T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONTROL GÜNÜ SÜT VERİMLERİNİN ZAMAN SERİSİ YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ

Emre KARAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

2010

KONTROL GÜNÜ SÜT VERİMLERİNİN
ZAMAN SERİSİ YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ

Emre KARAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2010.02.0121.007 proje numarası ile desteklenmiştir.

2010

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONTROL GÜNÜ SÜT VERİMLERİNİN ZAMAN SERİSİ YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ

Emre KARAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

Bu tez **21/12/2010** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **95** not takdir edilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet Ziya FIRAT..
(Danışman)
Prof. Dr. İbrahim Zafer ARIK..
Yrd. Doç. Dr. Adil KORKMAZ..

ÖZET

KONTROL GÜNÜ SÜT VERİMLERİNİN ZAMAN SERİSİ YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ

Emre KARAMAN

Yüksek Lisans Tezi, Zootekni Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Mehmet Ziya FIRAT
Aralık 2010, 60 Sayfa

Bu çalışmanın amacı kontrol günü süt verimlerinin zaman serisi yöntemi ile modellenmesi ve en isabetli öngörüleri sağlayan kontrol günü sayısının belirlenmesidir. Bu amaçla 1.070 süt sığırına ait 10.700 kontrol günü kaydı kullanılmıştır. Laktasyon eğrilerinin modellenmesinde sıkça başvurulan yaklaşımın aksine, bu çalışmada hayvanlar kontrol günü verim kayıtları ile birlikte rassal olarak sıralanmış ve her bir kayda bir indeks değeri atanmıştır. Ardından veri seti her birinde 5.350 kayıt bulunan iki guruba ayrılmıştır. Bu guruplardan birisi model parametrelerini tahmin amacı ile, diğeri ise modelin öngörü başarısını değerlendirmek ve en isabetli öngörüleri sağlayan kontrol günü sayısını belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Araştırma sonucunda ARIMA$(2,0,0)(1,1,1)_{10}$ modeli uygun model olarak belirlenmiş ve öngörü değerleri bu model kullanılarak elde edilmiş ve gerçek değerler ile öngörü değerleri arasında yüksek ve istatistiksel olarak anlamlı korelasyonlar saptanmıştır. Sonuçlar zaman serisi yaklaşımının süt veriminin öngörüsünde kullanışlı olabileceğini ortaya koymaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Kontrol günü, süt verimi, zaman serisi, ARIMA, öngörü.

JÜRİ: Prof. Dr. Mehmet Ziya FIRAT (Danışman)
Prof. Dr. İbrahim Zafer ARIK
Yrd. Doç. Dr. Adil KORKMAZ

ABSTRACT

MODELLING THE TEST DAY MILK YIELDS VIA TIME SERIES METHOD

Emre KARAMAN

M.Sc. Thesis in Animal Science
Adviser: Prof. Dr. Mehmet Ziya FIRAT
December 2010, 60 Pages

The aim of this study is to model the test day milk yields via time series methodology and to determine the number of test days which provide the most accurate forecasts. For this purpose, 10.700 test day records belonging to 1.070 dairy cattle were used. Contrary to frequent approach in modeling the lactation curves, in this study a data set was created by ranking the animals randomly with their test day yield records and assigning an index value to each record. Data then divided into two groups of 5.350 records in each. One set of observations was used to model parameters, while the remaining was used for evaluating the forecast power of the model and for determining the number of test day records which provide the most accurate forecasts. Statistical analyses were performed by using SAS 9.2 statistical package program. ARIMA(2,0,0)(1,1,1)$_{10}$ model was determined to be suitable model and it was used to obtain the forecast values. Statistically significant and high correlations were determined between the actual and forecast values. The results indicated that the time series approach can be useful for prediction of milk yields.

KEYWORDS: Test day, milk yield, time series, ARIMA, forecast.

COMMITTEE: Prof. Dr. Mehmet Ziya FIRAT (Adviser)
Prof. Dr. İbrahim Zafer ARIK
Asst. Prof. Dr. Adil KORKMAZ

ÖNSÖZ

Tez konusunun belirlenmesinden başlayarak, çalışmanın yürütülmesi ve sonuçlandırılmasına kadar geçen sürede her türlü desteğini gördüğüm, benden güven, sabır ve desteğini hiç esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet Ziya FIRAT'a, görüş ve katkıları ile her zaman yardımlarını gördüğüm Sayın Prof. Dr. Tülin AKSOY'a, her ihtiyaç duyduğumda bilgilerini benimle paylaşmaktan çekinmeyen ve manevi desteğini her zaman hissettiren Sayın Arş. Gör. Doğan NARİNÇ'e, çalışmama maddi destek sağlayan Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne ve çalışma boyunca desteklerini görmüş olduğum bölüm hocalarım, mesai arkadaşlarım ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

a	:	model artıkları
B	:	geri kaydırma işlemcisi
d	:	regular fark sayısı
D	:	mevsimsel fark sayısı
e	:	doğal logaritma tabanı
k	:	gecikme sayısı
p	:	mevsimsel olmayan otoregresif parametre sayısı
P	:	mevsimsel otoregresif parametre sayısı
s	:	mevsimsel fark mertebesi
t	:	zaman
T	:	gözlem sayısı
δ	:	yığılım parametresi
μ	:	ortalama
σ^2	:	varyans
γ	:	kovaryans
ρ	:	korelasyon katsayısı
φ	:	otoregresif parametre
θ	:	hareketli ortalama parametresi
χ^2	:	ki-kare
Φ	:	mevsimsel otoregresif parametre
Θ	:	mevsimsel hareketli ortalama parametresi
Δ	:	fark alma işlemcisi

Kısaltmalar

AR	:	Otoregresif (Autoregressive)
ARMA	:	Karma Otoregresif Hareketli Ortalama (Autoregressive Moving Average)
ARIMA	:	Bütünlenen Otoregresif Hareketli Ortalama (Integrated Autoregressive Moving Average)
B	:	Geri kaydırma işlemcisi (Backward shift operator)
KOKF	:	Kısmi otokorelasyon fonksiyonu
MA	:	Hareketli ortalama (Moving average)
OK	:	Otokorelasyon
OKF	:	Otokorelasyon fonksiyonu
OKVF	:	Otokorelasyon fonksiyonu
ÖOKF	:	Örnek otokorelasyon fonksiyonu
ÖKOKF	:	Örnek kısmi otokorelasyon fonksiyonu
SAR	:	Mevsimsel otoregresif (seasonal autoregressive)
SARMA	:	Mevsimsel karma otoregresif hareketli ortalama (Seasonal autoregressive moving average)
SARIMA	:	Mevsimsel bütünlenen otoregresif hareketli ortalama (Seasonal integrated autoregressive moving average)
SMA	:	Mevsimsel hareketli ortalama (seasonal moving average)
TÜİK		Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

ÇİZELGELER DİZİNİ

1. GİRİŞ

Tarım sektörü tüm dünyada gerek ekonomik gerekse sosyal açıdan büyük öneme sahiptir. Tarımsal faaliyetlerin önemli bir kolu olan hayvancılık, çiftlik hayvanlarının yetiştirilmesi, beslenmesi ve genetik ıslahı konularını kapsamaktadır. Hayvancılık sektörü, gelişmişlik durumu ne olursa olsun, tüm ülkeler için büyük önem arz etmektedir. İnsanlığın ilk çağlarında ve özellikle göçebelik dönemlerinde, yapılan en önemli ekonomik faaliyet de yine hayvancılık olmuştur (Saçlı 2007).

Artan nüfusun meydana getirdiği talep ve değişen sosyo-ekonomik yapı, hayvansal üretimin arttırılmasını gerekli kılmaktadır. Hayvansal üretimin arttırılması hayvan sayısı arttırılarak ya da hayvan başına verim arttırılarak gerçekleştirilebilir (Güler 2006). Türkiye, cumhuriyetin ilk yıllarından itibaren hayvansal üretimi arttırmanın önemini kavramış ve bu amacı gerçekleştirmeye yönelik çalışmalarda bulunmuştur (Kumlu ve Akman 1999).

Türkiye'de ruminant hayvan varlığı bakımından sayısal olarak, küçükbaş hayvanlardan sonra ikinci sırayı sığır türü almaktadır. En çok yetiştirilen büyükbaş hayvan olan sığır, öncelikle et ve süt veriminden yararlanmak amacı ile yetiştirilmektedir. Büyük oranda sığırdan elde edilen et ve süt, pek çok ürüne işlenerek, hem beslenme alanına hem de ekonomik hayata katkı sağlamaktadır. TÜİK verilerine göre 2008 yılında süt üretimi bir önceki yıla göre yüzde 0,70 azalarak 12 milyon 243 bin 40 ton olarak gerçekleşmiştir. Bu miktarın yüzde 91,93'ünü inek sütü, yüzde 6,10'unu koyun sütü, yüzde 1,71'ini keçi sütü ve yüzde 0,26'sını manda sütü oluşturmuştur.

Buzağılayan bir ineğin öncelikle yavrusunu beslemek amacıyla süt ürettiği döneme laktasyon dönemi adı verilmektedir. Laktasyon dönemi, hayvanın genetik yapısı ve çevresel koşulların etkisiyle şekillenen ve kendi içerisinde değişiklikler gösteren bir süreçtir (Orhan ve Kaygısız 2002). Sığırlarda laktasyon döneminin başlarında düşük olan süt verimi 4-8 hafta sonunda maksimum düzeyine ulaştıktan sonra artış hızından daha düşük bir hızla azalışa geçmektedir (Silvestre vd 2009). Bu süreç her gebelik dönemi sonrasında tekrarlanmaktadır.

Süt veriminin zamana karşı çizilen grafiği laktasyon eğrisi olarak adlandırılmaktadır. Bu eğri, her bir hayvana ilişkin özet bir bilgi sunmakta olup seleksiyon ve sürü idaresinde kullanılmaktadır (Sherchand vd 1995). Bu eğrinin altında kalan alan toplam laktasyon süt verimini ve eğri üzerindeki her bir nokta ise belirli bir gündeki süt miktarını göstermektedir (Stanton vd 1992).

Sığırların laktasyon dönemi boyunca ortaya çıkan süt verimleri hem ıslah çalışmaları hem de sürü idaresi için önemle üzerinde durulan bir konudur (Macciotta vd 2000). Süt sığırcılığında amaç birim başına yüksek verim elde etmektir. Bu nedenle her bir hayvana ait verim kayıtlarının sağlıklı ve düzenli bir şekilde kayıt edilmesi büyük önem taşımaktadır. Böylelikle gerek bireysel olarak gerekse de sürü bazında üretim miktarının takip edilmesi mümkün olmaktadır.

Gerçek laktasyon veriminin doğru bir biçimde tespiti, laktasyon süresince her gün ve her sağımda elde edilen sütün ölçülerek kaydedilmesi ile mümkündür (Mundan vd 2006). Yaygın olarak laktasyon dönemi (10 ay) boyunca ayda bir ya da iki kez her bir hayvana ait ölçümler kayıt edilmekte ve gerçek laktasyon veriminin tahmin edilmesi yoluna gidilmektedir. Belirli aralıklarla yapılan ölçümlerde elde edilen bu verim kayıtları *kontrol günü süt verimi* olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntem otomatik kontrol sistemlerine sahip işletmelerde rahatlıkla gerçekleştirilebilmekte ve düzenli tutulan kayıtlar yardımıyla her bir hayvana ilişkin değerlendirme yapılabilmektedir (Lark vd 1999).

Süt veriminin kısmi kayıtlarından yararlanılarak süt veriminin tahmin edilebileceği düşünülürse, sürü ve işletmedeki düşük verim kabiliyetli fertler saptanarak ayıklama yapılabilir (Van Vleck ve Henderson 1961). Böylece işletmenin karlılığı artırılabilir ve hayvanlar gerçek verim kabiliyetine göre rasyonel şekilde beslenebilir. Bu sayede verdiği süt kadar yem alması sağlanabilir. Kontrol aralıklarından yararlanarak işletme ve sürüde hayvan sağlığı ile yakından ilgilenilebilir varsa mastitis kontrol altına alınabilir. Sürü yönetimi daha teknik yapılabilir ve böylece seleksiyon kararları daha çabuk alınabilir (Mutlu 2005).

Sığırların süt verimlerinin modellenmesi için yapılan çalışmalar kısmi ya da tamamlanmış laktasyon kayıtlarından elde edilen günlük, haftalık ya da aylık süt miktarları üzerinden doğrusal ya da doğrusal olmayan deterministik modeller tahminlemek üzerine kurulmuştur. Bu tür modeller öngörü amaçlı kullanıldıklarında öngörüler sadece deterministik unsur üzerine kurulmaktadır (Macciotta vd 2000).

Laktasyon eğrilerinin modellenmesinde çeşitli araştırmacılar tarafından çok sayıda matematiksel model kullanılmıştır. Bu modellere örnek olarak; Wood Modeli, Gama Modeli, Ali-Schaeffer Modeli, Glasbey Modeli, Logaritmik Model, Wilmink Modeli, Goodall Modeli verilebilir (Macciotta vd 2005, Druet vd 2003, Sherchand vd 1995, Kellogg vd 1977).

Bu çalışmanın amacı daha çok ekonomi alanında kullanılan ve bir seriye ait değerlerin kendi geçmiş değerleri, güncel ve geçmiş dönem rassal artıklarının ağırlıklı toplamı yardımıyla modellenmesine olanak sağlayan tek değişkenli zaman serisi yöntemi ile süt sığırlarının kontrol günü süt verimlerinin modellenmesidir. Ayrıca tahmin edilen model yardımı ile en isabetli öngörüleri sağlayan kontrol günü sayısı da belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde deterministik ve stokastik model ayrımına gidilerek laktasyon süt veriminin modellenmesinde kullanılan klasik modeller hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca süt verimini zaman serisi yöntemi ile modellemeye yönelik yapılmış geçmiş çalışmalara da değinilmiştir. Ayrıca bu bölümde tek değişkenli zaman serisi analizi hakkında da bilgi verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, veri setinin düzenlenme ve analize hazır hale getirilme süreci ile ilgili bilgi verilmiştir. Bu bölümde, hayvan materyali içerisinden hangi kriterlere göre seçim yapıldığı ve klasik zaman serisinden farklı olarak çalışmada kullanılan veri setinin nasıl oluşturulduğu detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Çalışmanın bulgular bölümünde, tek değişkenli zaman serisi yöntemi ile seriye uygun modelin nasıl belirlendiği ve bu modelin uygunluğunun belirlenmesine ilişkin analiz sonuçları yorumlanmıştır. Gerçek değerler ile öngörü değerleri karşılaştırılmış ve araştırmaya ilişkin bulgular sunulmuştur. Ayrıca çalışmada elde edilen sonuçlar benzer çalışmalar ile bu bölümde karşılaştırılmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Deterministik ve Stokastik Modeller

Bilimsel çalışmaların temel amaçlarından biri, bir olayın ortaya çıkması üzerinde etkisi olan olay ya da olayları betimlemektir. Bu amaçla sıklıkla yapılan şey, açıklanacak ilişkinin bir matematiksel model ile ifade edilmesidir. Bu modelleme sürecinde kullanılan modeller *deterministik* ve *stokastik modeller* olmak üzere iki sınıfta ele alınmaktadır.

Fizikteki serbest düşme kavramı S (yol), v_0 (ilk hız), t (zaman) ve a (ivme) değişkenleri tarafından

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

matematiksel ifadesi ile net bir şekilde açıklanabilir. Ya da bir çemberin çevresi (Ç) ile yarıçapı (r) arasındaki ilişki

$$Ç = 2\pi r$$

şeklinde formüle edilebilir (Sınıksaran 2000). Değişkenler arasında var olan bu gibi ilişkilerin matematiksel modeli *deterministik model* olarak adlandırılmaktadır. Bu tür ilişkileri açıklayan deterministik modeller, değişkenlerden bir ya da birkaçı veri iken diğer değişkene ait değerlerin kesin ve net bir şekilde elde edilmesini sağlamaktadır.

Doğada gözlenen kimi olayların net ve kesin bir tanımının yapılması ise neredeyse imkansızdır. Pek çok sosyal ya da biyolojik olayda aynı koşullar altında belirli bir olaya ilişkin farklı gözlemler elde edilmektedir. Bu gibi olaylar belirgin kimi faktörlerin etkileri altında ortaya çıksalar da sebepler ve sonuç arasındaki ilişkinin tamamının matematiksel bir model ile ifade edilmesi mümkün değildir. Bu tür durumlarda incelenen değişkenler kümesi arasındaki ilişkiyi modellemede *istatistiksel* ya da bir başka ifade ile *stokastik modeller*e başvurulur.

Zaman serileri kapsamında istatistiksel modellerin diğer bir tanımı *stokastik süreç*lerdir. Gerçek hayatta karşılaşılan olayların pek çoğunun yapısında bir rassal ya da stokastik eleman barındırması sebebi ile de stokastik modellere başvurulmaktadır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler 2007). Stokastik modeller, belirli bir sonucu yaratan olay ya da olaylar arasında istatistiksel bir yaklaşımı ifade etmektedir.

Bir deterministik modelde kontrol edilemeyen ölçüm hatalarından kaynaklanan ve bu hataların yol açtığı rastgeleliği denetleyen bir stokastik kısım olabileceği gibi bir stokastik modelde de bir deterministik kısım bulunabilmektedir. Bu nedenle incelediğimiz değişkenler arasındaki ilişkiyi ifade etmede iki unsuru da içeren bir model tanımlanabilir. Örneğin,

$$Y_i = \alpha X_i + \varepsilon_i$$

olarak tanımlanan bir modelde αX_i modelin deterministik kısmını, ε_i ise stokastik kısmını temsil etmektedir. (Şengül 1984).

2.2. Laktasyon Süt Veriminin Modellenmesi

Süt verimini modellemeye yönelik çalışmaların 1900'lü yılların başlarından itibaren yürütüldüğü bilinmektedir (Grossman vd 1986). Sığırların süt veriminin modellenmesi için yapılan çalışmalar kısmi ya da tamamlanmış laktasyon kayıtlarından elde edilen günlük, haftalık ya da aylık süt miktarları üzerinden doğrusal ya da doğrusal olmayan *deterministik modeller* tahminlemek üzerine kurulmuştur (Deluyker vd 1990).

Klasik yaklaşımda, kontrol günlerinde elde edilen süt verimi ölçümlerine zamanın bir fonksiyonu olan matematiksel modeller uydurulmaktadır. t zamanındaki süt verimi y_t ;

$$y_t = f(t) + \varepsilon_t$$

veya

$$y_t = f(t) \cdot \varepsilon_t$$

gibi iki mümkün şekilde modellenebilir (Goodall ve Sprevak 1984).

Sözü edilen modellerde $f(t)$, sürekli ve laktasyonun uzunluğuna bağlı olarak tüm zaman aralıklarında tanımlı bir fonksiyon iken ε_t, şansa bağlı hata terimlerini simgelemektedir (Chatfield 2000). Bu gibi matematiksel modeller ilgilenilen özelliğin ortaya çıkmasına neden olan düzenli (*deterministik*) unsurları tahmin etmede oldukça başarılıdır. Ayrıca, homojen hayvan gruplarına ait eğrileri sınıflandırmada ve kontrol günü kayıtlarına ilişkin öngörülerde bulunmada da sıkça kullanılmaktadırlar. Bu yöntemler aynı zamanda, kullanılan modele ilişkin tahmin edilen parametreler yardımı ile laktasyon boyunca süt verimi ile ilgili istatistiksel karşılaştırmalar yapmaya da olanak sağlamaktadır (Kellogg vd 1977).

Kontrol günü süt verimlerinin modellenmesinde kullanılmak üzere, fonksiyonel yapısına ya da içerdiği parametre sayısına bağlı olarak değişim gösteren çok sayıda matematiksel model geliştirilmiştir. Bu tür modellerde hata terimlerinin belirli bir varyansa sahip ve bağımsız olduğu varsayılmaktadır. Buna karşın pek çok durumda her iki varsayım da sağlanamayabilir (Chatfield 2000). Bunun yanında bu gibi modeller öngörü amaçlı kullanıldıklarında öngörüler sadece *deterministik* unsur (zaman) üzerine kurulmaktadır (Macciotta vd 2000). Çizelge 2.1.'de, sığırlarda laktasyon eğrisinin tahmininde kullanılan bazı matematiksel modeller ve bu modelleri içeren çalışmalar sunulmuştur.

Çizelge 2.1. Laktasyon eğrisinin tahmininde kullanılan bazı modeller ve ilgili çalışmalar

Model	Matematiksel Gösterim	Araştırma
Gamma (Wood) Modeli	$y_t = At^b e^{-ct}$	Kellogg vd, (1977); Shanks vd, (1981) Scott vd, (1996); Orhan ve Kaygısız; (2002) Silvestre vd, (2009)
Parabolik Üstel Model	$y_t = Ae^{\left(-bt+ct^2\right)}$	Sherchand vd, (1995); Orhan ve Kaygısız, (2002)
Ters Polinomiyal Model	$y_t = t/\left(a + bt + ct^2\right)$	Sherchand vd, (1995); Scott vd, (1996)
Wilmink Modeli	$y_t = A + be^{-kt} + ct$	Druet vd, (2003); Schaeffer vd, (2000) Steri vd, (2009)
Scheffer Modeli	$y_t = Ae^{-bt}\left(1 - e^{-ct}\right)/ce^{\varepsilon}$	Druet vd., (2003); Orman ve Ertuğrul, (1999)
Üssel Model	$y_t = Ae^{-ct}$	Orhan ve Kaygısız, (2002)

Farklı sağım günlerinde ölçülen kontrol günü süt verimlerinin genetik olarak farklı değişkenler olarak adlandırılması ve çok değişkenli yöntemlerle analiz edilmesi mümkündür (Macciotta vd 2000). Bununla birlikte, yaygın olan tek değişkenli yaklaşıma göre her bir laktasyonda farklı zamanlarda alınan süt verimleri aynı deneme ünitesindeki tekrarlanan ölçümler olarak adlandırılabilir (Van der Werf 2001). Laktasyon dönemi süresince belirli zaman aralıklarıyla yapılan ölçümler zamana bağlı olduğu için kurulan regresyon modellerindeki artıklar arasında bir ilişkinin olabileceği düşünülebilir. Aynı şekilde her kontrolde elde edilen verimin bir önceki verimlerle ilişkisi de söz konusu olmaktadır (Goodall ve Sprevak 1984).

Süt veriminin modellenmesinde kullanılan bir başka yaklaşım ise Deluyker vd (1990), tarafından yapılan çalışmada ortaya konmuştur. İlgili çalışmada süt verim kayıtları zaman serisi yöntemi ile modellenmiştir. Macciotta vd (2000, 2002) benzer yöntemi kullandıkları çalışmalarını yayınlamışlardır.

Deluyker vd (1990), 513 hayvana ait günlük kısmi ve tamamlanmış laktasyon kayıtlarını kullanarak süt verimini modelledikleri çalışmada farklı laktasyon sırasındaki hayvanlar için ARIMA model parametrelerini tahmin etmişlerdir. Yine aynı çalışmada mastitis veya ketosis hastalığına yakalanmış hayvanlar için tahmin edilen model parametreleri de karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda zaman serisi analiz yöntemlerinin süt verimi gibi serisel korelasyona sahip veri setleri için klasik modellere iyi bir alternatif olabileceği belirtilmiştir.

Macciotta vd (2000), 1200 Sarda koyununa ait aylık süt verim kaydını her birinde 200 hayvanın 7'şer laktasyon kaydı bulunan 6 gruba ayırmışlardır. Bu gruplardan üçü yavrulama sayısına göre (3, 4 ve 5), diğer üçü ise çiftlik lokasyonuna göre (ova, tepe ve dağ) oluşturulmuştur. Her bir kontrol serisi için 7 adet gözlemin bulunduğu duruma ek olarak 2 adet gözlemin bulunduğu ve 4 adet gözlemin bulunduğu durumlar yaratılmıştır. Üç farklı lokasyona ait 2'şer adet mevcut kayıt ve geriye kalan kontrol günü verimlerinin öngörü değerleri kullanıldığı durumda laktasyon süt verimi için gerçek değerler ile öngörü değerleri arasındaki korelasyonlar 0.93, 0.92 ve 0.91 olarak, kuzulama sırasına göre ise aynı durumda 0.91, 0.93 ve 0.94 olarak hesaplanmıştır. 4'er adet kaydın mevcut olduğu durumda lokasyon için korelasyonlar 0.98, 0.98 ve 0.99 olarak kuzulama sırası için ise tümünde 0.98 olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın sonuçları ışığında ARIMA modellerinin, laktasyon eğrisinin tanımlanmasında ve her bir laktasyon dönemi içerisindeki kontrol günü süt verimlerinin otoregresif yapısının göz önüne alınmasında etkili olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca ARIMA modellerinin yeterli sayıda veri olduğunda kayıp gözlemleri tahmin etmede ve böylece laktasyon dönemi toplam verimini isabetli bir şekilde öngörmede basit ve kullanışlı bir araç olduğunu ve daha karmaşık yöntemlerle aynı oranda etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Macciotta vd (2002), çalışmalarında protein, yağ ve süt miktarlarının her birine ait 8 adet kaydı bulunan 1 (2000), 2 (2000) ve 3 kez (2000) buzağılamış 6000 İtalyan Simmental ırkı ineğe ait verileri kullanmışlardır. Gruplar için her bir özelliğe ait modelleri tahmin etmişler ve süt verimi için açıklanan varyansı 0.62, 0.71 ve 0.72 olarak hesaplamışlardır. Yine aynı çalışmada en isabetli öngörüleri sağlayan verim kaydı sayısını belirlemek amacıyla zaman serisi yöntemini 6 alt sete ayırdıkları verilere uygulamış ve mevcut kontrol günü kaydı sayısı arttıkça üzerinde durulan üç özellik ve inek grupları için ortalama hata kare-OHK değerlerinin azalma eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir. Aynı şekilde, öngörüler mevcut en son kayıttan uzaklaştıkça gözlem değerleri ile öngörü değerleri arasındaki korelasyonlarda düşüş gözlendiğini belirtmişlerdir. Her bir hayvanın süt verimlerine ait yalnızca 2 adet mevcut kayıt ve geriye kalan kontrol günü verim kayıtlarına ilişkin öngörüler kullanılarak laktasyon süt veriminin gerçek değerleri ile öngörü değerleri arasındaki korelasyon katsayıları gruplar için sırasıyla 0.85, 0.87, 0.88 olarak bulunmuştur. 6 adet kayıt kullanılarak yapılan öngörülerde ise korelasyon katsayıları tüm gruplar için 0.99 olarak belirtilmiştir. Sonuç olarak ARMA modelinin kontrol günü ve laktasyon verimlerinin öngörüsünde daha karmaşık modellerle kıyaslandığında dikkate değer sonuçlar verdiğini ve uygulanmasının da oldukça kolay olduğunu ifade etmişlerdir.

2.3. Zaman Serisi Analizi

Pek çok alanda, gerçekleştirilecek eylemler ve alınacak kararlar kontrol edilemeyen olayların etkisi altındadır. Bu olayların bazıları beklenmeyen olaylar ya da ortaya çıkan durumda verilecek cevabı belirlemek için özel dikkat gerektiren olaylardır. Bunun yanında detaylı olarak kontrol altına alınamayacak ya da öngörülemeyecek, ancak ortaya çıkması yine de beklenen çok sayıda olay vardır. Tüm faaliyet alanlarında yürütülen operasyonlarda en temel konu, değişkenliğin esas doğasının geçmişteki gibi devam edeceği varsayımı altında, kısa dönemli öngörülerde bulunmaktır.

Öngörü işlemi ile ilgilenilen konuya ilişkin güncel ve geçmişteki bilgilerden yararlanılarak gelecekte ortaya çıkması muhtemel durumlar tahmin edilmeye çalışılmaktadır (Kadılar 2005). Bu durumda iki öngörü yönteminden söz etmek mümkündür. Bu yöntemler, kişisel deneyimlere ya da uzman görüşlerine dayalı *subjektif yöntem* ve geçmiş gözlemlere ait sayısal verilerin kullanıldığı istatistiksel analizlere dayalı *objektif yöntem* olarak adlandırılmaktadır (Hyndman 2009).

Objektif yöntemler *nedensel olan* ve *olmayan* yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Nedensel yöntemlerin en bilineni ve en yaygın kullanılanı regresyon analizidir. Regresyon analizi basitçe, iki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişkinin matematiksel bir fonksiyon yardımıyla ifade edilmesi olarak tanımlanabilir. Objektif yöntemlerden biri olan *zaman serisi analizi*nde ise ilgilenilen değişkenin belirli aralıklarla gözlenen değerleri kullanılarak gelecekte ortaya çıkabilecek gözlem değerlerinin öngörülmesi amaçlanmaktadır.

Zaman serilerinin analizinde temel olarak bir tek serinin modellenmesi için uygun teknikler üzerinde yoğunlaşılmıştır. Tek değişkenli modellerde incelenecek değişkenin açıklanması, serinin kendi geçmiş değerleri, güncel ve geçmiş dönem rassal artıkların ağırlıklı toplamı kullanılarak yapılmakta ve bu durumda *tek değişkenli zaman serisi modelleme* söz konusu olmaktadır (Akgül 2003b). Regresyon modelleri ile çalışmak tek değişkenli zaman serisi modelleri ile çalışmaya kıyasla daha zor olup daha fazla varsayım ve daha fazla iş yükü getirmektedir (Chatfield 2000). Bu sebeplerle tek değişkenli zaman serileri, model oluşturmaların daha kolay olması ve iyi kısa dönemli öngörüler sağlamaları gibi bazı üstünlüklerinin var olması sonucu yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Akgül 2003b).

İstatistiksel çalışmaların pek çoğunda karşılaşıldığı üzere tek değişkenli zaman serileri analizinde de mevcut veri setini en iyi şekilde tanımlamak ve bu tanımı kullanarak öngörülerde bulunmak amacı ile başvurulacak pek çok yöntem vardır (Chatfield 2000). Hangi tek değişkenli modelin uygun olduğunu belirlemek için yapılacak çalışmalar titizlikle yürütülmelidir.

2.3.1. Zaman serisi

Bir *zaman serisi*, zaman içerisinde sıralı olarak toplanan gözlem değerlerinin dizisi olarak tanımlanabilir (Box ve Jenkins 1976). Zaman vasfının gün, hafta, ay, üç ay, yıl vb. periyotlarını simgeleyen şıkları t=1,2,..,T olarak ifade edilirse, Y değişkenine ait bu dönemlerde elde edilen gözlem değerleri de y_1, y_2,…y_T şeklinde gösterilirler (Akgül 2003a). İlgili değişkene ait gözlem değerleri zaman içerisinde sürekli olarak elde edilebileceği gibi zaman vasfının kesitlerinde de elde edilebilir. Bu durumda *sürekli zaman serisi* ve *kesikli zaman serisi* kavramları ortaya çıkmaktadır (Chatfield 2000).

Zaman içerisinde rastgele bir anda gözlemlenebilen verilere sahip seriler *sürekli zaman serisi*, belirli aralıklarla elde edilen verilere sahip seriler de *kesikli zaman serisi* olarak adlandırılmaktadır (Kadılar 2005). Elektrik sinyalleri, voltaj, ses titreşimleri gibi mühendislik alanlarına ait seriler sürekli zaman serisi kavramına uyarken; haftalık ya da aylık yumurta verimi, haftalık canlı ağırlık, kontrol günü süt miktarı gibi değişkenlere ilişkin ölçümler kesikli zaman serisi kavramı ile ifade edilmektedir. Sürekli zaman serileri, uygulamada yaygın olarak eşit aralıklarda ölçülmüş kesikli zaman serilerine dönüştürülüp analiz edilmektedir (Chatfield 2000).

Chatfield (2000), kesikli zaman serilerinin üç şekilde ortaya çıkabileceğini bildirmiştir:

1. Sürekli bir seriden *örneklem* alarak
2. Süreç içerisindeki gözlemleri belirli periyotlarda *toplam*ak yolu ile
3. Kesikli veri doğasına sahip seriler olması durumunda

Toplam yolu ile elde edilen kesikli zaman serilerine örnek olarak haftalık ya da aylık yumurta verimi verilebilirken, *örnekleme* yolu ile elde edilen kesikli zaman serilerine, kontrol günü süt verimi gibi doğası gereği sürekli olarak gözlenmesi mümkün olan; fakat belirli periyotlarda alınan günlük ölçümler yolu ile elde edilen veriler verilebilir.

2.3.2. Zaman serisinin bileşenleri

Zaman serilerinin analizinde temel yaklaşım, incelenen değişkenin geçmişte gösterdiği seyri açıklamak ve bu bilgileri gelecekteki davranışını açıklamakta kullanmaktır. Değişkenin zaman içerisindeki seyrini anlayabilmek ve uygun modeli belirleyebilmek için süreci yaratan etmenlerin doğru tanımlanabilmesi büyük önem taşımaktadır (Akgül 2003a).

Bir zaman serisi trend, mevsimsel (periyodik) hareketler, konjonktürel (çevrimsel) hareketler ve düzensiz hareketler (hata terimi) olarak tanımlanan bileşenlerden oluşabilir.

2.3.2.1. Trend

Bir zaman serisinin uzun dönemde yükselme ya da düşme yönünde gösterdiği eğilime *trend* adı verilmektedir. Trend, zaman içerisinde incelenen değişken Y'nin ortalamasındaki değişmedir ve buna bağlı olarak aşağı ya da yukarı bir eğilim ile ortaya çıkabilmektedir (Akgül 2003a).

2.3.2.2. Mevsimsel (periyodik) hareketler

Zaman serilerinde gözlenen periyodik hareketler, birbirini izleyen ölçüm dönemlerinde aynı ölçüm zamanları arasında gözlenen benzer yükselme ya da düşme hareketlerini ifade etmektedir.

2.3.2.3. Çevrimsel (konjonktürel) hareketler

Konjonktürel hareketler, periyodik hareketlerden daha uzun süreli hareketleri göstermekte ve ilgilenilen özelliğe ilişkin ölçümlerde meydana gelen dalgalanmaları ifade etmektedirler. Mevsimsel hareketlerde dönemler nispeten düzenli ve periyodik bir salınım gösterirken, konjonktürel hareketlerde dönemler düzensiz ve periyodik olmayan bir yapıdadır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler 2007).

2.3.2.4. Düzensiz hareketler

Tanımlanabilir bir seyri olmayan ve zaman serisindeki rassal değişimleri açıklayan hareketlerdir. Serinin hareketi belirli bir yapıya uymuyor ve hiçbir şekilde modellenemiyor ise bu tür hareketlere düzensiz hareketler adı verilmektedir (Kadılar 2005).

2.3.3. Zaman serilerinde durağanlık

Zaman serileri olasılık teorilerinin önemli bir kısmı *durağan zaman serileri* ile ilgilidir. Bu durum, durağan dışı zaman serilerini durağan hale dönüştüren yöntemlere yoğun bir gereksinim duyulduğunu ortaya koymaktadır. Zaman serisi modellerini geliştirebilmek için, belirli bir stokastik sürecin zamana bağlı olarak değişip değişmediğinin bilinmesi gereklidir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler 2007).

Zaman serileri için model oluşturulurken, seriyi ortaya çıkaran sürecin zaman içinde değişmediği varsayılmaktadır. Ayrıca amaç öngörü yapmak olduğundan zaman serisinin geçmişte gösterdiği değişikliklerin iyi incelenmesi gerekmektedir. Bu nedenle zaman serisinin özellikleri ayrıntılı olarak incelenmeli ve incelenen zaman serisi için amaca uygun bir öngörü formu geliştirilmelidir. Öngörü için seçilecek algoritma ise gözlenen zaman serisinin davranışının incelenmesi ile belirlenecektir. Ancak ilk aşamada hedef zaman serisi ile iyi uyum gösteren bir modelin belirlenmesidir. Bu aşamada serinin durağan olması veya olmaması, mevsimsel özelliklere sahip olup olmaması gibi özellikler ön plana çıkmaktadır (Akgül 2003b).

Stokastik bir sürecin zaman içerisinde ortalaması ve varyansının sabit olmasına *durağanlık* denir. Uygulamada ise durağanlık zaman serilerinde çok sık gözlenebilen bir durum değildir. Varyansı durağan hale getirmek için verilere logaritmik dönüşüm ya da kök alma işlemi uygulanmakta, ortalamada durağanlığı sağlamak için ise verilere fark alma işlemi uygulanmaktadır.

Durağan olmayan Y serisinin ortalamada durağan hale getirilmesi için bir kez farkının alınması yeterli ise, bu işlem Δ fark alma işlemcisiyle;

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$$

şeklinde gösterilir. Aynı işlem B olarak ifade edilen geri kaydırma işlemcisi yardımıyla;

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1} = y_t - By_t = (1-B)y_t$$

şeklinde gösterilmektedir. Kimi durumlarda zaman serisinin bir kez farkı alındığında durağanlaşmadığı görülebilir. Bu gibi durumlarda fark alma işlemine devam edilmesi gerekmektedir. Eğer serinin durağanlığının sağlanması için d kez farkının alınması gerekiyorsa, durağan w_t serisi;

$$w_t = \Delta^d y_t = (1-B)^d y_t$$

olarak gösterilmektedir (Box ve Jenkins 1976).

2.3.4. Otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları

Bir değişken zaman boyunca ölçüldüğünde serideki verilerin bir ya da daha fazla gecikmeli dönemlerden etkilendiği ve çok sık olarak korelasyonlu oldukları gözlenir. (Sevüktekin ve Nargeleçekenler 2007). Zaman serisini oluşturan sürecin olasılık dağılımını belirlemek ve kesin bir tanımlamasını yapmak genellikle mümkün olmamaktadır. Bu durumda stokastik sürecin özelliklerini saptayabilmek için *otokovaryans fonksiyonu*, *otokorelasyon fonksiyonu* ve *kısmi otokorelasyon fonksiyonu* kullanılmakta ve bu araçlar süreci tanımlamaya yardımcı olmaktadır (Akgül 2003b).

Modelleme aşamasında otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları;

- Belirleme safhasında
- Durağanlık eldesi sırasında fark alma mertebesini belirlerken
- Mevsimsellik ilişkisi analiz edilirken
- Denenen modelin seçimi sırasında
- Tahmin sırasında
- Ayırt edici kontrolde
- Hata terimlerinin analizi sırasında

kullanılmaktadır (Akgül 2003b).

2.3.4.1. Otokovaryans fonksiyonu

Zaman serilerinin analizi sırasında *otokovaryans fonksiyonu:* OKVF, örnek momentleri kullanılarak tahmin edilmekte ve iki rassal değişken arasındaki kovaryansın genel gösterimi;

$$\mathrm{Kov}(x, y) = E[(x - E(x))(y - E(y))]$$

şeklinde yapılmaktadır. Benzer şekilde stokastik sürecin y_t, y_{t+k} gibi iki elemanı için otokovaryans teorik olarak

$$\gamma_k = \mathrm{Kov}(y_t, y_{t+k}) = E[(y_t - E(y_t))(y_{t+k} - E(y_{t+k}))] = E[(y_t - \mu)(y_{t+k} - \mu)]$$

ifadesi ile gösterilmekte ve γ_k, *otokovaryans fonksiyonu* olarak adlandırılmaktadır.

Stokastik sürecin özelliklerini saptamada önemli bir araç olarak kabul edilen OKVF için uygulamada $k = 0,1,2,...$ için

$$\hat{\gamma}_k = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T-k}(y_t - \bar{y})(y_{t+k} - \bar{y})$$

formülü kullanılmakta ve $\bar{y}$, seri değerlerinin ortalamasını simgelemektedir (Akgül 2003b).

2.3.4.2 Otokorelasyon katsayıları ve otokorelasyon fonksiyonu

Otokorelasyon(öz ilişki), bir değişkenin bir ya da daha fazla gecikmeli dönemi arasında ilişki olması hali olarak tanımlanabilir. y_t ile y_{t+k} arasındaki otokorelasyon ifadesi ile $(y_1, y_{1+k}),(y_2, y_{2+k}),...,(y_{T-k}, y_T)$ veri çiftleri arasındaki ilişki belirtilmekte ve bu ilişki k'ıncı gecikmeye ilişkin otokorelasyon olarak tanımlanmaktadır (Kadılar 2005). Bununla birlikte seri değerlerinden hesaplanan *otokorelasyon katsayıları:* OKK, farklı zamanlardaki gözlemler arasındaki ilişkiyi gösteren katsayılar olup zaman serilerine ilişkin özelliklerin önemli bir göstergesi kabul edilmektedir.

Otokorelasyon katsayıları, serinin komşu değerleri arasındaki korelasyonun, yani aralarındaki bağımlılığın ne derece olduğunu ortaya koymaktadır. Zaman serilerinin analizi sırasında stokastik sürecin kesin tanımlamasını yapmanın genellikle mümkün olmaması nedeni ile otokorelasyon katsayıları yardımı ile verilerin olasılık modeli ile ilgili bilgi sağlanabilmektedir. (Akgül 2003).

Gecikme sayılarına (k) karşılık gelen otokorelasyon katsayıları *otokorelasyon fonksiyonu*nu: OKF oluşturmakta ve bu k değerlerine karşılık gelen otokorelasyon katsayılarının yer aldığı grafiğe de *korelogram* adı verilmektedir (Kadılar 2005).

k-gecikme ile OKK'ları teorik olarak

$$\rho_k = \frac{E[(y_t - \mu)(y_{t-k} - \mu)]}{\sqrt{E(y_t - \mu)^2 E(y_{t-k} - \mu)^2}} = \frac{Kov(y_t, y_{t-k})}{\sigma_{y_t}\sigma_{y_{t-k}}}$$

formülü ile ifade edilmektedir.

Bir zaman serisinin kendi gecikmeli değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren otokorelasyon katsayıları, *örnek otokorelasyon katsayları*: ÖOKK yardımı ile hesaplanabilir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler 2007). Örnek otokorelasyon katsayısı, $\hat{\rho}_k$

$$\hat{\rho}_k = \frac{\sum_{t=k+1}^{n}(y_t - \bar{y})(y_{t-k} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^{n}(y_t - \bar{y})^2}$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

Bununla birlikte, k=1 ve k=2 olması durumunda ÖOKK'ların nasıl hesaplanacağı gösterilmiştir.

1. mertebeden otokorelasyon katsayısı için (k=1)

$$\hat{\rho}_1 = \frac{\sum_{t=1+1}^{n} (y_t - \bar{y})(y_{t-1} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^{n} (y_t - \bar{y})^2}$$

2. mertebeden otokorelasyon katsayısı için (k=2)

$$\hat{\rho}_2 = \frac{\sum_{t=2+1}^{n} (y_t - \bar{y})(y_{t-2} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^{n} (y_t - \bar{y})^2}$$

(Akgül 2003b).

Örnek otokorelasyon katsayılarından serilerin durağanlıklarının saptanması aşamasında da yararlanılmaktadır. Rassal verilerin otokorelasyon katsayıları yaklaşık olarak sıfır ortalamalı ve $1/\sqrt{T}$ standart sapmalı bir normal eğri ile örnekleme dağılımına sahip olduğu ifade edilmektedir. Örnek otokorelasyon katsayıları belirli sayıda gecikme için bu teorik örnekleme dağılımı ile karşılaştırılarak ortalaması sıfır olan bir anakütleden gelip gelmediği *Bartlett Testi* ile sınanmaktadır. (Sevüktekin ve Nargeleçekenler 2007).

Otokorelasyon katsayılarının Bartlett Testi ile sınanmasında

$$H_0 : \rho_k = 0$$

olarak kurulan hipotez test edilmektedir. k gecikme için hesaplanan otokorelasyon katsayıları H_0 hipotezi altında

$$t = \frac{\hat{\rho}_k}{1/\sqrt{T}}$$

olarak bilinen t-istatistiğinin kullanılması ile sınanmakta ve t-tablo değerinden büyük t-istatistikleri için H_0 hipotezi reddedilerek, korelasyonun istatistiksel açıdan önemli olduğu sonucuna varılmaktadır. Bir başka ifade ile tek tek tüm örnek otokorelasyon katsayıları, $\pm t_{tablo} \cdot T^{-1/2}$ ile karşılaştırılmaktadır. Hesaplanan otokorelasyon katsayısının bu aralığın dışına düşmesi durumunda H_0 hipotezi reddedilmektedir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler 2007).

Hem *deneme* niteliğindeki modellerinin belirlenmesi aşamasında hem de serinin durağan olup olmadığının belirlenmesi aşamasında örnek otokorelasyon katsayıları ve örnek otokorelasyon fonksiyonlarından yararlanılmaktadır (Akgül 2003b).

2.3.4.3 Kısmi otokorelasyon katsayıları ve kısmi otokorelasyon fonksiyonu

Zaman serisi kapsamında y_t ile y_{t-k} arasındaki korelasyonun büyük bir kısmının, bu değişkenlerin arasındaki korelasyonun $y_{t-1}, y_{t-2}, ..., y_{t-k+1}$ gecikmelerine sahip olması nedeni ile olduğu ifade edilmektedir (Akgül 2003b). *Kısmi korelasyon katsayısı* diğer değişkenlerin etkileri sabit tutulduğunda iki değişken arasındaki ilişkinin yönü ve derecesini belirten bir katsayıdır. Kısmi otokorelasyonlar diğer gecikmelerin $(y_{t-1}, y_{t-2}, ..., y_{t-k+1})$ etkisi sabit tutulduğunda y_t ile y_{t+k} serileri arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir (Kadılar 2005).

k'ıncı dereceden kısmi otokorelasyon katsayısı φ_{kk} ile gösterilir ise örnek otokorelasyon katsayıları

$$\hat{\varphi}_{kk} = \frac{\hat{\rho}_k - \sum_{i=1}^{k-1} (\hat{\varphi}_{k-1,i})(\hat{\rho}_{k-i})}{1 - \sum_{i=1}^{k-1} (\hat{\varphi}_{k-1,i})(\hat{\rho}_i)}$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Formülde $\hat{\rho}_k$, k-gecikme sonrası otokorelasyon katsayılarını; $\hat{\varphi}_{ki}$, i'inci gecikmenin etkisi ortadan kaldırıldığında k-gecikme için kısmi otokorelasyon katsayılarını göstermekte olup

$$\hat{\varphi}_{ki} = \hat{\varphi}_{k-1,i} - (\hat{\varphi}_{kk})(\varphi_{k-1,k-i})$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Kısmi otokorelasyon katsayılarının hesaplanmasına tanım gereği;

$$\hat{\rho}_1 = \hat{\rho}_1$$

eşitliği ile başlanmakta olup $k = 2$ ve $i = 1$ için kısmi otokorelasyon katsayıları

$$\hat{\varphi}_{21} = \hat{\varphi}_{11} - (\hat{\varphi}_{22})(\hat{\varphi}_{11})$$

$k = 3$ ve $i = 1,2$ için

$$\hat{\varphi}_{33} = \frac{\hat{\rho}_3 - [(\hat{\varphi}_{21})(\hat{\rho}_2) + (\hat{\varphi}_{22})(\hat{\rho}_1)]}{1 - [(\hat{\varphi}_{21})(\hat{\rho}_1) + (\hat{\varphi}_{22})(\hat{\rho}_2)]}$$

olacak şekilde gösterilmektedir (Akgül 2003b, Kadılar 2005).

Otokorelasyon katsayılarında olduğu gibi kısmi otokorelasyon katsayılarının da istatistiksel açıdan önemliliğinin test edilmesi gerekmektedir ve ilgili hipotezler;

$$H_0 : \varphi_{kk} = 0$$
$$H_a : \varphi_{kk} \neq 0$$

olacak şekilde oluşturulmaktadır. H_0 hipotezi, φ_{kk} ile simgelenen kısmi otokorelasyon katsayılarının sıfır olduğunu vurgulamaktadır. Test istatistiği, H_0 hipotezi altında

$$t = \frac{\hat{\varphi}_{kk}}{1/\sqrt{T}}$$

t-testidir. Bu test otokorelasyon testleri için gerçekleştirilen anlamlılık testleri ile benzer şekilde yürütülmekte ve yorumlanmaktadır.

2.3.5 Otoregresif modeller AR(p)

Zaman serisi değişkeninin belirli bir noktada aldığı değer, y_t, değişkenin geçmiş değerleri ve bir şok ile tanımlanan bir fonksiyona sahip ise, serinin altında yatan veri yaratma süreci *otoregresif süreç* (AR) olarak tanımlanmaktadır (Yaffee ve McGee 2000).

Otoregresif sürece ilişkin model genel olarak

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + ... + \varphi_p y_{t-p} + a_t$$

veya

$$y_t - \varphi_1 y_{t-1} - \varphi_2 y_{t-2} - ... - \varphi_p y_{t-p} = a_t$$

şeklinde ifade edilmektedir. AR(p) olarak gösterilen otoregresif modelde p, sürecin mertebesini, başka bir ifade ile modele dahil edilecek geçmiş dönem gözlem değeri sayısını göstermektedir. a_t'ler y_{t-p}'lerden bağımsız olup herhangi bir dönemdeki hata ile de arasında ilişki söz konusu değildir $\left(a_t \approx ND\left(0, \sigma_a^2\right)\right)$ (Akgül 2003b).

Durağan stokastik sürecin ortalaması olarak isimlendirilen ve δ ile simgelenen parametreye sahip AR(p) süreci

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + ... + \varphi_p y_{t-p} + \delta + a_t$$

veya

$$y_t - \varphi_1 y_{t-1} - \varphi_2 y_{t-2} - ... - \varphi_p y_{t-p} - \delta = a_t$$

şeklinde ifade edilmektedir.

AR(p) süreci, $BY_t = Y_{t-1}$, $B^2Y_t = Y_{t-1}$ olarak işleyen geri kaydırma işlemcisi B kullanıldığında ($\delta = 0$ varsayımı ile)

$$\left(1 - \varphi_1 B - \varphi_2 B^2 - ... - \varphi_p B^p\right) y_t = a_t$$

ya da

$$y_t = \frac{1}{1 - \varphi_1 B - \varphi_2 B - ... - \varphi_p B^p} a_t$$

olarak gösterilmektedir. Model kapalı formda

$$\varphi(B) y_t = a_t$$

ya da

$$y_t = \varphi^{-1}(B) a_t$$

olacak şekilde ifade edilmektedir.

AR modelinde durağanlıktan bahsedilebilmesi için φ_i ile simgelenen katsayılarının toplamının birden küçük olması gerekmektedir (Akgül 2003b).

$$\sum_{i=1}^{p} \varphi_i < 1 \qquad (i = 1,2,...,p)$$

2.3.5.1 AR(1) Modeli

t zamanındaki çıktı, y_t, en yakın geçmiş dönem gözlem değeri (y_{t-1}) ve bir şok (a_t) ile ilişkilendirildiğinde, $t-1$ dönemine ait gözlemin t zamanına taşınan kısmı φ_1 ile gösterilir. Seri gözlemleri arasındaki bu tür bir ilişki 1. mertebeden otoregresif süreç olarak adlandırılmakta ve *AR(1)* ile gösterilmektedir (Yaffee ve McGee 2000). AR(1) süreci

$$y_t = \varphi y_{t-1} + a_t$$

veya

$$y_t - \varphi y_{t-1} = a_t$$

şeklinde ifade edilmektedir. δ parametresine sahip $(\delta \neq 0)$ olan birinci mertebeden otoregresif süreç

$$y_t = \varphi y_{t-1} + \delta + a_t$$

veya

$$y_t - \varphi y_{t-1} = \delta + a_t$$

şeklinde ifade edilmektedir. Geri kaydırma işlemcisi B kullanılarak AR(1) süreci ($\delta = 0$ varsayımı ile)

$$(1 - \varphi_1 B) y_t = a_t$$

ya da

$$y_t = \frac{1}{1-\varphi_1 B} a_t$$

olarak gösterilmektedir (Kadılar 2005).

Otoregresif parametrenin değerinin $-1 < \varphi_1 < 1$ olması durumunda süreç durağan olarak kabul edilmektedir (Box ve Jenkins 1976).

2.3.5.2 AR(2) Modeli

t zamanındaki çıktı, y_t, en yakın geçmiş dönem gözlem değeri (y_{t-1}) ve (y_{t-2}) artı bir şok (a_t) ile doğrusal bir fonksiyon olarak tanımlandığında, veriyi ortaya çıkaran sürecin *AR(2) süreci* olduğu ifade edilmektedir (Yaffee ve McGee 2000). AR(2) süreci

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + a_t$$

ya da

$$y_t - \varphi_1 y_{t-1} - \varphi_2 y_{t-2} = a_t$$

şeklinde ifade edilmektedir. δ parametresine sahip $(\delta \neq 0)$ olan ikinci mertebeden otoregresif süreç

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \delta + a_t$$

veya

$$y_t - \varphi_1 y_{t-1} - \varphi_2 y_{t-2} = \delta + a_t$$

şeklinde ifade edilmektedir. Geri kaydırma işlemcisi B kullanılarak AR(2) süreci ($\delta = 0$ varsayımı ile)

$$\left(1-\varphi_1 B-\varphi_2 B^2\right)y_t = a_t$$

ya da

$$y_t = \frac{1}{1-\varphi_1 B-\varphi_2 B^2}a_t$$

olarak gösterilmektedir (Kadılar 2005).

AR(2) sürecine ait parametrelerin

$$\begin{aligned}
&\varphi_2+\varphi_1<1\\
&\varphi_2-\varphi_1<1\\
&-1<\varphi_2<1
\end{aligned}$$

koşullarını sağlaması halinde modelin durağanlık koşullarını sağladığı ifade edilmektedir (Box ve Jenkins 1976).

2.3.6. Hareketli ortalama modelleri MA(q)

Bir zaman serisinin bugünkü değeri, mevcut ve q adet geçmiş dönemdeki rassal şokun ağırlıklı toplamı ise süreç q mertebesinde *hareketli ortalama süreci*dir ve *MA(q)* olarak ifade edilir (Chatfield 2000). Hareketli ortalama sürecine ilişkin model genel olarak

$$y_t = a_t-\theta_1 a_{t-1}-\theta_2 a_{t-2}-\ldots-\theta_q a_{t-q}$$

şeklinde ifade edilmektedir. Yığılım parametresine sahip olan hareketli ortalama süreci,

$$y_t = \mu+a_t-\theta_1 a_{t-1}-\theta_2 a_{t-2}-\ldots-\theta_q a_{t-q}$$

olarak ifade edilmektedir.

Artı veya eksi değerler alabilen parametreleri simgeleyen θ_i ağırlıkları, y_t durağan seriyi göstermektedir. $a_{t-1}, a_{t-2}, ..., a_{t-q}$ geçmiş dönem öngörü hatalarını ve $\mu, \theta_1, \theta_2, ..., \theta_q$ ise sırası ile sabit ve MA parametrelerini simgelemektedir.

Model geri kaydırma işlemcisi B kullanıldığında ise ($\mu = 0$ varsayımı ile)

$$y_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \theta_3 B^3 - ... - \theta_q B^q) a_t$$

veya kapalı formda

$$y_t = \theta(B) a_t$$

olarak ifade edilmektedir.

Denklemlerde ilişkisiz a_t'ler, ortalaması sıfır ve varyansı sabit olan bağımsız dağılmış rassal şoklardır $(a_t \approx ND(0, \sigma_a^2))$ (Sevüktekin ve Nargeleçekenler 2007). MA sürecinde tahmin edilecek parametreleri, diğer bir deyişle ağırlıkları simgeleyen $\theta_1, \theta_2, ..., \theta_q$ değerleri ile ilgili olarak konulmuş kısıtlar söz konusu değildir. Bu nedenle tüm değerleri alabilmektedirler (Akgül 2003b).

Rassal sürecin tam bir modelinin oluşturulması için sonsuz sayıda gecikmeli hata teriminin kullanılması gerekli olduğundan MA sürecinin mertebesi, sonsuz derecede büyük olmakta ve bu nedenle $\sum_{i=0}^{\infty} \theta_i^2$'nin yakınsaması gerekmektedir. Yakınsama ile, i'lerin büyümesi sonucunda θ_i'lerin küçülmesi ifade edilmektedir. Başka bir deyişle MA(q) modelinde durağanlığın sağlanması için i'ler büyüdükçe θ_i'lerin küçülmesi gerekmektedir. Bu özellik süreç durağan olduğunda k-arttıkça korelasyon katsayılarının küçülecek olmasına dayanmakta ve bu durum da otokorelasyon fonksiyonunun sıfıra yaklaşması ile tutarlı olmaktadır (Akgül 2003b).

2.3.6.1. MA(1) Modeli

En basit hareketli ortalama süreci *MA(1)* sürecidir. Birinci mertebeden hareketli ortalama sürecinin gösterimi

$$y_t = a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

şeklindedir. Yığılım parametresine sahip olan MA(1) süreci ise

$$y_t = \mu + a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

olarak ifade edilmektedir.

Model, geri kaydırma işlemcisi: B kullanılarak ($\mu = 0$ varsayımı ile)

$$y_t = (1 - \theta_1 B) a_t$$

şeklinde ifade edilmektedir. Modelde, y_t durağan seriyi, a_t saf hata terimini, θ_1 ise MA parametresini göstermektedir.

2.3.6.2. MA(2) Modeli

İkinci mertebeden hareketli ortalama süreci *MA(2)*

$$y_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2}$$

şeklindedir. Yığılım parametresine sahip olan MA(2) süreci ise

$$y_t = \mu + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2}$$

olarak ifade edilmektedir.

Model, geri kaydırma işlemcisi: B kullanılarak ($\mu = 0$ varsayımı ile)

$$y_t = \left(1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2\right) a_t$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Modelde yer alan ve MA parametrelerini gösteren θ_1 ve θ_2 değerlerinin

$$\theta_1 + \theta_2 < 1$$
$$\theta_2 - \theta_1 < 1$$
$$-1 < \theta_2 < 1$$

koşullarını sağlaması gerekmektedir (Box ve Jenkins 1976).

2.3.7. Karma otoregresif-hareketli ortalama modelleri ARMA(p,q)

Gerçek hayatta karşılaşılan pek çok veri seti sadece AR ya da sadece MA süreçleri ile modellenemez (Chatfield 2000). Bu gibi durumlarda durağan y_t sürecini modellemenin yolu her iki süreci de içeren *karma otoregresif hareketli ortalama modeli ARMA(p,q)* ile çalışmaktır. Başka bir ifade ile, y_t 'nin geçmiş durağan gözlemleri ile geçmiş ve cari rassal hata terimlerinin bir bileşimi olarak doğrusal bir fonksiyonu şeklinde tanımlanmaları durumunda ARMA modeli söz konusu olmaktadır (Akgül 2003b).

p, AR sürecinin mertebesini ve q da MA sürecinin mertebesini göstermek üzere ARMA(p,q) modeli

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \ldots + \varphi_p y_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \ldots - \theta_q a_{t-q}$$

veya

$$y_t - \varphi_1 y_{t-1} - \varphi_2 y_{t-2} - \ldots - \varphi_p y_{t-p} = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \ldots - \theta_q a_{t-q}$$

şeklinde ifade edilmektedir. ARMA(p,q) süreci yığılım parametresinin var olması durumunda

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + ... + \varphi_p y_{t-p} + \delta + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - ... - \theta_q a_{t-q}$$

veya

$$y_t - \varphi_1 y_{t-1} - \varphi_2 y_{t-2} - ... - \varphi_p y_{t-p} = \delta + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - ... - \theta_q a_{t-q}$$

şeklinde ifade edilmektedir. ARMA(p,q) süreci, geri kaydırma işlemcisi: B ile $\delta = 0$ durumu için

$$\left(1 - \varphi_1 B - \varphi_2 B^2 - ... - \varphi_p B^p\right) y_t = \left(1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - ... - \theta_q B^q\right) a_t$$

ya da model kapalı formda

$$\varphi(B) y_t = \theta(B) a_t$$

olarak ifade edilmektedir (Box ve Jenkins 1976). Modelin

$$y_t = \varphi^{-1}(B)\theta(B) a_t$$

veya

$$y_t = \frac{\theta(B)}{\varphi(B)} a_t = \frac{1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - ... - \theta_q B^q}{1 - \varphi_1 B - \varphi_2 B^2 - ... - \varphi_p B^p} a_t$$

olarak da gösterilmesi mümkündür (Akgül 2003b).

2.3.8 Bütünlenen otoregresif-hareketli ortalama modelleri ARIMA(p,d,q)

Zaman serileri uygulamalarında ortalama ve/veya varyansta durağan olmayan seriler ile sıkça karşılaşılmaktadır. Böylesi bir durumda durağanlık ön koşulu gerektiren AR, MA ya da ARMA modellerinin kullanılması uygun olmayacaktır (Chatfield 2000). Box ve Jenkins (1976), durağanlık koşulunun sağlanması amacıyla serilerin farkının alınması gerektiğini bildirmişlerdir. Bu amaçla durağan olmayan zaman serisinin durağan hale gelene kadar farkı alınmakta ve d bu farkın sayısını temsil etmek üzere *ARIMA(p,d,q)* modeli söz konusu olmaktadır. *Bütünlenen otoregresif-hareketli ortalama modeli* olarak adlandırılan ARIMA modeli ile modelleme yapılırken, durağan olmayan y_t serisi uygun dönüşüm yapılarak durağan w_t serisine dönüştürüldüğünde durağan ARMA modeli ile çalışılması söz konusu olmaktadır.

Durağan w_t serisi için ARMA(p,q) modeli

$$w_t = \varphi_1 w_{t-1} + \varphi_2 w_{t-2} + \ldots + \varphi_p w_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \ldots - \theta_q a_{t-q}$$

olarak gösterilmekte iken ARIMA(p,d,q) modelinin orijinal veri cinsinden genel gösterimi, $\delta \neq 0$ varsayımı altında

$$\Delta^d y_t = \delta + \varphi_1 \Delta^d y_{t-1} + \varphi_2 \Delta^d y_{t-2} + \ldots + \varphi_p \Delta^d y_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \ldots - \theta_q a_{t-q}$$

olacak şekilde yapılmaktadır. Model

$$\varphi(B) y_t = \theta(B) a_t$$

olarak ifade edildiğinde ise $\varphi(B)$, *durağan olmayan AR işlemcisi*ni göstermektedir. Modelin

$$\varphi(B) y_t = \varphi(B)(1-B)^d y_t = \theta(B) a_t$$

olarak gösterilmesi durumunda ise $\varphi(B)$, *durağan AR işlemcisi*ni göstermektedir. Durağanlaştırılmış seri $\Delta^d y_t = w_t$ olarak gösterildiğinde süreç

$$\varphi(B)\Delta^d y_t = \theta(B)a_t$$

veya

$$\varphi(B)w_t = \theta(B)a_t$$

olarak ifade edilecektir (Akgül 2003b).

2.3.9. Box-Jenkins model kurma stratejisi

G.E.P Box ve G.M. Jenkins tarafından 1970'deki kitapları ile tanıtılan durağan olan ve homojen durağan olmayan stokastik süreçlerin modellenmesi yaklaşımında, uygun ARIMA modelinin seçilmesi için bazı stratejiler ortaya konmuştur (Chatfield 2000, Akgül 2003b). Başka bir ifade ile zaman serilerinin analizinde *Box-Jenkins model kurma stratejisi*, verilere en uygun ARIMA modelini arama yöntemidir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler 2007).

Box-Jenkins model kurma stratejisi, gerçekleşen verileri kullanarak hem yüksek isabet sağlayan hem de az hesaplama yüküne sahip modeller seçilmesine yöneliktir. Box-Jenkins yaklaşımı *cimrilik* prensibine, bir başka ifade ile serinin modellenmesinde en az sayıda parametre tahmin edilmesine dayanmaktadır.

Box-Jenkins yöntemi sırası ile belirleme, tahmin, ayırd edici kontrol, büyük ayırım ve öngörü basamaklarından oluşmaktadır. Yöntemin başlangıç noktası stokastik sürece ilişkin trend, mevsimsellik gibi etkilerin varlığının tespit edilmesi ya da başka bir deyişle üzerinde çalışılan zaman serisinin durağan olup olmadığının belirlenmesidir (Kadılar 2005).

Model inşa süreci iteratif bir süreç olup, süreci en uygun modeli tanımlamada gerek görülmesi halinde en başa dönülmeli ve mevcut veriyi en iyi şekilde tanımlayan ve tüm varsayımları sağlayan modelin aranmasına devam edilmelidir (Yaffee ve McGee 2000).

2.3.9.1. Belirleme

Durağan olan ya da gerekli dönüşümlerle durağanlığı sağlanan zaman serisi ile iyi uyum gösterecek modelin çeşitli araçlarla *belirlenme*si gerekmektedir. Bu aşamada zaman serisinin grafiği, otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarından yararlanılmaktadır. Belirleme basamağında stokastik sürecin tanımlanması için uygun ARIMA modelinin belirlenmesine çalışılmaktadır.

Trend etkisi taşıyan ya da mevsimsel etkinin varlığı tespit edilen verilere gerekli dönüşümler uygulanmakta ve serinin durağanlığı sağlanana dek farkının alınması gerekmektedir. Mevsimsel seyri olan serilerin mevsimselliğini ortadan kaldırmak amacı ile yapılacak olan fark alma işleminin 1 fark yerine s-fark ile olması gerekmekte ve bu nedenle $y_t - y_{t-1}$ yerine $y_t - y_{t-s}$ şeklinde gösterilen fark işlemi uygulanmaktadır. $y_t - y_{t-s}$ şeklindeki fark işlemi, *mevsimsel fark alma* olarak adlandırılmakta ve s, yıl içindeki mevsim dönemi sayısını göstermektedir. Ayrıca, mevsimselliğin özelliğine bağlı olarak fark alma işleminin birden fazla yapılması da gündeme gelmektedir. D-kez fark alma işlemi sonrası durağan w_t serisi:

$$w_t = \Delta_s^D y_t = \left(1 - B^s\right)^D$$

olarak gösterilmektedir.

Yapılan fark alma işlemi sonucu elde edilen seriler ise *mevsimsel olarak düzeltilmiş seriler* olarak adlandırılmakta ve mevsimsel fark, gözlem değeri ile bir yıl önceki mevsime karşı gelen değeri arasındaki fark olarak ifade edilmektedir.

Gerekli dönüşümler ile durağanlığı sağlanan seriye uygun modelin belirlenmesi amacıyla otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi otokorelasyon fonksiyonu kullanılmaktadır. Eğer OKF grafiğindeki ilişki miktarları gecikme sayısı arttıkça yavaş yavaş azalıyor, ancak KOKF grafiğinde bu azalma ani bir şekilde oluyor ise seriye uygun model *otoregresif model*dir. Buna karşın KOKF grafiğindeki ilişki miktarları gecikme sayısı, arttıkça yavaş yavaş azalıyor, ancak OKF grafiğinde bu azalma ani bir şekilde oluyor ise seriye uygun model *hareketli ortalama modeli*dir. Hem OKF hem de KOKF grafiklerinde ilişki miktarlarının azalışı yavaş yavaş oluyor ise uygun model *karma otoregresif-hareketli ortalama modeli* olmaktadır (Kadılar 2005).

Durağan modeller için OKF ve KOKF'larının teorik davranışı Çizelge 2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Durağan modeller için OKF ve KOKF'larının teorik davranışı

MODEL	**OKF**	**KOKF**
MA(q)	q gecikme sonrası keser	Üstel olarak veya sinüs dalgaları şeklinde azalır
AR(p)	Üstel olarak veya sinüs dalgaları şeklinde azalır	p gecikme sonrası keser
ARMA(p,q)	Üstel olarak veya sinüs dalgaları şeklinde azalır p gecikme sonrası keser	Üstel olarak veya sinüs dalgaları şeklinde azalır q gecikme sonrası keser

(Sevüktekin ve Nargeleçekenler 2007; Akgül 2003b).

OKF ve KOKF'larında görülen davranışların doğru bir şekilde yorumlanması oldukça güçtür. Bu nedenle OKK ve KOKK'larının istatistiksel açıdan önemli olup olmadıklarının test edilmesi doğru karar verilmesi için oldukça önemlidir (Kadılar 2005). Bu amaçla, OKK ve KOKK için pek çok istatistiksel paket program yardımı ile %95 önem seviyesinde güven aralıkları çizdirilebilmektedir. OKK ve KOKK'larının bu sınırlar içinde olması durumunda, istatistiksel açıdan önemli katsayıların olmadığı sonucuna varılmaktadır.

2.3.9.2. Tahmin

Model belirleme işleminin ardından stokastik sürece ilişkin modelin parametrelerinin *tahmin* edilmesi aşaması gelmektedir. Tahmin işlemi genellikle istatistiksel paket programları yardımı ile yapılmaktadır. Bu programlarda parametrelerin başlangıç değerleri otomatik olarak bulunmakta ve parametrelerin optimum değerleri bulunana kadar süreç devam ettirilmektedir.

Model parametrelerinin tahmininde en küçük kareler: EKK ve en çok olabilirlik yöntemlerinden yararlanılmaktadır. En çok olabilirlik yöntemi doğrusal olmayan eşitlik sistemlerine ilişkin parametreleri tahmin etmede kullanılan sayısal bir yöntemdir. Bu yöntem için, doğrusal olmayan bir model Levenberg-Marquardt algoritması ile doğrusal forma dönüştürülür. Bu algoritma doğrusal olmayan modellerin tahmininde yeterli ve oldukça hızlı bir şekilde parametre tahmini yapılmasını sağlamaktadır (Yaffee ve McGee 2000).

2.3.9.3. Ayırd edici kontrol

Box-Jenkins model kurma stratejisinin üçüncü aşamasında bir takım testler yardımı ile modelin başarısı gözden geçirilir. Bu aşamada ilk olarak benzetim serisi ve orjinal serinin otokorelasyon fonksiyonları karşılaştırılmaktadır. Her iki OKF birbirinden farklı bir görünüme sahip ise modelin geçerliliği üzerinde kuşkuya düşmek gerekmektedir. Model doğru bir şekilde tanımlanmış ise serilere ilişkin OKF'ları benzer olacaktır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler 2007).

Modelin ayırd edici kontrolden geçmesi için modelden elde edilen artıkların saf hatalar: SHT olması gerekmekte ve modelin artıklarının saf hata olması ile de sıfır ortalamalı, sabit varyanslı ve bağımsız olmaları ifade edilmektedir. Artıkların birinci ve ikinci gecikmelerde birbirinden bağımsız olması

$$E(a_t\, a_{t+1}) = E(a_t\, a_{t+2}) = 0$$

olarak gösterilmekte olup, bu kriterin sağlanmadığı durumda incelenen modelin yetersiz olduğuna karar verilmekte ve model reddedilmektedir. Bu süreç zaman serisi için uygun bir model bulana kadar devam etmektedir (Akgül 2003b).

Artıkların tek tek test istatistiksel anlamlılığının test edilmesini sağlayan ve daha önce söz edilen Bartlett gibi testlerin yanı sıra tüm artıkların bir arada alındığı testler de söz konusudur. Bu testler arasında en bilineni olan Q-istatistiği, hata terimlerinin saf hata terimi olup olmadığına karar vermek amacı ile kullanılırken tahmin edilen modelin yeterliliğini test etmede de yararlanılmaktadır.

Box -Pierce Q test istatistiği

$$Q(r) = T\sum_{k=1}^{K}\rho_k^2 \approx \chi^2_{K-p-q}$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Bu formülde T durağan seri gözlem sayısını, k gecikme uzunluğunu, (K-p-q) serbestlik derecesini, p AR parametre sayısını ve q MA parametre sayısını göstermektedir.

k gecikme için hata terimlerine ilişkin örnek otokorelasyon değeri ise

$$\hat{\rho}_k = \frac{\sum \hat{\varepsilon}_t \cdot \hat{\varepsilon}_{t-k}}{\sum \hat{\varepsilon}_t^2}$$

şeklinde hesaplanmaktadır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler 2007).

Mevsimsel modeller için

$$Q^* = T(T+2)\sum \frac{\rho_k^2}{T-k} \approx \chi^2_{(k-p-q-P-Q)}$$

formülü ile hesaplanan Ljung-Box Q^*-test istatistiği, tüm OKK'larının sıfır olduğunu vurgulayan $H_0 : \rho_1 = \rho_2 = ... = 0$ hipotezinin sınanmasında kullanılmaktadır. $(p + q + P + Q)$ tahmin edilen parametre sayısını, T durağan zaman serisindeki gözlem sayısını ve k gecikme sayısını göstermektedir (Akgül 2003b).

$Q < \chi^2$ ya da mevsimsel model için $Q^* < \chi^2$ olması durumunda H_0 hipotezi reddedilmeyerek orijinal seri benzetim serisi arasındaki farkların, başka bir ifade ile hataların saf hata süreci izlediği kararına varılmaktadır.

2.3.9.4. Büyük ayırım

Büyük ayırım basamağından önce geçilen aşamalarda birden fazla modelin mevcut veri seti ile iyi bir uyum gösterdiği sonucuna ulaşmak mümkündür. Bir başka ifade ile, doğru tanımlanmış, anlamlı parametreler içeren ve veri ile iyi uyum gösteren çok sayıda model tahmin edilmiş olabilir. Böylesi bir durumda mevcut modeller içinden en iyi modeli seçme problemi ortaya çıkmaktadır.

Literatürde mevcut modeller arasından en uygun olanının belirlenmesi için yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan model seçim kriterleri aşağıda verilmiştir:

Akaike'nin Bilgi Kriteri (AIC)

$$AIC = T \cdot \ln\left(\frac{HKT}{T} + 2k\right)$$

Schwarz Bilgi Kriteri (SIC)

$$BIC = T \cdot \ln\left(\frac{HKT}{T}\right) + k \cdot \ln(T)$$

Kök Ortalama Hata Kare (KOHK)

$$\text{KOHK} = \sqrt{\frac{\text{HKT}}{\text{T}-\text{k}}}$$

Hata Kareler Ortalaması (HKO)

$$\text{HKO} = \frac{\text{HKT}}{\text{T}-\text{k}}$$

Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH)

$$\text{OMYH} = \sum \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \cdot \frac{100}{\text{T}}$$

(Chatfield 2000)

değerleri hesaplanarak karşılaştırma yapılmaktadır. T, durağan seri gözlem sayısını, k parametre sayısını, HKT hata kareler toplamını, y_t t zamanında durağan seriye ait gözlem değerini ve $\hat{y}_t$ t zamanındaki tahmin değerini göstermektedir. Modeller arasından seçim yapılırken tanıtılan model seçim kriterlerini minimum yapan modelin en iyi model olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu aşamada en iyi olduğuna karar verilen model ile öngörü basamağına geçilmektedir.

2.3.9.5. İleri yönelik öngörü

Zaman serisi ve geniş ekonometrik modellerin, hatta daha genel bir ifadeyle çoğu istatistiksel modelin değerlendirilmesi yapılırken, modelin öngörü başarısı önemli bir kriter olarak kullanılmaktadır. Bu genel kabul gören bir kuraldır ve bu nedenle modellerin öngörü başarısının değerlendirilmesi gerekmektedir. Örneğin iki ARIMA modelinin faydası ve geçerliliği eşit olduğunda iki modelin öngörü başarıları karşılaştırılmakta ve daha iyi öngörü sağlayan model tercih edilmektedir (Akgül 2003b).

Y değişkeninin T dönemlik çıktısı veri iken h dönem sonra değişkenin alacağı değer öngörülmek istendiğinde ve stokastik süreci en iyi tanımlayan model ARIMA(p,0,q) olarak belirlendiğinde

$$y_{T+h} = \varphi_1 y_{T+h-1} + \varphi_2 y_{T+h-2} + \ldots + \varphi_p y_{T+h-p} + a_{T+h} - \theta_1 a_{T+h-1} - \theta_2 a_{T+h-2} - \ldots - \theta_q a_{T+h-q}$$

olacak şekilde bir öngörü süreci işletilmektedir.

2.3.10. Zaman serilerinde mevsimsellik

Zaman serilerinde gözlenen periyodik ya da mevsimsel hareketler, birbirini izleyen ölçüm dönemlerinde aynı ölçüm zamanları arasında gözlenen benzer yükselme ya da düşme hareketleri olarak tanımlanmaktadır. Bu özelliğe sahip serilerde mevsimsel ilişkinin yanında ardışık gözlemler arasında da ilişki ortaya çıkabilmektedir. Mevsimsel fark alma işleminden bağımsız olarak kullanılabilecek SAR (mevsimsel AR), SMA (mevsimsel hareketli ortalama), SARMA (mevsimsel karma otoregresif-hareketli ortalama) gibi modeller zaman serileri analizi kapsamında kullanılmaktadır (Yaffee ve McGee 2000).

Serilerin grafiğinde trend ve mevsimselliğin varlığı belirlendiği durumlarda, bu bileşenlerin yorumlanması ve modelde açıklanmaları gerekmektedir. Bir modelin başarılı kabul edilebilmesi için serinin tüm gözlenen özelliklerini kapsaması gerekmekte, aksi halde tahmin edilen modelin zayıf bir model olduğu ifade edilmektedir (Akgül 2003b). Mevsimsel modellerin istatistiksel analizleri mevsimsel olmayan modeller ile aynı şekilde yürütülmektedir (Kadılar 2005).

2.3.10.1. Mevsimsel otoregresif modeller SAR(P)

Durağan bir zaman serisinin t-dönemindeki gözlemlerinin, önceki yılın karşı gelen dönemine ait gözlemlerinin artı rassal şokun doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edildiği durumda sürecin *mevsimsel otoregresif* olduğu ifade edilmektedir (Akgül 2003b).

Mevsimsel otoregresif modeller genel olarak

$$y_t = \Phi_1 y_{t-s} + \Phi_2 y_{t\text{-}2s} + \ldots + \Phi_P y_{t\text{-}Ps} + a_t$$

ya da

$$y_t - \Phi_1 y_{t-s} - \Phi_2 y_{t\text{-}2s} - \ldots - \Phi_P y_{t\text{-}Ps} = a_t$$

olarak gösterilmektedir.

SAR(P) modeli geri kaydırma işlemcisi:B kullanılarak

$$\left(1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \ldots - \Phi_P B^{Ps}\right) y_t = a_t$$

olacak şekilde ifade edilmekte ya da SAR(P) modeli kapalı formda

$$\Phi\left(B^s\right) y_t = a_t$$

olarak gösterilmektedir (Kadılar 2005).

Modellerde P mevsimsel AR sürecinin mertebesini, Φ_i mevsimsel AR parametrelerini simgelemektedir. Ayrıca y_t durağan zaman serisini, s mevsim dönemi sayısını göstermektedir.

Mevsimsel otoregresif modelin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarının yorumlanmasında dikkat edilecek nokta anlamlı kısmi otokorelasyon katsayılarının ardışık gözlemler arasında değil belirli periyotlara ilişkin gecikmelerde, bir başka ifade ile s, 2s, …Ps gecikmelerinde ortaya çıkmasıdır.

2.3.10.2. Mevsimsel hareketli ortalama modelleri SMA(Q)

Durağan bir zaman serisinin mevcut gözlemlerinin, rassal şokun artı s-dönem önceki rassal şokun doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edilmesi durumunda sürecin, *mevsimsel hareketli ortalama* süreci olduğu ifade edilmektedir (Akgül 2003b).

Mevsimsel hareketli ortalama modelleri genel olarak

$$y_t = a_t - \Theta_1 a_{t-s} - \Theta_2 a_{t-2s} - .. - \Theta_Q a_{t-Qs}$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

SMA(Q) modeli geri kaydırma işlemcisi:B kullanılarak

$$y_t = \left(1 - \Theta_1 B^s - \Theta_2 B^{2s} - ... - \Theta_Q B^{Qs}\right) a_t$$

şeklinde ifade edilmektedir. Model kapalı formda

$$y_t = \Theta\left(B^s\right) a_t$$

olarak gösterilmektedir.

Modellerde a_t saf hata terimini, Q mevsimsel MA sürecinin mertebesini, Θ_i mevsimsel MA parametrelerini simgelemektedir.

SMA süreçlerinin otokorelasyon fonksiyonlarının yorumlanması oldukça dikkat gerektirmektedir. Mevsimsel MA sürecine ait otokorelasyonlar mevsimsel AR modellerine ait kısmi otokorelasyon katsayılarında olduğu gibi *mevsimsel gecikmelerde* ve katlarında ortaya çıkmaktadır.

2.3.10.3. Mevsimsel ARMA modelleri SARMA(P,Q)

Mevsimsel zaman serisinin hem mevsimsel AR ve hem de mevsimsel MA süreçlerinin etkisini taşıdığı saptanması durumunda mevsimsel olmayan zaman serilerindekine benzer şekilde sürecin mevsimsel AR ve mevsimsel MA parametrelerini içerecek şekilde modellenmesi gerekmektedir.

ARMA(P,Q)$_s$ veya SARMA(P,Q) olarak gösterilen mevsimsel karma otoregresif hareketli-ortalama modelleri genel olarak

$$y_t = \Phi_1 y_{t-s} + \Phi_2 y_{t-2s} + \ldots + \Phi_P y_{t-Ps} + \varepsilon_t - \Theta_1 \varepsilon_{t-s} - \Theta_2 \varepsilon_{t-2s} - \ldots - \Theta_Q \varepsilon_{t-Qs}$$

olacak şekilde ifade edilmektedir.

Mevsimsel zaman serisi için tanımlanan ilişki geri kaydırma işlemcisi: B ile

$$\left(1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \ldots - \Phi_P B^{Ps}\right) y_t = \left(1 - \Theta_1 B^s - \Theta_2 B^{2s} - \ldots - \Theta_Q B^{Qs}\right) \varepsilon_t$$

veya kapalı formda

$$\Phi_P\left(B^s\right) y_t = \Theta_Q\left(B^s\right) \varepsilon_t$$

olarak tanımlanmaktadır. Modelde P mevsimsel AR sürecinin mertebesini, Q mevsimsel MA sürecinin mertebesini simgelemektedir.

Mevsimsel karma otoregresif hareketli ortalama modellerinin hem OKF hem de KOKF grafiklerindeki ilk gecikmelere ait ilişkilerin yavaşça azalması gerektiği ve OKF grafiğindeki periyodun yanındaki gecikmelere ait ilişkilerin yönü ve büyüklüğünden Q'nun değeri, KOKF grafiğinden de P'nin değerinin elde edileceği bilinmektedir (Kadılar 2005).

2.3.10.4. Mevsimsel ARIMA modelleri SARIMA(P,D,Q)

Durağanlık özelliğine sahip olmayan, buna karşın mevsimsellik özelliğine sahip zaman serisinin hem mevsimsel AR ve mevsimsel MA süreçlerinin etkisini taşıdığı belirlendiğinde mevsimsel olmayan ARIMA modellemesine benzer şekilde bu kez mevsimsel ARIMA modeli ile modellenmeleri söz konusu olacaktır.

SARIMA(P,D,Q) ya da ARIMA(P,Q,Q)$_s$ olarak ifade edilen mevsimsel otoregresif bütünlenen hareketli ortalama modellerinde *gözlemler sadece mevsimsel gecikmelerde ve katlarında bağımlı olmakta, mevsim içindeki gözlemler bağımsız olmaktadır*. Ayrıca mevsim etkisi taşıyan seriler, hem mevsimsel olmayan hem de mevsimsel olan kısmı barındıracak şekilde modelleneceklerinden, kurulacak modellerde de bu ayrıma uygun olarak mevsimsel olan ve mevsimsel olmayan parametrelerin tahmin edilmesi gerekmektedir (Akgül 2003b).

P, D, Q mertebelerinde mevsimsel ARIMA modeli, geri kaydırma işlemcisi ile

$$\Phi_P\left(B^s\right)\Delta_s^D y_t = \Theta_Q\left(B^s\right)\varepsilon_t$$

olacak şekilde ifade edilmektedir.

Durağan olmayan y_t serisi için mevsimsel ARIMA modeli

$$\Delta_s^D y_t = \frac{\theta\left(B^s\right)}{\varphi\left(B^s\right)}\varepsilon_t$$

veya

$$\Delta_s^D y_t = \frac{\Phi_P\left(B^s\right)}{\Theta_Q\left(B^s\right)}\varepsilon_t$$

olacak şekilde de gösterilmektedir (Akgül 2003b).

2.3.10.5. Çarpımsal-mevsimsel ARIMA modelleri

Çarpımsal ARIMA modelleri ile mevsim içerisindeki ve mevsimler arasındaki bağımlılık yapısı birlikte modellenmektedir. Pek çok zaman serisi verisine bakıldığında bu durumun zaman serilerinin analizi için oldukça geçerli bir yaklaşım olduğu görülmektedir. Daha geniş bir anlatımla aylık veriler arasında bir aya ait değer ile bir önceki yılın aynı ayına karşı gelen gözlem değeri arasında var olan anlamlı bir ilişki, yıl içi geçmiş gözlem değerleri ile arasında da bulunabilir. Bu durumda mevsimsel ve mevsimsel olmayan bu ilişkilerin modellenmesi *ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)$_s$* olarak gösterilen *çarpımsal mevsimsel ARIMA* modelleri ile yapılmaktadır. Model genel olarak

$$(1-B)^d\left(1-B^s\right)^D y_t = \frac{\left(1+\theta_1 B+\theta_2 B^2+\ldots+\theta_q B^q\right)\left(1+\Theta_1 B^s+\ldots+\Theta_Q B^{Qs}\right)}{\left(1-\varphi_1 B-\varphi_2 B^2-\ldots-\theta_p B^p\right)\left(1-\Phi_1 B^s-\ldots-\Phi_P B^{Ps}\right)} a_t$$

ya da kısaca

$$\varphi_p(B)\Phi_P\left(B^s\right)(1-B)^d\left(1-B^s\right)^D y_t = \theta_q(B)\Theta_Q\left(B^s\right)a_t$$

şeklinde gösterilmektedir (Chatfield 2000).

Modelde θ mevsimsel olmayan MA parametrelerini, q mevsimsel olmayan MA parametre sayısını, φ mevsimsel olmayan AR parametrelerini, p mevsimsel olmayan AR parametre sayısını, Φ mevsimsel AR parametrelerini, P mevsimsel AR parametre sayısını, Θ mevsimsel MA parametrelerini ve Q mevsimsel MA parametre sayısını simgelemektedir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmanın hayvan materyalini İngiltere Ulusal Süt Kayıtları Birliği'nde kaydı tutulan ve ilk kontrolleri Kasım 1988 ile Ekim 1989 tarihleri arasında yapılmış olup 10 adet verim kaydı bulunan, 7.973 sürüdeki İngiliz Siyah Alaca düvesi oluşturmaktadır. Verim kayıtları yaklaşık olarak birer aylık aralıklarla alınmıştır. Her bir kontrol günü süt verimi 24 saatlik süre içerisinde alınan bireysel günlük süt verimlerinin toplamıdır ve kg cinsinden kayıt edilmiştir. Veri seti 40 denenmiş ve 649 denenmemiş boğanın 23.873 dişi yavrusuna ait kayıtlardan oluşmaktadır.

Verilerin hazırlık aşamasında ilk olarak bireysel laktasyon eğrileri incelenmiştir. Laktasyon süt verimi standart bir seyir izlemeyen, bir başka ifade ile tipik olmayan laktasyon eğrisine sahip hayvanlar çalışmanın dışında bırakılmıştır. Bu aşamada veri seti 4.942 hayvana ait kontrol günü süt verimi kayıtlarına indirgenmiştir.

Veri setindeki heterojenliği azaltmak amacı ile her bir kontrol gününde ortalamanın ±1 standart sapma aralığı dışında verim kaydına sahip hayvanlar saptanarak toplamda 1.070 hayvanın 10.700 laktasyon kaydı analiz edilmek üzere hazırlanmıştır.

3.2. Metot

Çalışmada veri analizinde önceki bölümde yer verilen tek değişkenli zaman serisi analizi kullanılmıştır. Klasik zaman serisi tertibinden farklı olarak bu çalışmada kontrol günü süt verimlerini içeren veri seti Macciotta (2000, 2002) tarafından uygulanan bir yaklaşımla hazırlanmıştır (Çizelge 3.1.). Macciotta vd (2000), indeks değişkeninin, içerdiği anlam ne olursa olsun çıktıyı, yani Y değerlerini, sıralamada kullanılan bir araç olduğunu ve bu nedenle herhangi bir zaman kavramına bağlı olmak zorunda olmadığını belirtmişlerdir.

Çizelge 3.1. Veri setinin analize hazırlanması

Sığır	Kontrol Günü	Verim	İndeks
1	1	*	1
1	2	*	2
1	3	*	3
1	4	*	4
1	5	*	5
1	6	*	6
1	7	*	7
1	8	*	8
1	9	*	9
1	10	*	10
2	1	*	11
2	2	*	12
2	3	*	13
2	4	*	14
2	5	*	15
2	6	*	16
2	7	*	17
2	8	*	18
2	9	*	19
2	10	*	20
.			.
.			.
.			.
.			.
535	1	*	5.341
535	2	*	5.342
535	3	*	5.343
535	4	*	5.344
535	5	*	5.345
535	6	*	5.346
535	7	*	5.347
535	8	*	5.348
535	9	*	5.349
535	10	*	5.350

* Belirtilen kontrol gününde ölçülen süt verimi

Veri setinin izlenecek yönteme uygun olarak düzenlenmesi aşamasında öncelikle her bir hayvan rastgele sıralanmış, ardından laktasyon kayıtları her bir hayvan içerisinde sıraya konmuştur. Toplamda 10.700 laktasyon kaydına karşılık gelen gözlemlere 1'den 10.700'e kadar bir indeks değeri atanmıştır. Örneğin 26 numaralı indeks değeri 3. sıradaki hayvanın 6. laktasyon kaydını belirtmektedir.

Veri seti 535 hayvanın 5.350 kontrol günü süt verimi kaydını içeren iki ayrı kısma ayrılmıştır. Model parametreleri SAS programının ARIMA prosedüründe ilk 535 hayvan için en çok olabilirlik yöntemi ile tahmin edilmiştir (SAS Institute 2009). Modelin öngörü başarısı ikinci gruptaki 535 hayvanın kayıtları kullanılarak değerlendirilmiş ve en isabetli öngörüleri sağlayan minimum kayıt sayısını belirlemede kullanılmıştır.

Öngörü algoritması her bir hayvanın bilindiği varsayılan 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 kaydı kullanılarak geriye kalan, sırasıyla 8, 7, 6, 5, 4, 3 ve 2 kaydını öngörmek şeklinde işletilmiştir.

Zaman serisi analizi daha çok ekonomi alanında uygulama olanağı bulduğundan kullanılan terminoloji de bu alana özgüdür. Bu çalışmada kullanılan yöntem dolayısı ile hangi kavramların çalışma konusu ile nasıl ilişkilendirildiğine değinmek faydalı olacaktır:

Çalışmada;

- Zaman $\Rightarrow$ İndeks
- Yıl $\Rightarrow$ Laktasyon dönemi
- Ay $\Rightarrow$ Kontrol günü
- Mevsim $\Rightarrow$ Laktasyonun pik verim dönemi ya da artış veya azalış seyri izlediği dönemler vb.

olarak ele alınmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

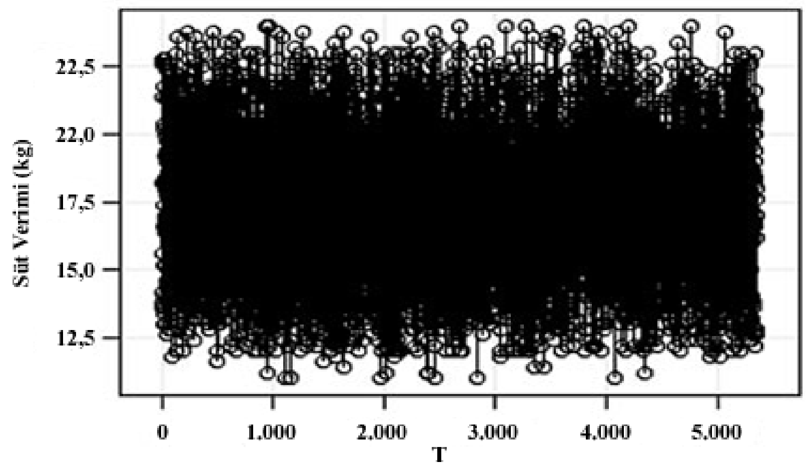
Çizelge 4.1.'de model kurma basamağında kullanılan veri setine ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler sunulmuştur. Beklendiği gibi en yüksek ortalama süt verimi 2. kontrol gününde saptanmıştır olup ortalamalar tipik laktasyon eğrisine benzer bir seyir izlemektedir.

Çizelge 4.1. Veri setine ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler

		N	Ortalama	Std. Sapma
Kontrol Günü	**1**	535	19,18	2,118
	2	535	20,30	1,878
	3	535	19,56	1,840
	4	535	18,52	1,731
	5	535	17,63	1,787
	6	535	16,89	1,790
	7	535	16,51	1,902
	8	535	15,94	1,916
	9	535	15,15	1,809
	10	535	14,06	1,384

Box-Jenkins model kurma stratejisinin ilk adımında deneme niteliğindeki modelin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla analizin ilk aşamasında kontrol günü süt verimi kayıtlarının indeks değişkeni T'ye karşılık çizilen grafiği, otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafikleri incelenerek, serinin ortalamasının ya da varyansının zaman içerisinde değişim gösterip göstermediği incelenmiştir.

Verilere ait zaman yolu grafiği Şekil 4.1.'de sunulmuştur. Şekilden de görüleceği gibi süt verimi belirli bir bandın dışına çıkmamakta ve alçalma ya da yükselme yönünde herhangi bir eğilim göstermemektedir Bu nedenle serinin ortalamada ve varyansta durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.1. Verilere ait zaman yolu grafiği

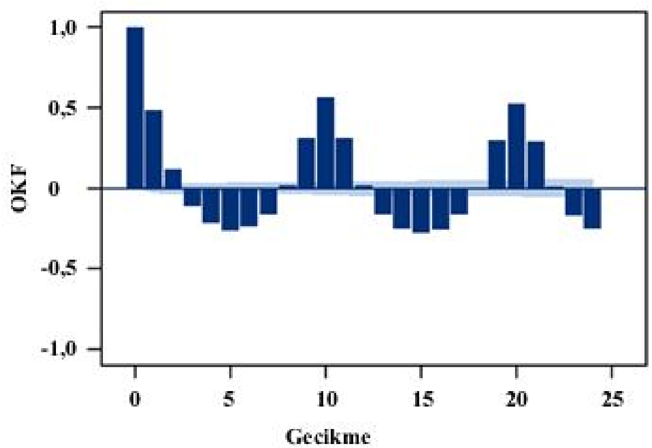
Kontrol günü kayıtlarına ait rassal gidiş için otokorelasyonların kontrolü Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Bu çizelgede tüm gecikmelere ilişkin ki-kare değerlerinin anlamlı olması ($p<0,05$) sürecin modellenebileceğini göstermektedir. Başka bir ifade ile süreç bir rassal gidiş süreci değildir ve modellenebilir.

Çizelge 4.2. Rassal gidiş için otokorelasyonların kontrolü

Rassal Gidiş İçin Otokorelasyon Kontrolü									
Gecikme	**Ki-kare**	**SD**	**P**	**Otokorelasyonlar**					
6	2332,8	6	<,0001	0,486	0,116	-0,112	-0,219	-0,262	-0,239
12	5235,08	12	<,0001	-0,162	0,015	0,312	0,566	0,312	0,016
18	6622,49	18	<,0001	-0,164	-0,25	-0,278	-0,255	-0,163	0,004
24	9548,34	24	<,0001	0,296	0,527	0,295	0,008	-0,167	-0,253

Deneme niteliğindeki modelin belirlenmesi amacı ile seriye ait otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları da incelenmiştir. Şekil 4.2.'de sunulan otokorelasyon katsayılarının 0,10, 20,…, gecikmelerinde zirve yapması periyodik bileşenin varlığına işaret etmektedir. OKF(1), OKF(10) ve OKF(20) değerleri yüksek derecede bir ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır. Benzer şekilde yüksek korelasyonlar OKF(5), OKF(15) ve OKF(25)'te de saptanmıştır.

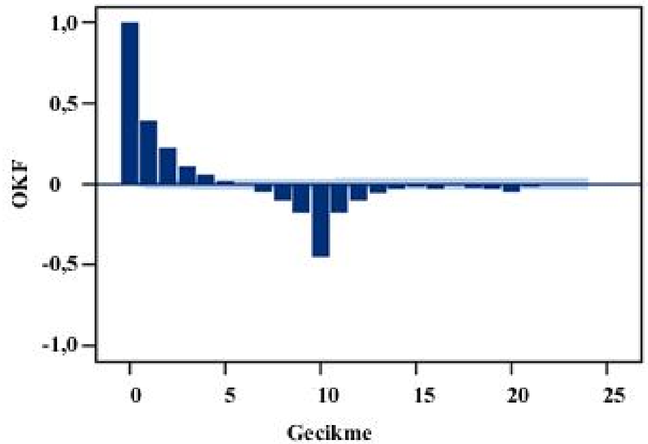
Şekil 4.2'den korelasyonların güven sınırları dışına çıktığı ve bu nedenle de istatistiksel olarak önemli oldukları görülmektedir. Bu durum veri setinin oluşturulma şekli düşünüldüğünde beklenen bir sonuçtur. Her ne kadar çalışmanın materyalini oluşturan kontrol günü süt verim kayıtları rastgele sıralanmış olsa da teorik olarak her bir laktasyonda aynı dönemde pik verimine ulaşıldığı bilinmektedir. Periyodik gecikmelerde ortaya çıkan bu yüksek otokorelasyonlar ve bu otokorelasyonların aynı seviyede varlığını devam ettirmesi, güçlü bir mevsimsellik göstergesi olup veri setine *mevsimsel fark* işlemi uygulanması gerektiğini göstermektedir.



Şekil 4.2. Orjinal Seriye ait otokorelasyon fonksiyonu

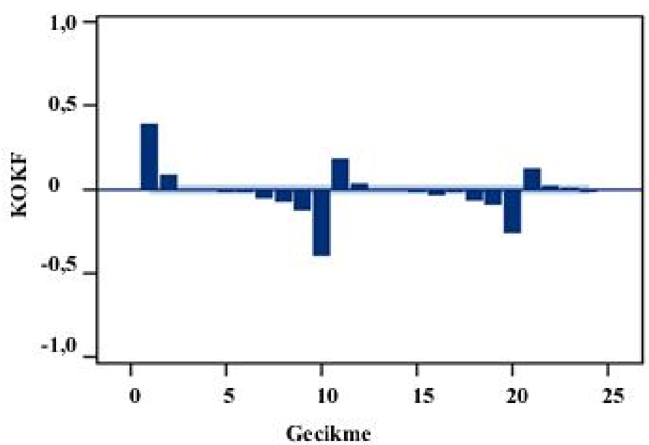
Şekil 4.3.'te mevsimsel farkı alınmış serinin otokorelasyon fonksiyonu yer almaktadır. Bu şekilde, gecikme uzunluğu arttıkça otokorelasyon fonksiyonunun hızla azalıp 0'ı kestiği, bununla birlikte orijinal seriye ilişkin otokorelasyon fonksiyonunda 10 ve 10'un katlarında gözlenen periyodik davranışın giderildiği belirlenmiştir.

Bulgular serinin mevsimsel olarak durağan hale getirildiğini ortaya koymaktadır. Buna karşın 1. ve 10. gecikmelerdeki otokorelasyonların model oluşturulurken dikkate alınması gerekmektedir. Sonuç olarak MA mertebesinin mevsimsel olmayan ve mevsimsel olan kısımlarını simgeleyen, p ve P mertebeleri, 1 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Mevsimsel farkı alınmış serinin otokorelasyon fonksiyonu

Serinin kısmi otokorelasyon fonksiyonları incelenerek AR sürecine ilişkin mertebelerin dereceleri belirlenmiştir (Şekil 4.4.). Buna göre, mevsimsel farkı alınmış serinin kısmi otokorelasyon fonksiyonu 0'ı ikinci gecikmede kesmektedir. Bu durumda mevsimsel olmayan AR mertebesinin 2 olduğu düşünülebilir. Buna karşın ilk iki mevsimsel gecikmede önemli olan kısmi otokorelasyonların da dikkate alınması gerekmektedir.



Şekil 4.4. Mevsimsel farkı alınmış serinin kısmi otokorelasyon fonksiyonu

Analizin sonraki aşamasında, aday model olarak belirlenen çarpımsal-mevsimsel ARIMA modeline ait parametreler tahmin edilmiş ve mevsimsel AR mertebesinin 2 olması durumunda anlamsız olduğu ($p>0,05$) görüldüğünden analiz dışında tutulmasına karar verilmiştir. Serinin D=1 olmak üzere 1 kez mevsimsel farkı alındığından nihai model $ARIMA(2,0,0)(1,1,1)_{10}$ modeli olarak belirlenmiş ve bu modele ilişkin parametre tahminleri Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Model parametrelerine ait tahmin sonuçları

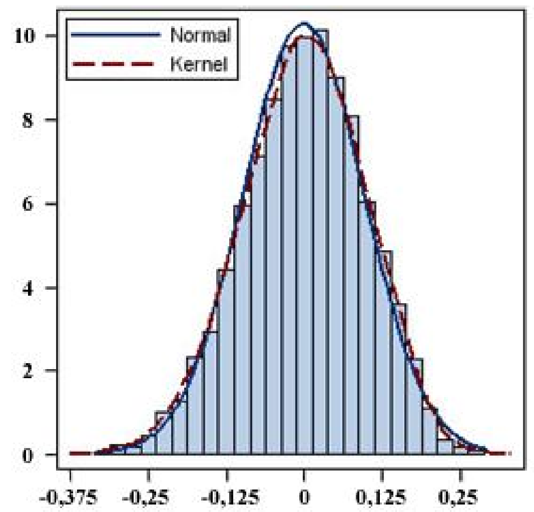
En Çok Benzerlik Tahminleri					
Parametre	**Tahmin**	**Standart Hata**	**t-değeri**	**P**	**Gecikme**
SMA	0,99129	0,0022861	433,61	<,0001	10
AR1	0,36889	0,01362	27,08	<,0001	1
AR2	0,06934	0,01361	5,09	<,0001	2
SAR	0,08352	0,01377	6,07	<,0001	10

En çok benzerlik yöntemi ile tahmin edilen $ARIMA(2,0,0)(1,1,1)_{10}$ modeline ait parametrelerin tümünün 0'dan istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Bununla birlikte Çizelge 4.4.'te sunulan ve model artıklarına ilişkin ilk 48 gecikme için hesaplanmış olan ki-kare değerlerinin tüm gecikmeler için önemsiz olduğu saptanmıştır ($p>0,05$). Bu durumda modele herhangi bir AR ya da MA terimi eklenmesine gerek olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4.4. Artıkların otokorelasyon testi sonuçları

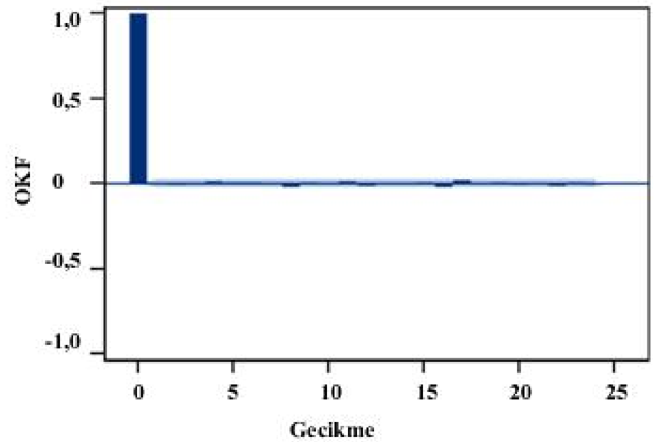
Artıkların Otokorelasyon Kontrolü									
Gecikme	**Ki-kare**	**SD**	**P**	**Otokorelasyonlar**					
6	1,46	2	0,4828	-0,001	-0,004	0,003	0,012	0,004	0,009
12	5,5	8	0,7034	-0,001	-0,02	0,006	0,001	0,01	-0,015
18	13,52	14	0,4861	0,001	-0,001	0,008	-0,017	0,021	-0,026
24	15,41	20	0,7523	0,008	-0,006	0,004	-0,011	0,005	-0,009
30	22,29	26	0,6729	0,001	0,014	0,006	-0,012	0,03	-0,005
36	24,79	32	0,8143	-0,002	-0,008	-0,018	0,008	0,004	0,003
42	28,81	38	0,8590	0,014	-0,001	-0,013	-0,002	0,001	0,019
48	33,93	44	0,8634	-0,027	-0,001	-0,005	-0,005	0,007	0,01

Model artıklarının dağılımı Şekil 4.5.'te sunulmuştur. Bu şekil incelendiğinde artıkların yaklaşık 0 ortalama etrafında normal dağılışa sahip olduğu görülmektedir.

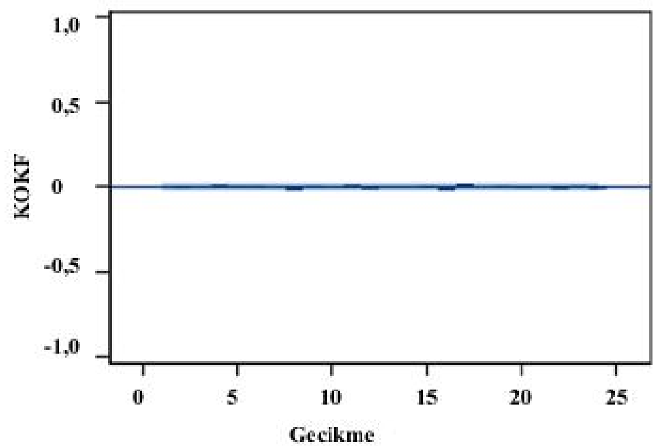


Şekil 4.5. Model artıklarının dağılımı

Artıklara ilişkin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonları da modelin veri setini tanımlamada uygun olduğunu göstermektedir. Model artıklarına ilişkin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyonların tümü güven sınırları içerisinde kaldığından, yani model artıkları arasında istatistiksel açıdan önemli korelasyonlar olmadığından modelin doğru bir şekilde tanımlandığı sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4.6.). Şekil 4.6.'dan de görülebileceği gibi model artıklarına ilişkin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyonlar belirgin herhangi bir seyir izlememekte ve 0 etrafında rassal olarak dağılmaktadır.



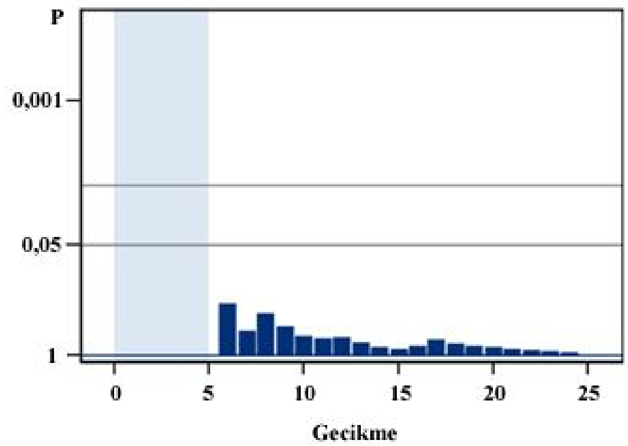
(a)



(b)

Şekil 4.6 Model artıklarının otokorelasyon (a) ve kısmi otokorelasyon (b) fonksiyonları

Model artıklarının saf hata özelliği gösterip göstermediğini incelemenin bir yolu da gecikmelere (k) karşılık çizilen olasılık değeri (P)'nin grafiğini incelemektir. Şekil 4.7.'de model artıklarına ilişkin rassal yürüyüş grafiği verilmiştir. Tüm gecikmelerde otokorelasyonların 0,05 anlam düzeyinde önemsiz olduğu görülmekte olup bu değerler gecikme uzunluğu arttıkça 1'e yaklaşmaktadır.



Şekil 4.7. Artıkların rassal yürüyüş grafiği

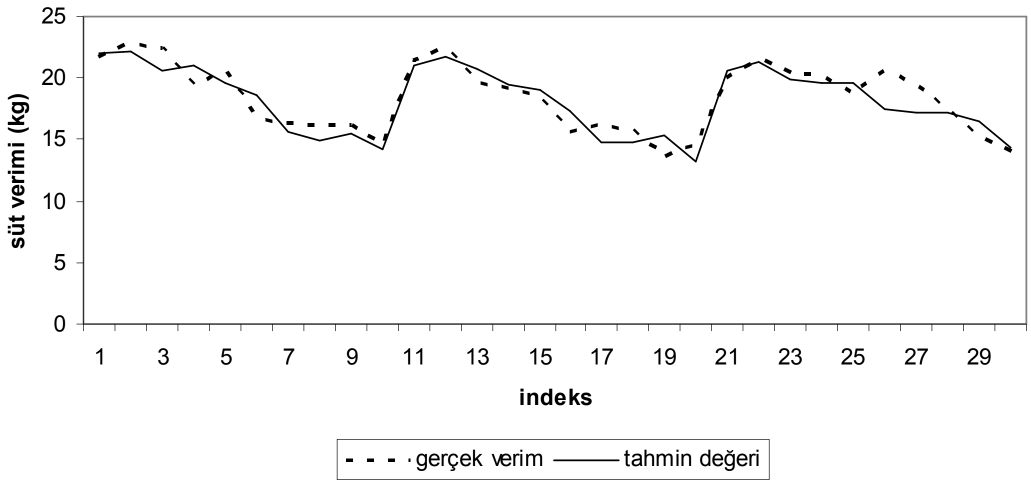
Mevcut seri için uygun olduğu belirlenen ARIMA$(2,0,0)(1,1,1)_{10}$ modeli tahmin edilen parametre değerleri ile

$$\left(1-B^{10}\right)^{1} y_t = \frac{\left(1-0{,}99129B^{10}\right)}{\left(1-0{,}36889B-0{,}06934B^{2}\right)\left(1-0{,}08352B^{10}\right)} a_t$$

olarak gösterilmektedir.

Macciotta vd (2000), Sarda koyunlarına ait mevsimsellikten arındırılmış kontrol günü süt verimlerini modelledikleri çalışmalarında çarpımsal mevsimsel ARIMA$(2,0,0)(1,0,1)_7$ modelini uygun model olarak belirlemişlerdir. Bu model çalışmamızda belirlenen model ile örtüşmektedir. Bunun yanında Macciotta vd (2002), Simmental ırkı inekler üzerinde yürüttükleri çalışmalarında çarpımsal mevsimsel ARIMA$(1,0,1)(1,0,1)_8$ modelini, Deluyker vd (1990) ise Holstein ırkı ineklere ait kontrol günü süt verim kayıtlarını modelledikleri çalışmalarında ARIMA(0,1,1) modelini uygun model olarak belirlemişlerdir.

Şekil 4.8.'de gerçek süt verimleri ve model yardımı ile tahmin edilen değerlere ilişkin kısmi bir grafik sunulmuştur. Modelin başarısı, gerçek değerler ile tahmin edilen değerlerin birbirine benzer bir seyir izlemesinden de açıkça görülmektedir. Ayrıca çalışmada gerçek değerler ile modelden tahmin edilen değerler arasındaki korelasyon 0,90 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.8. Gerçek verim ve tahmin değerlerinin kısmi grafiği

Modelin öngörü başarısı 535 hayvanın 5.350 laktasyon kaydı üzerinde değerlendirilmiştir. Bu amaçla her bir hayvanın 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 kaydının bilindiği; sırasıyla 8, 7, 6, 5, 4, 3 ve 2 kaydının mevcut olmadığı veri setleri planlanmış ve tahmin edilen model parametreleri kullanılarak öngörü işlemleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 4.5.'te verildiği gibidir.

Çizelge 4.5. Mevcut gözlem değerleri ile öngörü değerleri arasındaki korelasyonlar

		Mevcut Gözlem Sayısı						
		2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Öngörüsü Yapılan Kontrol Günü	**3**	0,74						
	4	0,74	0,82					
	5	0,74	0,79	0,81				
	6	0,75	0,78	0,80	0,85			
	7	0,76	0,78	0,80	0,85	0,87		
	8	0,76	0,78	0,79	0,83	0,87	0,87	
	9	0,75	0,77	0,78	0,81	0,83	0,84	0,87
	10	0,74	0,75	0,76	0,79	0,80	0,80	0,80

Tüm korelasyonlar için p<0,001'dir.

Mevcut gözlem sayısı arttıkça model yardımı ile öngörüsü yapılan değerler ile serinin gerçek değerleri arasındaki korelasyonların artma eğilimde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.5.). Bununla birlikte, öngörüsü yapılacak kontrol günü son kontrol kaydının alındığı günden uzaklaştıkça sözü edilen değerler arasındaki korelasyonlar azalmaktadır. Çalışmanın bulguları 6 kaydın mevcut olduğu durumun serinin gelecekteki değerlerinin öngörüsü için yeterli seviyede bilgi içerdiğini göstermektedir.

Macciotta vd (2002), çalışmalarında süt verimi için 2 adet mevcut kontrol günü kaydını 3. kayıt gününe ait verimleri öngörmede kullanmışlar ve gerçek değerler ile öngörü değerleri arasındaki korelasyonları 0,85 olarak saptamışlardır. Aynı şekilde 3, 4, 5 ve 6 kaydın olduğu durumlar için de bir sonraki kayda ilişkin öngörüler ile gerçek değerler arasında tüm durumlar için 0,85'lik korelasyonlar saptamışlardır. Buna karşın çalışmamızda 6 gözlemin mevcut olduğu durumda 7 ve 8. gözlem değerlerine ilişkin gerçek değerler ve öngörü değerleri arasında her iki kontrol günü için 0,87'lik korelasyonlar saptanmıştır. Sözü edilen çalışmada korelasyonlar 0,85-0,44 arasında değişim göstermekte iken çalışmamızda tüm durumlar için korelasyonlar 0,87-0,74 aralığındadır.

Serilerin değerleri arasında az da olsa gözlenen farklılıkların daha homojen hayvan grupları ile çalışılması durumunda daha da azalması beklenmektedir. Ayrıca model tahmini yapılan hayvan gurubu ile modelin öngörü başarısının değerlendirildiği hayvan gurubunun da benzer koşullarda yetiştirilen ve genetik potansiyel olarak da birbirinin benzeri hayvanlar olmaları daha isabetli öngörüler yapılmasına olanak sağlayacaktır. Bu açıdan bakıldığında çalışmada ele alınan yöntemin sürü ya da işletme bazında kullanılması uygun olacaktır. Özellikle otomatik kontrol sistemlerinin kullanıldığı işletmelerde bireyler için tahmin edilen değerlerden büyük sapmalar görülmesi durumunda bu hataların değerlendirilmesi gerekmektedir.

5. SONUÇ

Kontrol günü süt verimlerinin modellenmesine yönelik çalışmalar zamanın bir fonksiyonu olan deterministik modeller tahminlemek yoluyla gerçekleştirilmektedir. Bu yaklaşım model tahmin hataları arasında bir korelasyon olmadığı varsayımına dayanmakta ve bu varsayımın sağlandığı genellikle peşinen kabul edilmektedir. Bu modeller ile yapılacak öngörüler de yalnızca deterministik unsurları içerecektir.

Bu çalışmada kontrol günü süt verimleri klasik yaklaşımdan farklı olarak modellenmiştir. Çalışmada, daha çok ekonomi alanında yaygın kullanımı olan ve bir seriye ait değerleri, kendi geçmiş dönem gözlem değerleri, güncel ve geçmiş dönem rassal artıkları ile modelleme olanağı sağlayan tek değişkenli zaman serisi yöntemi kullanılmıştır.

Zaman serileri analizinde asıl amaç tahmin edilen model yardımı ile öngörü yapmaktır. En isabetli öngörüleri elde etme amacı ile gerek zaman serisi gerekse model her aşamada bir dizi kontrolden geçirilir. Modellemenin yapılabilmesi için seriye gerekli dönüşümler uygulanır ve nihai seri analiz edilerek uygun model saptanır.

Çalışmamızda önce sığırlar kendi içerisinde rastgele sıralanmış, ardından da her bir hayvana ait kontrol günü kaydı yine kendi içerisinde sıralanarak yeni bir seri elde edilmiştir. Bu seri değerlerine 1'den başlamak üzere indeks değerleri atanmış ve analizlerde kullanılacak zaman serisi oluşturulmuştur. Bu amaçla 535 hayvanın 5.350 kontrol günü süt verimi kaydı kullanılmıştır.

Veri seti için uygun model ARIMA$(2,0,0)(1,1,1)_{10}$ olarak belirlenmiştir. Modelin öngörü başarısını değerlendirmek amacı ile 535 hayvanın 5.350 verim kaydını içeren ikinci bir veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti üzerinden her bir hayvanın 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 kaydının bilindiği ve sırası ile 8, 7, 6, 5, 4, 3 ve 2 kaydının öngörüleceği düzenler oluşturulmuştur. Yapılan analizler sonucunda gerçek değerler ile öngörü değerleri arasındaki korelasyonlar tüm düzenlerde 0,70'in üzerinde ve istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca 6 gözlemin bulunduğu durumda model yardımıyla yapılan öngörülerin yeterli bilgiyi içerdiği ve 0,87-0,80 arası bir korelasyonla gerçek değerleri öngördüğü saptanmıştır.

Modelin daha isabetli öngörülerde bulunabilmesi için parametrelerin tahmin edileceği hayvan popülasyonunun mümkün olduğu kadar homojen olması gerekmektedir. Çünkü laktasyon eğrisinin her sürü için kendine has bir seyri olduğu ve genetik faktörlerin yanında çevresel faktörlerden de etkilendiği bilinmektedir. Bu nedenle özellikle günlük kayıt tutulan otomatik kontrol sistemlerinin kullanıldığı işletmelerde kolaylıkla uygulanabilecek bu yöntem ile uygun model belirlenerek yüksek öngörü hataları dikkate alınmalıdır. Gerçek seri değeri ile öngörü değeri arasında gözlenen büyük sapmalar hastalıkların erken tespitinde gerekli uyarıyı yapabilecektir.

Zaman serisinin klasik modellere göre olumsuz yanı ise parametrelerinin biyolojik yorumlarının olmamasıdır. Ancak unutulmamalıdır ki zaman serisi modellemesinde asıl amaç parametreleri yorumlamak değil kısa dönemli öngörülerde bulunmaktır.

6. KAYNAKLAR

AKGÜL, I. 2003-a. Geleneksel Zaman Serisi Yöntemleri. Der Yayınları: 342, İstanbul, 177 ss.

AKGÜL, I. 2003-b. Zaman Serilerinin Analizi ve ARIMA Modelleri. Der Yayınları: 342, İstanbul, 251 ss.

BOX, G.E.P. and JENKINS, G.M. 1976. Time Series Analysis: Forecasting and Control. Revised Edition, Holden-Day, USA, 575 ss.

CHATFIELD, C. 2000. Time Series Forecasting. CRC Press LLC, NW, 265 ss.

DELUYKER, H.A., SHUMWAY, R.H., WECKER, W.E., AZARI, A.S. and WEAVER, L.D. 1990. Modeling Daily Milk Yield in Holstein Cows Using Time Series Analysis. *Journal of Dairy Science*, 73: 539-548.

DRUET, T., JAFFREZIC, F., BOICHARD, D. and DUCROCQ, V. 2003. Modeling Lactation Curves and Estimation of Genetic Parameters For First Lactation Test-Day Records of French Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 86: 2480-2490.

GOODALL, E.A. and SPREVAK, D. 1984. A Note on a Stochastic Model to Describe The Milk Yield of a Dairy Cow. *Animal Production*, 38: 133-136.

GROSSMAN, M., KUCK, A.L. and NORTON, H.W. 1986. Lactation Curves of Purebred and Crossbred Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 69(1): 195-203.

GÜLER, O. 2006. Atatürk Üniversitesi Tarım İşletmesi koşullarında Yetiştirilen Siyah Alaca Sığırlarda Laktasyon Eğrisi Parametrelerinin ve Persistensi Değerlerinin Farklı Modellerle Tespiti ve Etkili Çevre Faktörlerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi F.B.E., 189 ss.

HYNDMAN, R.J. 2009. Forecasting Overview. International Encyclopedia of Statistical Science, Ed. by M. Lovric. to appear, Springer.

KADILAR, C. 2005. SPSS Uygulamalı Zaman Serileri Analizine Giriş, Ankara, 299 ss.

KELLOGG, D.W., URQUHART, N.S. and ORTEGA, A.J. 1977. Estimating Holstein Lactation Curves with a Gamma Curve. *Journal of Dairy Science*, 60: 1308-1315.

KUMLU, S. ve AKMAN, N. 1999. Türkiye Damızlık Siyah Alaca Sürülerinde Süt ve Döl Verimi. *Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg.*, 39(1): 1-15.

LARK, R.M., NIELSEN, B.L. and MOTTRAM, T.T. 1999. A Time Series Model of Daily Milk Yields and Its Possible Use For Detection of a Disease (Ketosis). *Animal Science*, 69: 573-582.

MACCIOTTA, N.P.P., CAPPIO-BORLINO, A. ve PULINA, G. 2000. Time Series Autoregressive Integrated Moving Average Modeling of Test-Day Milk Yields of Dairy Ewes. *Journal of Dairy Science*, 83: 1094–1103.

MACCIOTTA, N.P.P., VICARIO, D., PULINA, G. ve CAPPIO-BORLINO, A. 2002. Test Day and Lactation Yield Predictions in Italian Simmental Cows by ARMA Methods. *Journal of Dairy Science*, 85: 3107–3114.

MACCIOTTA, N.P.P., VICARIO, D. ve CAPPIO-BORLINO, A. 2005. Detection of Different Shapes of Lactation Curve For Milk Yield in Dairy Cattle by Empirical Mathematical Models. *Journal of Dairy Science*, 88: 1178-1191.

MUNDAN, D., YERTÜRK, M., AVCI, M., KARABULUT, O. ve BOZKAYA, F. 2006. Siyah Alaca İneklerde Laktasyon Veriminin Hesaplanmasında Kullanılan Farklı Yöntemler ve Kontrol Periyotlarının Karşılaştırılması. *F.Ü. Sağlık Bil. Dergisi*, 20(3): 173-177.

MUTLU, F. 2005. Siyah Alaca Süt Sığırlarında Kısmi Süt Verim Kayıtlarından Yararlanarak Süt Veriminin Tahmini ve Laktasyon Eğrilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi F.B.E.

ORHAN, H. ve KAYGISIZ, A. 2002. Siyah Alaca Sığırlarda Farklı Laktasyon Eğrisi Modellerinin Karşılaştırılması. *Hayvansal Üretim*, 43(1): 94-99.

ORMAN, M.N. ve ERTUĞRUL, O. 1999. Holştayn İneklerin Süt Verimlerinde Üç Farklı Laktasyon Modelinin İncelenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 23: 605-614.

SAÇLI Y. 2007. AB'ye Uyum Sürecinde Hayvancılık Sektörünün Dönüşüm İhtiyacı. DPT Uzmanlık Tezleri: 2707, 211 ss.

SAS INSTITUTE INC. 2009. SAS/STAT User's Guide, Version 9.2.

SCHAEFFER, L.R., JAMROZIK, J., KISTEMAKER, G.J. and VAN DOORMAAL, B.J. 2000. Experience with a Test-Day Model. *Journal of Dairy Science*, 83: 1135–1144.

SCOTT, T.A., YANDELL, B., ZEPEDA, L., SHAVER, R.D. and SMITH, T.R. 1996. Use of Lactation Curves for Analysis of Milk Production Data. *Journal of Dairy Science*, 79: 1885-1894.

SEVÜKTEKIN M. ve NARGELEÇEKENLER M. 2007. Ekonometrik Zaman Serileri Analizi. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 494 ss.

SHANKS, R.D., BERGER, P.J., FREEMAN, A.E. and DICKINSON, F.N. 1981. Genetic Aspects of Lactation Curves. *Journal of Dairy Science*, 64: 1852-1860.

SHERCHAND, L., MCNEW, R.W., KELLOGG, D.W. and JOHNSON, Z.B. 1995. Selection of a Mathematical Model to Generate Lactation Curves Using Daily Milk Yields of Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 78: 2507-2513.

SINIKSARAN, E. 2000. İstatistiksel Yöntemler. Sigma Yayınları, Ecem Ofset, 522 ss.

SILVESTRE, A.M., MARTINS, A.M., SANTOS, V.A., GINJA, M.M. and COLAÇO, J.A. 2009. Lactation Curves For Milk, Fat and Protein in Dairy Cows: A Full Approach. *Livestock Science*, 122: 308-313.

STANTON, T.L., JONES, L.R., EVERETT, R.W. and KACHMAN, S.D. 1992. Estimating Milk, Fat and Protein Lactation Curves with a Test Day Model. *Journal of Dairy Science*, 75: 1691-1700.

STERI, R., CAPPIO-BORLINO, A and MACCIOTTA, N.P.P. 2009. Modeling Extended Lactation Curves for Milk Production Traits in Italian Holsteins. *Italian Journal of Animal Science*, 8(2): 165-167.

ŞENGÜL, H. 1984. Zaman Serileri Analizinde Box-Jenkins Modelleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi S.B.E, 125 ss.

TEKERLI, M., AKINCI, Z., DOĞAN, I and AKCAN, A**.** 2000. Factors Affecting the Shape of Lactation Curves of Holstein Cows from the Balıkesir Province of Turkey. *Journal of Dairy Science*, 83: 1381-1386.

TÜİK. 2009. Sağılan Hayvan Sayısı ve Süt Üretim Miktarı http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=46&ust_id=13.

VAN der WERF, J. 2001. Random Regression in Animal Breeding. (Course Notes), November, Jaboticabal, SP Brazil.

VAN VLECK, L.D. and HENDERSON, C.R. 1961. Use of Part Lactation Records in Sire Evaluation. *Journal of Dairy Science*, 44(8): 1511-1518.

YAFFEE, R. and McGEE, M. 2000. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting with Applications of SAS and SPSS. Academic Press, N.Y., 528 ss.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Kocaeli'de doğdu. İlk öğrenimini Değirmendere Donanma İlköğretim okulunda, orta öğrenimini Gölcük İhsaniye Anadolu Lisesi'nde ve lise öğrenimini Antalya Adem Tolunay Anadolu Lisesi'nde tamamladı. Marmara Üniversitesi Ekonometri bölümünden 2008 yılında mezun oldu. Aynı yıl Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Biyometri ve Genetik Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı. Halen sözü edilen bölümde öğrenim hayatına devam etmektedir.