | 0.257 |
| | **LOGİSTİC** | $y = \frac{a}{1 + e^{(b-ct)}}$ | 7.008 | 2.326 | 0.495 |
| | **HOLLİNG** | $y = \frac{(a-b)t^2}{(c^2 + t^2)} + b$ | 9.588 | 0.671 | 6.779 |
| | **BERTALANFFY** | $y = a[1 - be^{-ct}]^3$ | 10.279 | 0.681 | 0.175 |
| | | | | | |
| **DİŞİ** | **GOMPERTZ** | $y = ae^{-e^{(b-ct)}}$ | 9.700 | 1.104 | 0.224 |
| | **LOGİSTİC** | $y = \frac{a}{1 + e^{(b-ct)}}$ | 7.373 | 2.343 | 0.460 |
| | **HOLLİNG** | $y = \frac{(a-b)t^2}{(c^2 + t^2)} + b$ | 10.393 | 0.726 | 7.564 |
| | **BERTALANFFY** | $y = a[1 - be^{-ct}]^3$ | 12.296 | 0.684 | 0.143 |

Çizelge 5.12'de ise kangal köpeklerinin canlı ağırlık verileri kullanılarak sigmoidal büyüme modellerinin mekanik modellere dönüştürülmesiyle elde edilen denklemlerdeki biyolojik anlamlı parametrelerin sayısal değerleri ile dönüm noktasının zamanları ve değerleri hesaplanmıştır.

**Çizelge 5.12** Modifiye Modellerin Cinsiyetlere Göre Biyolojik Anlamlı Parametreleri ile Dönüm Noktası Zamanı ve Değeri

| MODİFİYE MODEL | CİNSİYET | GECİKME SÜRESİ (λ) | ASİMPTOTİK BÜYÜKLÜK (A) | MAKSİMUM SPESİFİK BÜYÜME HIZI ( $\mu_m$ ) | DÖNÜM NOKTASI ZAMANI ($t_i$) | DÖNÜM NOKTASI DEĞERİ ($y_i$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| GOMPERTZ | **Erkek** | 0.381 | 8.659 | 0.819 | 4.272 | 3.185 |
| | **Dişi** | 0.464 | 9.700 | 0.799 | 4.929 | 3.568 |
| LOGİSTİC | **Erkek** | 0.659 | 7.008 | 0.867 | 4.699 | 3.504 |
| | **Dişi** | 0.744 | 7.373 | 0.849 | 5.093 | 3.687 |
| HOLLİNG | **Erkek** | 0.519 | 9.588 | 0.854 | 3.914 | 2.900 |
| | **Dişi** | 0.581 | 10.393 | 0.830 | 4.367 | 3.143 |
| BERTALANFFY | **Erkek** | 0.271 | 10.279 | 0.799 | 4.082 | 3.046 |
| | **Dişi** | 0.362 | 12.296 | 0.781 | 5.027 | 3.643 |

Çizelge 5.12'de elde edilen değerlere göre; Gecikme Süresi (λ), hem erkek hem de dişi köpeklerde en düşük değerini Bertalanffy **(0.271-0.362)**, en yüksek değerini ise Logistic **(0.659-0.744)** modelinde almıştır.

Asimptotik Büyüklük (A) ise, hem erkek hem de dişi köpeklerde en düşük değerini Logistic **(7.008-7.373)**, en yüksek değerini ise Bertalanffy **(10.279-12.296)** modelinde almıştır.

Maksimum Spesifik Büyüme Hızı ($\mu_m$ ) değerlerine bakıldığında da hem erkek hem de dişi köpeklerde en düşük değerini Bertalanffy **(0.799-0.781)**, en yüksek değerini ise Logistic **(0.867-0.849)** modelinde almıştır.

Dönüm noktasının zamanı ($t_i$); hem erkek hem de dişi köpeklerde en düşük değerini Holling **(3.914-4.367)**, en yüksek değerini ise Logistic **(4.699-5.093)** modelinde almıştır.

Dönüm noktasının zamanı ($t_i$) değerlerinin denklemde yazılmasıyla elde edilen ($y_i$) değerleri incelendiğinde; hem erkek hem de dişi köpeklerde en düşük değerini Holling **(2.900-3.143)**, en yüksek değerini ise Logistic **(3.504-3.687)** modelinde almıştır.

Ayrıca, doğrusal olmayan büyüme modellerinden Logistic modelinin sigmoidal büyüme denkleminin a, b ve c parametreleri ile dönüştürülmüş mekanik denkleminin biyolojik anlamlı $A, \mu_m$ ve $\lambda$ parametrelerinin tahminine ilişkin MAPLE paket programı aşağıda belirtilmiştir:

```
> restart:
> with(Statistics):
> with(CurveFitting):
> X := Vector([1,2,3,4,5,6,7,8], datatype=float):
Y := Vector([0.803,1.269,2.415,3.046,3.700,4.408,5.285,5.962], datatype=float):
> k1:=NonlinearFit(a/(1+exp(b-c*t)), X, Y, t);
```

$$k1 := \frac{7.00763664678406}{1 + e^{2.32618779877946 - 0.494898822242693\,t}}$$

```
>
eval(k1,t=1);eval(k1,t=2);eval(k1,t=3);eval(k1,t=4);eval(k1,t=5);eval(k1,t=6);eval(k1,t=7
);eval(k1,t=8);
```

0.967648041649492

1.45831948140362

2.11084581331823

2.90262596974360

3.76316233422227

4.59334903219050

5.30710294411827

5.86245269038961

```
> yo:=(0.803+1.269+2.415+3.046+3.700+4.408+5.285+5.962)/8;
```

$yo := 3.361000000$

```
> GKT:=(0.803-yo)^2+(1.269-yo)^2+(2.415-yo)^2+(3.046-yo)^2+(3.700-yo)^2+(4.408-
yo)^2+(5.285-yo)^2+(5.962-yo)^2;
```

$GKT := 23.59207600$

```
> HKT:=(0.803-0.967648041649492)^2+(1.269-1.45831948140362)^2+(2.415-
2.11084581331823)^2+(3.046-2.90262596974360)^2+(3.700-
3.76316233422227)^2+(4.408-4.59334903219050)^2+(5.285-
5.30710294411827)^2+(5.962-5.86245269038961)^2;
```

$HKT := 0.2247586766$

```
> restart:
```

```
> with(Statistics):
> with(CurveFitting):
> X := Vector([1,2,3,4,5,6,7,8], datatype=float):
Y := Vector([0.803,1.269,2.415,3.046,3.700,4.408,5.285,5.962], datatype=float):
> k1:=NonlinearFit(A/(1+exp(2*(A+2*w*q-2*w*t)/A)), X, Y, t);
```

$$k1 := \frac{7.00763666781243}{1 + e^{2.32618779427688 - 0.494898819813600\, t}}$$

```
>
eval(k1,t=1);eval(k1,t=2);eval(k1,t=3);eval(k1,t=4);eval(k1,t=5);eval(k1,t=6);eval(k1,t=7
);eval(k1,t=8);
```

$$0.967648046282539$$

$$1.45831948536905$$

$$2.11084581554493$$

$$2.90262596958856$$

$$3.76316233219840$$

$$4.59334903003511$$

$$5.30710294394399$$

$$5.86245269367786$$

```
> HKT:=(0.803-0.967648046282539)^2+(1.269-1.45831948536905)^2+(2.415-
2.11084581554493)^2+(3.046-2.90262596958856)^2+(3.700-
3.76316233219840)^2+(4.408-4.59334903003511)^2+(5.285-
5.30710294394399)^2+(5.962-5.86245269367786)^2;
```

$$HKT := 0.2247586760$$

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde, bilimsel araştırmalarda sıkça kullanılan dört farklı sigmoidal büyüme modelinin biyolojik anlamlı parametrelerle mekanik modellere dönüştürülmüş denklemleri üzerinde durulmuş, Bertalanffy büyüme modelinin dönüşüm aşamaları matematiksel olarak adım adım gösterilmiştir. Yapılacak çalışmalarda, diğer sigmoidal büyüme modelleri de matematiksel işlemler yardımıyla biyolojik anlamlı parametreler içeren mekanik denklemlere dönüştürülebilir.

Kangal köpeklerinin 8 haftalık ağırlıklarına ilişkin sayısal büyüme verileri kullanılarak hangi modelin daha uygun olduğu araştırılmıştır. Büyüme verilerine en iyi uyumu sağlayan modelin belirlenmesi amacıyla Belirleme Katsayısı ($\mathrm{R}^2$) ve Düzeltilmiş Belirleme Katsayısı ( $\overline{R^2}$ ) değerleri yüksek, Hata Kareler Toplamı (HKT) düşük olan model tercih edilmiştir. Bu değerler dikkate alındığında en iyi uyumu sağlayan modelin Bertalanffy modeli olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmanın beşinci bölümünde Logistic modeline ait parametreler ile dönüştürülmüş mekanik denklem parametrelerinden elde edilen değerler için Hata Kareler Toplamı (HKT) hesaplanmıştır. Sigmoidal denklemden elde edilen verilerin Hata Kareler Toplamı değeri HKT=0,2247586766 olarak hesaplanmıştır. Mekanik denklemden elde edilen verilerin Hata Kareler Toplamı değeri HKT=0,2247586760 olarak hesaplanmıştır. İki değer arasında kayda değer bir farka rastlanmamıştır.

Sonuç olarak; Sigmoidal büyüme modeli denklemleri biyolojik anlam içeren parametrelerle mekanik denklemlere dönüştürüldüğünde modelin yazılışında değişiklik olmaktadır. Elde edilen değerlerde herhangi bir değişiklik olmamaktadır.

Ayrıca; bu tez çalışmasında kullanılan büyüme modelleri üç parametreli modeller olmakla birlikte, benzer şekilde Richards, Stannard ve Schnute gibi parametre sayısı fazla olan modellerin de modifiye edilerek mekanik denklemlere dönüştürülmesi üzerinde çalışmalar yapılabilir. Sayısal veriler kullanılarak parametre sayısının artırılmasının model uyumuna etkisini araştırmak üzere çalışmalar yapılabilir.

## KAYNAKLAR

Akbaş, Y. 1995. Büyüme eğrisi modellerinin karşılaştırılması. Hayvansal Üretim 36: 73-81.

Akbaş, Y., Oğuz, İ. 1998. Growth Curve Parameters of Line of Japanese Quail (Coturnix coturnix japonica), Uncelected and Celected for Four-Week Body Weight. Arch. Geflugelkd. 62(3):104-109.

Akbaş, Y., Taskın, T., Demirören, E. 1999. Farklı Modellerin Kıvırcık ve Dağlıç Erkek Kuzularının Büyüme Eğrilerine Uyumunun Karsılastırılması. Turkish J. Vet. and Anim. Sci. 23 (Supplement 3): 537-544

Akbulut, Ö., Bayram, B., Tüzemen, N. 2004. Esmer Sığırlarda Büyümenin Doğrusal Olmayan (non-linear) Modellerle Analizi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 35 (3-4), 165-168.

Akçapınar, H., Özbeyaz, C. 1999. Hayvan Yetiştiriciliği Temel Bilgileri. Kariyer Matbaacılık, Ankara.

Aksoy, A., Külekçi, M., Bayram, B., Akbulut, Ö. 2010. Esmer ve siyah Alaca Buzağılarda Canlı Ağırlık Artışına Etkili Faktörlerin Belirlenmesinde Doğrusal ve Yarı Logaritmik Model Yaklaşımı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,41 (2), 123-127.

Alexandrov, G. A. 2008. Forest growth in the light of the thermodynamic theory of ecological 466 systems. Ecological Modelling, 216: 102– 106.

Behr, V., 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.

Bethard, G. L. 1997. A microcomputer simulation to evaluate management strategies for rearing dairy replacement. (Ph. D. Thesis), April 18, 1997, Blacksburg, Virginia.

Bilgin, Ö. C., Esenbuğa, N. 2003. Doğrusal Olmayan Büyüme Modellerinde Parametre Tahmini. Hayvansal Üretim Dergisi. 44 (2): 81-90.

Brody, S. 1945. Bioenergetics and Growht. Reinhold Publ. Co., New York.

Brown J. E., Fitzhung, H. A., Cartwright, T. C. 1976. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. Journal of Animal Science 42: 810-818.

Buffington, D.E., Jordan, K.A., Body, L.L. and Junnila, W.A. 1972. Mathematical Models of Growth Data of Male and Female Wroslstat White Turkeys.

Burham, K.P., Anderson, D.R. 1998. Model Selection an Inference: A Practical Information Theoric Approach, Springer-Verlag, New York.

Cengiz, F. 1995. Hayvanlarda Büyüme ve Gelişme. Basılmamış . S: 27-63. Ankara.

Çıtak, B., Kesici, T., Eliçin, A., Kocabaş, Z. 1998. Keçilerde Değişik Karakterler Bakımından Büyüme Eğrileri. II. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, 22-25 Eylül 1998. Bursa.

Çoban,Ö., Yıldız,A., Sabuncuoğlu,N., Laçin,E., Yıldırım,F. 2011. Kangal Köpeği Yavrularında Vücut Ağırlığı Değişimlerinin Tanımlanmasında Doğrusal Olmayan Büyüme Modellerinin Kullanılması. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 6(1) :17-22.

Çolak, C.,. Orman, M. N., Ertuğrul, O. 2006. Simental x Güney Anadolu Kırmızısı sığırlarına ait canlı ağırlık ölçümlerine dayanan doğrusal ve doğrusal olmayan büyüme eğrileri. Laladan Hayvan Araş. Ens. Dergisi, 46 (1) 1–5.

Doğan, İ. 2003.Kuzularda büyümenin çok boyutlu ölçekleme yöntemi ile değerlendirilmesi. Uludağ Üniversitesi, J. Fac. Vet. Med, 22 (1- 3): 33-37.

Draper, N. R., Smith, H. 1981. Applied Regresion Analysis. 2. Ed. John Wiley&Sons Inc. NY.

Efe, E. 1990. Büyüme Eğrileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Adana.

Eisen, E. J. 1976. Result of growth curve analysis in mice and rats. J. Animal Sci.42. 1008.

Ersöz, F. 1992. Doğrusal Olmayan Büyüme Modellerinin İncelenmesi ve Parametre Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Ankara.

Esenbuğa, N., Bilgin, Ö. C., Macit, M., Karaoğlu, M. 2000. İvesi, Morkaraman ve Tuj Kuzularında Büyüme Eğrileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi: 31, 37-41.

Fekedulegn, D., Mac Siurtain, M. P., Colbert, J. J. 1999. Parameter Estimation of Nonlinear Growth Models in Forestry. Silva Fennica, 33(4):327-336.

Fujikawa, H. 2011. Application Of New Logistic model to microbial growth prediciton in food. Biocontrol Science, 16 (2): 47-54.

Goonewardene, L. A., Berg, R. T., Hardin, R. T. 1981. A study growth of beef cattle. Can. J. Anim. Sci, 61. 1041-1048.

Gujarati, D. N. 1995. Basic Econometric. Third Edition, Mc Graw-Hill, 169p, USA.

Gujarati, D. 2003. Basic Econometrics, McGraw Hill, Singapure.

Kocabaş, Z., Kesici T., Eliçin, A. 1997. Akkaraman, İvesi x Akkaraman ve Malya x Akkaraman Kuzularında Büyüme Eğrisi. Türk Veterinerlik ve Hayvan Dergisi. 21(3): 267-275.

Kor, A., Başpınar, E., Karaca, S. Keskin, S. 2006, The Determination of Growth in Akkeci (White goat) Female Kids by Various Growth Models. Czech J. Anim. Sci, 51 (3): 110–116.

Kshirsagar, A. M., Smith, W. B. 1995. Growth Curves. Marcel Dekker, Inc., pp.1-57.

Li, M. Y., Sun, X. M., Zhao, G. M., Huang, X. Q., Zhang, J. W., Tian, W. Zhang, Q. H. 2013. Comparison of mathematical models of lactic acid bacteria growth in vacuum-packaged raw beef stored at different temperatures. Journal of Food Science, 78: 600–604.

Lu, Z.,Zhang, L., Lu, F., Bie, X., Yu, Z. 2007. Model of microbial growth on fresh-cut lettuce treated with chlorinated water during storage under different temperatures. Journal of Food Process Engineering, 29: 106–118.

Lopez de Torre, G., Rankin, B. J. 1978. Factors affecting growth curve parameters of Hereford and Brangus cows. Journal of Animal Science 46: 604-613.

Martin, G. L., Ek, A. R. 1984. A Comparison of Competition Measures and Growth Models for Predicting Plantation Red Wine Diameter and Heigth Growth. Forest Sci. 30:731-743.

Menchaca, M. A., Chase, C. C., Olson, T. A., Hammond, A. C. 1996. Evaluation of Growth Curves of Brahman Cattle of Various Frame Sizes. J. Anim. Sci. 74: 2140-2151.

Mendeş, M., Dinçer, E., Arslan, E. 2007. Profile Analisys and Growht Curve for Body Mass Index of Broiler Chickens Reared Under Different Feed Restrictions in Early Age. Archiv für Tierzucht-Archives of Animal Breeding. 50(4):403-411.

Narinç, D., Aksoy, T., Karaman, E., Karabağ, K. 2009. Japon Bıldırcınlarında Yüksek Canlı Ağırlık Yönünde Uygulanan Seleksiyonun Büyüme Parametreleri Üzerine Etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(2):149-156.

Oda, V., Korkmaz, M., Özkurt, E. 2016. Büyüme Eğrilerinin Tahmininde Kullanılan Bazı Sigmoidal Modeller ve Elde Edilen Biyolojik Parametreler: Bertalanffy Modeli Örneği. Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(1):54-66.

Owens, F. N., Dubeski, P. and Hanson, C. F. 1993. Factors that Alter the Growth and Development of Ruminants, J. Anim . Sci, 71: 3138-3150.

Özen, N. 1997. Et Sığırlarının Beslenmesi ve Sığır Besisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yardımcı Ders Notu : 2, Antalya.

Perotto, D., Cue, R. I., Lee, A. J. 1992. Comparison of Nonlinear Functions for Describing The Growth Curve of Three Genotypes of Dairy Cattle. Can. J. Anim. Sci. 72:773-782.

Tekel, N. 1998. İvesi Kuzularının Süt Emme ve Meralama Dönemlerinde Büyüme Eğrilerinin Çizilmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Vanclay, K. J. 1994. Modelling Forest Growth and Yield. Cab International, Wallingford, ISBN 0851989136, 312s.

Yakupoğlu, Ç. 1999. Etlik Piliçlerde Büyüme Eğrilerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Yakupoğlu, Ç., Akbaş, Y. 1999. Doğrusal Olmayan Modellerin Uyumunda Farklı İstatistik Paket Programlarının Karşılaştırılması. III. Tarımda Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, 3-6 Ekim 1999, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Yıldız, G., Soysal, M. İ., Gürcan, E. K. 2009. Tekirdağ İlinde Yetiştirilen Karacabey Merinosu X Kıvırcık Melezi Kuzularda Büyüme Eğrisinin Farklı Modellerle Belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 6 (1): 11-19.

Yıldızbakan, A. 2005. Ağaçlarda Büyümeye Ait Matematiksel Modeller ve Bu Modellerin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Zootekni Anabilim Dalı, Adana.

Zwietering, M.H., Jongenburger, I., Rombouts,F.M., Riet,K.V. 1990. Modeling of the bacterial growth curve. Journal of Applied and Environmental Microbiology. 56 (6), 1875-1881.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : VOLKAN ODA

**Doğum Yeri** : ORDU

**Yabancı Dili** : İNGİLİZCE

**E-mail** : volkan.oda@giresun.edu.tr

**İletişim Bilgileri:** Tirebolu Mehmet Bayrak Meslek Yüksekokulu

Tirebolu/GİRESUN

**Öğrenim Durumu:**

| DERECE | BÖLÜM/ PROGRAM | OKUL/ ÜNİVERSİTE | YIL |
|---|---|---|---|
| ORTAÖĞRETİM | FEN BİLİMLERİ | FATSA BOLAMAN LİSESİ | 1998 |
| LİSANS | MATEMATİK | ZONGULDAK KARAELMAS ÜNİV. FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ | 2002 |
| YÜKSEK LİSANS | MATEMATİK ÖĞRETMENLİĞİ | ZONGULDAK KARAELMAS ÜNİV. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ | 2004 |

**İş Deneyimi:**

| Görev | Görev Yeri | Yıl |
|---|---|---|
| MATEMATİK ÖĞRETMENİ | FATSA KÜLTÜR DERSHANESİ | 2006 |
| MATEMATİK ÖĞRETMENİ | FATSA SINAV DERSHANESİ | 2009 |
| BİLGİSAYAR İŞLETMENİ | GİRESUN ÜNİVERSİTESİ S.K.S.DAİRE BAŞKANLIĞI | 2010 |
| ÖĞRETİM GÖREVLİSİ | GİRESUN ÜNİVERSİTESİ TİREBOLU MEHMET BAYRAK MESLEK YÜKSEKOKULU | 2014 |