



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



SİYAH ALACA’LARDA TOPALLIĞIN SIRALI LOJİSTİK REGRESYON ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Şeyda ER

Zootekni Anabilim Dalı

İzmir
2019

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**SİYAH ALACA’LARDA TOPALLIĞIN SIRALI
LOJİSTİK REGRESYON ANALİZİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Şeyda ER

Danışman : Prof. Dr. Çiğdem TAKMA

Zootekni Anabilim Dalı
Biyometri Genetik Yüksek Lisans Programı

İzmir
2019

Şeyda ER tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Siyah Alaca’larda Topallığın Sıralı Lojistik Regresyon Analizi İle Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 16.07.2019 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı

: Prof. Dr. Ercan Efe

Raportör Üye

: Prof. Dr. Cigdem TALHA

Üye

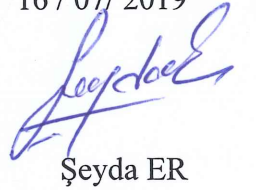
: Prof. Dr. Hülya ATIL

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi / olarak sunduğum “Siyah Alaca’larda Topallığın Sıralı Lojistik Regresyon Analizi İle Değerlendirilmesi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

16 / 07 / 2019



Şeyda ER

ÖZET**SİYAH ALACA’LARDA TOPALLIĞIN SIRALI LOJİSTİK
REGRESYON ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

ER, Şeyda

Yüksek Lisans Tezi, Zootekni Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Çiğdem TAKMA

Temmuz 2019, 101 sayfa

Sığırlarda görülen topallık, hayvan refahını olumsuz yönde etkileyen aynı zamanda da ciddi ekonomik kayıplara neden olan önemli sorunlardan biridir. Topallık esnasında sığırlar ağırlı bir süreç yaşamakta ve bu nedenle sığırların refahı olumsuz yönde etkilenmektedir. Ayrıca sığırların metabolizmasında aksaklıklar meydana gelmekte, süt veriminde azalma, gebelik başına tohumlama sayısında artma ve döl veriminde düşme gibi sorunlar görülmektedir. Topallık sorunu olan sığırlar tedavi edilmediğinde ilerleyen zamanlarda yüksek tedavi masrafları, sürüden ayıklanma; hatta ölüm gibi ciddi ekonomik kayıplar ortaya çıkmaktadır.

Bu tezde sıralı lojistik regresyon yöntemi tanıtılarak, Siyah Alaca ineklerdeki topallık düzeyi ve buna etki eden faktörler sıralı lojistik regresyon analizi ile incelenmiştir. Araştırmanın materyalini İzmir ilindeki toplam 34 çiftlikte bulunan 1048 adet Siyah Alaca ırkı süt ineği oluşturmaktadır. Çalışmada süt ineklerindeki topallığın yaygınlığı ve topallığa neden olan risk faktörleri tespit edilmek istenmiş ve bu amaçla laktasyon sırası, sağılan gün sayısı (days in milk), vücut kondisyon puanı (VKP), alt arka bacak hijyen puanı, sürü büyüklüğü, bakım yapan, işletme (çiftlik) sahibinin eğitim durumu, bakıcı (süt çiftçisi) deneyimi, barınağın kapalılık durumu, puanlama sezonu, inek başına alan, inek başına toprak alan, inek başına beton alan, temizlik sıklığı, toplam yem tüketimi içindeki yoğun yem oranı, kaba yem ve yoğun yemle besleme metodu, yemleme grubu oluşturma, doğum öncesi besleme, yemleme danışmanı, yoğun yem içeriğinde

metabolik enerji düzeyi sınıfı, ayak banyosu, tırnak kesimi değişkenleri bağımsız değişken olarak ele alınmıştır. Bu değişkenlerin topallık puanı bağımlı değişkeni üzerindeki etkilerinin incelenmesi SPSS v25 paket programı kullanılarak, logit bağlantılı sıralı lojistik regresyon analizi ile yapılmıştır.

Analizler sonucunda laktasyon sırası, vücut kondisyon puanı ve inek başına toprak alan bağımsız değişkenlerinin topallık üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sıralı Lojistik Regresyon, Logit, Siyah Alaca, Topallık.



ABSTRACT**EVALUATION OF LAMENESS FOR HOLSTEIN FRIESIAN COWS
WITH ORDINAL LOGISTIC REGRESSION ANALYSIS**

ER, Şeyda

MSc in Department of Animal Science.

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Çiğdem TAKMA

July 2019, 101 pages

Lameness in cattle is one of the major problems that adversely affect animal welfare and also causes serious economic losses. During lameness, the cattle suffer a painful process and thus the welfare of cattle is negatively affected. In addition, problems in the metabolism of cattle occur, decrease in milk yield, increase in the number of insemination per pregnancy and decrease in fertility are observed. If the cattle with lameness problems are not treated, the treatment costs, elimination from the herd and even serious economic losses, such as death will be appear.

In this thesis, ordinal logistic regression method is introduced and lameness level in Holstein Friesian cows and the factors affecting it are examined by ordinal logistic regression analysis. The research is carried out on 1048 Holstein Friesian dairy cows in 34 farms in İzmir province. In this study, it was aimed to determine the prevalence of lameness in dairy cows and the risk factors that cause lameness. For this purpose, parity, days in milk (DIM), body condition score (VKP), lower hind leg hygiene score, herd size, educational status of the caretaker (farm owner), experience of caretaker (dairy farmer's experience), closure status of the shelter, scoring season, area per cow, soil area per cow, concrete area per cow, frequency of cleaning, intensive feed rate in total feed consumption, feeding method with roughage and intensive feed content, feeding group formation, prenatal feeding, feeding consultant, metabolic energy level class, foot bath, nail cutting variables were considered as independent variables. The effects of these

variables on the lameness score which is the dependent variable, analyzed by ordinal logistic regression with logit link, were using IBM SPSS v25 package. As a result of the analysis, it was concluded that the parity, body condition score and soil area per cow variables were effective on lameness score.

Keywords: Ordinal Logistic Regression, Logit, Holstein Friesian, Lameness.



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında McCullagh (1980) tarafından geliştirilmiş olan sıralı lojistik regresyon modeli ele alınmıştır. Bu modelde bağımlı değişken (küçük<orta<büyük) doğal sıralama yapısındadır ve sıralı yapıdaki bu kategorik değişken kukla değişkenler ile temsil edilmektedir. Bağımlı değişkenin bu şekilde sıralı yapıda olması, ardışık kategorilerin arasındaki uzaklıkların birbirine eşit olmamasına ve bu uzaklık değerlerinin tam olarak tespit edilememesine neden olmaktadır. Bu nedenle, bağımsız değişken ya da değişkenler ile eşit aralığa sahip olmayan sıralanmış yapıdaki kategorik bağımlı değişken arasındaki ilişkinin belirlenmesinde bu yöntem, kullanılabilecek en uygun yöntem olmaktadır.

Sığırlarda meydana gelen topallık olayları hayvanın refahını en önemli sorunlardan biridir. Hayvan refahını olumsuz yönde etkileyen topallık olayları sonucunda ciddi ekonomik kayıplar gerçekleşmektedir. Bu süreci ağırlı bir şekilde geçiren hayvan, yem yerken ya da yürüme gerektiren durumlarda ayakta geçirdiği süreyi azaltmakta, yemliğe gitmek istememekte ve bu nedenle yeterli beslenemeyen hayvanların metabolizmasında aksaklıklar gözlenmekte, süt veriminde azalma, döl veriminde düşme, gebelik başına tohumlama sayısında artma, gibi ekonomik kayıplara neden olabilecek olgular meydana gelmektedir. Ayrıca erken evrelerde tespit edilmeyen topallık olayları ilerleyen zamanlarda yüksek tedavi masraflarına neden olmaktadır. Hatta total hayvanlar tedavi edilmezse, bu süreç ölümle sonuçlanabilmektedir.

Bu tezde sıralı lojistik regresyon yöntemi tanıtılarak, Siyah Alaca ineklerdeki topallık düzeyi ve buna etki eden faktörlerin, sıralı lojistik regresyon analizi ile tespit edilerek incelenmesi amaçlanmıştır.

İZMİR

16/07/2019

Şeyda ER



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
TABLolar DİZİNİ	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xx
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Klasik Doğrusal (Lineer) Regresyon	3
2.1.1 Basit doğrusal regresyon.....	3
2.1.2 Çoklu doğrusal regresyon	4
2.1.3 Klasik doğrusal regresyon varsayımları	4
2.2 Genelleştirilmiş Doğrusal Model (Generalized Linear Model-GLM).....	6
2.2.1 Genelleştirilmiş doğrusal model varsayımları	6
2.3 Lojistik Regresyon.....	8
2.3.1 Lojistik regresyon yöntemleri.....	13

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

2.3.2 Lojistik regresyon varsayımları	15
2.4 Sıralı (Ordinal) Lojistik Regresyon Analizi.....	16
2.4.1 Sıralı lojistik regresyon modelinde kukla (gizli) değişken	17
2.4.2 Sıralı lojistik regresyon modelinde bağlantı fonksiyonları	21
2.4.3 Sıralı lojistik regresyon modelinde parametre tahmin yöntemleri	22
2.5 Sıralı Lojistik Regresyon Varsayımı.....	26
2.5.1 Paralel eğriler varsayımının geçerliliğinin test edilmesi.....	29
2.6 Sıralı Lojistik Regresyon Modelinde Değişken Seçimi.....	33
2.6.1 Adımsal lojistik regresyon	35
2.7 Modelin Uyum İyiiliğinin Ölçülmesi.....	38
2.7.1 Pearson ki-kare istatistiği	39
2.7.2 Pseudo R^2 değeri	40
2.8 Literatür Özeti	41
2.8.1 Tarım ve hayvancılıkta sıralı lojistik regresyon çalışmaları	42
3. GEREÇ VE YÖNTEM	48
3.1 Gereç	50

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2 Yöntem	50
3.2.1 Veri toplama ve hayvan puanlama	50
4. BULGULAR.....	58
4.1 Model Kurmada İzlenen Yöntem	60
4.2 Sıralı Lojistik Regresyon Analizi	65
4.2.1 Paralel eğriler varsayımının kontrolü	65
4.2.2 Modelin uyum iyiliği	65
4.2.3 Parametrelerin yorumlanması.....	67
4.2.3.1 Laktasyon sırası ve topallık	71
4.2.3.2 Vücut kondisyon puanı ve topallık	73
4.2.3.3 İnek başına toprak alan ve topallık	74
4.3 Topallık İçin Sıralı Lojistik Regresyon Modeli.....	75
5. TARTIŞMA	78
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	83
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	86
ÖZGEÇMİŞ	101
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Basit Doğrusal Regresyon Doğrusu.	4
2.2. Doğrusal regresyonda X değişkenine göre tahminlenen Y değişkeni.....	12
2.3. Lojistik regresyon sonuç fonksiyonu	12
2.4. Kategorik sıralı bağımlı değişken için kukla değişken (Y^*) ve gözlenen (Y) değişkeninin gösterimi.	19
2.5. Sıralı lojistik regresyondaki kümülatif olasılıklar	27
2.6. Üç kategorili sıralı bağımlı değişken için oluşturulan birikimli olasılık değerlerinin paralelliğinin grafiksel olarak gösterimi.	28
3.1. Sığır ayağının anatomik yapısı.....	49
3.2. Puan 1 verilen ineğin görüntüsü.....	51
3.3. Puan 2 verilen ineğin görüntüsü.....	51
3.4. Puan 3 verilen ineğin görüntüsü.....	52
3.5. Puan 4 verilen ineğin görüntüsü.....	52
3.6. Puan 5 verilen ineğin görüntüsü.....	53
3.7. Vücut kondisyon puanlamasına göre görünüm.	54
3.8. Alt bacak hijyeninin puanlaması	55
4.1. Laktasyon sırasına göre topallık puanlarının oransal dağılımıI	72

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)ŞekilSayfa

- 4.2. Vücut kondisyonuna göre topallık puanlarının oransal dağılımı..... 74
- 4.3. İnek başına düşen toprak alan (m²)'a göre topallık puanlarının
oransal dağılımı..... 75



TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Bağımlı ve bağımsız değişkenlere göre uygulamada kullanılan lojistik regresyon yöntemleri.....	134
2.2. Sıralı Regresyondaki Bağlantı Fonksiyonları	22
3.1. Yapılan çalışmada araştırılan ineklerdeki topallığın risk faktörleri ve onların düzeyleri.....	57
4.1. Bağımsız değişkenlere ait VIF değerleri.....	60
4.2. Bağlantı Fonksiyonları İçin Paralellik ve Uyum İyiliği Test Sonuçları.....	611
4.3. Normal ve hafif total kategorileri için ikili lojistik regresyon analizi sonuçları	62
4.4. Normal ve Topal kategorileri için ikili lojistik regresyon analizi sonuçları	622
4.5. Hafif total ve total kategorileri için ikili lojistik regresyon analizi sonuçları	622
4.6. Bağlantı fonksiyonu sonuçları.....	633
4.7. Tek değişkenli sıralı lojistik regresyon analizi sonuçları	644
4.8. Paralel eğriler varsayımı test sonuçları	655
4.9. Uyum iyiliği testi sonuçları.	655

TABLÖLAR DİZİNİ (devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.10. Pseudo R^2 değerleri.....	666
4.11. Model yapılandırma sonuçları	666
4.12. Bağımlı ve bağımsız değişkenler ve düzeyleri	68
4.13. Tanımlayıcı istatistikler	68
4.14. Sıralı lojistik regresyon analizi parametre tahminleri.....	711

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
α	Model sabiti
β	Regresyon katsayısı
e	Doğal logaritma tabanı (2,718281828459...)
$E(Y X)$	X değeri bilindiğinde y'nin koşullu ortalama
$\exp(\beta_i)$	Odds oranı
f	Fonksiyon
$g(x)$	Bağ fonksiyonu
H_0	Yokluk (sıfır) hipotezi
H_1	Alternatif hipotez
j	Kategori sayısı
k	Bağımsız değişken sayısı
L_0	Değişkensiz modelin olabilirliği
L_k	k değişkenini içeren modelin olabilirliği
L_{e1}	X_{e1} içeren modelin olabilirliği
L_{e1k}	x_{e1} ve x_k 'yi kapsayan modelin olabilirliği
m	Populasyon büyüklüğü
μ	Populasyon ortalaması

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
η	Doğrusal tahminleyici
p	Olasılık
$p/1-p$	Odds değeri
S_d	Serbestlik derecesi
SE_{β_k}	β_k 'nın standart hatası
u	Hata terimi
Y	Bağımlı değişken
Y^*	Kukla (gizli) değişken
$\hat{Y}$	Tahminlenen değişken
X	Bağımsız değişken
X_{e1}	En önemli tespit edilen değişken
X_{e2}	Modele alınacak ikinci aday değişken
χ^2	Ki kare istatistiği
σ^2	Varyans
γ	Birikimli dağılım fonksiyonu

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
G	Olabilirlik oran istatistiği
D	Deviance, sapma istatistiği
ML	Maximum likelihood, en yüksek olabilirlik
SPSS	Statistical package for the social sciences
TP	Topallık puanlaması
VKP	Vücut kondisyon puanı
VIF	Variance inflation factor, Varyans artış faktörü
W	Wald istatistiği
Z	Standart normal dağılım

1. GİRİŞ

Bir problemi araştırmak ve çözümlmek amacıyla inceleme konusu olan değişkenlerden toplanan bilgilere “veri” adı verilmektedir. Değişkenler nicel veya nitel olarak sınıflandırılmaktadır. Nicel (sürekli, kantitatif, sayısal) değişkenler sayısal, nitel (kesikli, kalitatif, kategorik) değişkenler ise kategorik olarak tanımlanmaktadır. Gözlenen değişken değerleri tartım ya da ölçüm yoluyla elde ediliyorsa sürekli yapıda, sayım yoluyla elde ediliyorsa kesikli yapıda olmaktadır (Özkan ve Çamdeviren, 2000). Kategorik yani kesikli yapıdaki değişkenler de kategori sayısına bağlı olarak; ikili (binary, dichotomous), sıralanmış (ordinal, ordered) veya sınıflanmış (isimsel, nominal) değişkenler olmak üzere sınıflandırılmaktadır (Kaşko, 2007).

Bilimsel bir araştırmada herhangi bir olayın meydana gelmesini etkileyebilecek nedenlerin araştırılmasında değişkenler arası ilişkiler de incelenmelidir. Değişkenler arası ilişki, bir değişkenin başka bir değişkeni etkilemesi veya bu değişkenden etkilenmesi durumudur. Burada etkileyen değişken “bağımsız değişken”, etkilenen değişken ise “bağımlı değişken” adını almaktadır. Bağımlı ve bağımsız değişkenler kesikli veya sürekli yapıda olabilmektedir.

Öte yandan, bağımlı ve bağımsız değişkenler arası ilişkilerin çözümlenmesinde değişkenler arası karşılıklı etkileşimler matematiksel olarak modellerle ifade edilebilmektedir (Tatlıdil, 1996). Değişkenler arasındaki ilişkilerin model kavramı altında tanımlanmasında, işlevsel ve istatistiksel ilişkiler gibi farklı yaklaşımlardan yararlanılmaktadır. İki değişken arasındaki işlevsel ilişki, $Y=f(X)$ şeklinde matematiksel bir eşitlikle gösterilebilmektedir. Bu eşitlikte “X” bağımsız, “Y” ise bağımlı değişkeni ifade etmektedir. Eşitliğe göre “X” değeri bilindiği zaman “Y” değeri kesin olarak bulunabilmektedir. Değişkenler arası istatistiksel ilişkilerde ise bu tür bir kesinlik bulunmamakta ve bağımlı değişken olan “Y” değerinin tahminlenmesi, eğer bağımsız değişken olan “X” değeri biliniyorsa, bu değerdeki değişim göz önüne alınarak, belirli bir yanılma (hata) payı ile yapılabilmektedir. Yani bir istatistiksel ilişki; β parametreyi, u hata

terimini gösterdiğinde, $Y = f(X; \beta) + u$ eşitliği ile ifade edilmektedir (Tatlıldil, 1996).

Araştırmalarda analiz için kurulan istatistiksel model ile gözlenen verilerden yararlanılarak gelecekteki olaylar hakkında tahminler yapılabilmekte ve hangi faktörlerin bu olayları etkilediği tespit edilebilmektedir. Deneme yapısına bağlı olarak analizde kullanılacak istatistiksel model de farklılık göstermektedir. Fakat her koşulda deneme hatasını minimum yapan etkin bir modelin tercih edilmesi uygun olacaktır. Böylece değişkenler arası karmaşık ilişkiler tanımlanacak ve söz konusu ilişkilerden yararlanılarak ileriye yönelik daha doğru tahminlerin elde edilmesine olanak sağlanacaktır. Değişkenler arasındaki ilişkilerin incelendiği ve tahminlerin yapıldığı istatistiksel yöntemlerden en yaygını regresyon analizi yöntemidir (İkiz ve vd., 2006).

Regresyon analizi, değişken sayısının iki veya ikiden fazla olduğu durumlarda, değişkenler arasındaki sebep sonuç ilişkisinin tespitini yapmak ve bu ilişkiye dayanarak geleceğe yönelik tahminlerde bulunabilmek amacıyla kullanılan istatistiksel analiz yöntemidir. Bağımsız değişken ya da değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi açıklamak için regresyon analizinde istatistiksel bir model kullanılmakta ve bu modele regresyon modeli adı verilmektedir. Bu model bağımlı veya bağımsız değişkenin sayısına ya da bu değişkenler arasındaki ilişkiye göre değişmekte ve isimlendirilmektedir. Eğer bir regresyon modeli, sadece bir bağımlı ve bir bağımsız değişken içeriyorsa “basit regresyon modeli”, birden fazla bağımsız değişken içeriyorsa “çoklu regresyon modeli”, birden fazla bağımlı değişken içeriyorsa da “çok değişkenli regresyon modeli” adını almaktadır.

Bunlardan başka bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki bakımından da regresyon modeli değişmektedir. Değişkenler arası ilişkinin doğrusal olması durumunda yani model parametrelerinin (β 'ların) modele doğrusal bir şekilde girmesi halinde “doğrusal regresyon modeli” parametrelerin modele doğrusal girmemesi durumunda da “doğrusal olmayan regresyon modeli” (logaritmik, polinomial v.b.) adını almaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Klasik Doğrusal (Lineer) Regresyon

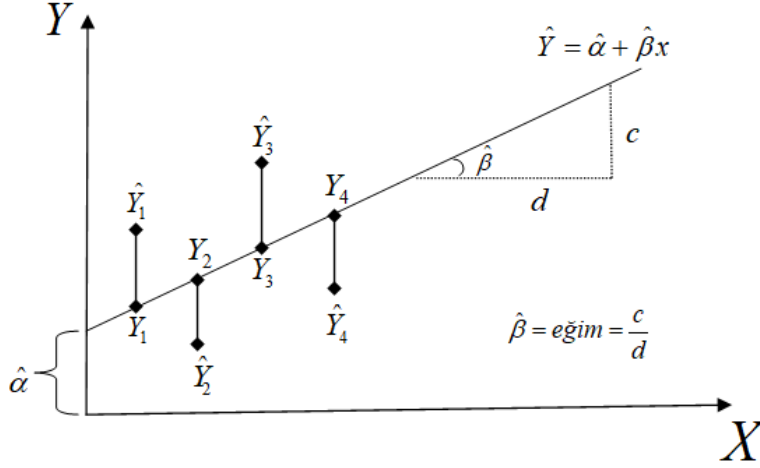
İki değişken arasındaki en basit ilişki bir doğru ile açıklanabilen ilişki olarak tanımlanmaktadır (İkiz ve vd., 2006). Bu tanım çerçevesinde, bir veya birden çok bağımsız değişken ile bir bağımlı değişken arasındaki ilişki çeşitli varsayımlar altında, klasik doğrusal modeller ile ifade edilmektedir. Klasik doğrusal regresyon modelleri içerisinde en temel olanı basit doğrusal regresyon modelidir.

2.1.1 Basit doğrusal regresyon

Basit doğrusal regresyon, sadece bir bağımlı ve bir bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılmaktadır. Buradaki basit kelimesi modelde sadece tek bir bağımsız değişkenin olduğunu; doğrusal kelimesi ise modeldeki parametrelerin (α ve β) modele doğrusal bir şekilde girmesinden kaynaklanmaktadır. Basit doğrusal regresyon modeli aşağıdaki gibi ifade etmektedir (İkiz ve vd., 2006).

$$Y = \alpha + \beta X + u \quad [1]$$

Modelde yer alan “Y” bağımlı değişkeni, “X” ise bağımsız değişkeni göstermektedir. “ α ” ve “ β ” ise regresyon parametreleridir. Ayrıca, regresyon modelinde bağımlı değişkeni etkileyen bağımsız değişkenlerin yanı sıra; kontrol edilemeyen değişkenler de bulunmaktadır. Söz konusu kontrol edilemeyen değişkenlerden kaynaklanan etkiler hata terimi (u) olarak ifade edilmektedir. Hata değerinin, sıfır (0) ortalamalı ve sabit (σ^2) varyanslı normal dağılış gösterdiği varsayılmaktadır. Basit doğrusal regresyonunun grafiksel gösterimi aşağıdaki gibidir:



Şekil 2.1. Basit Doğrusal Regresyon Doğrusu.

2.1.2 Çoklu doğrusal regresyon

Çoklu doğrusal regresyonda, basit doğrusal regresyon analizinde olduğu gibi bağımlı değişken sayısı tek olmasına rağmen, bağımsız değişken sayısı iki ya da daha fazladır. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi ifade eden çoklu doğrusal regresyon modeli aşağıdaki gibidir:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + u \quad [2]$$

Modelde yer alan $X_1, X_2, \dots, X_k$ bağımsız değişkenler olmak üzere α ve $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ 'lar da regresyon parametreleridir.

2.1.3 Klasik doğrusal regresyon varsayımları

Doğrusal regresyon analizi yapılabilmesi için iki temel varsayımın sağlanması gerekmektedir. Bunlardan ilki bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler ile ilgili varsayımlar; diğeri ise hata terimi ve hata teriminin kareler ortalamasını en küçük yapan β katsayılarının bulunması ile ilgili varsayımlardır. Bağımlı değişkendeki gözlem değerlerinin birbirinden bağımsız olduğu ve normal dağıldığı, bağımsız değişkenlerin normal dağılan populasyonlardan hatasız olarak ölçüldüğü ve bağımsız değişkenlerin tekrarlanan örneklerde değişmediği varsayılmaktadır. Regresyonda β katsayıları tahminlenirken olabilirlik

fonksiyonundan yararlanılmaktadır. Hata teriminin normallik varsayımı altında, hata kareler toplamını en küçük yapan parametreler aynı zamanda olabilirlik fonksiyonunu da en büyük yapmaktadır. Ayrıca doğrusal modellerde hata terimi belirli bir olasılıkla $-\infty$ ve $+\infty$ arasında değer alan bir şans değişkenidir. Hata teriminin, ortalaması sıfır ve varyansı σ^2 olan normal dağılım gösterdiği varsayılmaktadır [$u \sim N(0, \sigma^2)$] (Şıklar, 2000; Cook et al., 2001; Gujarati, 2003; Alpar, 2003; Tüzel, 2011, Baydemir, 2014). Basit doğrusal regresyon varsayımlarına ek olarak çoklu doğrusal regresyonda bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı (multicollinearity) olmaması şartı aranmaktadır (Baydemir, 2014).

Özetle klasik doğrusal modeller bu varsayımları meydana getiren üç bileşenden oluşmaktadır:

1. Şansa bağlı bileşen (random component): Bağımlı değişken bileşenleri birbirinden bağımsızdır ve normal dağılım göstermektedir. Başka bir deyişle; bağımlı değişkenin her bir bileşeni için ortalama (μ) değişkenlik gösterebilmesine rağmen tüm bileşenlerin varyansının sabit ve birbirine eşit olduğu varsayılmaktadır.

2. Sistematik bileşen (systematic component): Tüm bağımsız değişkenlerin birleştirilmesi sonucu, doğrusal tahminleyici (doğrusal tahminleyici-linear predictor) olarak adlandırılan η elde edilir ve doğrusal tahminleyici; $\eta = X\beta$ şeklinde ifade edilmektedir.

3. Bağ fonksiyonu bileşeni (link function): Modelin şansa bağlı değişkeni ile sistematik bileşeni arasındaki fonksiyonel ilişki olarak tanımlanmaktadır. Doğrusal modellerde basit olarak bağlantı fonksiyonu $g(\mu) = \mu$ şeklindedir. Burada bağlantı fonksiyonu doğrudan ortalamayı modellemekte ve bu fonksiyon özdeş bağ fonksiyonu¹ adını almaktadır. Bu modellerde bağımlı değişkenin beklenen değeri, bağımsız değişken değeri ya da değerlerinin oluşturduğu X matrisi ile

¹ Özdeş Bağ: Şans değişkeni (bağımlı değişken) bileşenin normal dağılım gösterdiği durumlarda klasik doğrusal modellerde kullanılan bağ fonksiyonudur (Mc Cullagh and Nelder, 1989; Agresti, 2002).

tahminlenen β katsayıları vektörünün çarpımına eşittir ($\eta=X\beta$) ve bu eşitliğe ait fonksiyon $E(Y|X) = \mu = \eta$ şeklinde ifade edilmektedir. Diğer bir ifadeyle özdeş bağ fonksiyonu, bağımlı değişkenin ortalamasını kendisi için doğrusal model tayin etmektedir (McCullagh and Nelder, 1989; Agresti, 2002).

2.2 Genelleştirilmiş Doğrusal Model (Generalized Linear Model-GLM)

Günümüzde yapılan araştırmalarda bağımlı değişken değerleri, sürekli yapıda olmasının yanı sıra kategorik özellik de gösterebilmektedir. Kategorik bağımlı değişken var-yok, hastalıklı-sağlıklı, kullanıyor-kullanmıyor, kötü-orta-iyi, büyük-normal-küçük v.b. gibi iki veya ikiden fazla düzeyde sınıflandırılmış veya sıralanmış olabilmektedir. Bu türde bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arası ilişkilerin incelenmesinde klasik regresyon analizi varsayımları geçerli olmamakta ve genelleştirilmiş doğrusal modeller kullanılmaktadır. Böylece klasik doğrusal modellerin varsayımlarından olan; bağımlı değişkenin normal dağılım göstermesi zorunluluğu giderilmiş olmaktadır.

2.2.1 Genelleştirilmiş doğrusal model varsayımları

Genelleştirilmiş doğrusal modeller, klasik doğrusal modellerinin de içinde yer aldığı çok sayıdaki modelin birleşiminden meydana gelmektedir. Bu modellerde bağımlı değişkenin binom, poisson, üstel ve gamma dağılımları gösteren üssel ailenin bir üyesi olduğu varsayılmaktadır. Buna göre hatalar da normal dağılmamaktadır.

Öte yandan, klasik doğrusal modellerde değişkenlerin varyansının sabit olduğu kabul edilirken genelleştirilmiş doğrusal modellerde değişkenlerin varyansı ortalamaya bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca klasik doğrusal modellerde bağımsız değişken değerlerindeki değişimin bağımlı değişken üzerindeki etkisi toplamsal iken, genelleştirilmiş doğrusal modellerde bu değişimin bağımlı değişken üzerindeki etkisi çarpımsal olmaktadır.

Bir başka özellik olarak, klasik doğrusal regresyondan farklı şekilde genelleştirilmiş doğrusal modellerde bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler

arasında doğrusal olmayan bir ilişki söz konusudur ve değişkenler arasındaki doğrusal olmayan bu ilişki bir bağlantı fonksiyonu yardımı ile doğrusal hale getirilmektedir. Buna göre genelleştirilmiş doğrusal modeller, doğrusal regresyon, lojistik regresyon ve poisson regresyonu gibi hem doğrusal hem de doğrusal olmayan çeşitli istatistiksel modelleri birleştirme yoluyla formüle edilmektedirler (McCullagh and Nelder, 1989; Yarbaşı, 2015; Tüzel, 2011).

Klasik doğrusal modellerde olduğu gibi genelleştirilmiş doğrusal modeller de üç temel varsayıma dayanmaktadır. Genelleştirilmiş doğrusal modellerin varsayımlarını meydana getiren bileşenler aşağıdaki gibidir (McCullagh and Nelder, 1989):

1. Şansa bağlı bileşen: Bağımlı değişkene ait gözlemlenebilen tüm kategoriler birbirinden bağımsızdır ve her bir kategori üssel dağılım ailesinin herhangi bir dağılımını gösterebilir.

2. Sistemik bileşen: Genelleştirilmiş doğrusal modellerin sistemik bileşeni klasik doğrusal modellerdekine benzer şekilde, modeldeki bağımsız değişkenin ya da değişkenlerin doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edilir ve bağımsız değişkenlerin doğrusal birleşimi sonucu elde edilen doğrusal tahminleyici η ; $\eta = X\beta$ şeklinde ifade edilmektedir.

3. Bağ fonksiyonu bileşeni: Şansa bağlı bileşen ile sistemik bileşen arasındaki bağıdır. Bağ fonksiyonu bağımlı değişken ortalamasını $\mu = E(Y|X)$, bağımsız değişkenlerin doğrusal birleşimine bağlayan fonksiyondur. Şansa bağlı bileşen ile sistemik bileşen arasındaki bu ilişki, $g(x)$ şeklinde ifade edilmektedir ve bu ifade ile bağımlı değişkenin dağılımına uygun olan bir bağ fonksiyonu kullanılarak, (doğrusal forma dönüştürülmüş bağımsız değişken aracılığıyla) populasyon ortalamasının açıklanması amaçlanmaktadır. Bahsedilen bağ fonksiyonu; $E(Y|X) = \mu = g^{-1}(\eta) = g^{-1}(X\beta)$ şeklinde tanımlanmaktadır.

Sonuç olarak klasik doğrusal regresyon modellerin varsayımlarının yerine getirilemediği, özellikle bağımlı değişkenin kategorik bir yapıda olduğu veri setlerine basit ya da çoklu doğrusal regresyon analizi uygulanamamaktadır. Böyle

durumlarda bu veri setlerinin çözümlenmesinde genelleştirilmiş doğrusal modeller ailesinin de bir üyesi olan lojistik regresyon yaklaşımı kullanılabilmektedir.

2.3 Lojistik Regresyon

Bilimsel araştırmalarda sürekli ve kesikli değişkenlerden oluşan bağımsız değişken setinde özellikle incelenen bağımlı değişkenin kesikli yapıda olması durumunda, kategorik bir sonucu tahmin etmeye yönelik olarak lojistik regresyon analizi kullanılmaktadır (Burmaoğlu, 2009). Başka bir deyişle lojistik regresyon, bağımlı değişken sonuçlarından birine rastlanma olasılığına etkisi olan faktörleri araştırmaktadır.

Nitekim, bağımlı değişken iki veya daha fazla sayıda alt kategoriye sahip olduğunda, bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasında doğrusal bir ilişki olmayabilir. Lojistik regresyonda bu değişkenler arasında üstel ($Y = ab^X$) veya hiperbolik ($Y = 1/aX + b$) vb. gibi doğrusal olmayan ilişkiler görülebilmektedir (Baydemir, 2014). Doğrusal olmayan bu ilişkiler nedeniyle hataların dağılım şeklinin normale dönüştürülmesi ve parametrelerin doğrusal formda olduğu bir modelin kurulması gerekmektedir. Bu işlem bağımlı değişkenin olasılıklarının doğal logaritması kullanılarak yapılmaktadır.

Lojistik regresyon yöntemi, istatistikte kullanılan diğer tahminleme yöntemlerinde olduğu gibi, bağımsız değişken ya da değişkenlerin bağımlı değişkenle ilişkisini en iyi uyumla açıklayabilen ve biyolojik olarak yorumlayabilen bir model kurmayı amaçlamaktadır.

Gözlemlenen bir bağımsız değişken değerine karşılık bağımlı değişkenin beklenen değeri $E(Y|X)$ ifadesi ile gösterilebilmektedir. Doğrusal regresyonda $E(Y|X)$ koşullu ortalamasının bağımsız değişken değerlerinin doğrusal bir denklemi ($E(Y|X) = \mu = \eta = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}$) olduğu varsayılmaktadır (Akçay, 2009; Ürük, 2007).

Basit doğrusal regresyon ve çoklu doğrusal regresyon yönteminde, bağımsız değişken değerlerine karşılık bağımlı değişkenin koşullu beklenen (ortalama) değeri, 3 ve 4 numaralı eşitliklerdeki gibi ifade edilmektedir;

$$E(Y|X) = \alpha + \beta X \quad [3]$$

$$E(Y|X) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad [4]$$

Lojistik regresyon yönteminde hatanın ortalaması sıfırdır ve parametreler, bağımlı değişkenin koşullu ortalamasına göre yukarıda verilen eşitlikler yardımıyla tahminlenmektedir.

Bununla birlikte, X değişkeni $-\infty$ ile $+\infty$ arasında değişmekte ve bu nedenle, $E(Y|X)$ koşullu ortalaması bu aralıktaki bütün değerleri alabilmektedir. Oysaki lojistik regresyon yönteminde, koşullu ortalama 0 ile 1 arasında ($0 \leq E(Y|X) \leq 1$) değer almaktadır. Lojistik regresyonda, koşullu ortalama 0 ile 1 arasında olasılık değerleri almasına rağmen sonsuz değerler alabilen bağımsız değişkenlerle ilişkilendirilmektedir.

Bu amaçla bağımlı değişken kategorilerindeki herhangi bir olayın gerçekleşme olasılığının (p), gerçekleşmeme olasılığına ya da diğer bir ifadeyle kendisi dışındaki olayların gerçekleşme olasılığına (1-p) oranlanması sonucu odds değerleri (p/1-p) olarak elde edilmektedir.

Burada odds değeri (p/1-p) yardımıyla doğrusal olasılık modeli adı da verilen $E(Y|X) = \alpha + \beta X$ modelinin olasılıkları üzerinde dönüşüm yapılmış ve bu dönüşüm ile bağımlı değişkene ait sınırlar (0, $+\infty$) aralığına çekilmiş olmaktadır. Bu odds değerlerinin doğal logaritması alınarak $\ln(p/1-p)$ doğrusal bir dönüşüm (logit dönüşüm²) gerçekleştirilmekte (Gujarati, 2003) ve bağımlı değişken ($-\infty, +\infty$) aralığında tanımlanmış olmaktadır (Atakurt, 1999; Hosmer and Lemeshow, 2000; Agresti, 2002; Akçay, 2009; Burmaoğlu, 2009; Kıran,

² Logit dönüşüm: Bir olayın gerçekleşme olasılıklarındaki değişim oranını inceler. Doğal logaritması alınmış odds değerine logit dönüşüm denir.

2010). Logaritması alınmış bu odds değerine lojistik fonksiyon ve değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkinin korunarak bu ilişkiyi logaritmik dönüştürmeler yardımıyla doğrusal forma dönüştüren tahminleme yöntemine de lojistik regresyon yöntemi adı verilmektedir (Özkan ve Çamdeviren, 2000; Çokluk vd., 2010).

Lojistik regresyonda gözlemlenen iki olayın odds değerlerinin birbirine oranı “odds oranı” olarak ifade edilmektedir. Yani bağımsız değişkeninin bir değerinde (X_1) tahmilenen odds değerinin, diğer değerinde (X_2) tahmilenen odds

değerine oranı $\frac{odds(X_1)}{odds(X_2)} = \frac{\frac{p(X_1)}{1-p(X_1)}}{\frac{p(X_2)}{1-p(X_2)}}$ odds oranını vermektedir. Bu istatistik, $X_1=1$

olayının $X_2=0$ olayına nazaran gözlenme olasılıklarının kaç kat ya da % kaç oranında daha fazla veya daha az ortaya çıkabileceğini göstermekte ve bu oran $(0, +\infty)$ aralığında değerler almaktadır (Çolak, 2002; Bircan, 2004; Budak, 2013). Bu bağlamda yorumlamalar yapılırken, bağımsız değişken değerindeki bir birimlik artış için, $(p/1-p)$ oranlanması sonucu elde edilen tahmin değeri ile $\exp(\beta_i)$ değeri çarpılarak elde edilen $(X\beta)$ lojistik fonksiyonundan yararlanılır. Burada, bağımsız değişkendeki değişimden etkilenen, $\exp(\beta_i)$ değerine etki büyüklüğü ya da etki katsayısı adı verilmektedir. Aynı zamanda $\exp(\beta_i)$ değeri, odds oranını vermekte ve bu yönden bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisinin kolay bir şekilde yorumlanabilmesi açısından önem arz etmektedir (Bircan, 2004; Burmaoğlu, 2009).

Logaritması alınarak doğrusal forma dönüştürülen odds değeri, logit (log-odds) fonksiyonu adını almakta ve $g(x)$ ile gösterilmektedir (Özkan ve Çamdeviren, 2000).

Logit dönüşüm: $g(x) = \beta' X'$

$$g(x) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$$

$$\beta' X' = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$$

[5]

şeklinde ifade edilmektedir. Eşitlik [5]'in her iki tarafı üstel paranteze alındığında;

$$\exp(\beta' X') = \exp \left[\ln \left(\frac{p}{1-p} \right) \right] \quad [6]$$

$$\text{elde edilir. Buradan da; } \exp(\beta' X') = \left(\frac{p}{1-p} \right) \quad [7]$$

$$\text{ve } p \text{ yalnız bırakıldığında; } \exp(\beta' X') [1-p] = p \quad [8]$$

elde edilir. $\exp(\beta' X')$ ifadesi parantez içine dağıtıldığında;

$$\begin{aligned} \exp(\beta' X') - p \exp(\beta' X') &= p \\ \exp(\beta' X') &= p + p \exp(\beta' X') \\ \exp(\beta' X') &= p [1 + \exp(\beta' X')] \end{aligned} \quad [9]$$

olur. Son olarak p yalnız bırakıldığında;

$$p = \frac{\exp(\beta' X')}{1 + \exp(\beta' X')} \quad [10]$$

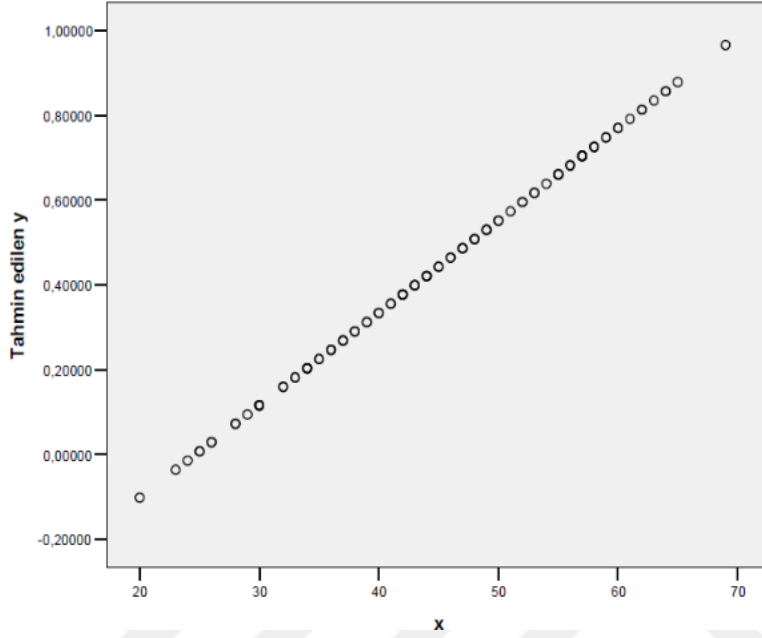
elde edilir. Diğer bir ifadeyle bağımlı değişkenin beklenen değeri;

$$E(Y) = p = \frac{e^{\beta' X'}}{1 + e^{\beta' X'}} = \frac{1}{1 + e^{-\beta' X'}} \quad [11]$$

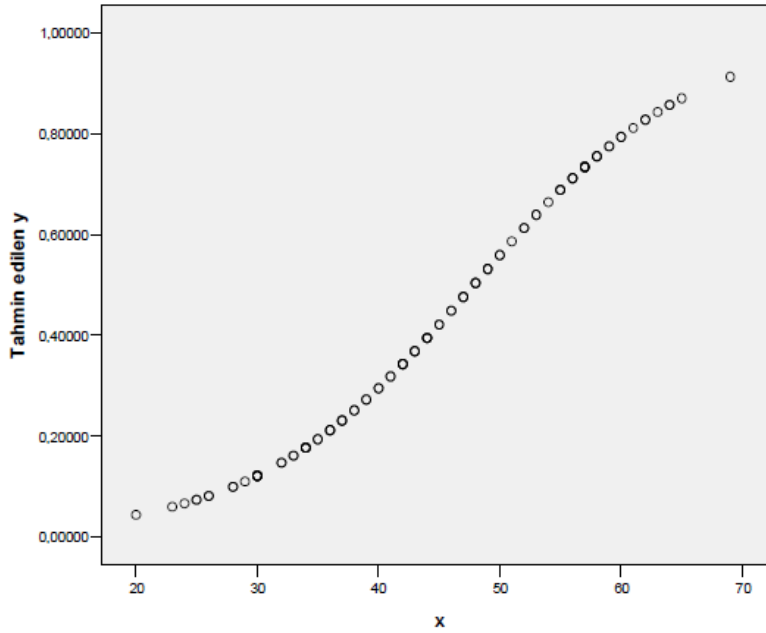
şeklinde ifade edilmekte ve bu eşitlik ile tahminlenmektedir.

Logit dönüşümün uygulanma nedeni Şekil 2.2 ve Şekil 2.3 ile de gösterilmiştir. Şekil 2.2'de de görüleceği gibi bağımlı değişkenin yalnızca iki değer aldığı durumlarda doğrusal regresyon modeli uygulandığında, tahminlenen bağımlı değişken negatif değer alabilmektedir. Oysaki negatif olasılık değeri imkansızdır. Yukarıda da bahsedildiği gibi lojistik regresyonda modeli sabit

varyanslı hale getirebilmek ve tahminlenen bağımlı değişkeni (0,1) aralığında tanımlamak için lojistik sonuç fonksiyonu kullanılarak logit dönüşüm yapılmakta (Şekil 2.3) ve bağımlı değişken doğrusal forma dönüştürülmektedir (Arıcan, 2010).



Şekil 2.2. Doğrusal regresyonda X değişkenine göre tahminlenen Y değişkeni (Arıcan, 2010).



Şekil 2.3. Lojistik regresyon sonuç fonksiyonu (Arıcan, 2010).

Lojistik regresyon analizinde bağımlı değişken kategorik bir yapıdadır ve kategori sayısının ikili olduğu durumlarda yaygın olarak tercih edilmektedir (Sümbüloğlu, 2013). Bu kategoriler sıralanmış veya sınıflanmış olabilmektedir. Lojistik regresyon analizi bağımlı değişkenin özelliğine göre:

- İkili Lojistik Regresyon (Binary Logistic Regression)
- İsimsel Lojistik Regresyon (Nominal Logistic Regression)
- Sıralı Lojistik Regresyon (Ordinal Logistic Regression) olarak isimlendirilmektedir.

Bağımlı değişken kategorilerine ve bağımlı ile bağımsız değişkenin yapısına göre uygulanabilecek regresyon yöntemleri Tablo 2.1’de özetlenmiştir.

Tablo 2.1. Bağımlı ve bağımsız değişkenlere göre uygulamada kullanılan lojistik regresyon yöntemleri (Sümbüloğlu, 2013).

Bağımlı Değişkenin Kategori Sayısı	Bağımsız Değişken Sayısı	Bağımsız Değişkenin Kategori Sayısı	Uygulanacak Yöntem
2	1	2	İkili lojistik regresyon
2	1	2+	İkili lojistik regresyon
2	2+	Çeşitli	Çok değişkenli lojistik regresyon
2+ Sırasız	Tek/Çok	Çeşitli	İsimsel lojistik regresyon
2+ Sıralı	Tek/Çok	Çeşitli	Sıralı lojistik regresyon

2.3.1 Lojistik regresyon yöntemleri

2.3.1.1 İkili (binary) lojistik regresyon

Bağımlı değişken var-yok, sağlam-hasta, olumlu-olumsuz, yaşıyor-öldü, etkili-etkisiz gibi iki kategorili ise ikili lojistik regresyon yöntemi kullanılmaktadır. Buna göre ikili lojistik regresyon analizinde kategorik bağımlı değişken, bir olayın meydana gelmesi ($Y=1$) ve gelmemesi ($Y=0$) olmak üzere iki sonuçludur. Binom dağılımında bir olayın meydana gelme olasılığı $p(Y=1) = p$

ve gelmeme olasılığı $p(Y = 0) = 1 - p$ ile ifade edilmektedir (Barak, 2005). Logit bağ fonksiyonu kullanarak ikili logit model aşağıdaki gibi yazılmaktadır.

İkili lojistik regresyon modeli;

$$E(Y) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \ln\left(\frac{p(Y=1)}{p(Y=0)}\right) = \frac{e^{\beta'X}}{1 + e^{\beta'X}} \quad [12]$$

olarak ifade edilmektedir.

2.3.1.2 İsimsel (nominal) lojistik regresyon

İsimsel lojistik regresyon yöntemi bağımlı değişkenin kategori sayısının üç veya üçten fazla olduğu durumlarda uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemde bağımlı değişken kategorileri doğal bir sıraya sahip değildir ve bağımlı değişken multinomial dağılım göstermektedir. İsimsel lojistik regresyon yönteminde bağımlı değişken örneğin öğrenim düzeyi (ilkokul, ortaokul, lise, yüksekokul, lisans v.b.), medeni durum (evli, bekar, boşanmış v.b.), iş durumu (çalışıyor, çalışmıyor, emekli v.b.) gibi sınıflandırılan değerler almaktadır.

2.3.1.3 Sıralı (ordinal) lojistik regresyon

Bağımlı değişkenin kategori sayısının üç veya üçten fazla olduğu durumlarda kullanılan bir diğer analiz yöntemi de sıralı lojistik regresyon yöntemidir. Sıralı lojistik regresyon yönteminde bağımlı değişken çok kategorili ve kategoriler sıralı yapıdadır. Örneğin bağımlı değişken; çok etkili-orta derecede etkili-etkisiz; büyük-orta-küçük vb. biçiminde sıralanmış değerler alabilmektedir.

Sıralı ve isimsel lojistik regresyon modellerinde bağımlı değişken çok kategorili olduğu için bunlardan bir tanesi referans kategori olarak seçilmekte (Bozkurt, 2011) ve analiz sonucunda elde edilen regresyon katsayılarının yorumlaması söz konusu referans kategori üzerinden yapılmaktadır (Hosmer and Lemeshow, 2000; Şerbetçi, 2012).

Öte yandan, lojistik regresyon analizinde referans kategori amaca göre ilk veya son kategori olarak tercih edilebilmektedir. Bağımlı değişkenin j . referans kategorisine düşme olasılığı $p_j = p(Y = j)$ aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (Bozkurt, 2011).

$$p_j = P(Y = j) = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^{j-1} \exp \left[\sum_{k=1}^k \beta_{jk} X_k \right]} \quad j=1,2,\dots,j-1 \quad [13]$$

2.3.2 Lojistik regresyon varsayımları

Lojistik regresyon modellerinde klasik modellerdeki normal dağılım ve sabit varyanslı olma gibi kısıtlamalar olmamasına rağmen lojistik regresyon yönteminde de bazı varsayımlar bulunmaktadır. Bu varsayımlar aşağıdaki verilmiştir:

1. $(Y_1, Y_2, \dots, Y_k)$ bağımlı değişken değerleri istatistiksel açıdan birbirinden bağımsızdır.
2. Bağımlı değişken değerleri $(0,1)$ gibi veya $(0,1, 2, \dots, k)$ gibi kukla değişkenler ile temsil edilmektedirler.
3. Bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı (multicollinearity) olmamalıdır.

Bunların yanı sıra, lojistik regresyon yöntemi uygulanırken bağımsız değişkene ait aşırı değerlerin modelden çıkarılması gerektiğini ve en yüksek olabilirlik yönteminin büyük örnekler üzerinde daha güvenilir sonuçlar vermesi nedeniyle lojistik regresyonda büyük örneklerin tercih edilmesi gerektiğini bildirilmektedir (Arı, 2013).

2.4 Sıralı (Ordinal) Lojistik Regresyon Analizi

İlk kez 1980 yılında McCullagh tarafından geliştirilmiş olan sıralı lojistik regresyon modelinde gözlenebilen sıralı yapıdaki kategorik değişkenin, sürekli yapıda gözlemlenemeyen kukla bir değişken ile açıklanabildiği varsayılmaktadır (Ayhan, 2006; Akın ve Şentürk, 2012).

Bağımlı değişkenin kategori düzeylerinin sıralı yapıda olduğu çalışmalarda, kategorilerin sıralı bir şekilde ölçeklendirilmiş (0, 1, 2, ..., j), doğal sıralama yapısında (küçük<orta<büyük) olması gerekmektedir. Bağımlı değişken kategorilerinin bu şekilde sıralanmasında ardışık kategoriler arasındaki uzaklıklar farklı olabilmekte ve tam olarak tespit edilememektedir. Bu nedenle, sıralanmış yapıdaki kategorik bağımlı değişken ile bağımsız değişken ya da değişkenler arasındaki ilişkinin belirlenmesinde sıralı lojistik regresyon yönteminin kullanılabilecek en uygun yöntem olduğu bildirilmektedir (Barak, 2005; Ayhan, 2006). Çünkü bağımlı değişken sıralı yapıda olduğunda bağımlı değişkenin kategorik yapısından dolayı bu tarz verilere klasik doğrusal regresyon yöntemleri uygulanamamaktadır. Sıralı kategorik yapıdaki bağımlı değişken tahminlenirken, bağımsız değişken düzeylerinin her bir kombinasyonu için farklı hata terimleri elde edileceğinden dolayı, hata terimleri normal dağılmayacaktır. Bu durumda klasik regresyon modelinin “hata terimleri normal dağılımlıdır” varsayımı ihlal edilmiş olacak ve aynı zamanda bağımlı değişken sürekli yapıda olmadığı için en küçük kareler yöntemi de anlamsız tahminler verecektir (Şerbetçi, 2012).

Ayrıca sıralı ölçek ile ölçeklendirilmiş bu tarz verilerin analizinde, isimsel lojistik regresyon modeli kullanıldığında, bağımlı değişkenin sıralı yapısı göz ardı edilmiş olacak ve bu yöntem bağımlı değişkene dair bilgilerin tam olarak değerlendirilmesi konusunda yetersiz kalacaktır (Hosmer and Lemeshow, 2000).

Tüm bu bilgiler çerçevesinde doğrusal regresyon ve diğer lojistik regresyon yöntemlerinin yaygınlığına karşın, bağımlı değişkenin sıralı olarak gözlemlendiği çalışmalardan elde edilen sonuçların anlamlı olması için sıralı lojistik regresyon yönteminin kullanılması tavsiye edilmiş ve bu tarz çalışmalarda bu yöntemin

kullanımının tek alternatif olduğu bildirilmiştir (Long, 1997; Chen and Hughes, 2004; Şerbetçi ve Özçomak, 2013).

Bu yöntemde sıralı yapıdaki bağımlı değişkenin üç veya daha fazla kategoride gözlenen değerler içermesi gerekmektedir. Sıralı lojistik regresyon modeli, literatürde sıralı lojit model, oransal farklar modeli, paralel regresyon modeli veya gruplandırılmış sürekli model olarak da ifade edilebilmektedir (Long, 1997). Sıralı lojistik regresyon modelinin başlıca özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir.

1. Tahminlenmeye çalışılan bağımlı değişken değeri, bağımsız değişken kombinasyonunun her bir düzeyi için kukla bir değişken değeri üzerinden yeniden düzenlenebilen sıralı yapıda ve gruplara ayrılmış kategorik bir değişkendir. Ancak sıralı yapıdaki bağımlı değişken kategorilerinin eşit aralıklı olup olmadığı kesin olarak bilinmemektedir.

2. Sıralı lojistik regresyon yöntemi, sabit varyans ve normal dağılım gösterme ön koşulu gözetmeksizin bağlantı fonksiyonları yardımıyla bağımsız değişken ya da değişkenlerin sıralı yapıdaki kategorik bağımlı değişken üzerindeki etkilerini açıklayabilmektedir.

3. Regresyon katsayı değerleri (β tahminleri), bağımlı değişkenin kategorilerine bağlı değildir yani sıralı lojistik regresyon yöntemi, bağımsız değişken ya da değişkenler ile sıralı yapıdaki kategorik bağımlı değişken arasındaki ilişkinin, bağımlı değişkenin kategorisinden bağımsız olduğunu varsaymaktadır. Kısaca, bağlantı fonksiyonu kullanılarak tahmin edilen regresyon katsayılarının yani β değerlerinin her bir kesme noktasında (cut of point, eşik değeri) aynı olduğu söylenebilmektedir (Chen and Hughes, 2004; Ayhan, 2006; Şerbetçi ve Özçomak, 2013).

2.4.1 Sıralı lojistik regresyon modelinde kukla (gizli) değişken

Bazı araştırmalarda bağımlı ve/veya bağımsız değişkenler cinsiyet, sağlık durumu, medeni hal gibi nitelik belirtmekte ve sayısal değerler olarak

gözlenemeyen kategorik değişkenler olabilmektedir. Söz konusu bu değişkenler kukla (dummy, latent, yapay) değişkenler adını almaktadır. Sıralı lojistik regresyon analizinde bu tür değişken kategorileri 0, 1, 2, ..., j gibi rakamlarla tanımlanmaktadır ve bağımlı kukla değişken (Y^*) aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Long, 1997; Bircan, 2004; Barak, 2005).

$j=1, 2, \dots, j$ için;

$$\alpha_{j-1} \leq Y^* < \alpha_j \quad [14]$$

Buradaki j değeri, bağımlı değişken kategorisini ifade etmektedir. α değerleri ise “kesme noktaları” veya “eşik değerleri” şeklinde ifade edilmektedir. Ancak uç kategoriler olan 1 ve j değerleri için kesme noktaları açık uçlu olup $\alpha_0 = -\infty$ ve $\alpha_j = +\infty$ şeklinde tanımlanmaktadır (Ayhan, 2006).

Kukla değişken (Y^*) bağımsız değişkenler tarafından doğrusal olarak aşağıdaki şekilde yazılmaktadır:

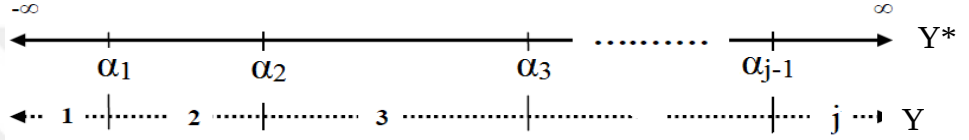
$$Y^* = \beta' X' + u \quad [15]$$

Burada Y^* ; bağımlı değişken olan Y'nin etkisi altında olan sürekli ve doğrudan gözlenemeyen verileri yani kukla değişkeni, X; bağımsız değişken veya değişkenleri ifade etmektedir. u ise sıfır ortalamalı, belirli bir simetrik dağılımlı ve dağılım fonksiyonu $f(u)$ ile tanımlanan hata terimi olduğu varsayılmaktadır.

Bağımlı değişkenin j tane sıralı kategorisinin olduğu durumda gözlenen Y değişkeni, kukla değişken yardımıyla aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$y \left\{ \begin{array}{l} 1 \Rightarrow \alpha_0 = -\infty \leq Y^* < \alpha_1 \\ 2 \Rightarrow \alpha_1 \leq Y^* < \alpha_2 \\ 3 \Rightarrow \alpha_2 \leq Y^* < \alpha_3 \\ \vdots \\ j \Rightarrow \alpha_{j-1} \leq Y^* < \alpha_j = +\infty \end{array} \right. \quad [16]$$

Eşitlik [16]'ya göre sıralı bağımlı değişken için kukla değişken (Y^*) ve gözlenen (Y) değişkeni Şekil 2.4' deki gibi gösterilebilir (Long, 1997).



Şekil 2.4. Kategorik sıralı bağımlı değişken için kukla değişken (Y^*) ve gözlenen (Y) değişkeninin gösterimi.

Yukarıda koyu olarak gösterilen doğru, kukla değişkeni ifade etmektedir. Bu doğru üzerinde yer alan “ α ” değerlerine kesme noktaları denilmektedir. Bu kesme noktaları β' değerleri ile tahmin edilmekte ve bağımlı değişken kategorilerinin olasılık değerlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bir sıralı lojistik regresyon modeli için kesme noktası sayısı, bağımlı değişkenin kategori sayısının 1 eksiğidir. Gözlenen Y bağımlı değişkeni kesikli çizgi ile gösterilen doğru üzerinde değerler almaktadır. Eşitlik [16]'dan yararlanarak bağımlı değişkenin birinci kategoriye düşme olasılığı $p(Y=1)$ aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$p(Y=1|X) = p(\alpha_0 \leq Y^* < \alpha_1) \quad [17]$$

Bu modelde kukla değişken (Y^*) yerine $\beta'X' + u$ ifadesi yerleştirildiğinde aşağıdaki eşitliğe ulaşılır:

$$p(Y=1|X) = p(\alpha_0 \leq \beta'X' + u < \alpha_1 | X) \quad [18]$$

olur. Buradan, $\beta' X'$ 'i eşitsizliğin dışına çıkardığımızda;

$$\begin{aligned} p(Y=1|X) &= p(\alpha_0 - \beta' X' \leq u < \alpha_1 - \beta' X' | X) \\ p(Y=1|X) &= p(u < \alpha_1 - \beta' X' | X) - p(u \leq \alpha_0 - \beta' X' | X) \\ &= f(\alpha_1 - \beta' X') - f(\alpha_0 - \beta' X') \end{aligned} \quad [19]$$

eşitliği elde edilir. Bu işlemler genelleştirildiğinde her bir kategorinin olasılığını elde etmek için aşağıdaki matematiksel model kullanılmaktadır (Barak, 2005; Ayhan, 2006; Akın ve Şentürk, 2012). Herhangi bir j kategorisi ve verilen her X değeri için;

$$p(Y = j | X) = f(\alpha_j - \beta' X') - f(\alpha_{j-1} - \beta' X') \quad [20]$$

eşitliği elde edilmektedir.

Eşitlik [20] dikkate alınırsa genel olarak sıralı lojistik regresyon modeli $\gamma_j = 1$ kategori için birikimli (kümülatif) dağılım fonksiyonu³ ile elde edilen birikimli olasılık değeri⁴ olmak üzere;

$$link(\gamma_j) = \alpha_j - \beta' X' \quad [21]$$

$$\begin{aligned} p(Y \leq j) &= p(\alpha_{j-1} \leq \beta' X' < \alpha_j) \\ &= \frac{1}{1 + \exp(-\alpha_j + \beta' X')} - \frac{1}{1 + \exp(-\alpha_{j-1} + \beta' X')} \end{aligned} \quad [22]$$

³ Birikimli (kümülatif) dağılım fonksiyonu: X şans değişkeninin olasılık değerleri toplamının 1 olduğu fonksiyon.

⁴ Birikimli olasılık değeri: X şans değişkeninin birikimli olasılık fonksiyonu sonucu elde edilen değeri.

şeklinde ifade edilebilir (McCullagh, 1980; Agresti, 2002; Emeç, 2002; Ayhan, 2006). Burada: α_j , j. kategorinin eşik değerini, $\beta'(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k)$ regresyon katsayılarını, $X'(X_1, X_2, \dots, X_k)$ bağımsız değişkenleri göstermektedir.

Bağımlı değişken iki veya daha çok düzeye sahip sıralı kategorik bir değişken olduğunda, model yapılandırılırken tercih edilecek logit modelin seçimi bu birikimli dağılım fonksiyonu yardımı ile yapılmaktadır.

2.4.2 Sıralı lojistik regresyon modelinde bağlantı fonksiyonları

Bağlantı fonksiyonları; bağımlı değişkeni, bağımsız değişken ya da değişkenlere doğrusal bir yapı ile bağlayan ve sıralı regresyon modellerinin yapılandırılmasında kullanılan olasılık fonksiyonlarıdır. Probit, logit, cauchit, tamamlayıcı log-log (complementary log-log, cloglog) ve negatif log-log (negative log-log) sıralı lojistik regresyon yöntemlerinde kullanılan bağ fonksiyonlarıdır.

Ancak çalışmalardaki veri setlerine en uygun bağlantı fonksiyonunun seçimine yönelik standart bir yöntem bulunmamaktadır (Yay ve Akıncı, 2009). Bunun yanısıra, bağımlı değişken kategorilerinin birikimli olasılık değerlerinde ani bir değişim olmuyorsa probit ve logit modelleri; eğer birikimli olasılık değerlerinde ani değişimler gerçekleşiyorsa diğer modellerin kullanılması tavsiye edilmektedir. Logit bağlantısı, genellikle tüm kategorilerin olasılık değerleri eşit olarak dağılmış ise sıralı lojistik regresyon analizi için uygun olabilmektedir. Buna karşın, bağımlı değişkenin birinci kategorisinden itibaren birikimli olasılık değerinde yavaş bir artış olurken yüksek kategorilere doğru ani bir artış gerçekleşiyorsa, sıralı kategorik verilerin analizinde tamamlayıcı (complementary) log-log bağlantı fonksiyonunun seçilmesi; eğer bunun tam tersi olarak birikimli olasılık değerinde yüksek kategorilerde yavaş bir artış oluyorken, birinci kategoriye yaklaşırken ani bir artış gerçekleşiyorsa negatif log-log bağlantı fonksiyonunun seçilmesi tavsiye edilmektedir (Yay ve Akıncı, 2009; Noruşis, 2019).

Sıralı lojistik regresyon yöntemlerinde kullanılan beş farklı bağ fonksiyonu ve uygulandığı durumlar bir olayın meydana gelme olasılığı (p) ve gelmeme olasılığına ($1-p$) göre aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.2. Sıralı Regresyondaki Bağlantı Fonksiyonları (Ayhan, 2006; Yay ve Akıncı, 2009; Norušis, 2019).

Fonksiyon	Form	Uygulama alanı
Logit	$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$	Tüm bağımlı değişken kategorilerinin olasılık (p) değerleri eşit olarak dağılmış ise kullanılır.
Tamamlayıcı log-log (Complementary log-log)	$\ln(-\ln(1-p))$	($j=1,2,\dots,j$) kategorili bağımlı değişkenin yüksek ($j-1$, $j-2$ gibi) kategorilerindeki birikimli olasılık (p) değerleri daha yüksek ise kullanılır.
Negatif log-log (Negative log-log)	$-\ln(-\ln(p))$	($j=1,2,\dots,j$) kategorili bağımlı değişkenin düşük kategorilerindeki birikimli olasılık (p) değerleri daha yüksek ise kullanılır.
Probit	$\Phi^{-1}(p)$	Normal dağılım gösteren kukla bir değişken olduğu durumlarda kullanılır.
Cauchit	$\tan(p(p-0.5))$	Bağımlı değişkenin aşırı uç değerli olduğu durumlarda kullanılır.

2.4.3 Sıralı lojistik regresyon modelinde parametre tahmin yöntemleri

Lojistik regresyon modelinde amaç, diğer regresyon yöntemlerinde olduğu gibi az değişken ile inceleme konusu verileri açıklayan en iyi modeli tahminlemektir. Lojistik regresyon modelinde bağımlı değişkenin yapısından dolayı hatalar binomiyal veya multinomiyal dağılmaktadır. Bu nedenle parametre tahminlerinde en küçük kareler yöntemi yerine en yüksek olabilirlik (ML, maximum-likelihood), minimum logit ki-kare (minimum logit chi-square) ve yeniden ağırlıklandırılmış en küçük kareler yöntemi (iteratively reweighted least squares) gibi olabilirlik tabanlı yaklaşımlar kullanılmaktadır (Kartalkanat, 2006; Akçay, 2009; Hair et al., 2014).

2.4.3.1 En yüksek olabilirlik (Maximum likelihood-ML) yöntemi

Bu yöntemde, bilinmeyen parametrelerin en yüksek olabilirlik tahminleyicileri ile olabilirlik fonksiyonunu en yüksek değere ulaştıracak sonuçlar seçilmektedir (Kartalkanat, 2006; Nizam, 2007; Akçay, 2009; Burmaoğlu, 2009).

Lojistik regresyon analizinde parametre tahmininde bulunurken kullanılan en yüksek olabilirlik yaklaşımları koşulsuz (unconditional) ve koşullu (conditional) en yüksek olabilirlik yöntemleri olmak üzere iki türdür. Yöntemlerin seçiminde modelde yer alan parametre sayısı ile deneysel ünite sayısının göreceli karşılaştırılması belirleyici olmaktadır. Nitekim, modeldeki parametre sayısının deneysel ünite sayısına göre az olduğu durumda koşulsuz en yüksek olabilirlik yöntemi kullanılırken; tahminlenmeye çalışılan parametre sayısının denek sayısından göreceli olarak fazla olduğu durumlarda ise koşullu en yüksek olabilirlik yöntemi tercih edilmektedir (Akçay, 2009).

Bilimsel araştırmalarda genel olarak çalışılan parametre sayısı deneysel ünite sayısından az olduğu için koşulsuz en yüksek olabilirlik yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Koşullu en yüksek olabilirlik yöntemi ise fazla sayıda matematiksel işlem gerektirdiğinden ve paket programlarda bile bu işlemin uzun sürmesi nedeniyle tercih edilmemektedir. Bu nedenle, genel olarak en yüksek olabilirlik yönteminden bahsedildiğinde koşulsuz en yüksek olabilirlik yönteminden söz edilmektedir (Atabey, 2010).

Bağımlı değişken olan “Y” (1 ve 0) olarak kodlandığında p olasılığı, gözlemlenen bağımsız değişken (X) değerleri için, bağımlı değişken (Y)’in 1’e eşit olma koşullu olasılığı;

$$P(X) = \frac{p}{1-p} \quad [23]$$

şeklinde ifade edilmekte ve bu olasılık $E(Y=1|X)$ şeklinde gösterilmektedir. Buradan hareketle (1-p) ifadesi de, bağımlı değişken (Y)’nin 0’a eşit olma koşullu olasılığını vermektedir. Bu olasılık da $E(Y=0|X)$ şeklinde ifade edilmektedir.

(X_j, Y_j) çifti için $Y_j = 1$ iken olabilirlik fonksiyonunun dağılımı P_j 'dir. $Y_j = 0$ olduğunda ise olabilirlik fonksiyonunun dağılımı $1 - P_j$ olur. Bu durumda j'inci gözlem için olasılık;

$$E(Y_j / X_j) = p(X_j)^{Y_j} [1 - p(X_j)]^{1-Y_j} ; j = 1, 2, \dots, j \quad [24]$$

biçiminde yazılacak olursa, bu olasılık n gözlem için olabilirlik fonksiyonu olarak;

$$L(\beta) = L(Y_j / X_j) = E(Y_j / X_j) = \sum_{j=1}^n p(X_j)^{Y_j} [1 - p(X_j)]^{1-Y_j} \quad [25]$$

biçiminde ifade edilmektedir. En yüksek olabilirlik yönteminin temel amacı Y'nin gözlenme olabilirliğini en yüksek kılacak şekilde bağımsız değişken katsayıları olan β 'ların tahminini yapmaktır. Matematiksel olarak eşitliğin logaritması ile çalışmak daha kolay olacağından, yukarıdaki eşitliklerden yararlanılarak lojistik modelin olabilirlik fonksiyonunun logaritması alındığında (Mete, 2009);

$$\ln L(Y_j / X_j, \beta) = \sum_{j=1}^n \{Y_j \ln [p(X_j)] + (1 - Y_j) \ln [1 - p(X_j)]\} \quad [26]$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada $L(\beta)$ 'yı en büyük yapan β değerlerini bulmak için, $L(\beta)$ 'nın, bilinmeyen her bir β parametresine göre kısmi türevi alınmaktadır. Bu türevler 0'a eşitlendiğinde bilinmeyen β parametrelerine ilişkin j+1 tane doğrusal olmayan eşitlik elde edilmektedir. Bu eşitlikler çözümlendiğinde tahmin edilen sıralı lojistik regresyon modeli;

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_j X_j \quad [27]$$

şeklinde yazılabilir. Bu model doğrusal tahmin edici olarak adlandırılmaktadır (Ayhan, 2006; Ürük, 2007; Burmaoğlu, 2009; Mete, 2009 Dağlıoğlu; 2014).

2.4.3.2 İteratif yeniden ağırlıklandırılmış en küçük kareler yöntemi (iteratively reweighted least squares)

Klasik doğrusal regresyonda hata teriminin varyansının bağımsız değişkenin alacağı değerlere bağlı olarak değişmemesi varsayımı lojistik regresyon modellerinde gerçekleşmemektedir. Lojistik regresyon modelinde varyans, bağımlı değişkenin koşullu beklenen değerine $E(Y/X)$, $E(Y/X)$ de bağımsız değişkenin ya da değişkenlerin aldığı değerlere bağlıdır. Dolayısıyla değişen varyanslılık söz konusudur ve bu durumda en küçük kareler tahmincileri sapmasız olmakla birlikte; en küçük varyanslı olmadıklarından dolayı etkin değildirler. Hataların varyanslarındaki değişkenlikten kaynaklanan bu sorunlar, hataların uygun bir şekilde ağırlıklandırılarak yeniden elde edilmesi ile giderilebilmekte ve bu yöntem ile hataların homojen olmaları sağlanmaktadır (Serin, 2010).

Yeniden ağırlıklandırılmış en küçük kareler yöntemi, kategorilere ayrılmış verilerin, j tane ($j=1,2,...,j$) kategorisi olduğu varsayıldığında, bu kategorilerden her birinde n_j denemeden r_j başarı elde edildiği düşünülürse ($j=1,2,...,j$ için) başarı olasılığı $p_j = \frac{r_j}{n_j}$ olarak tanımlanır. $\text{Var}\left(\frac{r_j}{n_j}\right) = \frac{p_j(1-p_j)}{n_j}$ olduğundan, binomiyal veya multinomiyal dağılımlı gözlemler için varyansın değiştiği görülmektedir. Bu durumda $\text{logit}\left(\frac{r_j}{n_j}\right)$, nin bağımsız değişkenler üzerinde $w_j = \frac{n_j}{p_j(1-p_j)}$ ağırlığı ile ağırlıklandırılmış regresyonunu uygulamak daha uygun olacaktır. Burada p_j 'nin bir fonksiyonu olarak görülen w_j ağırlık değerleri ile en küçük kareler yöntemi ile β değerleri birbirine yeterince yakın olana (sapma değerleri minimum olana) kadar iterasyona devam etmekte, her tekrarda ağırlıklar tahminlenen değerlere bağlı olarak yeniden güncellenmektedir (Tatlıdil, 1996; Arıcan, 2010).

2.4.3.3 Minimum logit ki-kare (minimum logit chi-square) yöntemi

Minimum logit ki-kare yöntemi, yeniden ağırlıklandırılmış en küçük kareler yönteminin özel bir biçimidir. Bu yöntemde parametre tahmini yapılırken beklenen ve gözlemlenen logit değerlerinin farkından yararlanılmakta ve

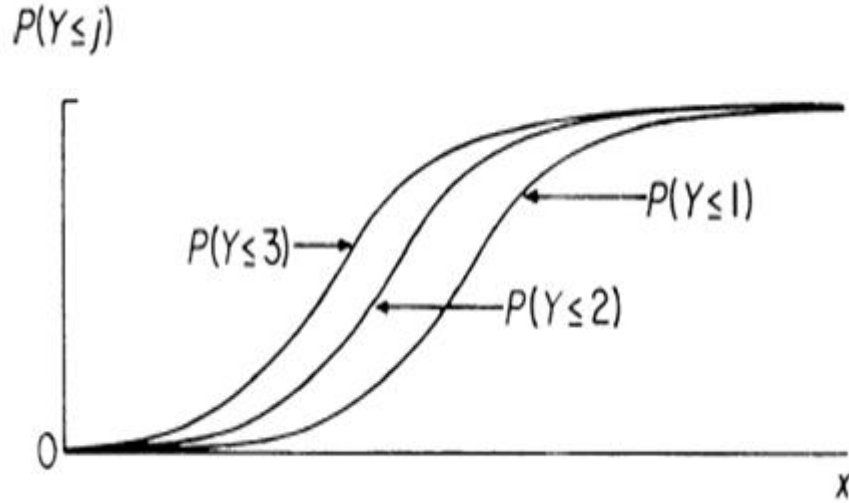
yöntemin lojistik regresyonda kullanımı tekrarlı veriler olması durumunda geçerli

olmaktadır. Bu yöntemde p_j değeri; $p_j = \frac{e^{\alpha + \beta X_j}}{e^{\alpha + \beta X_j} + 1}$ şeklindedir. Minimum logit

ki-kare yönteminde, bu olasılık üzerinde yapılan logit dönüşüm ile bağımlı değişken oluşturulmakta ve tahminlemede kullanılacak ağırlık değerleri $w_j = n_j p_j (1 - p_j)$ şeklinde olmaktadır. Yani minimum logit ki-kare yöntemi yukarıda tanımlandığı şekilde logit dönüşüm olarak adlandırılan bağımlı değişken ve ağırlık değerleri ile ağırlıklandırılmış bağımsız değişkenlerin regresyonundan en küçük kareler tahminlerini elde etmeye dayanmaktadır. Bu şekilde elde edilen parametre tahminleri, minimum logit ki-kare tahminleri olarak adlandırılmaktadır (Akçay, 2009; Burmaoğlu, 2009; Mete, 2009).

2.5 Sıralı Lojistik Regresyon Varsayımı

Sıralı lojistik regresyon yönteminde, lojistik regresyon yönteminin varsayımlarına ek olarak paralel eğriler varsayımı adı verilen bir varsayım daha bulunmaktadır. Bu yöntemde, paralel eğriler varsayımının sağlanması koşulu ile sıralı lojistik modelleri oluşturulmaktadır. Paralel eğriler varsayımı altında sıralı lojistik modeller yapılandırılırken bağlantı fonksiyonlarından yararlanılmaktadır. Yani klasik modellerdeki normal dağılım varsayımı bulunmamasına rağmen bağımlı değişken logiti ile bağımsız değişkenler arasında doğrusallık aranmaktadır (Arı, 2013). Bu nedenle en uygun logit modelin belirlenebilmesi için bu varsayım altında, bağımlı değişkenin kategori sayısının ikili kombinasyonları kadar model tanımlanması gerekmektedir. Bu model kümülatif ya da birikimli olasılık modeli (Şekil 2.5) olarak isimlendirilmekte ve tanımlanan alt modellerin birbirine olan paralellikleri analiz edilmektedir. Sonuç olarak sıralı lojistik regresyon analizi için aday model belirlenirken paralel eğriler varsayımının da sağlanması gerekmektedir (Ayhan, 2006; Nizam ve Akdeniz, 2007).



Şekil 2.5. Sıralı lojistik regresyondaki kümülatif olasılıklar (Agresti, 2002).

Bu bağlamda paralel eğriler varsayımının sıralı yapıda kategorik değişken içeren modellerin oluşturulmasındaki önemli bir varsayım olduğundan söz edilebilir. Paralel eğriler varsayımı aynı zamanda oransal risk varsayımı olarak da bilinmektedir. Bu varsayıma göre tahminlenen regresyon katsayılarının (β 'ların), sıralı yapıdaki kategorik bağımlı değişken kategorilerinin her birinde eşit olduğu varsayılmaktadır.

Eşitlik [21]'de j kategori için birikimli olasılık fonksiyonu;

$$\text{link}(\gamma_j) = \alpha_j - \beta' X'$$

şeklinde belirtilmişti. Bu denklemden yararlanarak olabilirlik fonksiyonu oluşturulmakta ve katsayıların en yüksek olabilirlik tahminleri bulunmaktadır. Ayrıca modelin yapılandırılmasında bu denklemden yararlanılarak modelin sıralı logit tahminleri yapılmaktadır (Ayhan, 2006; Kızılgöl, 2012).

j kategorili sıralı yapıdaki bağımlı değişkeni açıklayan tek bir bağımsız değişken olduğu durum için; $j=1$ kategorisi bağımlı değişkenin minimum değerini, $j=2$ kategorisi bir sonraki sıralı değerini, $j= j$. sıralı değerini göstermek üzere, sıralı logit modelde bir gözlem değerinin görülme olasılığı;

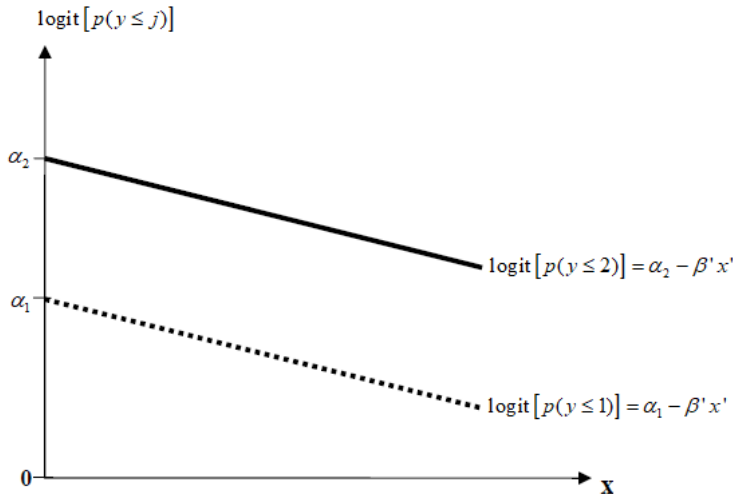
$$\text{logit}[p(Y \leq 1)] = \log \left[\frac{p(Y=1)}{1 - p(Y=1)} \right] = \alpha_1 - \beta' X$$

$$\text{logit}[p(Y \leq 2)] = \log \left[\frac{p(Y=1) + p(Y=2)}{1 - p(Y=1) - p(Y=2)} \right] = \alpha_2 - \beta' X$$

$$\text{logit}[p(Y \leq j)] = \log \left[\frac{p(Y=1) + p(Y=2) + \dots + p(Y=j)}{1 - p(Y=1) - p(Y=2) - \dots - p(Y=j)} \right] = \alpha_j - \beta' X \quad [28]$$

şeklinde (j-1) tane birikimli olasılık modeli oluşturulabilmektedir (Barak, 2005).

Burada oluşturulan her bir birikimli olasılık modeli için farklı kesme (eşik) değerleri yani farklı “ α ” değerleri bulunmaktadır. Bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisi olarak gözlemlenen β değerlerinin, her bir model için eşit olması gerekmektedir. Birden fazla bağımsız değişkenin bulunması durumunda da aynı koşul geçerlidir. Yani tüm birikimli olasılık modellerinde k tane bağımsız değişken varsa, k’ıncı bağımsız değişkene ait β_k katsayılarının da birbirine eşit olması gerekmektedir. Bu varsayımın doğruluğunun test edilmesi ve sağlanması zorunludur (Barak, 2005; Akın ve Şentürk, 2012).



Şekil 2.6. Üç kategorili sıralı bağımlı değişken için oluşturulan birikimli olasılık değerlerinin paralellığının grafiksel olarak gösterimi (Barak, 2005).

2.5.1 Paralel eğriler varsayımının geçerliliğinin test edilmesi

Katsayılar tahminlendikten sonra, modeldeki değişkenlerin önemli olup olmadığının kontrol edilmesi gerekir. Modelin verilere uyumunun belirlenmesindeki önemli adımlardan biri modelin gözlenen verileri ne kadar iyi tanımlayabildiğinin ölçülmesi yani uyum iyiliğidir (Hosmer and Lemeshow, 2000). Modelden elde edilen bilgilerin güvenilir ve doğru olması için paralel eğriler varsayımının sağlanması gerekmektedir. Eğer bu varsayım sağlanamazsa, tahminlenen katsayılar anlamsız olacak ve elde edilen sonuçların tümü yanlış çıkacaktır. Bu nedenle, varsayımın ve tahminlenen katsayıların kontrolü için Olabilirlik Oran (log-olabilirlik) testi, Wald testi ve Score testi gibi testler kullanılmaktadır (Long, 1997; Çolak, 2002).

Paralel eğriler varsayımında hipotezler;

H₀: İlgili regresyon katsayıları, bağımlı değişkeninin tüm düzeylerinde aynıdır.

$$H_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{k-1}$$

H₁: İlgili regresyon katsayıları, bağımlı değişkeninin tüm düzeylerinde farklıdır.

$$H_1 \neq \beta_1 \neq \beta_2 \neq \dots \neq \beta_{k-1}$$

şeklinde kurulmaktadır.

2.5.1.1 Olabilirlik oran testi

Lojistik regresyonda, tahminlenen regresyon katsayılarının önemliliğinin test edilmesindeki temel amaç modele dahil edilmek istenen, sorgulama altındaki bağımsız değişken ya da değişkenlerin bağımlı değişken ile ilişki içinde olup olmadığının tespit edilmesidir. Bunun için bağımsız değişken ya da değişkenleri içeren ve içermeyen modellerin karşılaştırılması sonucunda elde edilen tahmin

değerlerinin, bağımlı değişkenin gözlenen değerleri ile uyumuna bakılmaktadır. Bu değişkenleri içeren ve içermeyen modellerin karşılaştırılması için logaritmik olabilirlik eşitliğinden yararlanılır. Olabilirlik oran testi istatistiğinin elde edilmesinde iki modelden söz edilmektedir. Bunlardan ilki paralel eğriler varsayımının sağlandığı ve “mevcut model” şeklinde adlandıracağımız model, değişkenlerin kısıtlandığı ve sadece önemli değişkeni veya değişkenleri içeren modeldir ki bu modele yokluk veya indirgenmiş model (null model) adı da verilmektedir. İkincisi ise tüm bağımsız değişkenler için katsayıların tahminlendiği “doymuş model” (full model) şeklinde adlandırılan, toplam değişken sayısı kadar parametre içeren modeldir. Bu modeller yardımıyla olabilirlik fonksiyonları kullanılarak gözlemlenen ve beklenen (tahminlenen) değerlerin karşılaştırılması için aşağıdaki eşitlikten yararlanılmaktadır;

$$D = -2 \ln \left[\frac{\text{Mevcut modelin olabilirliği}}{\text{Doymuş modelin olabilirliği}} \right] \quad [29]$$

Eşitlik [29] ile olabilirlik oranı (likelihood ratio, benzerlik oranı) tanımlanmak istenmiştir. Söz konusu D istatistiğine bazı araştırmacılar tarafından lojistik regresyon için sapma (deviance) adı verilmektedir. D istatistiği, doğrusal regresyondaki hata kareler toplamına karşılık gelmektedir (Atakurt, 1999; Hosmer and Lemeshow, 2000).

Örneğin j adet bağımsız değişkeni olan bir regresyon modelinden oluşturulan ilk (mevcut) modelde $X_1, X_2, \dots, X_a$ tane bağımsız değişken olsun, ikinci (doymuş) modelde $X_1, X_2, \dots, X_a, X_{a+1}, X_{a+2}, \dots, X_{a+b}$ tane ($a+b=j$) olmak üzere bütün bağımsız değişkenleri içeren model olsun. Bu modellerdeki bağımsız değişken kombinasyonları için tahminlenen regresyon katsayıları (kesme noktaları) mevcut model için β_a , doymuş model için de β_{a+b} şeklinde gösterilsin. Böyle bir durum için $X_{a+1}, X_{a+2}, \dots, X_{a+b}$ bağımsız değişkenlerinin olabilirlik oranı aşağıdaki gibidir;

$$D = -2 \left[\ln \frac{L(\beta_a)}{L(\beta_{a+b})} \right] = -2 \left[\ln \frac{L(\beta_a)}{L(\beta_j)} \right] = -2(\ln [L(\beta_a)]) - \ln [L(\beta_j)] \quad [30]$$

Bir bağımsız değişkenin anlamlılığını değerlendirmek için aşağıda verilen hipotezler test edilmektedir.

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_k = 0$$

H_1 : En az bir β değeri sıfırdan farklıdır.

Burada bağımsız değişkenin modeldeki etkisini belirlemek amacıyla sorgulanan değişkenin denklemde bulunduğu ve bulunmadığı durumlardaki sapma (D) değerleri karşılaştırılmaktadır. Bağımsız değişkenin denklemde bulunup bulunmamasına bağlı olarak D istatistiğindeki değişim aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$G = D(\text{ilgili değişkenleri içermeyen model}) - D(\text{Tüm değişkenleri içeren model}) [31]$$

Bu istatistiğin işleme şekli doğrusal regresyondaki F testi gibidir. G değerini hesaplamak amacıyla farkı alınan sapma (D) değerlerinin her ikisinde de doymuş modelin olabilirliği ortak olduğu için G istatistiği;

$$G = -2 \ln \left[\frac{\text{İlgili değişkenleri içermeyen modelin olabilirliği}}{\text{Tüm değişkenleri içeren modelin olabilirliği}} \right] [32]$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada bütün değişkenleri içeren model ile tahminlenen modelin olabilirlik oranının farkı sonucunda elde edilen değerlerin ki-kare dağılışına sahip olduğu düşünülerek yapılandırılan modelin geçerli olup olmadığı test edilmektedir. Bu yolla modele dahil edilecek bağımsız değişkenlere karar verilmektedir (Akçay, 2009).

Yukarıdaki ifadede logaritmanın (-2) katı alınması sonucunda olabilirlik oran testi adı verilen eşitlik elde edilmekte ve bu eşitlikten elde edilen sonuç hipotez testi için kullanılmaktadır (Nizam, 2007; Akçay, 2009).

2.5.1.2 Wald testi

Paralel eğriler varsayımının kontrol edilmesi için kullanılan testlerden biri de Wald testidir. Wald testi, regresyon katsayılarının (β) en yüksek olabilirlik tahminin, bu tahminin standart hatasına oranlaması suretiyle yapılan bir testtir. Katsayıların anlamlılıklarını test etmek amacıyla Wald istatistiğinden yararlanılabilmektedir. Bu test sonucunda hem paralellik test edilebilmekte, hem de paralelliğin hangi değişken veya değişkenler yüzünden bozulduğu tespit edilebilmektedir (Nizam, 2007). Wald istatistiği, doğrusal regresyonda modeldeki her bir parametrenin tahmininin test edilmesinde kullanılan t testinin alternatifidir (Burmaoğlu, 2009; Mete, 2009; Güriş ve Astar, 2019).

Lojistik regresyon modelinin herhangi ($\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ olmak üzere) bir eğim parametresine ait en yüksek olabilirlik tahmini ($\widehat{\beta}_k$), kendi standart hatası (SE_{β_k})'na oranlandığında ve $k=1,2,\dots,k$ için, $\widehat{\beta}_k = \beta_k - \alpha$ olmak üzere aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir.

$$W = Z = \frac{\widehat{\beta}_k}{SE_{\beta_k}} \quad [33]$$

Eşitlikteki Wald istatistik değeri standart normal dağılım (Z) göstermektedir (Hosmer and Lemeshow, 2000). Wald testi ile eğim parametresi olan (β_k)'nın, istatistiksel anlamlılığının test edilmesi için kurulması gereken hipotezler aşağıda verilmiştir.

$$H_0 : \beta_k = 0 \text{ (} x_k \text{ 'nın modele önemli bir katkısı yoktur.)}$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0 \text{ (} x_k \text{ 'nın modele önemli bir katkısı vardır.)}$$

Yani H_0 hipotezine göre sorgulanan bağımsız değişkenin modele önemli bir katkısı yoktur. H_1 hipotezine göre ise sorgulanan bağımsız değişkenin modele katkısı önemlidir.

Wald testi değeri Ki-Kare tablo değerinden büyük ise H_0 hipotezi reddedilmekte, bu duruma göre de (β_k) eğim parametresinin istatistiki olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Aksaraylı ve Saygın, 2011).

Öte yandan Wald istatistiğinde büyük β parametre tahminlerinde tahminlenen standart hatalar da büyük olmaktadır. Bu durum Wald istatistiği değerinin çok küçük çıkmasına, bunun sonucu olarak da doğru olmayan H_0 hipotezinin kabul edilmesi olasılığının artmasına yani II. Tip hataya neden olmaktadır (Ürük, 2007; Burmaoğlu, 2009; Güriş ve Astar, 2019; Kalaycı, 2008)

Küçük örneklerle çalışıldığında olabilirlik oran testi ve Wald testi farklı sonuçlar vermektedir (Long, 1997) Bununla birlikte tahminlenen parametreler için, standart hataların büyük çıkma olasılığı sorunu nedeniyle olabilirlik oran testinin kullanılmasının daha uygun olacağını bildirilmektedir (Agresiti, 2002).

2.6 Sıralı Lojistik Regresyon Modelinde Değişken Seçimi

Bir istatistik modelin kurulmasında geleneksel yaklaşım en az değişken ile en iyi modelin yapılandırılmasıdır. Modele dahil edilen bağımsız değişken sayısının fazla olması durumunda hata büyümektedir. Bu nedenle az sayıda bağımsız değişken ile çalışmak tercih edilmektedir (Oğuzlar, 2005; Atabey, 2010).

Lojistik regresyon analizlerinde, denkleme dahil edilen tüm bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklamada etkili olması istenmekte, hatayı açıklamayan değişkenlerin denkleme tutulmasının lojistik regresyon denkleminin etkinliğini ve tahmin gücünü düşürmesi beklenmektedir.

Lojistik regresyon yöntemlerinde, model yapılandırması için değişken seçiminde bağımsız değişkenler analize tek tek alınabildiği gibi birden fazla bağımsız değişken aynı anda analize alınabilmektedir. Çok sayıda bağımsız değişken ile analizde geriye doğru eliminasyon veya ileri doğru seleksiyon yapan teknikler adimsal olarak uygulanmaktadır (Aksaraylı ve Saygın, 2011). Lojistik regresyon modeli için değişken seçimi yapılırken izlenmesi gereken adımlar

doğrusal regresyondaki model yapılandırmasına benzer şekilde ve aşağıdaki gibidir:

1. Değişken seçimi yapılırken, değişken seçimine (her bir değişken için) tek değişkenli lojistik regresyon analizi ile başlanmalıdır. Sınıflanmış veya sıralanmış sürekli yapıdaki kategorik değişkenler için tek değişkenli analiz, bağımsız değişkenin k düzeyine karşı bağımlı değişkenin ($Y=0, Y=1, Y=2, \dots, Y=j$) olasılık tablosuyla yapılır. Sürekli değişkenler için tek değişkenli lojistik regresyon modelleri kurularak yapılan analiz sonucunda, tahminlenen katsayı değerleri, katsayıların standart hataları, katsayıların önemi için tek değişkenli Wald testi sonucu ya da olabilirlik oran testi sonucu gibi bilgilere ulaşılır.

2. Tek değişken analizi tamamlandıktan sonra birden fazla sayıdaki bağımsız değişken ile yapılan lojistik regresyon analizi için değişkenler seçilmektedir. Tek değişkenli analiz sonucunda, değişkenlerden p önem değeri 0.25'den küçük ($p < 0.25$) olan ve biyolojik olarak önemli olduğuna karar verilen tüm değişkenler çok değişkenli analiz modeli için aday olarak seçilirler. Değişken seçimi tamamlandıktan sonra tüm değişkenleri içeren nihai bir model kurulur (Hosmer and Lemeshow, 2000).

3. Çamdeviren (2000), değişkenler teker teker modele dahil edildiğinde anlamlı çıkmasına rağmen diğer değişkenler ile birlikte modele dahil edildiklerinde etki karışması olabileceğini bildirmiştir (Mete, 2009). Çok sayıda bağımsız değişkenin analizi için bu gibi olası dezavantajların ortadan kaldırılması ve nihai modelin kurulmasında yararlanılabilecek bir diğer yöntem de bağımsız değişkenlerin adımsal yöntem ile tek tek incelenmesi olabilir. Bu yöntemde değişkenler istatistiksel kriterlere bağlı olarak ya modele dahil edilir ya da modelden çıkarılırlar. Modele alınan her bir değişkenin önemi Wald istatistiği ile yapılabilir. Bu amaçla tahminlenen her katsayı, yalnızca o değişkeni içeren tek değişkenli modelden elde edilen katsayı ile karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma ile modele katkısı olmadığı tespit edilen değişkenler model dışı bırakılır ve kalan değişkenler yeni bir model yapılandırmak için kullanılır. Buradan elde edilen yeni model, olabilirlik oran testi yardımı ile eski model ile karşılaştırılır ve model seçimine karar verilir.

4. Son olarak önemli olan değişkenlerin modelde olduğuna karar verildikten sonra, bu adımlarla kurulmasına karar verilen modelin içerdiği değişkenlerin etkileşimleri incelenmelidir. Nihai model için bağımsız değişkenlerin tek tek incelenmesinde ve doğrusallık (paralel eğriler) varsayımının kontrolünün sağlanmasında fayda vardır (Hosmer and Lemeshow, 2000).

2.6.1 Adımsal lojistik regresyon

Lojistik regresyonda model yapılandırma adımsal regresyon yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde değişkenlerin katsayı önemlilikleri kontrol edilerek modele dahil edilmesi veya çıkarılmasına karar verilmektedir. Değişken katsayılarının önemliliğine doğrusal regresyonda kısmi F testi, lojistik regresyonda ise olabilirlik oran testi ile karar verilmektedir. Bu amaçla, sorgulanan değişkeni içeren model ile sorgulanan değişkeni içermeyen model her adımda kıyaslanmaktadır. Bu kıyaslama sonucunda log olabilirlik oranlarında en fazla değişikliğe sebep olan, yani olabilirlik oran istatistiği (G) değeri en fazla olan değişkenin istatistiksel olarak en önemli değişken olduğuna p değeri aracılığıyla karar verilmektedir (Akçay, 2009). Adımsal lojistik regresyon yönteminde, ileriye ve geriye doğru seleksiyon yöntemleri birlikte kullanılmakta ve model dışında kalan değişkenler tekrar test edilmektedir. Logaritmik olabilirliklerine herhangi bir adımda anlamsız olduğu tespit edilen değişken model dışı bırakılabilmekte veya önemli olduğuna karar verilen bir değişken modele eklenebilmektedir.

2.6.2 İleri doğru seleksiyon yöntemi

İleriye doğru seleksiyon yöntemi, değişkenlerin modele eklenmesi veya modelden çıkarılması için, değişkenlerin önemini kontrol eden istatistiksel bir karar kuralına dayanmaktadır. Bu yöntem uygulanırken değişkenler modele teker teker alınırlar ve kriterlere uymayanlar model dışı bırakılırlar. Bu yöntemde ki-kare, Wald ve olabilirlik oran testleri kullanılmaktadır. İleriye doğru seleksiyon yönteminde analize sıfıncı adım ile başlanmaktadır (Önder ve Cebeci, 2001).

Adım 0: k tane bağımsız değişken olduğu ve bağımlı değişkenin açıklanmasında bu bağımsız değişkenlerin hepsinin biyolojik açıdan önemli olduğu varsayıldığında, Adım 0, sadece sabit terimi içeren modelin yapılandırılması ve yapılandırılan bu modelin log-olabilirliklerinin (L_0) hesaplanmasıyla başlamaktadır. k adet değişkenin her biri için lojistik regresyon modeli yapılandırıldıktan sonra, bu k tane değişkenin log-olabilirlikleri teker teker sabit terimin bulunduğu modelin log olabilirliği (L_0) ile karşılaştırılmaktadır.

Örneğin X_k değişkenini içeren modelin log-olabilirlik değeri $L_k^{(0)}$ olsun. “k” modele dahil edilen değişkeni, (0) ise adım sayısını göstere, bu durumda X_k değişkenini içeren modelin yalnızca sabit terimi (kesme noktasını-eşik değerini) içeren modele karşı olabilirlik oran testi (Likelihood ratio test) değeri;

$$G_k^{(0)} = -2(L_k^{(0)} - L_0)$$

şeklinde, $p_k^{(0)}$ gözlenme olasılığını göstermek üzere;

$p_k^{(0)} = P(\chi^2(v) > G_k^{(0)})$ şeklinde ifade edilmektedir. Eğer X_k bağımsız değişkeni, sürekli yapıda bir değişkense, $v=1$ olarak eğer X_k bağımsız değişkeni kesikli yapıda ve j kategorili bir değişken ise, $v=j-1$ olarak kabul edilmektedir. Bu işlemler sonucu en küçük p değerini alan değişken en önemli değişken olarak belirlenip modele dahil edilmektedir. Değişkenlerin katsayılarının anlamlılıkları genelde $\alpha=0.05$ önem düzeyine göre değerlendirilmektedir; fakat yapılan çalışmalar sonucu önem düzeyinin 0.05 seçilmesinin çoğu zaman önemli değişkenleri model dışı bırakabildiği görülmüş ve önem düzeyinin 0.15 ile 0.20 arasında seçilmesi önerilmiştir (Akçay, 2009; Atabey, 2010).

Adım 1: Adım 0’da en önemli değişken seçildikten sonra Adım 1 bu en önemli değişkeni içeren modelin kurulmasıyla başlamaktadır. En önemli olduğu tespit edilen değişken X_{e1} olarak gösterilirse, modelin log-olabilirliği de $L_{e1}^{(1)}$ olmaktadır. X_{e1} modele dahil edildikten sonra geride kalan k-1 tane değişkenin önemliliğinin kontrol edilmesi amacıyla X_{e1} ve X_k ’yi ($k=1,2,\dots,k$ ve $k \neq e_1$) içeren j-1 tane lojistik regresyon modeli kurulur. X_{e1} ve X_k ’yi kapsayan modelin olabilirliği de $L_{e1k}^{(1)}$ ile gösterilirse, olabilirlik oran testi;

$G_k^{(1)} = -2(L_{e_1k}^{(1)} - L_{e_1}^{(1)})$ olarak ifade edilebilmektedir. Adım 1'in sonunda en küçük p değerine sahip değişkene X_{e2} denilirse, X_{e2} 'nin p değeri x_{e1} 'in p değerinden küçük ise yani adım 1'deki önem derecesi adım 0'da bulunan önem derecesinden küçük ise (daha önemliyse) X_{e2} modele alınacak ikinci aday değişken olur aksi halde işlemler durdurulur. İşlemler bu şekilde S'inci adıma kadar sürdürülür.

Adım S: Bu adımda elde edilen değişkenin önem derecesi adım 0'da elde ettiğimiz önem derecesinden büyük ise artık modele değişken ilavesi yapılamamakta ve bu durumda S'inci adıma geçiş yapılabilmektedir. S'inci adımda model tüm değişkenleri içerebileceği gibi modele hiç değişken girmemiş de olabilir ya da bağımsız değişkenlerin sadece bir bölümü yapılandırılan modelde yer alabilmektedir (Akçay, 2009 ve Atabey, 2010; Önder ve Cebeci, 2014).

2.6.3 Geriye doğru eliminasyon yöntemi

Bu yöntem değişkenleri adımsal bir şekilde geriye doğru eleyerek parametre seçimi yapan bir yöntemdir. Bu yöntemde öncelikle bütün bağımsız değişkenler modele alınır ve daha sonra kriterlere uymayan değişkenler teker teker modelden çıkartılır. Tüm geriye doğru yöntemlerde öncelikle bütün değişkenlerin modele alınması ve sonra tek tek modelden çıkarılması şeklinde işlem yapılmaktadır. İleri doğru seçim yönteminde olduğu gibi bu yöntemde de ki-kare, Wald ve olabilirlik oran testi gibi istatistikler kullanılabilmekte ve modelden çıkarılacak değişkene bu testler aracılığıyla karar verilmektedir.

Adım 0: Bu adıma tüm bağımsız değişkenlerin bulunduğu modelin yapılandırılması ile başlanmaktadır. İlk olarak model tüm bağımsız değişkenleri içerecek şekilde kurulmaktadır. Daha sonra ardından bağımsız değişkenlerin birer birer elenmesi işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu modelde de ileri doğru seçim ile aynı varsayımlar kullanılmaktadır.

Adım 1: Adım 0'da tüm bağımsız değişkenleri içeren model yapılandırıldıktan sonra bu adıma geçilir. Bu adımda k adet bağımsız değişkendten tesadüfi olarak bir değişken seçilmektedir. Bu değişkene x_{ek} dersek, x_{ek} değişkeni

modelden çıkartıldığında oluşan modelin log-olabilirliği L_{ej} varsayılırsa, (x_{ek}) 'yi içermeyen modelin) olabilirlik oran testi aşağıdaki gibi olur:

$$G_{-ek}^{(1)} = 2(L_{e_1 e_2}^{(1)} - L_{-e}^{(1)})$$

Buna göre bağımsız değişkenin modelden atılıp atılmayacağını belirlemek için en yüksek p değerini veren değişken seçilerek modelden atılmaktadır. İşlem bu şekilde S'inci adıma kadar sürmektedir.

Adım S: Bu adımda ileri doğru seçim yöntemine benzer şekilde modelde hiçbir bağımsız değişken olmayabileceği gibi, bağımsız değişkenlerin hiç biri de modelden çıkarılmamış olabilir. Ya da bu iki durumun ortasında bir model şekillenmiş olabilir (Akçay, 2009; Önder ve Cebeci, 2001).

2.7 Modelin Uyum İyiliğinin Ölçülmesi

Bir modelde uyum iyiliği, kurulan modelin bağımlı değişkeni ne kadar iyi açıklayabildiğinin ifadesidir. Bu da $\hat{Y}$ değerleri ile orijinal Y değerleri arasındaki farkla ilgilidir (Arıcan, 2010). Lojistik regresyon modelinde uyum iyiliğinin ölçülmesi için Wald testi, olabilirlik oran (log-olabilirlik) testi gibi testler kullanılmakta ve aşağıdaki hipotezler kontrol edilmektedir.

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

H_1 : En az bir β değeri sıfırdan farklıdır.

Örneğin bağımlı değişken (Y) değerleri için $Y' = Y_1, Y_2, \dots, Y_j$ şeklinde gösterilsin. Model tarafından tahminlenen $\hat{Y}$ için $\hat{Y} = \hat{Y}_1, \hat{Y}_2, \dots, \hat{Y}_j$ olsun. Y ile $\hat{Y}$ arasındaki uzaklığın ölçümü küçükse model oluşumunun iyi olduğu söylenebilir. Literatürde bu fark $(Y - \hat{Y})$ sapma olarak tanımlanmıştır. Modelin uyumunun ölçülmesinde; Hosmer-Lemeshow (G) istatistiği, Pearson ki-kare istatistiği, Sapma (deviance) istatistiği, McFadden'in R^2 istatistiği gibi farklı istatistik yöntemleri kullanılmaktadır. Araştırmacılar, lojistik regresyon analizinin yapıldığı tüm paket programlarda, bu analizi yapmaya olanak veren en azından bir adet

uyum iyiliğini test etmeyi sağlayan bir analiz yöntemi bulunduğunu bildirmektedir. Uyum iyiliği testi, kurulan modelin kalitesi hakkında bilgi edinmemizi sağlamaktadır (Ürük, 2007; Atabey, 2010).

Bu tezde lojistik regresyon analizi için kullanılacak olan Pearson ki-kare ve Pseudo R^2 istatistiklerine değinilecektir.

2.7.1 Pearson ki-kare istatistiği

Karl Pearson (1900), tarafından geliştirilen Pearson ki-kare istatistiği modelin uygunluğunun test edilmesi için kullanılan yöntemlerden biridir. Bu istatistik yönteminde gözlemlenen ve tahminlenen değerlerin farkından yararlanılmaktadır. Gözlemlenmiş ve tahmin edilmiş değerler arasındaki uzaklığın başlıca iki ölçüsü vardır. Bunlar Pearson ve sapmadır (Ürük, 2007; Arıcan, 2010) Pearson artığı eşitlik [34]'deki gibidir.

$$z^2 = \frac{Y - \hat{Y}}{p(\hat{Y})[1 - p(\hat{Y})]} \quad [34]$$

Burada bağımlı değişken değerleri (Y) ile bunların tahminlenen değerleri ($\hat{Y}$) arasındaki farkın, tahminin yani ($\hat{Y}$)'nin varyansı olarak ifade edilen $p(\hat{Y})[1 - p(\hat{Y})]$ 'ye bölünmesiyle bulunan istatistik (m popülasyon büyüklüğünü, k parametre sayısını göstermek üzere) (m-k) serbestlik derecesiyle χ^2 dağılımına sahiptir. Burada G= gözlenen değerleri, B=beklenen değerleri ifade etmek üzere Pearson ki-kare istatistiği eşitlik [35] ile ifade edilmektedir:

$$\chi^2 = \sum_{k=1}^k \sum_{j=1}^j \frac{(G_{kj} - B_{kj})^2}{B_{kj}} \quad [35]$$

Gözlenen değerler ile beklenen değerler uyumlu (aradaki fark az) ise χ^2 istatistiği oldukça küçük, tersine, bu değerler uyumsuz (aradaki fark fazla) ise χ^2 istatistiği oldukça büyük değer almaktadır. Bu istatistiğin değerinin büyük olması yani

($p < 0.05$) anlamlı çıkması modelin verilere uyumunun başarısız olduğunu göstermektedir.

Sapma artışı ise;

$$D = 2 \sum_{k=1}^k \sum_{j=1}^j G_{kj} \ln \frac{G_{kj}}{B_{kj}} \quad [36]$$

şeklinde elde edilmektedir. Yukarıdaki eşitlikte G_{kj} gözlemlenmiş değerler, B_{kj} ise bu değerlerin beklenen değerleri olarak ifade edilir. Pearson ki-kare istatistiği ve sapma artışı değerleri tablo değeri ile karşılaştırıldığında; her iki değer de tablo değerinden küçük ve $p > 0.05$ 'den ise modelin uygun olduğu söylenebilmektedir (Ayhan, 2006; Ürük, 2007; Nizam, 2007; Burmaoğlu, 2009).

2.7.2 Pseudo R^2 değeri

Modelin uyum iyiliğinin belirlenmesinde R^2 istatistiklerinden de yararlanılmaktadır. Doğrusal regresyon analizindeki R^2 'ye benzer şekilde yorumlanan ve kullanılan çeşitli R^2 istatistikleri mevcuttur. Modelin uyum iyiliğini belirlemede kullanılan istatistiklerden biri McFadden'in R^2 uyum iyiliği kriteridir. $-2\ln L_0$ modelde yer alan sabiti yani α 'nın yer aldığı modelin en yüksek olabilirlik değerini ve $-2\ln L_1$ tahmin edilen tüm β 'ların yer aldığı en yüksek olabilirlik değerini ve n gözlem sayısını ifade etmek suretiyle McFadden R^2 formülü eşitlik [37]'deki gibi hesaplanmaktadır (Ayhan, 2006; Burmaoğlu, 2009):

$$McFaddenR^2 = 1 - \frac{-2\ln L_1}{-2\ln L_0} = 1 - \left(\frac{\ln L_1}{\ln L_0} \right) \quad [37]$$

Bir başka R^2 istatistiği ise sırasıyla [38] ve [39] numaralı eşitliklerde verilen Cox ve Snell R^2 ve Nagelkerke R^2 istatistikleridir.

$$Cox - Snell R^2 = 1 - \left[\frac{L_0}{L_1} \right]^{\frac{2}{n}} \quad [38]$$

$$Nagelkerke R^2 = \frac{Cox - Snell R^2}{1 - L_0^{\frac{2}{n}}} \quad [39]$$

2.8 Literatür Özeti

Bilimsel araştırmalarda bağımlı değişken yapısının kategorik olmasını gerektirdiği durumlarda lojistik regresyon yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır (Nizam ve Akdeniz, 2007). Günümüzde çok sayıda istatistiksel paket programının lojistik modele dayalı analizleri kullanıyor olması bu analizin sağlık, sosyal ve fen bilimlerinde yaygınlaşmasını sağlamakla birlikte özellikle pazarlama, sosyoloji, ekonomi, psikoloji ve tıp alanında daha fazla tercih edilmesine olanak sağlamaktadır (Burmaoğlu; 2009; Cankurt vd., 2010).

Sevuktekin (1988), lojistik eğri ve logit dönüşümünün ilk kez Pearl ve Reed (1920) tarafından nüfus artışının hesaplanmasında kullanıldığını ve daha sonra Ashton (1972) tarafından biyolojik büyümlerde kullanılarak lojistik fonksiyon adını aldığını bildirmiştir (Nizam, 2007). Üçdoğruk vd.'nin (2001), bildirdiğine göre bağımlı değişkenin, isimsel veya kategorik yapıda olduğu durumlarda, ilişkileri tahmin etmede, ikili veya çok kategorili logit veya probit modellerin kullanımının yaygın olmasına karşın; bağımlı değişken kategorik ayrıca sıralı yapıda ise sıralı logit veya sıralı probit olasılık tahmin edicileri kullanılmaktadır.

Walker and Duncan (1967), sıralı yapıdaki verilerde istatistiksel yöntemlerin 1950'lerin sonlarında kullanılabildiğini bildirmişlerdir. Kategorik değişkenin bağımlı değişken olarak ele alındığı çoklu regresyon tekniklerinin ilk kez 1960'ların sonlarında kullanılmaya başlanmıştır (Walker and Duncan, 1967). Goodman (1985), sıralı yapıdaki birkaç değişken arasındaki ilişkinin incelendiği log-lineer modeller geliştirmiştir. Bundan sonra ise sıralı verilere uyan regresyon modelleri Genelleştirilmiş Doğrusal Modeller ailesine dahil edilmiştir. (McCullagh and Nelder, 1989).

Agresti (1989), genel olarak, sıralı kategorik verileri analiz eden Log- linear ve Logit (ikili ve sıra regresyon) modellerinden bahsetmektedir (Lall, 2010). Tüm sıralı regresyon modelleri, sadece iki kategori ile değerlendirildiğinde ikili lojistik modele indirgenmektedir. Greenwood and Farewall (1988), sıralı bir analizin isimsel bir analize göre avantajının, bağımlı değişken için bir model tanımlanırken genellikle daha az parametreye ihtiyaç duyulması olduğunu belirtmiştir (Lall, 2010). Bu bağlamda Lall (2010), sıralı regresyon modellerinin daha güçlü olduğunu; ancak sıralı kategorik verilerin modellenmesinin temel olasılıklar üzerindeki kısıtlamalar ve kesikli yapıdaki bağımlı değişkenin içerdiği düşük bilgi miktarı nedeniyle sürekli verilerin modellenmesinden doğası gereği daha zor olduğunu bildirmiştir.

2.8.1 Tarım ve hayvancılıkta sıralı lojistik regresyon çalışmaları

Kumari et al. (2016), Uttar Pradesh'in Kanpur ilçesinde buğday mahsulünün, (bağımlı değişken olan) mahsul veriminin tahminlenmesinde beş farklı bağımsız değişkeni ele almışlar ve bu çalışmada sıralı lojistik regresyon ile diskriminant analizinin karşılaştırmasını yapmışlardır. Yapılan analizler sonucunda mahsul veriminin tahminlenmesinde, sıralı lojistik regresyon analizinin performansının diskriminant analizinkinden daha iyi olduğuna karar vermişlerdir.

Özkan ve Çamdeviren (2000), Fosfoglukozizomeraz (Pgi) genotipleri bakımından bıldırcın hatlarının birbirinden olan genetik farklılıklarının tespiti için gerçekleştirdikleri çalışmada, sıralı lojistik regresyon analizinin teorik açıklamaları, hesaplama adımları, genetik verilere uygulanması ve elde edilen sonuçların yorumlanmasını yapmışlardır. Çalışmalarında bağımlı değişken olarak ele alınan dört farklı S, K, W ve B⁵ bıldırcın hattına sırasıyla 0, 1, 2 ve 3 kodlarını vererek sıralı ölçekli bağımlı değişken oluşturmuşlardır. Daha sonra bu bıldırcın hatları ve bağımsız değişken olan üç farklı Pgi genotipinin (Pgi4A, PgiA8, PgiB8) oluşturduğu çapraz tabloda yer alan frekanslardan yararlanarak, Pgi genotipleri bakımından bıldırcın hatlarının birbirinden olan genetik farklılıklarını tespit

⁵ Avrupa orjinli siyah (S=0), kahverengi (K=1) ve kırmızı gözlü beyaz (B=3) bıldırcın hatları ile Japon orjinli beyaz (W=2) tüy rengine sahip bıldırcın hatları

etmişler ve bunun sonucu olarak popülasyonlar arasında olası genetik farklılıkların tespit edilmesinde lojistik regresyon analizinden etkin bir şekilde yararlanılabileceği ifade etmişlerdir.

De Alwis et al. (2009), Sri Lanka 'da Taze süt tüketimini etkileyen faktörleri araştırmak amacıyla, rastgele seçtikleri süper market, bakkal süt bar ve perakende satış yapan mağazalardan anket yardımıyla veriler toplamışlardır. Yaş, cinsiyet, eğitim, gelir, büyüklüğü ve hane kompozisyonu, etnik grup ve kişileri etkileyen hastalıkların varlığı, düzeyi gibi demografik ve sosyo-ekonomik özellikler (bağımsız değişkenler) ile tüketicilerin sayısı (bağımlı değişken) arasındaki ilişkiyi bulmak için sıralı lojistik regresyon analizi yapmışlardır. Sonuç olarak tüketicinin yaşı, maliyet ve kullanım ile ilgili davranışsal faktörler ile beslenme alışkanlığı ile ilgili faktörlerin süt tüketimini etkileyen en önemli faktörler olduğu bulmuşlardır. Ancak hane halkı aylık geliri, sağlık sorunları ve eğitim düzeyinin de, taze süt tüketimi üzerinde önemli rol oynadığını vurgulamışlar ve çalışma bulgularının, tüketici beklentilerine uyacak şekilde en uygun politikaları ve pazarlama stratejileri geliştirmek için yardımcı olabileceği tavsiyesinde bulunmuşlardır.

Barkema at al. (1999), sürü yönetim şekli ve bileşenlerinin, sütteki toplam somatik hücre sayısı (BMSCC) ve klinik mastitisin görülme sıklığı ile ilişkisini araştırmak amacıyla 300 adet Siyah Alaca ırkı sürüsünde çalışmışlardır. Araştırmacılar, bağımsız değişken olarak ele alınan sürü yönetimi ile ilgili çeşitli anket sorularının (mevcut inek sayısı, klinik mastitis sırasında tedavi için kullanılan en düşük antibiyotik sayısı, klinik mastitisli ineklerin sağılma sıklığı, emziren ineklerin yazın minerallerle takviye edilmiş diyetlerle beslenmesi, kurudaki ineklerin her gün mastitis açısından kontrolü, sağım öncesi nemli havlu uygulaması, sağım sonrası meme başı dezenfeksiyonu, barındırma sezonunda süt sağımından sonra ineklerin başlarının sabitlenmesi, kötü ve kirli yönetim tarzı kümesi, hassas ve temiz yönetim tarzı kümesi, yönetim tarzı küme etkileşimi ve mevcut inek sayısı), BMSCC bağımlı değişkeni ($\leq 150,000$ hücre/ml (düşük), 151,000-250,000 hücre/ml (orta) ve 251,000-400,000/ml hücre (yüksek) şeklinde kategorilerilendirilen) üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla sıralı lojistik regresyon analizi gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak ise somatik hücre sayısının

düşük olarak görüldüğü çiftliklerin, somatik hücre sayısının yüksek olarak görülen çiftliklere göre daha iyi hijyen koşullarına sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

O'Hara et al. (2015), Swedish red ve Swedish Holstein sütçü ırklarındaki buzağılama sonrası vücut kondisyonunun kan plazmasındaki bazı metabolik parametreler ve doğurganlık (süt progesteron profillerini gözlemlemek suretiyle) ile olan ilişkisini araştırmak amacıyla ki-kare testleri, lojistik regresyon ve sıralı lojistik regresyon analizi gerçekleştirmişlerdir. Bu analiz sonuçlarına göre bu iki ırk arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu çalışmada vücut kondisyonunu bağımlı değişken olarak, kan plazmasındaki metabolik parametreler ve doğurganlığı da bağımsız değişkenler olarak ele almışlardır. Çalışma sonucunda ise Swedish red ırkında vücut kondisyonu yüksek ineklerin daha yaygın olduğu, bazı kan metabolik parametrelerinin (insülin ve IGF 1) ve doğurganlığın (atipik progesteron profilleri) vücut kondisyonu ile pozitif ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Osterstock et al. (2010), sığır etinde verim derecesi ve kalite derecesi ile ilgili daha önce hayvan bilimi ve veterinerlik literatüründe bildirilen yaklaşımları değerlendirmek için doğrusal regresyon, lojistik regresyon ve sıralı lojistik regresyon analizinin karşılaştırmasını yapmışlardır. Burada verim derecesi ve kalite derecesini bağımlı değişken olarak ele alıp simüle ettikleri veri setleri (bağımsız değişkenler) ile bu çalışmayı gerçekleştirmişlerdir ve sığır eti ve kalite derecesi üzerine yapılan araştırmalarda analiz için sıralı lojistik regresyon analizinin bir avantaj olduğunu bildirmişler ve kullanımını tavsiye etmişlerdir.

Gascoigne et al. (2017), Hebridean koyunlarda bölünmüş üst göz kapağı kusurlarının yaygınlığını araştırmak amacıyla 473 safkan Hebridean koyun ve bir melez kuzu ile çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bağımlı değişken olarak ele aldıkları hayvan verileri ve göz verilerinin yaş, boynuzların sayısı, boynuzların yönü (öne bakan, dikey, geriye dönük ya da diğer), kaynaşık boynuzların ya da çıkıntıların varlığı, Hebridean Koyunlar Derneği kurallarına uygun olarak sağ ve sol gözler için göz kapağı skoru, 'en kötü' göz kapağı puanı (yani en kötü derecelendirme gözü), kakül (hotoz) varlığı bağımsız değişkenleri ile olan ilişkisini değerlendirmek amacıyla Pearson'un ki-kare analizi, lojistik regresyon analizi,

sıralı lojistik regresyon analizi ve doğrusal regresyon modellerini üreten istatistiksel analizler gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak öne bakan boynuzlar geriye dönük boynuzlarla kıyaslandığında ($p=0.002$), öne bakan boynuzların "en kötü" göz puanıyla 9.4 gibi bir odds oranı (OR) ile tutarlı bir şekilde ilişkili olduğu ve bölünmüş üst göz kapağı kusurunun pozitif olduğu gözlerde gül bengal lekesinin pozitif olma ihtimalinin ($p < 0.001$, OR 149.3) daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır.

Foditsch et al. (2015), *Faecalibacteriumprausnitzii* bakteri kültürünün yenidoğan süt buzağılarına uygulanmasının, büyüme, sağlık ve dışkı mikrobiyotası üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla (pearson ki kare, Kaplan-Meier yaşam analiz ve sıralı lojistik regresyon analizi uygulayarak) 554 Holstein düvesi ile bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. *Faecalibacteriumprausnitzii* bakterisinin oral yol ile uygulamasının dışkı kıvam skoru (bağımlı değişken) üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla sıralı lojistik regresyon analizi gerçekleştirmişler ve tedavi grubu (kontrol ve uygulama), yaşam haftası (1-8) ve tedavi-yaşam haftası etkileşimlerini bağımsız değişkenler olarak ele almışlardır. Çalışma sonucunda dışkı kıvam skoru ve tedavi arasında farklılık olmadığını, yaşam haftasının ise dışkı tutarlılık skoru üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişler ve yaşamın ilk iki haftasında diyare (ishal) görülme sıklığı (insidansı) (skor 2 ve 3) gözlemlemişlerdir.

Verbeke et al. (2015), tüketicilerin hayvan yemlerinde böcek kullanımını kabul etmeye istekli olup olmadığını araştırmak amacıyla 415 (çiftçi, paydaş ve vatandaş) kişi ile yapılan anket sonucuna göre bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada katılımcılara ait kişisel belirleyicilerin, hayvan yemlerinde böceklerin kabul edilme isteği üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla sıralı lojistik regresyon analizi uygulamışlardır. İnsan tüketimi için böcek yetiştirme, hayvan yemlerinde kullanılmak üzere mahsuller (örneğin soya) yerine böcek yetiştirme ve genel olarak hayvan yemlerinde bir bileşen olarak böceklerin kullanılması olarak kullanma fikirlerine yönelik genel tutumu bağımlı değişken olarak; kişisel belirleyiciler şeklinde adlandırılan ve kişilere yöneltilen anket sorularının (katılımcılara hayvan yemlerinde böcek kullanımıyla ilgili yedi olası fayda ve yedi olası risk algıları hakkında sorular, katılımcıların böceklerin beslenmesiyle

ilgili olarak 14 olası kaygı veya zorluk sorunu hakkında fikirleri, katılımcıların inanç özellikleri; beslemeyle ilgili inançlar, hayvanlarla ilgili inançlar, gıdalarla ilgili inançlar, sunulan gıdalar (yumurta, kümes hayvanı eti, balık, domuz, sığır eti, süt, böcek ve böcek bazlı yiyecekler) sonucu hayvan yemlerinde böcek kullanımını kabul etme istekliliği ve yemeye istekliliğine dair sorular, yaş, cinsiyet, tarıma katılım ve tarımla ilgisi varsa, tarımsal faaliyetlerin türü gibi özellikler ve katılımcıların böceklerle hayvan yemi hakkında ek bilgi alma konusundaki ilgi derecelerini, böceklerle hayvan yemi kullanma niyetlerini, hayvan yemlerinde kullanılmak üzere arka böcekleri kullanma niyetleri ile ilgili sorular, (örneğin organik atıklar üzerinde) kendi çiftliklerinde beklentileri, geleneksel yemlere kıyasla böceklerle birlikte hayvan yemi fiyatını ve son olarak da geleneksel yemlere kıyasla böceklerle birlikte ödemeye istekli oldukları hayvan yemleri ile ilgili sorular) cevaplarını ise bağımsız değişkenler olarak ele almışlardır. Çalışma sonucunda böcekleri hayvan yemlerinde kullanma fikrinin, genellikle balık ve kümes hayvanları yemi için (genellikle) olumlu olduğu, katılımcılarının üçte ikisinin hayvan yemlerinde böceklerin kullanılmasını kabul etmeye istekli olduğu ve böcek bazlı yemle beslenen hayvanlardan elde edilen besinlerin yaygın olarak kabul edildiği sonucuna varmışlardır.

Orjales et al. (2017), kuzey İspanya'da organik süt sığırlarını etkileyen Helminth enfeksiyonlarının prevalansını araştırmak amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bunun için 443 adet süt ineğinden elde ettikleri süt ve fekal örnekleri incelemişler ve *Ostertagia ostertagi*, *Fasciola hepatica*, *Dictyocaulus viviparus* ve *Calicophoron daubneyi* parazitlerinin neden olduğu enfeksiyonları (0:negatif, 1:hafif pozitif, 2:çok pozitif) değerlendirmişlerdir. Bağımlı değişken olarak ele aldıkları bu parazit enfeksiyonlarının varlığı ile laktasyon sayısı (ilk ya da fazlası) ve bahsedilen parazitlere karşı spesifik ilaçlarla tedavi (evet ya da hayır) bağımsız değişkenleri arasındaki ilişkiyi açıklamak amacıyla sıralı lojistik regresyon analizi gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonucunda ineklerin fasiyolisitlerle tedavisi, multipa ineklerde *F. hepatica* enfeksiyon riskini azaltırken oksiklozanid veya albendazol ile tedavi, *C. daubneyi* enfeksiyonu veya *O. ostertagi* enfeksiyonu riskini azaltmadığını gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak çalışma bulgularını değerlendirdiklerinde organik süt çiftçiliğindeki helminth

enfeksiyonunun geleneksel çiftçiliktekilere göre bildirilen önceki verilere benzer şekilde veya önceki verilerden bile düşük olduğu sonucuna varmışlardır.

Nielsen et al. (2011), Danimarka'daki açık ahırlarlarda barındırılan süt ineklerindeki zayıf arka bacak temizliğinin olası risk faktörlerini değerlendirmek amacıyla Danimarka Holstein inekleriyle 42 ticari Danimarka süt hayvanında 1315 inek üzerinde bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bağımsız değişken olan dört inek düzeyi faktörünün (laktasyon sırası, sağılan gün sayısı, günlük yatma süresi ve topallık) ve sekiz sürü düzeyi faktörünün (sürü büyüklüğü, süt üretimi, sağım sistemi, zemin tipi, mera otlatmalarına erişim, zemin temizleme sıklığı, ayak banyo sıklığı ve ayak yıkama sıklığı) kirlenmiş arka bacaklara (1:temiz/4:kirle kaplı) sahip olma riski (bağımlı değişken) üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla sıralı lojistik regresyon analizi yapmışlardır. Sonuç olarak arka bacak temizliği ile ilgili; birinci laktasyondaki ineklerdeki kirlilik riskinin, 3. laktasyondaki ya da daha yaşlı ineklere göre daha yüksek ($OR=1.70$) olduğu, geç laktasyona kıyasla, erken ve orta laktasyonda olan ineklerde, kirlenme riskinin arttığı (sırasıyla $OR=2.07$ ve 1.33), günlük yatma sürenin 30 dakika azalmasıyla, kirlenme riskinin arttığı ($OR=1.05$) ve mera girişi olmayan çiftliklerde daha kirli olma riskinin ($OR=3.75$) olduğu sonucuna varmışlardır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Süt sığırcılığı işletmelerinde infertilite⁶ sorunu ve mastitis⁷ gibi hayvanların sürüden istem dışı olarak ayıklanmasına neden olan diğer bir sorun da ayak ve tırnak problemlerinin ortak göstergesi sayılan topallıklardır (Baran ve Kamiloğlu, 1997; Tümer, 2003; Yaylak, 2008; Yalçın, 2008; Milli Eğitim Bakanlığı, 2013). Sığırlarda görülen topallıklar ciddi ekonomik kayıplara neden olan önemli sorunlardan biridir (Warnick et al, 2001; Tümer, 2003; Yaylak, 2008; Milli Eğitim Bakanlığı, 2013). Ayrıca besleme ve barınak koşullarına bağlı olarak sığır ayağının anatomik yapısının (Şekil 3.1) bozulmasından kaynaklanan laminitis⁸, digital⁹ ve interdigital¹⁰ dermatitis, taban ülserleri, ökçe erozyonu, beyaz çizgi hastalıkları gibi topallığa neden olabilecek ayak ve tırnak hastalıklarının da ekonomik kayıplara neden olabileceği bildirilmektedir (Tümer, 2003). Bazı çalışmalar (Baran ve Kamiloğlu, 1997; Atkins and Shannon, 2002; Çeçen ve Görgül, 2007; Yaylak, 2008) süt sığırcılığı işletmelerinde topallığın ekonomik kayıplara neden olan faktörler bakımından ilk üç sırada yer aldığını, diğer bir grup çalışmada da ayak hastalıklarının ilk sırada yer aldığını bildirmişlerdir (Alkan vd, 1994; Korkmaz ve Aslan, 2008).

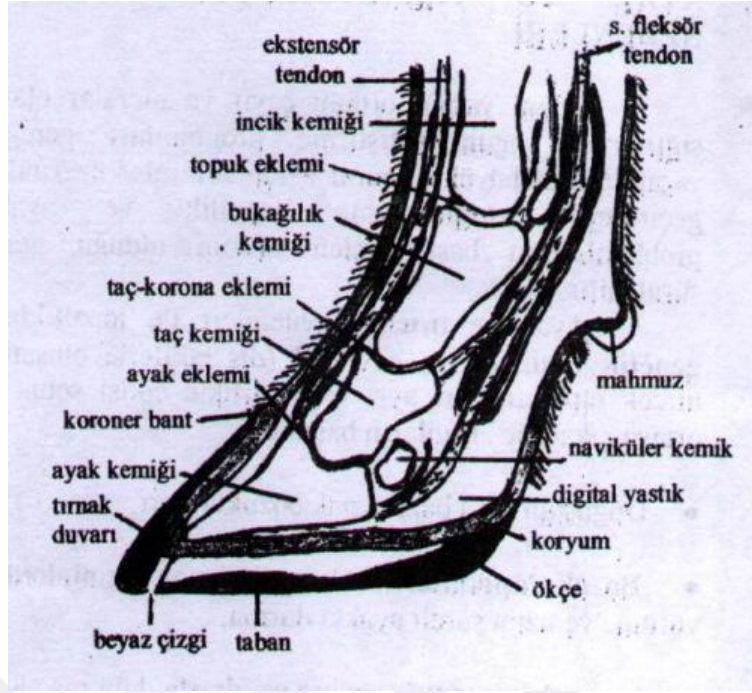
⁶ İnfertilite: Kısırlık sorunu

⁷ Mastitis: Mikropların süt ineklerinde yol açtığı bir meme iltihabı

⁸ Laminitis: Ayak dokularının bulaşıcı olmayan iltihabı

⁹ Digital Dermatitis: Ökçenin yakınında parmaklar arası boşluğun birleştiği yerde görülen, çok derin olmayan deri iltihabı

¹⁰ İntedigital Dermatitis: Tırnaklar arası ve yumuşak ökçe bölgesindeki derinin epidermis katının enfeksiyöz bir yangısı



Şekil 3.1. Sığır ayağının anatomik yapısı (Tümer, 2003).

Öte yandan topallık hayvan refahını da olumsuz yönde etkilemektedir. Hayvanlar topallık esnasında ağırlı bir süreç geçirmekte, yürüme sorunları ortaya çıkmakta, yatış süreleri uzamakta, meme başı yaralanması ve meme problemleri ortaya çıkmakta ve hayvanın metabolizmasında aksaklıklar meydana gelmektedir. Topallayan hayvan ağırı nedeniyle yemliğe gitmek istememekte ya da gittiğinde yem tüketimi için güçlüklerle ayakta durabilmektedir. Bu nedenle yem tüketimi azalan hayvan zayıflamakta ve süt veriminde kayıplar görülmektedir. Ayrıca ağırı nedeniyle ayakta duramayan total hayvanlar birbirlerinin üzerine atlayamayacağından kızgınlık tespiti güçleşmekte, topallık düzeyinin artması sonucu yumurtalık etkinliği gecikmekte, gebelik başına aşım (tohumlama) sayıları artmakta ve döl verimi düşmektedir. Bir işletmedeki topallık ciddi boyutlara ulaşmadan tedavi edilmediğinde ilerleyen zamanlarda yüksek tedavi masraflarına ya da hayvanın sürüden ayıklanması hatta zamansız ölümü gibi ciddi ekonomik kayıplara neden olabilmektedir (Tümer, 2003; Çeçen, 2013).

Alkan vd. (1994), 1988-1992 yılları arasında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi kliniğine getirilen sığırlarda ayak hastalıkları ve tırnak deformasyonlarının %20 oranla en çok görülen hastalıklar arasında ilk sırada yer

aldığını bildirmişlerdir. Yalçın vd. (2010), ise Burdur, Kırklareli ve Konya illerinde süt sığırcılığı işletmelerinde yaptıkları araştırmalarda ayak hastalıklarının il genelindeki ortalama insidansını (görülme sıklığı) Burdur için %13.7, Kırklareli için %13.4 ve Konya için de %5.6 olarak tespit etmişlerdir. Farklı yörelerde ve farklı zamanlarda yapılan araştırma sonuçlarına göre bu oranlar değişme göstermiştir. Nitekim, Tunceli ve yöresinde 1998-1999 yılları arasındaki ayak hastalıklarının yıllık insidansı %12.38 (Sağlıyan, 2000), 2002-2003 yılları arasında Muş ve yöresindeki Simental, Holstein, Montofon, Limuzin, melez ve yerli ırk sığırlar için ayak hastalıklarının yıllık insidansı %14.16 (İstek ve Durgun, 2004), Elazığ ve yöresindeki sığırlarda karşılaşılan ayak hastalıklarının yıllık insidansı %17.1 (Canpolat ve Bulut, 2002), Erzurum ili ve çevresindeki (yerli-melez, Montafon, Holstein, Simmental ırkı) sığırlarda gözlemlenen ayak hastalıklarının insidansı %22.72 (Atasoy, 2003) olarak saptanmıştır.

3.1 Gereç

Çalışma İzmir ilinin Ödemiş ilçesindeki 33 çiftlik ve Menemen ilçesindeki bir çiftlik olmak üzere toplam 34 çiftlikte bulunan Siyah Alaca ırkı ineklerde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Haziran 2006- Eylül 2007 tarihleri arasında 1048 baş süt ineği gözlemlenmiş ve topallık ile ilgili veriler toplanmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Veri toplama ve hayvan puanlama

Bu çalışma için Haziran 2006–Eylül 2007 tarihleri arasında çiftliklere ziyaretler yapılarak, tüm inekler topallık, vücut kondisyonu ve alt arka bacak temizliği açısından aynı araştırmacı tarafından puanlanmıştır. İneklerin topallık puanlaması (TP), Sprecher et al., (1997) tarafından geliştirilen 1-5 puanlama sistemine göre yapılmıştır. Söz konusu puanlama sisteminde, ineğin yürürken ve ayakta dururken sırtının şekline, yürümesine ve ayak üzerine ağırlığını verme durumuna göre değerlendirmeler yapılmaktadır. Bu çalışmada yapılan puanlamada esas alınan ilkeler ve bunların klinik ve görsel açıdan tanımlamaları aşağıdaki gibidir:

Ayakta durmaları ve yürümeleri sırasında sırtları düzgün olan ve yürümeleri normal olan ineklere 1 puan (normal) verilmiştir.

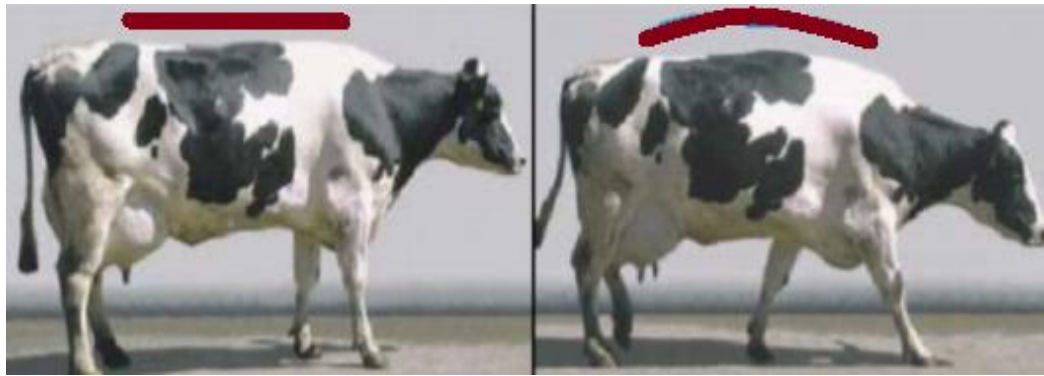
- Klinik tanımlama: Normal,
- Görsel Tanımlama: Sırt düz, ayaklar dik ve sağlam yere basar.



Şekil 3.2. Puan 1 verilen ineğin görüntüsü (Demirci, 2005).

Ayakta dururken sırtları düzgün, yürürken kamburlaşan fakat yürümeleri normal kabul edilen ineklere 2 puan (hafif topal) verilmiştir.

- Klinik tanımlama: Hafifçe topal,
- Tanımlama: Duruş sırasında sırt düz yürürken kavis yapmakta ve dışkı hafif anormal.



Şekil 3.3. Puan 2 verilen ineğin görüntüsü (Demirci, 2005).

Hem ayakta dururken hem de yürürken sırtı kamburlaşan ve bir veya daha fazla ayakta yürürken kısa adım görülen ineklere 3 puan (orta düzeyde topal) verilmiştir.

- Klinik tanımlama: Orta derecede topal,
- Tanımlama: Sırt yürürken ve dururken kavis yapmakta ve bir veya birkaç ayakta kısa adımlar gözlenmektedir.



Şekil 3.4. Puan 3 verilen ineğin görüntüsü (Demirci, 2005).

Ayakta dururken ve yürürken sırtı kambur şeklinde olan, temkinli adım atan ve bir veya daha çok ayağı üzerine fazla ağırlık vermemeye çalışan ineklere 4 puan (topal) verilmiştir.

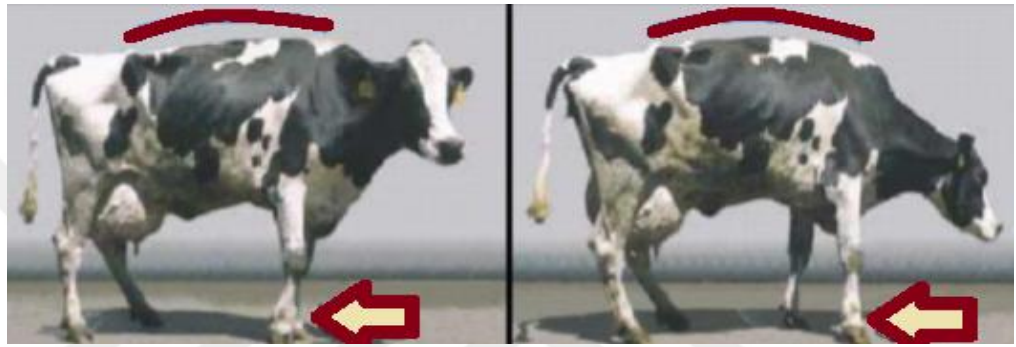
- Klinik tanımlama: Topal,
- Tanımlama: Sırt yürürken dururken kavis yapar. Bir veya birden fazla ayakta görülür, vücut ağırlığını azda olsa diğer ayaklar taşır.



Şekil 3.5. Puan 4 verilen ineğin görüntüsü (Demirci, 2005).

Ayakta dururken ve yürürken sırtı kambur şeklinde olan ve bir veya daha çok ayağı üzerine ağırlık vermekte zorlanan veya buna çok isteksiz olan ineklere 5 puan (şiddetli topal) verilmektedir.

- Klinik tanımlama: Aşırı topal,
- Tanımlama: Sırt kavisli, bir ayağına kesinlikle basmaz, yatma pozisyonundan kalkmakta zorluk çeker veya kalkamaz (Sprecher et al., 1997; Demirci, 2005).

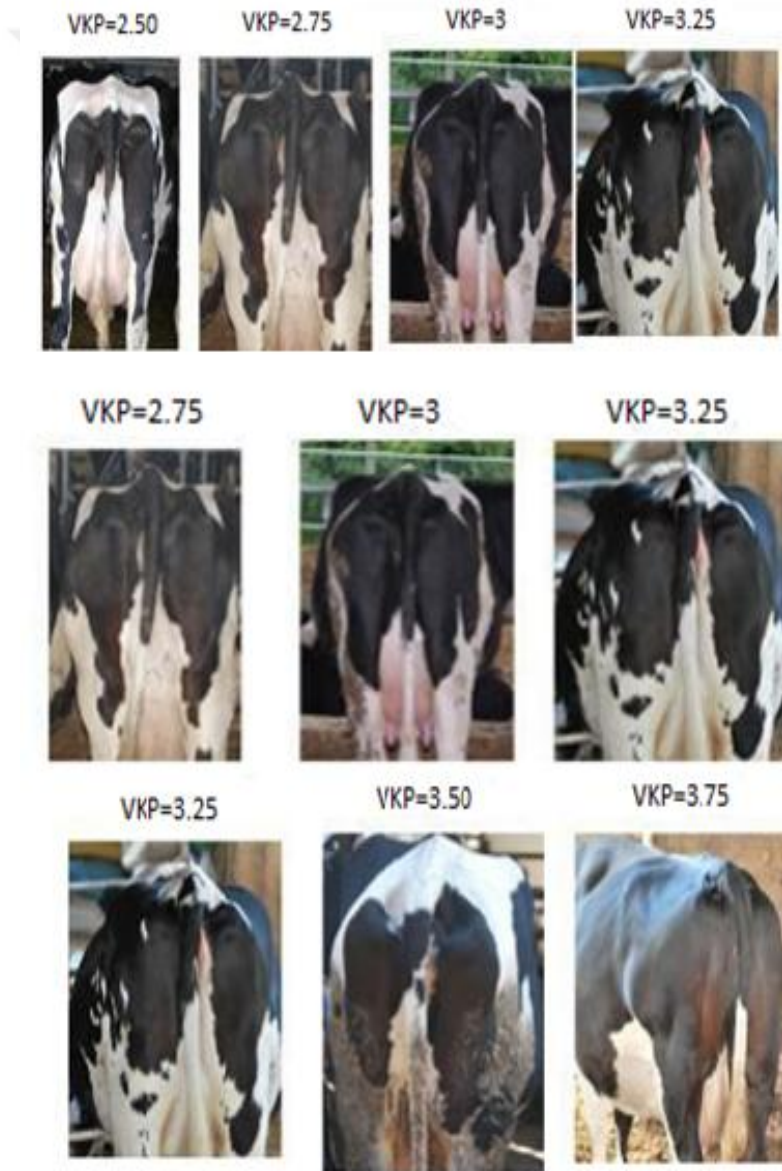


Şekil 3.6. Puan 5 verilen ineğin görüntüsü (Demirci, 2005).

Bu çalışmada topallık, laktasyon sırası, sağılan gün sayısı (days in milk, DIM), vücut kondisyon puanı (VKP) ve alt arka bacak hijyen puanı inek düzeyinde saptanan değişkenlerdir. Sürü büyüklüğü, bakım yapan, işletme (çiftlik) sahibinin eğitim durumu, bakıcı deneyimi (süt çiftçisinin deneyimi), barınağın kapalılık durumu, puanlama sezonu, inek başına alan, inek başına toprak alan, inek başına beton alan, temizlik sıklığı, toplam yem tüketimi içindeki yoğun yem oranı, kaba yem ve yoğun yemle besleme metodu, yemleme grubu oluşturma, doğum öncesi besleme, yemleme danışmanı, yoğun yem içeriğinde metabolik enerji düzeyi sınıfı, ayak banyosu, tırnak kesimi değişkenleri ise sürü düzeyinde saptanan değişkenlerdir. Bu değişkenlerden topallık puanı bağımlı değişken, diğer değişkenler ise bağımsız değişkenler olarak analize alınmıştır.

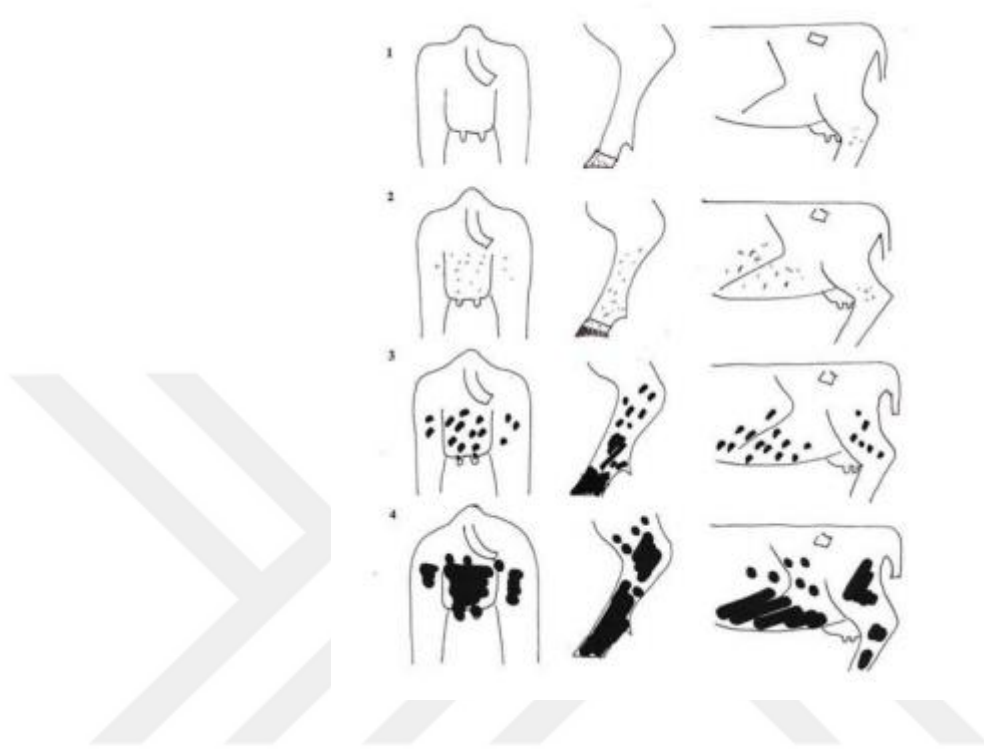
İneklerin laktasyon sırası ve sağıldıkları gün sayıları İzmir İli Sığır Yetiştiricileri Birliği'nden elde edilmiştir. Bu verilere göre inekler laktasyon sırası; 1. laktasyon, 2. laktasyon, 3. laktasyon, 4. laktasyon, 5. laktasyon ve ≥ 6 . laktasyon (laktasyon sırası 6 ve daha fazla olan inekler) olarak altı kategoriye

ayrılmıştır. Sağılan gün sayısı da; 1-30 gün, 31-60 gün, 61-90 gün, 91-150 gün, 151-240 gün ve ≥ 240 gün şeklinde altı kategoride incelenmiştir. İneklerin vücut kondisyon puanlamaları ise, topallık puanlamasına benzer şekilde, Edmonson vd. (1989) tarafından geliştirilen sisteme göre yapılmıştır. Bu sistemde ineklere 0.25 puan aralıklarla ve 1-5 arasında puan verilmektedir. Ayrıca, vücut kondisyon puanı; 1 puan olan inek çok zayıf, 5 puan olan inek çok yağlı kabul edilmektedir. Bu çalışmada vücut kondisyon puanı $1 \leq 2.50$, $2: 2.75 - 3.50$, $3: \geq 3.75$ şeklinde üç kategori olarak ele alınmıştır. Çalışmada, tüm ineklerde topallık puanlaması ve vücut kondisyon puanlaması aynı kişi tarafından yapılmıştır (Yaylak vd., 2010).



Şekil 3.7. Vücut kondisyon puanlamasına göre görünüm (Görgülü, 2019).

Çalışmadaki alt arka bacak hijyeninin puanlanması, Cook (2002), hijyen skorlama kartına göre 1: temiz, 2: biraz kirli, 3: orta derecede kirli, 4: çok kirli olmak üzere dört kategoride tanımlanmıştır (Şekil 3.8) (Cook, 2002).



Şekil 3.8. Alt bacak hijyeninin puanlaması (Cook, 2002).

Sürü büyüklüğü ise, işletmelerin yetiştirdikleri hayvan sayısına göre (<30 inek, 30-50 inek, >50 inek) olmak üzere üç kategoride ele alınmıştır. Bu işletmelerde bakım işlerini kimin yaptığı sorusuna karşılık, bazı işletmelerde bakım işlerini işletme sahibinin yaptığı, bazılarında ise işçilerin bu işi üstlendikleri görülmüş ve bakım yapan kişi değişkeni de işletme sahibi veya işçi olarak 2 kategoride incelenmiştir. Ayrıca, işletme sahibinin eğitim durumu da incelenmiş ve bu değişken yok, ilkokul, ortaokul, lise ve yüksekokul olarak 5 kategoriye ayrılmıştır. Çiftçilerin deneyimleri (1-9 yıl, 10-19 yıl ve ≥ 20 yıl) üç kategoride ele alınmıştır. Barındırma, besleme ve yönetim ile ilgili bilgiler çiftlik sahiplerine yöneltilen sorular sonucu kategorilere ayrılmıştır. Ziyaret edilen çiftliklerdeki barındırma durumuna göre barınağın kapalılık durumu; kapalı ve yarı açık barınaklar olarak ikiye ayrılmıştır. Puanlama sezonu, çiftliklerin ziyareti sırasındaki (aylık) toplam yağış miktarı göz önünde bulundurularak ilkbahar-yaz (nisan-eylül) ve sonbahar-kış (ekim-mart) olmak üzere iki kategoriye ayrılmıştır.

İnek başına düşen ortalama alan; $\leq 20\text{m}^2$, $21-30\text{m}^2$, $\geq 31\text{m}^2$ olarak üç kategoride, toprak alan; $<10\text{m}^2$, $10-19\text{m}^2$, $20-29\text{m}^2$, $30-39\text{m}^2$, $\geq 40\text{m}^2$ olarak beş kategoride, beton alan ise; $\leq 4\text{m}^2$, $5-9\text{m}^2$, $\geq 10\text{m}^2$ olarak üç kategoride incelenmiştir. Temizlik sıklığı, yapıma sıklığına bağlı olarak; 1-5 günde bir, 6-10 günde bir ve >10 günde bir olmak üzere üçe ayrılmıştır. İneklerin tükettikleri yoğun yem içerisindeki kuru madde miktarının, tükettikleri toplam yemdeki kuru madde miktarına oranları ise %20-29, %30-39, %40-49 ve %50-59 olmak üzere dört kategoride incelenmiştir. Yemlerin birlikte verilip verilmeme durumuna göre kaba ve yoğun yemle besleme metodu; karışık ve ayrı olarak iki kategoriye ayrılmıştır. Yemleme grubu oluşturulup (var), oluşturulmama (yok) durumuna göre, doğum öncesi yemleme uygulamasının yapılıp (var), yapılmadığına (yok) göre ve yemleme için bir danışman bulunması (var) ve bulunmaması (yok) durumuna göre bu değişkenler iki kategoride incelenmiştir. Süt (yoğun) yeminin enerji düzeyi yoğun yem verilmeyen grup:0, 2.50-2.65 Mcal/kg:1, 2.66-2.74 Mcal/kg:2 ve 2.75-2.80 Mcal/kg:3 biçiminde kategorilendirilmiştir. Çiftlikler ayak banyosu bulunup (var), bulunmama (yok) durumuna göre de değerlendirmeye alınmıştır. Ayrıca sürülerdeki tırnak kesimi sakat kalınca, uzayınca ya da yılda 1-2 kez yapılması şeklinde üç kategoride incelenmiştir.

Bu tez çalışmasında topallığın inek ve sürü düzeyindeki risk faktörleri ve faktörlerin her bir kategorisi için tanımlanan kukla değişkenler Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Yapılan çalışmada araştırılan ineklerdeki topallığın risk faktörleri ve onların düzeyleri.

Bağımlı Değişken: Topallık	1: Normal	2: Hafif topal	3: Orta derecede topal	4: Topal	5: Aşırı derecede topal	
Bağımsız Değişkenler (Etki Adı)						
Kategoriler	1	2	3	4	5	6
Laktasyon sırası	1	2	3	4	5	≥6
Sağılan gün sayısı	1: 1-30	2: 31-60	3:61-90	4:91-150	5: 151-240	6: 241+
Vücut kondisyon puanı	1: ≤50	2: 2.75-3.50	3: ≥3.75			
Alt bacak hijyen puanı	1: temiz	2: biraz kirli	3: orta derecede kirli	4: çok kirli		
Sürü büyüklüğü (inek)	1: ≤.29	2: 30-50	3: ≥51			
Bakım yapan	1: Sahibi	2: işçi				
Eğitim durumu	1: Yok	2: ilk	3: Orta	4: Lise	5: yüksekokul	
Deneyim	1: 1-9	2: 10-19	3: ≥20			
Barınağın kapalılık durumu	1: Kapalı	2: Yarı açık				
Puanlama mevsimi	1: Nisan- Eylül	2: Ekim- Mart				
İnek başına alan (m²)	1: ≤20	2: 21-30	3: ≥31			
İnek başına toprak alan(m²)	1: <10	2: 10-19	3: 20-29	4: 30-39	5: ≥40	
İnek başına beton alan(m²)	1: ≤4	2: 5-9	3: ≥10			
Temizlik sıklığı (adet)	1: 1-5	2: 6-10	3: >10			
Toplam yem tüketimi içinde yoğun yem oranı (%KM)	1: 20-29	2: 30-39	3: 40-49	4: 50-59		
Kaba yem ve yoğun yemle besleme metodu	1: karışık	2 : ayrı				
Yemleme grubu oluşturma	1: var	2: yok				
Doğum öncesi besleme	1: var	2: yok				
Yemleme danışmanı	1: var	2: yok				
Yoğun yem içeriğinde ME düzeyi sınıfı (Mcal/kg)	0:yoğun yem verilmeyen grup	1:2.50-2.65	2:2.66-2.74	3:2.75-2.80		
Ayak banyosu	1: var	2: yok				
Tırnak kesimi	1:sakat kalınca	2: uzayınca	3: yılda 1-2			

4. BULGULAR

Bu çalışmada elde edilen verilerin analizine geçmeden önce veriler üzerinde bazı ön incelemeler yapılmıştır. Bu araştırmada yer alan tüm bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken ile çapraz tabloları oluşturularak incelenmiştir. Çapraz tablolara göre, bazı hücrelerdeki frekansların 5'ten az olduğu ve bazı hücrelerde ise sıfır frekans olduğu görülmüştür.

Bir veri kümesindeki sıfır frekanslı hücreler, elde edilme durumlarına göre örnekleme sıfırlı hücreler ya da yapısal sıfırlı hücreler olarak adlandırılmaktadır. İncelenen örnekte gözlenemeyen ve bu örneğin oluşturduğu verilerden elde edilmesine imkan olmayan hücrenin sıfır değerini alması sonucu (örneğin; cinsiyet ve süt verimi vb. değişkenler çaprazlandığında erkek hayvandan süt alınmasının mümkün olmaması sonucu) yapısal sıfırlı hücreler ve elde edilmesine imkan olduğu halde örnekte gözlemlenemeyen ve bunun sonucunda hücrenin sıfır değeri alması (örneğin; cinsiyet ve süt verimi vb. değişkenler çaprazlandığında dişi hayvandan süt sağımı yapılmaması sonucu) ile de örnekleme sıfırlı hücreler meydana gelmektedir (Oktay, 2012; Karaca ve Olmuş, 2018). İşte lojistik regresyon analizi bu sıfırlı hücreleri (yapısal sıfırlı ve örnekleme sıfırlı) birbirinden ayırt edememektedir (Agresti, 2002). Sıfır frekanslı hücrelere sahip değişken/değişkenler ile çalışılması çeşitli sayısal hatalara neden olmakta ve anlamsız sonuçlar ortaya çıkarabilmektedir (Atabey, 2010; Oktay, 2012). Bu sorunun ortadan kaldırılması için:

1. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken ile yaptığı çapraz tablolarda frekansı sıfır olan hücre kategorisi ile frekansı sıfır olmayan hücre kategorisini birleştirmek,

2. Sıfır frekanslı hücrenin bulunduğu kategoriyi analizden çıkarmak,

3. Sıfır frekanslı hücre kesikli yapıda bir değişken ise, bu değişkenin eşit aralıklı olarak ölçeklendiği varsayılarak, o değişkeni sürekli yapıda bir değişkenmiş gibi analize dahil etmek gibi bazı çözüm yolları geliştirilmiştir (Hosmer and Lemeshow, 2000).

Bu çalışmada, çapraz tablolara göre frekansları sıfır veya 5'ten az olarak gözlenen hücreler birleştirilmiş, buna göre, topallık puanı, alt bacak hijyeni ve eğitim durumu değişkenlerinin kategori sayıları yeniden düzenlenmiştir. Topallık puanı değişkeni için orta derecede toplam, toplam ve aşırı toplam kategorileri tek bir kategoride toplanmıştır. Böylece topallık; 1: Normal, 2: Hafif toplam ve 3: Topal olarak üç kategoride incelenmiştir. Alt bacak hijyen puanında ise 1. ve 2. kategorilerin ve 3. ve 4. kategorilerin ayrı ayrı birleştirilmesiyle 1: temiz ve 2: kirli biçiminde iki kategoride ele alınmıştır. Eğitim durumu değişkeni 1: en az ilkokul, 2: orta okul, 3: lise, 4: yüksekokul olmak üzere yeniden düzenlenmiştir.

Diğer yandan, lojistik regresyon analizinde değişkenler arasında çoklu bağlantının olması istenmediğinden analizlere başlamadan önce bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantının olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla Spearman Rho analizi ile değişkenler arası korelasyon katsayıları ve varyans artış faktörü (VIF-Variance Inflation Factor) değerleri incelenmiştir (Tablo 4.1).

VIF değerlerinin hesaplanmasında bağımsız değişkenler bağımlı değişken olarak alınarak diğer bağımsız değişkenlerle çoklu korelasyon katsayısı (R^2) hesaplanır. İlgili değişkenin VIF değeri $1/(1 - R^2)$ ile bulunur. $R^2 = 0$ ise $VIF=1$; $R^2 = 1$ ise $VIF = \infty$; $R^2 = 0.9$ ise $VIF = 10$ olmaktadır. Değişkenlerin tolerans değerleri de $T=1 - R^2$ olarak hesaplanmaktadır. Tolerans değeri küçüldükçe VIF değeri büyümektedir (Kalaycı, 2008).

Alpar'a (2011) göre bağımsız değişkenler arasında (≥ 0.80) olan yüksek dereceli korelasyonlar çoklu bağlantıya sebep olacağı ve parametre güvenilirliğini azaltacağı için istenmemekte ayrıca değişkenlerin VIF değerleri de 5'ten büyükse, o değişkenlerin model dışı bırakılması gerekmektedir (Aydın ve Arı, 2016). Meko'ya (2006) göre ise VIF değerleri 10'dan büyükse değişkenler arasında çoklu bağlantıdan söz edilebileceği bildirilmiştir (Kaşko, 2007).

Bu çalışmada yer alan bağımsız değişkenler çoklu bağlantı bakımından incelendiğinde Spearman Rho korelasyon katsayılarının <0.80 ve VIF değerlerinin <5 olduğu; buna göre değişkenler arasında çoklu bağlantının bulunmadığına karar verilmiştir (Ek 1 ve Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Bağımsız değişkenlere ait VIF değerleri.

Değişken	Çoklu Bağlantı İstatistikleri	
	Tolerans	VIF
Laktasyon sırası	0.962	1.040
Sağılan gün sayısı	0.934	1.071
Vücut kondisyon puanı	0.889	1.125
Alt bacak hijyen puanı	0.681	1.467
Sürü büyüklüğü	0.245	4.074
Bakım yapam	0.288	3.478
Eğitim durumu	0.241	4.157
Kıdem	0.223	4.479
Barmağın kapalılık durumu	0.451	2.216
İnek başına alan m ²	0.256	3.904
İnek başına topran alan m ²	0.280	3.576
İnek başına beton alan m ²	0.405	2.471
Temizlik sıklığı	0.601	1.664
Yoğun yem içerisindeki toplam yem oranı	0.392	2.551
Kaba kesif yem	0.721	1.388
Grup yemleme	0.331	3.024
Doğum öncesi yem	0.408	2.451
Yem danışmanı	0.545	1.835
Süt yemi enerjisi	0.438	2.282
Ayak banyosu	0.388	2.577
Tırnak kesimi	,607	1,646

4.1 Model Kurmada İzlenen Yöntem

Bu tezde araştırma konusu ineklerin topallık puanlaması 1: Normal, 2: Hafif total ve 3: Total olmak üzere üç kategori halinde incelenmiştir. Üç kategorili topallık puanlaması ve onu etkileyen risk faktörleri sıralı lojistik regresyon analizi ile değerlendirilmiştir.

Söz konusu araştırmalarda yapılan tüm istatistiksel analizlerde SPSS v25 paket programı kullanılmıştır. Ayrıca bu çalışmada çok sayıda bağımsız değişkenin incelenmesi nedeniyle sonuçların yorumlanmasına kolaylık sağlaması bakımından değişkenlerin yalnızca ana etkileri dikkate alınmış, interaksiyon etkileri analize dahil edilmemiştir.

Öte yandan, bu çalışmada tüm değişkenlerin sıralı lojistik regresyon analizinde kullanılan (Cauchit, Complementary log log, Negative log log, Probit

ve Logit) bağlantı fonksiyonları ile paralel eğriler varsayımını sağlayıp sağlamadığı incelenmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Bağlantı Fonksiyonları İçin Paralellik ve Uyum İyiliği Test Sonuçları.

Bağlantı Fonksiyonu	Uyum İyiliği		Paralellik
	Pearson	Ki-Kare Sapma	
Cauchit	0.156	0.038	0.118
Complementary Log-log	0.100	0.023	0.008
Negative Log-log	0.065	0.025	0.115
Probit	0.101	0.037	0.198
Logit	0.103	0.038	0.208

Paralellik ve uyum iyiliği testlerinin sonuçları incelendiğinde Complementary Log-log bağlantı fonksiyonu hariç (0.008) diğer bağlantı fonksiyonlarının inceleme konusu değişkenlerin sıralı lojistik regresyon analizine uygun olduğu görülmüştür (Tablo 4.2). Ancak uyum iyiliği kriterlerinden sapma değerleri incelendiğinde tüm değişkenlerin yer aldığı modelin herhangi bir bağlantı fonksiyonuna göre sıralı lojistik regresyon analizine uygun olmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.2). Bu durumda uyum iyiliğini bozan değişken/değişkenlerin varlığından şüphelenilmiş ve söz konusu değişken/değişkenlerin belirlenmesi amacıyla değişken seçimi işlemine gidilmiştir.

4.1.1 Değişken seçimi

Sıralı lojistik regresyon modeli için toplam 22 adet bağımsız değişkenden, topallığı en iyi açıklayan değişkenlerin seçimi için ikili lojistik regresyon analizinden yararlanılmıştır. Bu amaçla bağımlı değişken kategorileri normal–hafif total, hafif total–total ve normal–total olarak ikili kategoriler halinde ikili lojistik regresyonla analize alınmıştır. Böylece Normal–hafif total, hafif total–total ve normal–total kategorileri için üç farklı ikili lojistik regresyon analizi gerçekleştirilmiştir.

Söz konusu üç analizde ileriye doğru adımsal seçme yöntemi kullanılarak değişken seçimine gidilmiştir. Bu yöntemde tahminlenen katsayıların önem kontrolü Wald testi ile yapılmıştır. İkili gruplardan elde edilen Wald istatistiklerine göre 0.05 önem düzeyinde anlamlı bulunan ($p < 0.05$) değişkenler sırası ile Tablo 4.3, Tablo 4.4 ve Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.3. Normal ve hafif total kategorileri için ikili lojistik regresyon analizi sonuçları.

Değişken	Katsayı tahminleri ($\hat{\beta}$)	Standart hata (SE_{β_k})	Wald	P	Odds Oranı
Sabit (kesme noktası)	-4.432	0.655	44.448	0,000	0.012
Laktasyon sırası	0.229	0.053	18.685	0,000	1.257
DİM	0.134	0.051	6.885	0,009	1.143
Sürü büyüklüğü	0.460	0.124	13.789	0,000	1.584
İnek başına toprak alan	0.262	0.072	13.209	0,000	1.300
Yemleme grubu	-0.521	0.200	6.804	0,009	0.594
Yem danışmanı	0.734	0.162	20.517	0,000	2.084
Ayak banyosu	0.708	0.221	10.268	0,001	0.012

Tablo 4.4. Normal ve Topal kategorileri için ikili lojistik regresyon analizi sonuçları

Değişken	Katsayı tahminleri ($\hat{\beta}$)	Standart hata (SE_{β_k})	Wald	P	Odds Oranı
Sabit (kesme noktası)	-6.614	0.864	58.577	0.000	0.001
Laktasyon sırası	0.415	0.144	73.283	0.000	1.514
Vücut kondisyon puanı	0.639	0.144	19.787	0.000	1.895
Bakım yapan	0.703	0.209	11.326	0.001	2.019
İnek başına alan	-0.336	0.158	4.497	0.034	0.715
İnek başına toprak alan	0.239	0.108	4.851	0.028	1.269
Temizlik sıklığı	0.424	0.122	12.134	0.000	1.528
Yem danışmanı	1.105	0.185	35.801	0.000	3.019

Tablo 4.5. Hafif total ve total kategorileri için ikili lojistik regresyon analizi sonuçları.

Değişken	Katsayı tahminleri ($\hat{\beta}$)	Standart hata (SE_{β_k})	Wald	P	Odds Oranı
Sabit (kesme noktası)	-2.560	0.475	29.006	0.000	0.077
Laktasyon sırası	0.177	0.051	12.313	0.000	1.194
VKP	0.386	0.133	8.461	0.004	1.471
Sezon	0.590	0.171	11.925	0.001	1.804

Normal–hafif topal, normal–topal ve hafif topal–normal iki kategorili analizler sonucu en az iki analizde önemli ve ortak bulunan değişkenler dikkate alınmıştır. Böylece sıralı lojistik regresyon analizi için laktasyon sırası, vücut kondisyon puanı, inek başına toprak alan ve yemleme danışmanı değişkenleri aday değişkenler olarak seçilmişlerdir (Tablo 4.3, Tablo 4.4, Tablo 4.5).

Daha sonra tüm aday değişkenlerinin inceleneceği sıralı lojistik regresyon modeli için bağlantı fonksiyonu seçimi yapılmıştır. Bunun için cauchit, complementary log log, negative log log, probit ve logit bağlantı fonksiyonlarının uyum iyiliği ve paralellik testleri incelendiğinde tüm bağlantı fonksiyonlarının sıralı lojistik regresyon modelinin yapılandırılmasında kullanılabileceği kararına ulaşılmıştır. Ancak yaygın olarak kullanılması bakımından logit bağlantı fonksiyonu tercih edilmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Bağlantı fonksiyonu sonuçları.

Bağlantı Fonksiyonu	Uyum İyiliği		Paralellik
	Pearson Ki-Kare	Sapma	
Cauchit	0.246	0.040	0.674
Complementary Log-log	0.212	0.003	0.061
Negative Log-log	0.257	0.004	0.238
Probit	0.326	0.007	0.467
Logit	0.324	0.007	0.525

Bu değerlendirmeler sonucunda logit bağlantı fonksiyonu kullanılarak laktasyon sırası, vücut kondisyon puanı, inek başına toprak alan ve yemleme danışmanı değişkenlerinin uyum iyiliği ve paralellik testleri tekrar incelenmiştir. Buna göre yemleme danışmanı değişkeninin uyum iyiliği sağlamadığı, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusallığı bozduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle yemleme danışmanı değişkeni analiz dışı bırakılmıştır (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Tek değişkenli sıralı lojistik regresyon analizi sonuçları.

		Wald	Uyum İyiliği		Paralellik
			Pearson	Sapma	
Laktasyon sırası	≥6. laktasyon	.000	0.613	0.616	0.617
	5. laktasyon	0.002			
	4. laktasyon	0.005			
	3. laktasyon	0.237			
	2. laktasyon	0.270			
	1. laktasyon	referans			
Vücut kondisyon puanı	≤2.50	0.040	0.255	0.255	0.255
	2.75-3.50	0.002			
	≥3.50	referans			
İnek başına toprak alan (m²)	<10	.000	0.764	0.766	0.766
	10-19	.000			
	20-29	0.112			
	30-39	0.253			
	≥40	referans			
Yemleme danışmanı	Yok	.000	0.044	0.044	0.044
	Var	referans			

Bu tez çalışmasında sonuç olarak laktasyon sırası, vücut kondisyon puanı ve inek başına toprak alan değişkenleri sıralı lojistik regresyon modeli için uygun olan nihai değişkenler olarak kabul edilmişlerdir (Tablo 4.7).

4.2 Sıralı Lojistik Regresyon Analizi

4.2.1 Paralel eğriler varsayımının kontrolü

Sıralı lojistik regresyon analizinde modelden elde edilen bilginin doğruluğu ve güvenilirliği için paralel eğriler varsayımını sağlayan Logit bağlantı fonksiyonu için ayrıntılı test sonuçları Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.8. Paralel eğriler varsayımı test sonuçları.

Model	-2 Log Likelihood	Ki-Kare	Sd	p
Sıfır hipotezi	486.975			
Genel	478.450	8.525	11	0.666
Bağlantı fonksiyonu: Logit				

Tablo 4.8’den görüldüğü gibi Ki-Kare test istatistiği olasılığı $p=0.666$ ($p>0.05$) istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bu sonuç tahminlenen regresyon katsayılarının, bağımlı değişkenin her bir kategorisinde aynı olduğunu; paralellik varsayımının sağlandığı göstermektedir. Bir başka deyişle; bağımlı değişken olan topallık kategorileri için tanımlanan modeller birbirine paraleldir ve tahminlenen parametreler bağımlı değişkenin her bir kategorisi için aynı kesme noktasından geçmektedir.

4.2.2 Modelin uyum iyiliği

Sıralı lojistik regresyon modelinin uygunluğunu belirlemek için yapılan Pearson Ki-Kare ve Sapma testi sonuçları Tablo 4.9’da gösterilmiştir.

Tablo 4.9. Uyum iyiliği testi sonuçları.

	Ki-Kare	Sd	P
Pearson	151.297	153	0.524
Sapma	172.641	153	0.132
Bağlantı fonksiyonu: Logit			

Tablo 4.9'daki sonuçlardan görüldüğü üzere Pearson Ki-Kare ve Sapma testi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. ($p>0.05$). Logit bağlantılı sıralı lojistik regresyon modelinin uyum iyiliğini sağladığı görülmektedir. $\chi^2_{(0.05;153)} = 151.297$ ve $\chi^2_{(0.05;153)} = 172.641$ değerlerine göre H_0 hipotezi red edilemez.

Tablo 4.10. Pseudo R^2 değerleri.

Cox and Snell	0.095
Nagelkerke	0.107
McFadden	0.046
Bağlantı fonksiyonu: Logit	

Modelin uygunluğu R^2 aracılığıyla da incelenmiştir. R^2 değerleri Tablo 4.10'da görüldüğü gibi Cox-Snell (0.095), Nagelkerke (0.107) ve McFadden (0.046) olarak bulunmuştur. R^2 değerleri bağımlı değişkendeki değişme oranının yüzde kaçının bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını göstermektedir. Ancak araştırmacıların bahsettiğine göre R^2 sonuçları lojistik regresyon için iyi bir ölçüt değildir ve kesin sonuçlar vermemektedir (Ayhan, 2006; Akın ve Şentürk, 2012).

Tablo 4.11. Model yapılandırma sonuçları.

Model	-2 Log Likelihood	Ki kare	sd	p
Sabit terimi içeren	591.715			
Final	486.975	104.740	11	.000
Bağlantı fonksiyonu: Logit				

Bağımlı değişken ile modele giren tüm bağımsız değişken kombinasyonları arasındaki ilişkinin incelenmesinde de olabilirlik oranından yararlanılmaktadır (Tablo 4.11). Buradaki analiz sonucunda sadece sabit terimi içeren modelin logaritmik olabilirliği $L_0=591.715$, tüm değişkenleri içeren modelin olabilirliği ise $L_j=486.975$ olarak hesaplanmıştır. Buna göre aradaki fark

alındığında $591.715 - 486.975 = 104.74$ (ki-kare istatistik) değeri $\chi^2_{(0.05;11)} = 19.68$ tablo değeri göz önüne alındığında model parametreleri ($\alpha=0.05$) önem düzeyine göre istatistiksel olarak ($p<0.001$) anlamlı bulunmuştur. Bu bağlamda logit bağlantı fonksiyonu yardımıyla yapılandırılan model için bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında ilişki olduğu söylenebilir.

4.2.3 Parametrelerin yorumlanması

Sıralı lojistik regresyon modeline alınan değişkenlerin paralel eğriler varsayımını sağladığı ve yapılandırılan söz konusu modelin uygun olduğu da tespit edildikten sonra parametrelerin anlamlılıkları değerlendirilmiştir.

Yapılandırılan modelde laktasyon sırası, vücut kondüsyon puanı ve inek başına toprak alan bağımsız değişkenleri bulunmaktadır. Dolayısıyla bu değişkenlerin olasılık değerleri üzerinden yorumlamalar yapılmıştır. Bağımsız değişkenlerin olasılık değerleri parametrelerin anlamlılığını değerlendiren Wald testine ait değerlerdir ve ($\alpha=0.05$)'e göre istatistiksel olarak önemli bulunan ($p<0.05$) değişken kategorileri yorumlanmıştır.

Sıralı lojistik regresyon analizinde parametre yorumu ikili ve isimsel lojistik regresyon analizi yöntemlerine göre daha değişik ve karmaşıktır (Akın ve Şentürk, 2012).

Bu tez çalışmasında değişken kategorilerinin son düzeyleri referans kategorileri olarak ele alınmıştır. Nitekim SPSS paket programı sıralı lojistik regresyon analizinde değişken düzeylerinin son kategorisini referans kategori olarak kabul etmektedir. Parametre anlamlılıklarının bu şekilde yorumlanmasında bu referans kategoriler göz önünde bulundurulmuş; başka bir deyişle bağımsız değişken kategorilerinin odds oranına göre karşılaştırmalar yapılmıştır.

Topallık puanının laktasyon sırası, vücut kondisyon puanı ve inek başına toprak alan değişkenlerine göre sıralı lojistik regresyon analizi ile incelenmesinde her bir değişkenin son kategorisi referans kategori olarak alındığından yorumların daha kolay ve anlaşılır olması açısından ilgili veri setinde kategorilerin sıralaması

yeniden düzenlenmiş ve analizler bu düzenlenen değişkenler üzerinden gerçekleştirilmiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.12. Bağımlı – bağımsız değişkenler ve düzeyleri.

Kategoriler	1	2	3	4	5	6
Bağımlı Değişken: Topallık	1: Normal	2: Hafif topal	3: Topal			
Bağımsız Değişkenler (Etki Adı)						
Kategoriler	1	2	3	4	5	6
Laktasyon sırası	1: ≥ 6	2: 5	3: 4	4: 3	5: 2	6: 1
Vücut kondüsyon puanı	1: ≤ 2.50	2: 2.75-3.50	3: ≥ 3.75			
İnek başına toprak alan (m²)	1: < 10	2: 10-19	3: 20-29	4: 30-39	5: ≥ 40	

Araştırma konusu Siyah Alaca sürülerinde topallık puanı düzeyi 1 olan 394 inek, 2 olan 352 inek ve 3 olan 302 inek olduğu saptanmıştır. Bunların yüzdeleri ise sırasıyla %37.6 (394 inek), %33.59 (352 inek) %28.82 (302) olarak bulunmuştur (Tablo 4.13)

Bağımsız değişken düzeylerinin her birine topallık puanına göre düşen Siyah Alaca inek sayıları ve yüzdeleri Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.13. Tanımlayıcı istatistikler

		Topallık puanı						
		Normal		Hafif Topal		Topal		Toplam
		N	%	N	%	N	%	N
Laktasyon Sırası	>=6.laktasyon	17	23,30%	20	27,40%	36	49,30%	73
	5.laktasyon	21	25,30%	30	36,10%	32	38,60%	83
	4.laktasyon	28	25,90%	38	35,20%	42	38,90%	108
	3.laktasyon	48	32,40%	60	40,50%	40	27,00%	148
	2.laktasyon	95	35,60%	94	35,20%	78	29,20%	267
	1.laktasyon	185	50,10%	110	29,80%	74	20,10%	369

	240+	127	32,00%	149	37,50%	121	30,50%	397
	151-240	110	42,80%	84	32,70%	63	24,50%	257
Sağılan gün sayısı	91-150	64	36,20%	59	33,30%	54	30,50%	177
	61-90	30	43,50%	17	24,60%	22	31,90%	69
	31-60	29	38,20%	26	34,20%	21	27,60%	76
	1-30	34	47,20%	17	23,60%	21	29,20%	72
	<=2,50	170	34,10%	159	31,90%	170	34,10%	499
VKP	2.75-3.50	193	40,60%	165	34,70%	117	24,60%	475
	>=3.75	31	41,90%	28	37,80%	15	20,30%	74
alt bacak hijyeni	Temiz	122	42,70%	100	35,00%	64	22,40%	286
	Kirli	272	35,70%	252	33,10%	238	31,20%	762
	<=29	76	40,40%	63	33,50%	49	26,10%	188
Sürü büyüklüğü	30-50	174	42,20%	129	31,30%	109	26,50%	412
	>=51	144	32,10%	160	35,70%	144	32,10%	448
Bakım yapan	Sahibi	109	42,40%	89	34,60%	59	23,00%	257
	İşçi	285	36,00%	263	33,20%	243	30,70%	791
	En az ilkokul	110	42,00%	84	32,10%	68	26,00%	262
Eğitim durumu	Orta okul	52	53,10%	29	29,60%	17	17,30%	98
	Lise	92	26,50%	128	36,90%	127	36,60%	347
	Yüksekokul	140	41,10%	111	32,60%	90	26,40%	341
Kıdem	>=20	169	41,30%	136	33,30%	104	25,40%	409
	10-19	103	34,00%	101	33,30%	99	32,70%	303
	1-9	122	36,30%	115	34,20%	99	29,50%	336
Barınağın kapalılık durumu	Kısmen	204	38,90%	179	34,20%	141	26,90%	524
	Tamamen	190	36,30%	173	33,00%	161	30,70%	524
Sezon	Nisan-Eylül	186	44,60%	144	34,50%	87	20,90%	417
	Ekim-Mart	208	33,00%	208	33,00%	215	34,10%	631
	<=20	75	36,20%	69	33,30%	63	30,40%	207
İnek başına alan	21-30	123	29,20%	146	34,70%	152	36,10%	421
	>=31	196	46,70%	137	32,60%	87	20,70%	420
	<10	14	25,90%	17	31,50%	23	42,60%	54
İnek başına toprak alan	1-10	109	31,30%	118	33,90%	121	34,80%	348
	20-29	84	32,20%	99	37,90%	78	29,90%	261
	30-39	139	47,90%	88	30,30%	63	21,70%	290
	>=40	48	50,50%	30	31,60%	17	17,90%	95
İnek başına	<=4	106	40,20%	83	31,40%	75	28,40%	264

beton alan	5-9	149	36,80%	135	33,30%	121	29,90%	405
	>=10	139	36,70%	134	35,40%	106	28,00%	379
Temizlik sıklığı	>10	54	38,00%	50	35,20%	38	26,80%	142
	6-10	165	42,70%	134	34,70%	87	22,50%	386
	1-5	175	33,70%	168	32,30%	177	34,00%	520
Yoğun/toplam yem-km	20-29	47	46,10%	36	35,30%	19	18,60%	102
	30-39	149	41,50%	121	33,70%	89	24,80%	359
	40-49	155	35,10%	146	33,10%	140	31,70%	441
	50-59	43	29,50%	49	33,60%	54	37,00%	146
Kaba kesif yem	Birlikte	221	38,60%	187	32,60%	165	28,80%	573
	Ayrı	173	36,40%	165	34,70%	137	28,80%	475
Yemleme grubu	Var	129	39,40%	112	34,30%	86	26,30%	327
	Yok	265	36,80%	240	33,30%	216	30,00%	721
Doğum Öncesi yem	Var	365	38,90%	309	32,90%	264	28,10%	938
	Yok	29	26,40%	43	39,10%	38	34,50%	110
Yem danışmanı	Yok	112	27,50%	155	38,00%	141	34,60%	408
	Var	282	44,10%	197	30,80%	161	25,20%	640
Süt yemi enerjisi	0	5	27,80%	7	38,90%	6	33,30%	18
	2,5-2,65	115	34,20%	113	33,60%	108	32,10%	336
	2.70	204	38,30%	183	34,30%	146	27,40%	533
	2.75-2.8	70	43,50%	49	30,40%	42	26,10%	161
ayak banyosu	var	93	42,70%	68	31,20%	57	26,10%	218
	yok	301	36,30%	284	34,20%	245	29,50%	830
Tırnak kesim	yılda 1-2	57	37,00%	51	33,10%	46	29,90%	154
	uzayınca	119	40,20%	94	31,80%	83	28,00%	296
	sakat kalınca	218	36,50%	207	34,60%	173	28,90%	598
Toplam		394	37,60%	352	33,60%	302	28,80%	1048

Bu çalışmada sıralı lojistik regresyon analizine göre, topallık düzeyi için tahminlenen parametreler Tablo 4.14' de verilmiştir.

Tablo 4.14. Sıralı lojistik regresyon analizi parametre tahminleri.

Değişkenler	Katsayı Tahminleri(β)	Wald	Olasılık (p)	Odds Oranı (e^b)
Bağımlı Değişken				
Topallık 1: Normal	0.928	9.284	.002	
Topallık 2: Hafif topal	2.456	61.562	.000	
Bağımsız Değişkenler				
Laktasyon Sırası ≥ 6 . laktasyon	1.373	30.951	.000	3.9472
Laktasyon Sırası 5. laktasyon	1.122	23.776	.000	3.3940
Laktasyon Sırası 4. laktasyon	1.008	23.623	.000	2.7401
Laktasyon Sırası 3. laktasyon	0.615	11.253	.001	1.8497
Laktasyon Sırası 2. laktasyon	0.584	14.606	.000	1.7932
Laktasyon Sırası 1. laktasyon	0 ^a (referans)	.	.	
Vkp 1: $\leq 2,50-2,74$	0.619	6.760	0.009	1.8571
Vkp 2 :2,75-3,74	0.288	1.456	0.227	1.3338
Vkp 3 $\geq 3,75$	0 ^a (referans)	.	.	
İnek başına toprak alan 1: <10	1.026	9.973	0.002	2.7899
İnek başına toprak alan 2: 10-19	0.890	15.981	.000	2.4351
İnek başına toprak alan 3: 20-29	0.595	6.665	0.010	1.8130
İnek başına toprak alan 4: 30-39	0.122	0.285	0.593	
İnek başına toprak alan 5: ≥ 40	0 ^a (referans)	.	.	

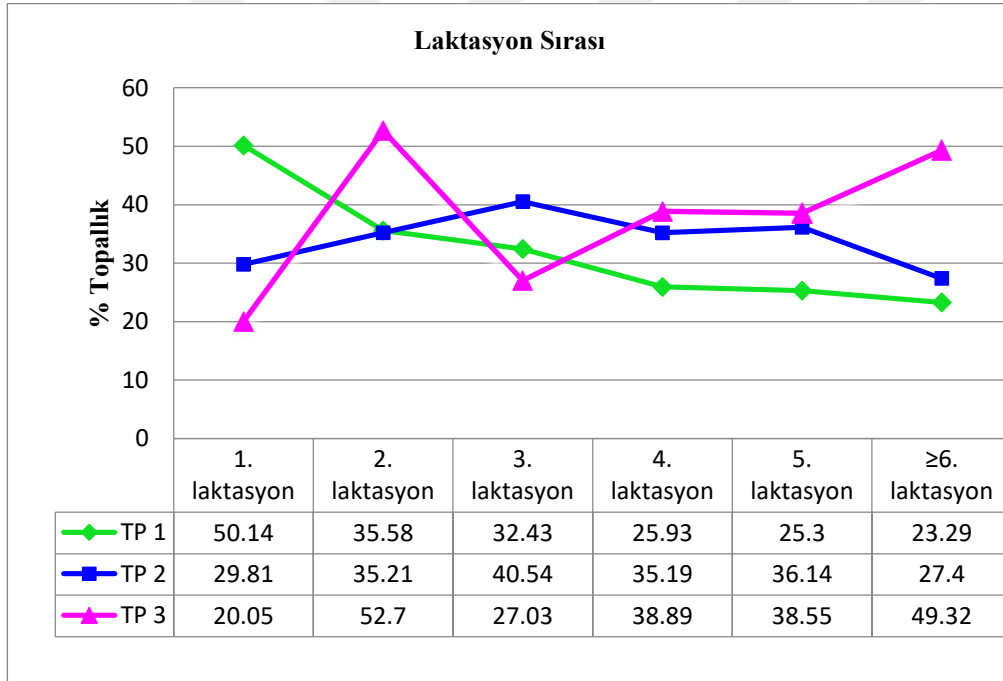
Tablo 4.14.'deki sonuçlara göre laktasyon sırası, vücut kondüsyon puanı ve inek başına toprak alan değişkenlerinin belirli kategorileri itibariyle topallık üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Değişkenlerin söz konusu anlamlı bulunan kategorilerine göre yorumlamaları yapılmış; anlamlı bulunmayan kategoriler yorumlama dışı bırakılmıştır.

4.2.3.1 Laktasyon sırası ve topallık

Laktasyon sırası değişkeni ve topallık oranları incelendiğinde laktasyon sırasının artmasıyla birlikte topallık düzeyinin de arttığı görülmektedir. Nitekim topallığın laktasyon sırasına göre görülme sıklığı (prevelansı), 1 ve ≥ 6 . laktasyon arası inekler için sırasıyla %20.05, %52.70, %38.89, %38.55, %49.32, %49.32 olarak gözlemlenmiştir. Burada topallık oranı 1. laktasyonda %20.05 iken ≥ 6 . laktasyonda %49.32 oranında bulunmuştur (Tablo 4.13).

Öte yandan laktasyon sırasının toplam puanı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Tablo 4.14 incelendiğinde referans kategori olarak 1. laktasyonun alındığı görülmektedir. Sıralı lojistik regresyon analizi sonucuna göre önemli ($p<0.05$) bulunan kategoriler bu referans kategoriye göre yorumlanmıştır. Buna göre 1. laktasyondaki ineklerin toplamıklarıyla karşılaştırıldığında 6. ve daha ileri laktasyondaki ineklerin 3.95 kat, 5. laktasyondaki ineklerin 3.39 kat, 4. laktasyondakilerin 2.74 kat, 3. laktasyondakilerin 1.85 kat ve 2. laktasyondakilerin de 1.79 kat daha total olduğu belirlenmiştir.

Laktasyon sırasına göre toplam puanlarının oransal dağılımı Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Laktasyon sırasına göre toplam puanlarının oransal dağılımı.

Nitekim Şekil 4.1 incelendiğinde de laktasyon sırasının artması ile birlikte toplam oranının arttığı görülebilmektedir.

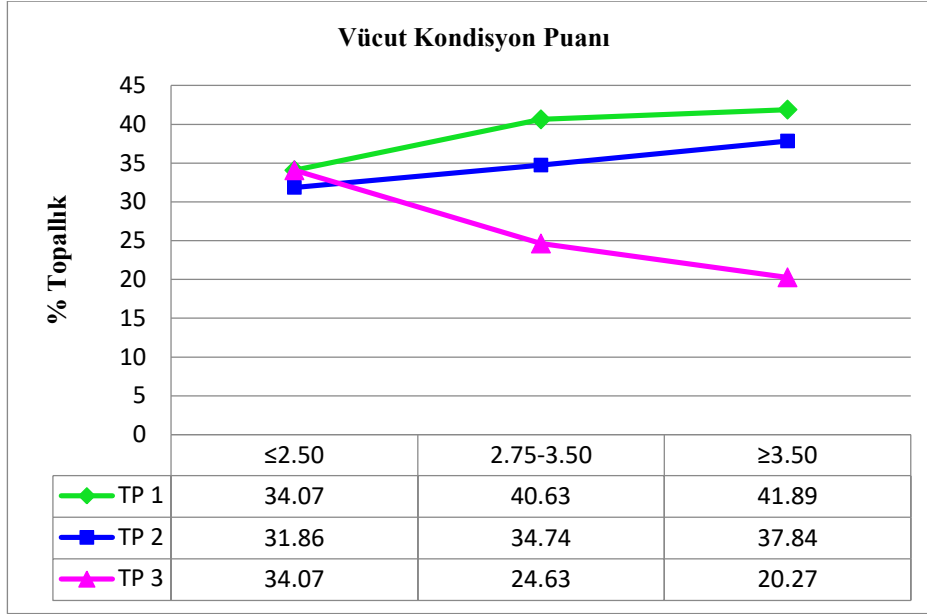
4.2.3.2 Vücut kondisyon puanı ve topallık

Vücut kondisyon puanı değişkeni ve topallık oranları incelendiğinde vücut kondisyon puanı ile topallık puanı ters orantılı olarak değişim gösterdiği görülmektedir. Yani TP=3 olan inekler için $VKP \leq 2.5$ olan (zayıf, cılız) ineklerin oranı %34.07 iken $VKP \geq 3.75$ olan inekler için bu oran %20,27 bulunmuştur. Buna göre hayvanın vücut kondisyonu düştüğünde, topallık düzeyinin de arttığı görülmektedir (Tablo 4.13).

Nitekim referans kategori olarak vücut kondüsyon puanı ≥ 3.75 olan 3. kategorideki inekler seçilerek gerçekleştirilen sıralı lojistik regresyon analizi sonucunda vücut kondüsyon puanı ≤ 2.50 olan 1. kategori istatistiksel olarak önemli ($0.009 < 0.05$) bulunmuştur. Ancak vücut kondüsyon puanı ≤ 2.75 -3.50 olan 2. kategorideki ineklerin referans kategorisine göre topallama oranında önemli ($0.227 > 0.05$) bir fark bulunmamıştır.

Buna göre 1. kategorideki ineklerin, referans kategorisindeki ineklere göre 1.86 kat daha total olduğu yorumu yapılabilmektedir. Yani vücut kondüsyon puanı ≤ 2.50 olan ineklerin, ≥ 3.75 olan ineklere göre total olma olasılığı (odds oranı), 1.86 kez daha fazla bulunmuştur (Tablo 4.14).

Vücut kondüsyon puanına göre topallık puanlarının oransal dağılımı Şekil 4.2’de verilmiştir.



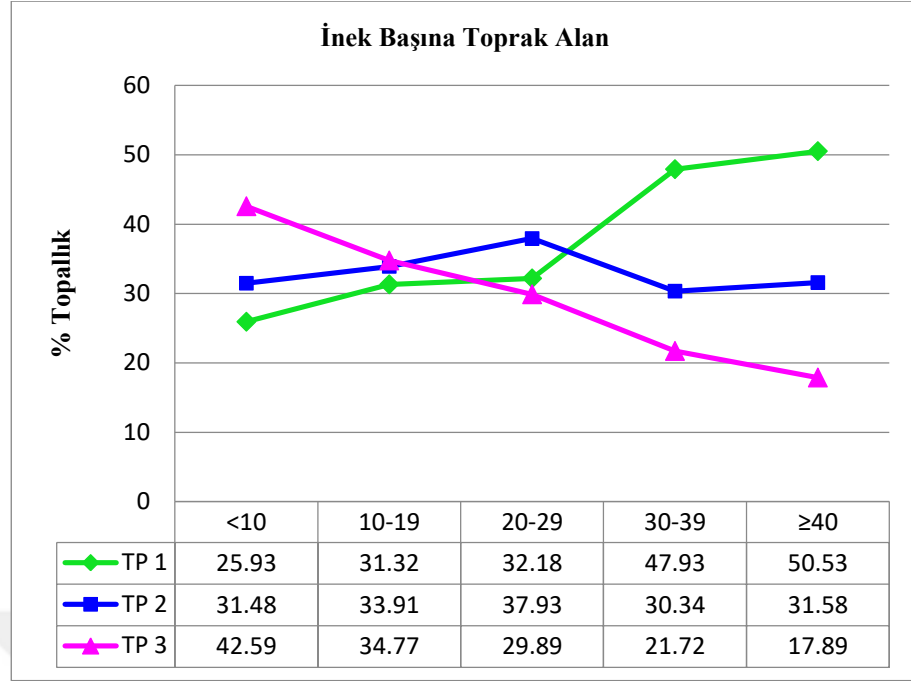
Şekil 4.2. Vücut kondisyonuna göre topallık puanlarının oransal dağılımı.

Şekil 4.2 incelendiğinde de topallık ve vücut kondisyon puanının ters orantılı olarak değiştiği görülebilmektedir.

4.2.3.3 İnek başına toprak alan ve topallık

Tablolar (Tablo 4.13, Tablo 4.14) incelendiğinde inek başına düşen toprak alan ile topallığın ters orantılı olduğu söylenebilir. İnek başına düşen toprak alan arttıkça topallık azalmaktadır. İnek başına düşen toprak alan değişkenine ait referans kategorisi $\geq 40\text{m}^2$ olarak alınmıştır. Sıralı lojistik regresyon analizi sonucuna göre inek başına düşen toprak alan için 1. ($<10\text{m}^2$), 2. ($10-19\text{m}^2$) ve 3. ($20-29\text{m}^2$) kategoriler istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) bulunmuştur. Referans kategorisine göre inek başına $<10\text{ m}^2$ toprak alan düşen çiftliklerdeki ineklerin 2.79 kat, $10-19\text{m}^2$ toprak alan düşen ineklerin 2.44 kat, $20-29\text{m}^2$ toprak alan düşen ineklerinse 1.81 kat daha total olduğu sonucu ortaya çıkarılmıştır (Tablo 4.14).

Tablo 4.13'e göre inek başına düşen toprak alan <10 iken TP=3 olan ineklerin oranı, %42.59, ≥ 40 iken ise bu oran %17.89; TP=2 ise <10 iken %31.48, ≥ 40 iken ise %31.58 olarak bulunmuştur. İnek başına düşen toprak alanın topallığa göre eğilimi Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3. İnek başına düşen toprak alan (m²)'a göre topallık puanlarının oransal dağılımı.

Buradan inek başına düşen toprak alan arttıkça topallığın gözlemlenme oranının azalacağı izlenmektedir (Şekil 4.3).

4.3 Topallık İçin Sıralı Lojistik Regresyon Modeli

Sıralı lojistik regresyon modelinin yapılandırılmasında bağımlı değişkenin kategori sayısının bir eksiği kadar (n-1) logit tanımlanmaktadır. Bu araştırmadaki topallık bağımlı değişkeni üç kategorili olduğundan, uygunluğuna karar verilen model için 2 adet logit tanımlanmaktadır. Topallık kategorilerinin olasılık hesaplamalarında kullanılacak logit fonksiyonları aşağıdaki gibidir:

$$g_1(x) = \ln \left[\frac{p(Y \leq 1 | X)}{p(Y > 1 | x)} \right] = \alpha_1 + \beta' X'$$

$$g_2(x) = \ln \left[\frac{p(Y \leq 2 | X)}{p(Y > 2 | X)} \right] = \alpha_2 + \beta' X'$$

ve logit fonksiyonlarında verilen $p(y=1, 2, 3)$ olasılıkları 3. kategori, referans kategori olmak üzere aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$p(Y = 1) = \frac{e^{g_1(x)}}{1 + e^{g_1(x)} + e^{g_2(x)}}$$

$$p(y = 2) = \frac{e^{g_2(x)}}{1 + e^{g_1(x)} + e^{g_2(x)}}$$

Bu çalışmada topallık bağımlı değişkeninin normal (1) ve hafif total (2) kategorilerinin sabit katsayı tahminleri ve analiz sonucunda anlamlı bulunan laktasyon sırası, vücut kondisyon puanı ve inek başına toprak alan bağımsız değişkenleri ile eşik değerlerini (sabitleri) içeren logitler aşağıdaki gibidir:

$$g_1(x) = 0.928 + \beta_{1i}x_{1i} + \beta_{2j}x_{2j} + \beta_{3k}x_{3k}$$

$$g_2(x) = 2.456 + \beta_{1i}x_{1i} + \beta_{2j}x_{2j} + \beta_{3k}x_{3k}$$

x_{1i} = Laktasyon sırası ($i=1, 2, 3, 4, 5, \geq 6$)

x_{2j} = Vücut kondisyon puanı ($j=\leq 2.50, 2.75-3.50, \geq 3.75$)

x_{3k} = İnek başına toprak alan ($k= <10, 10-19, 20-29, 30-39, \geq 40$)

u_{ijk} = Hata terimi

Sıralı lojistik regresyon analizi ile elde edilen sonuçlar EK 2’de detaylı olarak verilmiştir. EK 2’deki sonuçlara göre $e^{g_1(x)}$ ve $e^{g_2(x)}$ aşağıdaki gibidir.

$$e^{\beta_{1i}x_{1i} + \beta_{2j}x_{2j} + \beta_{3k}x_{3k}} = 448.614 \text{ ve } e^{\alpha_1} = 2.529 \text{ olmak üzere;}$$

$$e^{g_1(x)} = e^{0.928 + \beta_{1i}x_{1i} + \beta_{2j}x_{2j} + \beta_{3k}x_{3k}} = 451.143 \quad \text{ve} \quad e^{\alpha_2} = 11.658 \text{ olmak üzere;}$$

$$e^{g_2(x)} = e^{2.456 + \beta_{1i}x_{1i} + \beta_{2j}x_{2j} + \beta_{3k}x_{3k}} = 460.272$$

olarak bulunmaktadır. Bu değerleri aşağıdaki eşitliklerde yerine koyduğumuzda;

$$p(Y = 1|x) = \frac{e^{g_1(x)}}{1 + e^{g_1(x)} + e^{g_2(x)}} = \frac{451.143}{1 + 451.143 + 460.272} \cong 0.49$$

$$p(Y = 2|x) = \frac{e^{g_2(x)}}{1 + e^{g_1(x)} + e^{g_2(x)}} = \frac{460.272}{1 + 451.143 + 460.272} \cong 0.50$$

sonuçları elde edilmektedir.



5. TARTIŞMA

Bu tezde, Siyah Alaca ırkı sığırlarda topallık düzeyi üzerinde etkisi olabilecek inek ve sürü düzeyindeki 22 bağımsız değişkenin etkilerinin saptanması amaçlanmıştır. Bu etkileri ve etki düzeylerini belirlemek amacıyla logit bağlantılı sıralı lojistik regresyon analizinden yararlanılmıştır. Sıralı lojistik regresyon analizi sonucu, 22 bağımsız değişkenden 19 değişkenin topallık ile ilişkili olmadığı tespit edilmiştir. Buna göre istatistiksel olarak topallık ile anlamlı ilişkisi bulunmayan inek düzeyindeki değişkenler; sağılan gün sayısı, alt bacak hijyen puanı, sürü düzeyindeki değişkenler ise; sürü büyüklüğü, bakım yapan, işletme (çiftlik) sahibinin eğitim durumu, bakıcı deneyimi (süt çiftçisinin deneyimi), barınağın kapalılık durumu, puanlama sezonu, inek başına alan, inek başına beton alan, temizlik sıklığı, toplam yem tüketimi içindeki yoğun yem oranı, kaba yem ve yoğun yemle besleme metodu, yemleme grubu oluşturma, doğum öncesi besleme, yemleme danışmanı, yoğun yem içeriğinde metabolik enerji düzeyi sınıfı, ayak banyosu, tırnak kesimi değişkenleridir.

Bu çalışmaya benzer şekilde bazı araştırmacılar da sürü büyüklüğü ile topallık düzeyi arasında ilişki bulunmamış (Sogstad, 2005, Espejo and Endres, 2007), Yaylak vd. (2010) ise sürü büyüklüğünün, topallık düzeyi ile ilişkili olduğunu bildirmiştir.

Akköse (2017), besleme, travma ve doğum faktörlerinin, topallıkları başlatan etkenler olduğunu belirtmiş ve bunun yanı sıra sürü büyüklüğü, sağım süresi, inek konforu, ayak ve tırnak bakımı gibi sürüye bağlı faktörler ile laktasyon sayısı, yaş, ırk ve vücut kondisyon puanı gibi da sürüye bağlı faktörlerin süt sığırlarında topallığa yatkınlık oluşturan faktörler olduğunu bildirmiştir.

Cook (2006), topallığa neden olabilecek olan ve süt sürülerinde en yaygın bulaşıcı lezyon olarak görülen (bir ayak hastalığı olan) digital dermatitis'in bacak hijyeni ve ayak banyosu programlarıyla kontrol edilebileceğini bildirmiştir. Aynı zaman da Cook (2003), hayvanın ayağı ne kadar kuru ve temiz tutulursa topallığa neden olabilecek olan hastalıklardan biri olan papillomatous digital dermatitis'in prevalansının o kadar düşeceğini belirtmiştir.

Cook (2003), bu çalışmaya benzer olarak topallık üzerine sezon etkisini inceleyen çalışmasında yaz ve bahar aylarındaki toplallık oranının (%21.8) kış aylarındakine genel olarak eşit oranda (%24.8) olduğunu bildirmiştir.

Buna karşın, Yaylak vd. (2010), laktasyon sırası, vücut kondisyon puanı, sürü büyüklüğü, bakıcı, inek başına alan, inek başına toprak alan, temizlik sıklığı, rasyondaki yoğun yem oranı, yem danışmanı faktörlerinin topallık üzerinde etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Özsoy ve Yücel (1991) ise, kış aylarında uzun zaman kapalı tutulan hayvanların ayaklarının sürekli beton zemine maruz kaldığını ve bu düzleşen zemin sonucunda kayıp düştüğünü, aynı zamanda kapalı tutulan hayvanların ayaklarının sürekli olarak idrar ve dışkı ile bulaşık kaldığı ve tüm bunların sonucunda da topallığın arttığını belirtmiştir.

Bununla birlikte, Stallings (2019), topallığın genellikle şiddetli asidoz vakasından birkaç hafta sonra görüldüğünü bildirmiş ve topallık ile besleme arasında ilişki bulunduğunu belirtmişlerdir. Topallığın besleme ile olan bağlantısının ise rasyondaki aşırı nişasta miktarından ve hayvana yeterince selüloz verilmemesinden kaynaklandığını belirtmiştir.

Tez çalışmasında laktasyon sırası, vücut kondisyon puanı ve inek başına toprak alan değişkenlerinin genel olarak topallık düzeyi üzerinde etkili oldukları tespit edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda süt sığırlarının laktasyon sırasının artmasıyla birlikte, topallık kusurunun görülme olasılığının da arttığı gözlenmiştir. Süt sığırcılığında laktasyon sırasının ineğin yaşının bir göstergesi olduğu bilinmektedir. Buna göre yaş ilerledikçe topallığın artması beklenen bir durumdur. Nitekim bazı araştırmalar topallığın laktasyonun başlangıcında yaşlı ineklerde daha fazla rastlandığını bildirmektedir (Warnick et al., 2001; Sogstad et al., 2005; Espejo et al., 2006; Yaylak vd., 2010; Foditsch et al. 2015). Choquette-Levy et al. (1985), yaptıkları bir araştırmada ileri yaşla taban ülseri, beyaz çizgi hastalığı, ökçe erozyonu gibi tırnak hastalıklarının görüldüğünü ve bunların topallığa yol açtığını açıklamışlardır.

Görgül vd. (2002), ineklerde topallığa neden olan digital ve interdigital dermatitis gibi bazı ayak hastalıklarının ortaya çıkmasında laktasyon sırasının önemli rol oynadığını ve topallığa neden olabilecek bu tırnak hastalıklarının 3.-6. laktasyonlar arasında ortaya çıktığını; fakat 3. laktasyondaki ineklerde söz konusu hastalıklara daha fazla yakalandığını ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Sağlıyan (2000), ayak hastalıklarının 2-7 yaş aralığındaki sığırlarda daha çok görüldüğünü ve bu yaş aralığında artan vücut ağırlığı, yüksek süt verimi, doğum ve gebelik gibi bazı etkenlerin tırnak hastalıklarının ve dolayısıyla topallığın oluşmasında etkili olabileceğini aktarmıştır. Solano et al. (2015), 2. ve 3. laktasyondaki ineklerde topallık prevelansında %10'luk bir artış gözlemlerken, 4. ve daha sonraki laktasyonlardaki ineklerde %32 ve daha fazla olarak gözlemlemişler ve laktasyon sırası 3 ve daha büyük olan ineklerin 1. laktasyondaki ineklere göre total olma olasılığının üç kat daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Lischer et al. (2002), 3.laktasyodan sonra boynuz ve canlı tırnak lezyonu ile ilgili olarak ineklerin topuk kısmında yer alan ökçe yastığını oluşturan yağ miktarının azalıp, gevşek bağ dokusu miktarının artması sonucu topallık oranının arttığını belirtmişlerdir.

Buna karşın, bazı çalışmalarda özellikle besi amaçlı yetiştirilen genç yaşlardaki ineklerde de topallık görülmüştür (Özsoy ve Yücel, 1991; Yavru vd., 1992). Özsoy ve Yücel (1991), 1-5 yaş grubundaki hayvanlarda canlı ağırlıktaki ani artış nedeniyle topallığı yüksek oranda gözlemlemişlerdir. Öte yandan, Yavru vd. (1992) bakım besleme koşullarının iyi olmadığı mezbaha ortamındaki 3 ve daha genç yaştaki sığırlarda topallığa yüksek oranda rastlamışlardır.

Bununla birlikte, ineklerde yaş ilerledikçe kalsiyum ihtiyacının arttığı, kalsiyum sindiriminin azaldığı ve bunun sonucu olarak kemiklerdeki kalsiyum depolarının da azaldığı bilinmektedir (Salmanoğlu ve Salmanoğlu, 1998). Nitekim Salmanoğlu ve Salmanoğlu (1998), kandaki kalsiyum düzeyinin, ineklerin laktasyon dönemine, yaşına, siklus evresine, gebelik dönemine, bakım ve beslenmesine göre değişiklik gösterebileceğini açıklamışlardır. Aynı zamanda düvelerde %36 olarak gözlemlenen kalsiyum sindiriminin, ilerleyen yaşlarda %22'ye kadar gerilediğini ve kemikte depo edilen mineral madde miktarının da ilerleyen yaşla birlikte %6-20 düzeyinden, %2-5 düzeyine kadar düştüğünü saptamışlardır.

Bunların yanısıra, laktasyon sırasının artmasıyla süt verimi ve dolayısıyla metabolik stres de artmakta ve bunların sonucunda topallık oluşabilmektedir (Kocak ve Ekiz, 2006; Yaylak, 2008). Kocak ve Ekiz (2006), araştırmalarına göre 1. laktasyondaki total ineklerin laktasyon süt veriminin, sağlıklı ineklerin süt veriminden daha düşük; total ineklerin 2. ve 3. laktasyondaki, laktasyon süt veriminin, sağlıklı ineklerin süt veriminden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Bu tez çalışması sonucunda vücut kondisyon puanı ile topallık kusurunun görülme olasılığı arasında negatif bir ilişki saptanmıştır. Çalışmada vücut kondisyon puanı 2.50 ve daha az olan zayıf ineklerde topallık riskinin vücut kondisyon puanı 2.75 ve üzeri olan sığırlara göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durum iyi bakım ve besleme koşulları ile açıklanabilir. Bazı araştırma sonuçları düşük vücut kondisyonunun topallık riskini artırdığı bulgusunu desteklemektedir (Espejo et al., 2006; Dippel et al., 2009; Green et al., 2014; Lim et al., 2015; Randall et al., 2015; Solano et al., 2015; Singh et al., 2018). Lim et al. (2015), yaptıkları çalışmada vücut kondisyon puanı 2.25 ve daha az olan ineklerin total olma olasılıklarının daha yüksek olduğunu ve eğer topallarsa iyileşme olasılıklarının da düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Ayrıca, sığırlarda tırnak lezyonu olup olmama durumu ve ökçe yastığının ortalama kalınlığı ile vücut kondisyonu puanı arasında bir ilişki olduğu bildirilmektedir (İzci vd., 2018). Lischer et al. (2002), artan laktasyon sırası ve yaş ile birlikte vücut kondisyon puanında düşme, ökçe kalınlığında azalma ve tırnak lezyonlarında artma gözlemlendiğini aktarmaktadır.

Bu tez çalışmasında, topallık kusurunun görülme olasılığının inek başına düşen toprak alan arttıkça azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmamızda özellikle inek başına düşen toprak alanın 20m²'den az olduğu durumlarda topallık riskinin daha fazla olduğu görülmüştür. Sığırlar doğaları gereği toprakta yaşamakta (Shearer 2010), yataken ya da yürürken yumuşak zeminleri tercih etmektedirler (Herlin, 1997; Yaylak, 2010). Buna karşın sığircılık işletmelerinde kolay temizlenebilir ve uzun ömürlü olması gibi sebeplerden dolayı özellikle serbest duraklı ahırlarda beton zemin tercih edilmektedir (Vanegas vd., 2006). Serbest duraklı ahırlarda, sığırların beton zeminlere maruz kalmasının ve yatma

ihtiyaçlarını karşılayamamalarının toplallığı etkilediği bildirilmektedir (Akköse, 2017). Beton zemine aşırı maruz kalma tırnakları aşındırmaktadır (Cook, 2003). Beton alandaki artış, toplallığın görülmesinde artışa neden olmaktadır (Norberg, 2012).



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Süt sığırlarında topallık önemli bir fizyolojik sorundur. Topal sığırlar şiddetli ağrı yaşamakta, yürümekte ve yemekte güçlük çekmektedir. Bu durum sığırın yaşam fonksiyonlarını, verimliliğini ve dolayısıyla refahını olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu araştırmada elde edilen sonuçlara göre artan laktasyon sırası ve yaşla beraber topallık sorunlarının ortaya çıktığı ve özellikle üç yaş ve sonrasında topallığın yüksek risk oluşturduğu görülmüştür. Bu yüzden üç yaş ve daha yaşlı sığırlarda topallık takibinin sağlanması ve olası sorunlara karşı bakım ve besleme açısından bazı tedbir ve önlemlerin alınması gerekmektedir.

Öte yandan, sığırlar kalsiyum yetersizliğinde ihtiyaçlarını kemiklerinden karşılamakta ve bu durum topallık sorununa yol açabilmektedir. Bu nedenle rasyonlarda kalsiyum miktarı ayarlanmasının ineklerin yaşı ve fizyolojik dönemine göre düzenlenmesi önerilmektedir.

Araştırmada düşük vücut kondisyonunun topallığa neden olabileceği görülmüştür. Bu sonuca göre hayvanların vücut kondisyonu yönünden de takip edilmesi ve puanlaması tavsiye edilmektedir. Özellikle hayvanların vücut kondisyon puanlarının 2.50 ve altına düşmemesine dikkat edilmelidir. Vücut kondisyonu düşük hayvanların varlığı tespit edildiği taktirde, bakım ve besleme ile ilgili düzeltmeler yapılmalıdır.

Sığırların doğaları gereği yatarken ya da yürürken yumuşak zeminleri tercih ettikleri bilinmesine rağmen; günümüz işletmelerinde kolay temizlenebilirlik açısından genelde beton zeminler tercih edilmektedir. Bu şekilde sürekli beton zemine maruz kalan hayvanlar, gerek kayıp düşme, gerekse yatma ihtiyaçlarını karşılayamama gibi nedenlerden dolayı topallık riski ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle hayvanların barındırıldığı yerlerdeki hayvan başına düşen toprak alana dikkat edilmesi ve özellikle hayvan başına 20 m² den az toprak alan düşmemesine dikkat edilmesi önerilmektedir.

Topallıkla ilgili olası sorunların önüne geçilmesi için topallığın erken teşhis edilmesinin önemli olduğu görülmektedir. Bu amaçla, barınak içi toprak alanı uygun şekilde planlanmalı, rasyonlarda fizyolojik döneme göre mineral madde ihtiyaçları dikkate alınmalı ve uygun rasyonlar ile besleme yapılmalı, sığırlar belirli aralıklarla gözlemlenmeli, vücut kondisyonuna bakılmalı ve topallık ile ilgili gerekli kontroller yapılmalıdır.

Diğer yandan, bu tez çalışmasında olduğu gibi, bağımsız değişkenlerin sıralı ve ikiden fazla kategorik yapıya sahip bağımlı değişken üzerindeki etkilerinin incelenmesi durumunda sıralı lojistik regresyon analizi kullanılmaktadır. Sıralı lojistik regresyonu, klasik, ikili ya da isimsel regresyon yöntemlerinden ayıran bu özellik, model parametrelerinin seçiminden yöntemlerin varsayımlarına kadar farklılık göstermektedir.

Sıralı lojistik regresyon yönteminin anılan diğer yöntemlere göre bazı avantajlara sahiptir.

- 1- Sıralı lojistik regresyonda bağımsız değişkenlere ait olasılık fonksiyonlarının dağılımıyla ilgili bir şart bulunmamaktadır.
- 2- Bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki ilişkinin doğrusal olma zorunluluğu yoktur.
- 3- Elde edilen sonuçların olasılıklarının karşılaştırılması bakımından esnek ve kolay uygulanabilir bir yöntemdir.
- 4- Bağımsız değişkenlere hiçbir kısıtlama getirmemesi yani kesikli yapıdaki bağımlı değişkeninin tahmininde kullanılan bağımsız değişkenlerin kesikli veya sürekli yapıda olabilmesi ya da her iki değişken grubunu (hem kesikli hem de sürekli) birlikte kullanabilmesi imkanı sağlamaktadır.

- 5- Sıralı lojistik modele dayalı analizler için çok sayıda paket programın (SPSS, SAS, JMP vb.) bulunması lojistik regresyonun tercih edilir bir analiz olmaktadır (Başarır, 1990; Nizam ve Akdeniz, 2007; Çokluk vd., 2010).

Ancak sıralı lojistik regresyon analizi yapılırken bazı hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Özellikle analizde hangi bağlantı fonksiyonunun uygulanması gerektiği konusu önem taşımaktadır. Bu amaçla araştırmalarda sıralı lojistik regresyon modeline karar verilirken değişkenlere eş zamanlı olarak paralellik varsayımı kontrolünün uygulandığı görülmüştür. Fakat söz konusu araştırmaların bağımsız değişken sayısının az sayıda olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmadaki gibi; fazla sayıda bağımsız değişkenin eş zamanlı incelenmesi için sıralı lojistik regresyon analizi yapılması isteniyorsa tüm değişkenlerin yer aldığı modelin uygunluğu araştırılmalı, şüpheli durumlarda değişken bazında analizler yapılarak uyumu bozduğu belirlenen değişkenin analiz dışı bırakılması önerilmektedir.

Bunun için sadece Wald istatistiği yerine tek değişkenli sıralı lojistik regresyon analizleri gerçekleştirilerek, olabilirlik oranlarına bakılıp, özellikle doğrusallık açısından, paralel eğriler varsayımını ihlal eden değişken saptanarak, modelden çıkarılmalıdır. Çünkü Wald istatistiğinde, büyük β parametre tahminlerinde, tahminlenen standart hatalar da büyük olmaktadır. Bu durum Wald istatistiği değerinin çok küçük çıkmasına, bunun sonucu olarak da doğru olmayan H_0 hipotezinin kabul edilmesine neden olmaktadır. Bu yüzden değişken seçiminde değişkenlerin olabilirlik oran testi sonuçları da göz önünde bulundurulması önerilmektedir.

Bunlardan başka, sıralı lojistik regresyon analizinde değişken seçiminde herhangi bir adımsal seçme yöntemine gidilmesi de uygun bulunmuştur. Sıralı değişken kategorisi (n) ve bunların ikiyeşerli grupları (r) için $\binom{n}{r}$ kombinasyonuna göre ikili lojistik regresyon analizi yapılarak her bir analiz sonucunda katsayıları önemli bulunan ortak olan değişkenlerin modele alınması tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Agresti, A.**, 2002, Categorical Data Analysis, Second Edition, Wiley-Interscience, A John Wiley & Sons, Inc., Publication Department Of Statistics University Of Florida, Gainesville, Florida, 701p.
- Akçay, A.**, 2009, Doktora Tezi, Broiler Coccidiosis’inde Risk Faktörlerini Lojistik Regresyon Analizi İle Belirlenmesi, T.C. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 109s.
- Akın, H. B. ve Şentürk, E.**, 2012, “Bireylerin mutluluk düzeylerinin ordinal lojistik regresyon analizi ile incelenmesi”, *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt:10, Sayı:37, 183-193s.
- Akköse, M.**, 2017, Yüksek Lisans Tezi, Sütçü Düvelerde Gebeliğin Son Bir Ayındaki Barınak Şartlarının Postpartum Dönemdeki Tırnak Sağlığı Üzerine Etkileri, T.C. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 43s.
- Aksaraylı, M. ve Saygın, Ö.**, 2011, Algılanan hizmet kalitesi ve lojistik regresyon analizi İle hizmet tercihinin etkisinin belirlenmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt: 13, Sayı: 1, Sayfa: 21-37 s.
- Alkan, İ., Gürkan, M., Gençcelep, M. ve Bakır, B.**, 1994, 1988-1992 yılları arasında yüzüncü yıl üniversitesi veteriner fakültesi cerrahi kliniğine getirilen hayvanlarda karşılaşılan cerrahi hastalıkların toplu bir değerlendirmesi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 5(1-2): 1-9 s.
- Alpar, R.**, 2003, Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlere Giriş 1, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 411s.
- Arı, E.**, 2013, Doktora Tezi, Sıralı Lojistik Regresyonda Paralel Doğrular Varsayımı ve Çözümleme Yaklaşımları, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 87s.
- Arıcan, E.**, 2010, Yüksek Lisans Tezi, Nitel Yanıt Değişkene Sahip Regresyon Modellerinde Tahmin Yöntemleri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 105s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Atabey, Ö.,** 2010, Yüksek Lisans Tezi, Lojistik Regresyon Modeli ve Geriye Doğru Eliminasyon Yöntemiyle Değişken Seçiminin Hipertansiyon Riski Üzerinde Uygulanmasında Bootstrap Yöntemi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 122s.
- Atakurt, Y.,** 1999, Lojistik regresyon analizi ve tıp alanında kullanımına ilişkin bir uygulama, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası Cilt 52, Sayı 4, 191-199 s.
- Atasoy, N.,** 2003, Erzurum yöresinde süt sığırlarında görülen ayak hastalıklarının insidansı ve bunların sağaltımı, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2003, 14 (1), 1-5 s.
- Atkins, G. and Shannon, J.,** 2002, Minimizing lameness through genetic selection, *Advances in Dairy Technology* (2002) Volume 14, 93-109 pp.
- Aydın, N. ve Arı, E.,** 2016, Hanehalkı otomobil talebini belirleyen etkenlerin ikili lojistik regresyon yöntemiyle analizi: Türkiye örneği, *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Nisan 2016, Sayı:12, 76-97 s.
- Ayhan, S.,** 2006, Sıralı Lojistik Regresyon Analiziyle Türkiye'deki Hemşirelerin İş Bırakma Niyetini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 65s.
- Barak, N.A.,** 2005., Yüksek Lisans Tezi, Sıralı (Ordinal) ve Multinomial Logit Modeller Üzerine Bir Uygulama, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 62s.
- Baran, V. ve Kamiloğlu, A.,** 1997, Sığırlarda topallığın belirlenmesinde yararlanılan tanı kontrol çizelgeleri, *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* Cilt: 3 Sayı: 2 Sayfa, 247-249 s.
- Barkema, H.W., Van Der Ploeg, J.D. and Schukken, Y.H.,** 1999, Management style and its association with bulk milk somatic, Cell Count and Incidence Rate of Clinical Mastitis, *J Dairy Sci* 82, 1655–1663 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Başarır, G.**, 1990, Doktora Tezi, Çok Değişkenli Verilerde Ayrımsama Sorunu ve Lojistik Regresyon Analizi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 122s.
- Bayar, B.**, 2003, İstatistiksel Çözümleme Teknikleri I, Regresyon Analizi, T.C. Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Eskişehir, 35s.
- Baydemir, M.B.**, 2014, Yüksek Lisans Tezi, Lojistik Regresyon Analizi Üzerine Bir İnceleme, İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 71s.
- Bircan, H.**, 2004, Lojistik regresyon analizi: tıp verileri üzerine bir uygulama, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2004 / 2, 185-208 s.
- Bozkurt, B.**, 2011, Yüksek Lisans Tezi, Kredi ve Yurtlar Kurumunda Kalan Öğrencilerin Memnuniyet Derecelerinin Lojistik Regresyon Yöntemi İle Araştırılması: Edirne İli Örneği, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Edirne, 115s.
- Budak, İ., Şen, B. ve Yıldırım, M.Z.**, 2013, Lojistik Regresyon ile Bilgisayar Ağlarında Anomali Tespiti, <https://docplayer.biz.tr/2363583-Lojistik-regresyon-ile-bilgisayar-aglarinda-anomali-tespiti.html>, (Erişim tarihi: 23 Haziran 2019)
- Burmaoğlu, S.**, 2009, Doktora Tezi, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı Beşeri Kalkınma Endeksi Verilerini Kullanarak Diskriminant Analizi, Lojistik Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırma Başarılarının Değerlendirilmesi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 112s.
- Cankurt, M., Miran, B. ve Şahin. A.**, 2010, Sığır eti tercihlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi üzerine bir araştırma: İzmir ili örneği, *Hayvansal Üretim* 51(2), 16-22 s.
- Canpolat, İ. ve Bulut, S.**, 2003, Elazığ ve çevresinde sığırlarda görülen ayak hastalıklarının insidansı üzerine gözlemler. *FÜ Sağ Bil Derg*, 17(3), 155-160 s

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chen, C.K. and Hughes J.**, 2004, Using ordinal regression model to analyze student satisfaction questionnaires Volume 1, May 26, Association for Institutional Research Enhancing knowledge, Expanding Networks, Professional Development, Informational Resources & Networking, 13p.
- Choquette-Levy, L., Baril, M., Levy, M. and St-Pierre, H.**, 1985, A Study of Foot Disease of Dairy Cattle in Quebec ,*Can Vet J*, 1985; 26, 278-281 pp.
- Cook, D., Dixon, P., Duckworth, W.M., Kaiser, M.S., Koehler K., Meeker, W.Q. and Stephenson, W.R.**, 2001, “Binary Response and Logistic Regression Analysis”, <http://pages.stat.wisc.edu/~mchung/teaching/MIA/reading/GLM.logistic.Rpackage.pdf>, 16p. (Erişim tarihi: 26 Haziran 2019)
- Cook, N.B.**, 2002, The influence of barn design on dairy cow hygiene, lameness and udder health , Proceedings of the 35th Annual Convention American Association of Bovine Practitioner, Sept. 26-28, Madison, Wisconsin, USA, 97-103 pp.
- Cook, N.B.**, 2003, “The Impact of Freestall Barn Design on Lameness and Mastitis in Wisconsin”, in Proceedings of Minnesota Veterinary Medical Association, Minneapolis, February 7-8, 2003, https://www.vetmed.wisc.edu/dms/fapm/publicats/proceeds/Freestalls_and_health.pdf, (Erişim tarihi: 23 Haziran 2019)
- Cook N.B.**, 2006, “Trigger factors for lameness and the dual role of cow comfort in herd lameness dynamics”, Proceedings of the 4-State Dairy Nutrition & Management Conference, June 14-15, Dubuque, Iowa, <https://www.vetmed.wisc.edu/dms/fapm/publicats/proceeds/lamenesstriggerfactors4state.pdf>, (Erişim tarihi: 23 Haziran 2019)
- Çeçen, G. ve Görgül, O.S.**, 2007, Bursa yöresindeki bir işletmede, sağmal süt sığırları sürüsünde karşılaşılan topallıkların değerlendirilmesi, *Veteriner Cerrahi Dergisi*, 13 (1), 5-10 s

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Çeçen, G.**, 2013, “Sığırcılık İşletmelerinde Topallıkların ve Ayak Sağlığının Önemi”, <http://hayvancilikakademisi.com/egitim/yazarlar-egitim/sigircilik-isletmelerinde-topalliklarin-ve-ayak-sagliginin-onemi/>, (Erişim tarihi: 27 Haziran 2015)
- Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G. ve Büyüköztürk, Ş.**, 2010, Sosyal Bilimler İçin Çok Değişkenli İstatistik, SPSS ve LISREL Uygulamaları, Pegem Akademi, Ankara, 407s.
- Çolak, E.**, 2002, Yüksek Lisans Tezi, Koşullu ve Sınırlandırılmış Lojistik Regresyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Uygulama, Osmangazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 55s.
- Dağhoğlu. H.**, 2014, Doktora Tezi, Kısıtlandırılmamış Kısmi Oransal Odds Modelinin Doğru Sınıflandırma Performansı Üzerine Bir Çalışma, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 111s.
- De Alwis, A.E.N., Edirisinghe, J.C. and Athauda, A.M.T.P.** 2009, Analysis of factors affecting fresh milk consumption among the mid-country consumers, Tropical Agricultural Research and Extension, 12(2), 103-109 pp.
- Demirci, B.**, 2005, Yüksek Lisans Tezi, Serbest Duraklı Ahırlarda Sağmal İnekler İçin Kullanılan Çeşitli Yatma Yeri Materyalinin Karşılaştırılması, Fen Bilimleri Enstitüsü, 79s
- Dippel, S., Dolezal, M., Brenninkmeyer, C., Brinkmann, J., March, S., Knierim, U. and Winckler C.**, 2009, Risk factors for lameness in freestall-housed dairy cows across two breeds, farming systems, and countries, *J. Dairy Sci.* 92, 5476–5486 pp.
- Edmonson, A.J., Lean, I.J., Weaver, Farver, T. and Webster, G.**, 1989, A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows, *J Dairy Sci* 72, 68-78 pp.
- Emeç, H.**, 2002, Ege bölgesi tüketim harcamaları için sıralı logit tahminleri ve senaryo sonuçları, Dokuz Eylül Üniversitesi *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt 4, Sayı:2, 16s

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Espejo L.A., Endres M.I. and Salfer J.A.,** 2006, Prevalence of lameness in high-producing holstein cows housed in freestall barns in Minnesota, *J Dairy Sci.* 2006, Aug;89(8), 3052-3058 pp.
- Espejo, L.A. and Endres, M.I.,** 2007, Herd-Level Risk Factors for Lameness in High-Producing HolsteinCows Housed in Freestall Barns, American Dairy Science Association, 2007, *J. Dairy Sci.* 90, 306–314 pp.
- Foditsch, C., Oikonomou, G., Machado, V.S., Bicalho, M. L., Ganda,, E.K., Lima, S.F., Ribeiro, B.L., Kussler, A. and Bicalho, R.C.,** 2016, Lameness prevalence and risk factors in large dairy farms in upstate New York. Model development for the prediction of claw horn disruption lesions, PLOS ONE | DOI:10.1371/journal.pone.0146718 January 21, 2016, 1-15 pp.
- Gascoigne, E., Williams, D.L. and Reyher, K.K.,** 2017, Survey of prevalence and investigation of predictors and staining patterns of the split upper eyelid defect in Hebridean sheep, *Veterinary Record*, 181(7), 1-8 pp.
- Goodman, L.,** 1985,. The analysis of cross-classified data having ordered and/or unordered categories: association models, correlation models and asymmetry models for contingency tables with or without missing entries, The 1983 Henry L. Rietz memorial lecture, *Annual Statistics*; 13: 10-69 pp.
- Görgül, O.S. Kahraman, M.M., Çeçen, G., Akkoç, A., Gül., N.Y. ve Sevimli, A.,** 2002, Sığırlarda Digital ve İnterdigital Dermatitis’lerde klinik tanı, sağaltım ve histopatolojik bulgular, *Uludag Univ. J. Fac. Vet. Med.* 21 (2002) 115-124 s.
- Görgülü, M.,** 2019, “Sağmal İneklerin Beslenmesi”, “<http://muratgorgulu.com.tr/altekras.asp?id=41>”, (Erişim tarihi: 28 Ocak 2019)
- Green, L.E., Hedges, V.J., Schukken, Y.H., Blowey, R.W. and Packington, A.J.,** 2002, The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows, *J. Dairy Sci.* 85, 2250–2256 pp.
- Gujarati, D.N.,** 2003, Basic Econometrics, United States Military Academy, West Point, 1002p

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Güriş, S. ve Astar, M.,** 2019, Bilimsel Araştırmalarda SPSS ile İstatistik, Der Yayınları, 512s
- Hair (Jr.), J.F., Black, W.C., Babin, B.J. and Anderson, R.E.,** 2014, Multivariate Data Analysis, Pearson Education Limited, Seventh Edition, 729p.
- Herlin, A.H.,** 1997, Comparison of lying area surfaces for dairy cows by preference, hygiene and lying down behaviour, *Swedish, J. agric. Res.* 27, 189-196 pp.
- Hosmer, D.W. and Lemeshow, S.,** 2000, Applied Logistic Regression, John Wiley & Sons, Newyork-USA, Second Edition, 369p
- İkiz, F., Püskülcü, H. ve Eren, Ş.,** 2006, İstatistiğe Giriş, İzmir, (Bilgisayarlı Örneklerle Genişletilmiş 7. Baskı), 548s.
- İstek, Ö. ve Durgun, T.,** 2004, Muş ve yöresindeki sığırlarda görülen ayak hastalıklarının prevalansı üzerine araştırmalar, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 39-47 s.
- İzci, C., Erol, M. ve Gökşahin, E.,** 2018, Boynuz ve canlı tırnak lezyonu (BCTL) bulunan süt sığırlarında ökçe yastığının ultrasonografik olarak değerlendirilmesi, *Eurasian J Vet Sci*, 2018, 34, 2, 109-116 s.
- Kalaycı, Ş.,** 2008, SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Asil Yayın Dağıtım LTD. ŞTİ., Üçüncü baskı, Ankara, 426s
- Karaca, A.G. ve Olmuş, H.,** 2018, Sıfır değer ağırlıklı verilerin analizinde sıfır değer ağırlıklı regresyon modellerin incelenmesi, *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Aralık 2018, Cilt 20, Sayı 2, 105-118 s.
- Kartalkanat, A.,** 2006, Yüksek Lisans Tezi, Ziraat ile ilgili Çalışmalarda Elde Edilen Kategorik Verilere İki Seviyeli Lojistik Regresyon Analizinin Uygulanması , Yüzüncü yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 36s.
- Kaşko, Y.,** 2007, Yüksek Lisans Tezi, Çoklu Bağlantı Durumunda İkili (Binary) Lojistik Regresyon Modelinde Gerçekleşen I. Tip Hata ve Testin Gücü, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 48s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kıran, Z.B.**, 2010, Yüksek Lisans Tezi, Lojistik Regresyon ve Cart Analizi Teknikleriyle Sosyal Güvenlik Kurumu İlaç Provizyon Sistemi Verileri Üzerinde Bir Uygulama, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 83s.
- Kızılgöl, Ö.A.**, 2012, Kişisel kazançların belirleyicileri: *Türkiye örneği*, *İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Y.2012, C.17, S.3, 373-384 s.
- Kocak, O. and Ekiz, B.**, 2006, The effect of lameness on milk yield in dairy cows, *ACTA VET. BRNO* 2006, 75, 79–84 pp.
- Korkmaz, H. ve Aslan, L.**, 2008, Van ve yöresinde sığır ve koyunlarda görülen cerrahi hastalıkların değerlendirilmesi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2008 (2) 37-42 s.
- Kumari, V., Agrawal, R. and Kumar, A.**, 2016, Use of ordinal logistic regression in crop yield forecasting , *Indian Agricultural Statistics Research Institute, Library Avenue, Pusa, New Delhi – 110 012, India, Mausam*, 67, 4 (October 2016), 913-918 pp.
- Lall, R.**, 2010, Doctor Degree, The Application of Ordinal Regression Models in Quality of Life Scales used in Gerontology, University of Sheffield Department of General Practice and Primary Care, 243p.
- Lim, P.Y., Huxley, J.N., Willshire, J.A., Green, M.J., Othman, A.R. and Kaler, J.**, 2015, Unravelling the temporal association between lameness and body condition score in dairy cattle using a multistate modelling approach, *Prev Vet Med.* 2015 Mar 1;118(4), 370-377 pp.
- Lischer, CH.J., Ossent, P., Raber, M. and Geyer, H.**, 2002, Suspensory structures and supporting tissues of the third phalanx of cows and their relevance to the development of typical sole ulcers (Rusterhoz ulcers), *Veterinary Record* (2002) 151; 694-698 pp.
- Long, J.S.**, 1997, Regression models for categorical and limited dependent variables, *Advanced quantitative techniques in the social sciences series*, Vol. 7. Thousand Oaks, Sage Publications, Inc., 297p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- McCullagh, P.**, 1980, Regression models for ordinal data, *Journals of the Royal Statistical Society, Series B (Methodological)*, Volume 42, Issue 2, 109-142 pp.
- McCullagh, P. and Nelder, J.A.**, 1989, Generalized Linear Models. 2nd Edition, Chapman and Hall, London, 506p.
- MEB**, 2013, “Hayvan Yetiştiriciliği, Ayak Hastalıkları”, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Hayvanlar%C4%B1%20Zapturapt%20Alt%C4%B1na%20Alma.pdf, (Erişim tarihi: 28 Ocak 2014)
- Mete, S.**, 2009, Doktora Tezi, Kategorik Veri Analizi Yöntemleri ve Uygulamalar, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 153s.
- Nielsen, B.H., Thomsen, P.T. and Sørensen, J.T.**, 2011, Identifying risk factors for poor hind limb cleanliness in Danish loose-housed dairy cows, *Animal* (2011), 5:10, 1613–1619 pp.
- Nizam, D.K.**, 2007, Doktora Tezi, Türkiye’de Yataklı Tedavi Kurumları Kapasite Kullanımlarının Sıralı Lojistik Regresyon Analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 118s.
- Nizam, D.K. ve Akdeniz H.A.**, 2007, Türkiye’de yataklı tedavi kurumları kapasite kullanımlarının sıralı lojistik regresyon analizi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt 9, Sayı: 4, 14s.
- Norberg, P.**, 2012, “Effects Of Rubber Alley Flooring On Cow Locomotion and Welfare”, Department Of Animal Nutrition And Management Swedish University Of Agricultural Sciences, Degree project 380 30 credit A2E-level Uppsala 2012, 53s, https://stud.epsilon.slu.se/5020/11/norberg_p_130305.pdf, (Erişim tarihi: 23 Haziran 2019)
- Noruşis, M.J.**, 2019, IBM, “Ordinal Regrssion”, http://www.norusis.com/pdf/ASPC_v13.pdf, (Erişim tarihi: 26.Haziran 2019)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Oğuzlar, A.**, 2005, Lojistik regresyon analizi yardımıyla suçlu profilinin belirlenmesi, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 19, Nisan 2005 Sayı: 1, 21-35 s.
- O'Hara, L.A., Båge, R. and Holtenius, K.**, 2016, The impact of body condition after calving on metabolism and milk progesterone profiles in two breeds of dairy cows, *Acta Vet Scand* 2016, 58(Suppl 1):68, 92-94 pp.
- Oktay, G.M.**, 2012, Yüksek Lisans Tezi, Log-Lineer Modeller İle Lojistik Regresyonun Karşılaştırması, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 131s.
- Orjales, I., Mezo, M., Miranda, M., González-Warleta, M., Rey-Crespo, F., Vaarst, M., Thamsborg, S., Diéguez, F.J., Castro-Hermida, J.A. and López-Alonso, M.**, 2017, Helminth infections on organic dairy farms in Spain, *Veterinary Parasitology* 243 (2017), 115–118 pp.
- Osterstock, J., MacDonald, J., Boggess, M. and Brown, M.**, 2010, Technical note: Analysis of ordinal outcomes from carcass data in beef cattle research. *J Anim Sci.*, 2010; 88(10), 3384-3389 pp.
- Önder, H. ve Cebeci, Z.**, 2001, Lojistik regresyonlarda değişken seçimi, *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (2), 105-114 s.
- Özkan, M. ve Çamdeviren, H.**, 2000, Lojistik regresyon analizi ve genetik çalışmalara ait bir uygulama, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 2000, 6 (3), 42-48 s.
- Özsoy, S. ve Yücel, R.**, 1991, İstanbul ve yöresindeki kültür ırkı sığırlarda ayak hastalıklarının etiyoloji, patogenezis ve sağaltımları üzerine karşılaştırmalı araştırmalar, *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17 (1), 93-108 s.
- Randall, L.V., Green, M.J., Chagunda, M.G., Mason, C., Archer, S.C., Green, L.E. and Huxley, J.E.**, 2015, Low body condition predisposes cattle to lameness: An 8-year study of one dairy herd, *J Dairy Sci.*, 2015 Jun;98(6), 3766-3777 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sağlıyan, A.**, 2000, Doktora Tezi, Tunceli ve Yöresindeki Sığırlarda Karşılaşılan Ayak Hastalıklarının İnsidans Ve Tedavileri Üzerine Gözlemler, Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 93s.
- Sağlıyan, A. ve Ünsaldı, E.**, 2002: Tunceli ve yöresindeki sığırlarda karşılaşılan ayak hastalıklarının insidansı üzerine gözlemler. *FÜ Sağ Bil Derg*, 16(1), 47-56 s.
- Salmanoglu, R. ve Salmanoglu, B.**, 1998, Puerperal hipokalsemili ineklerde kan kalsiyum düzeyleri ve klinik gözlemler, *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 45: 151-157 s.
- Serin, T.**, 2010, Doktora Tezi, Doğrusal Olmayan Regresyon Modellerinde Parametre Tahmin Yöntemleri, Öneriler ve Karşılaştırmaları, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 138s.
- Shearer, J.K.**, 2010, Nutritional and animal welfare implications to lameness, Proceedings of the 19th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference, Grand Wayne Center, Fort Wayne, Indiana, USA, 20-21 April, 2010, 57-67 pp.
- Singh, A., Singh, S., Gupta, D.K., Bansal, B.K.**, 2018, Relationship of lameness to body condition score, udder health and milk quality in crossbred dairy cattle, *Veterinarski Arhiv* 88 (2), 179-190 pp.
- Sogstad, Å.M., Fjeldaas, T. and Østerås, O.**, 2005, Lameness and claw lesions of the Norwegian red dairy cattle housed in free stalls in relation to environment, parity and stage of lactation, *Acta vet. scand.* vol. 46 no. 4, 203-207 pp.
- Solano L**, 2013, Decreasing lameness and increasing cow comfort on Alberta dairy farms, *Advances in Dairy Technology*, 25, 297-306 pp.
- Sprecher, D.J., Hostetler, D.E. and Kaneene, J.B.**, 1997, A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance, *Theriogenology*, 47: 1179-1187 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Stallings, C.C.**, 2019, “Laktasyondaki Süt ineklerinde Beslemenin Metabolik Hastalıklar Üzerindeki Etkisi”, (Tercüme: Nadir Fayazoff), Virginia Tech. Üniversitesi Blacksburg, Virginia USA, 4s, <https://www.fiberfen.com/dosyalar/teknikbilgi/RuminantlardaBeslemeVeMetabolikHastaliklar.pdf>, (Erişim tarihi: 23 Haziran 2019)
- Sümbüloğlu, K.**, 2013, “Lojistik Regresyon Analizi”, http://78.189.53.61/-/bs/ess/k_sumbuloglu.pdf, (Erişim tarihi: 13 Mart 2013)
- Şerbetçi, A.**, 2012, Yüksek Lisans Tezi, Sıralı Lojistik Regresyon Analizi İle İstatistik ve Ekonometri Derslerinde Başarıyı Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi: Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Öğrencileri Üzerine Bir Uygulama, T.C. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 64s.
- Şerbetçi, A. ve Özçomak, M.S.**, 2013, Sıralı lojistik regresyon analizi ile istatistik ve ekonometri derslerinde başarıyı etkileyen faktörlerin belirlenmesi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1, 2146-5908, 89-109 s.
- Şıklar, E.**, 2000, Regresyon Analizine Giriş, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları No:1255 Eskişehir, 133s.
- Tatlıdil, H.**, 1996, Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz, Hacettepe Üniversitesi, Ankara. 292-293 s.
- Tümer, S.**, 2003, Sığırlarda Tırnak Sorunları, ETAE Matbaası, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/etae/Belgeler/EgitimBrosur/101-ciftcibro.pdf>, (Erişim tarihi: 27 Haziran 2019)
- Tüzel, S.**, 2011, Yüksek Lisans Tezi, Hasar Sıklıkları İçin Sıfır Yığılmalı Kesikli Modeller, Hacettepe Üniversitesi, 67s
- Üçdoğruk, Ş., Akın, F. ve Emeç, H.**, 2001, “Hanehalkı Harcamalarının Olasılıklarını Sıralı Regresyon Modeli İle Tahmin Etme”, V. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, Adana, 16s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ürük, E.**, 2007, Yüksek Lisans Tezi, İstatistiksel Uygulamalarda Lojistik Regresyon Analizi, T.C. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 84s.
- Vanegas, J., Overton, M., Berry, S.L. and Sischo, W.M.**, 2006, Effect of rubber flooring on claw health in lactating dairy cows housed in free-stall barns, American Dairy Science Association, 2006, *J. Dairy Sci.* 89, 4251–4258 pp.
- Verbeke, W., Spranghers, T., De Clercq, P., De Smet, S., Sas, B. and Eeckhout, M.**, 2015, Insects in animal feed: Acceptance and its determinants among farmers, agriculture sector stakeholders and citizens, *Animal Feed Science and Technology* 204 (2015), 72–87 pp.
- Walker, S.H. and Duncan, D.B.**, 1967, Printed in Great Britain Estimation of the probability of an event as a function of several independent variables, *Biometrika* (1967), 54, 1 and 2, Great Britain, 167p.
- Warnick, L.D., Janssen, C., Guard, L. and Gröhn, Y.T.**, 2001, The effect of lameness on milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84, 2001, 1988-1997 pp.
- Yalçın, C.**, 2008, Süt sığırcılık işletmelerinde ekonomik açıdan sürü sağlığı ve hastalık yönetimi, *Aktüel*, Cilt: 79 Sayı: 1, 24-30 s.
- Yalçın, C., Sarıözkan, S., Yıldız A.Ş. ve Günlü A.**, 2010, Burdur, Kırklareli ve Konya il’lerindeki süt sığırcılığı işletmelerinde ayak hastalıklarından kaynaklanan finansal kayıplar, *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 57, 99-104 s.
- Yarbaşı, İ.Y.**, 2015, Yüksek Lisans Tezi, Genelleştirilmiş Lineer Modeller: Akademik Danışmanlık Hizmetlerinden Memnuniyet Üzerine Bir Uygulama, T.C. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 101s.
- Yavru, N., Koç, Y., Elma, E., Erer, H., Özkan, K., İzci, C. ve Kaya, Z.**, 1992, Konya bölgesindeki sığır topallıklarına neden olan ayak hastalıkları üzerinde radyolojik ve histopatolojik incelemeler, *S.Ü. Vet. Fak. Derg.* (1992) 8,1, 3-8 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yay, M. and Akıncı, E.D.**, 2009, Application of ordinal logistic regression and artificial neural networks in a study of student satisfaction, *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 4 (2009), 58–69pp.
- Yaylak, E.**, 2008, Süt Sığırlarında Topallık ve Topallığın Bazı Özelliklere Etkisi, *Hayvansal Üretim* 49(1), 47-56 s.
- Yaylak, E., Akbaş, Y., Kaya, İ. and Uzmay, C.**, 2010, The effects of several cow and herd level factors on lameness in Holstein cows reared in İzmir province of Turkey, *Medwell Journalls, Journals of Animal and Veterinary Advances* 9 (21), 2714-2721 pp.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince, bana her konuda yardımcı ve destek olan, gece gündüz demeden her görüşmemde sorularımı cevaplandıran, kendi yoğun ve stresli zamanlarında bile gerek internet üzerinden gerekse yüz yüze her şekilde bana yardımcı olmaya çalışan danışman hocam, sayın Prof. Dr. Çiğdem Takma'ya destek ve katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca her danıştığım da bana zaman ayıran ve her şekilde yardımcı olmaya çalışan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Hülya Atıl'a içtenlikle teşekkür ederim.

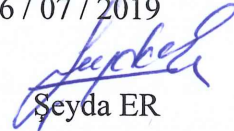
Çalışmamda, kendi çalışmalarına ait olan verileri kullanma olanağı tanıdığı için sayın hocam Doç. Dr. Erdal Yaylak'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca arayıp danıştığım da kısa sürede bana dönüş yapan sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Sevgi Abdalla'a ve Doç. Dr. Muazzez Acar'a, çalışma ve yorumlarım konusunda benden desteğini esirgemeyen değerli hocalarım Arş. Gör. Tarık Ayyılmaz ve Dr. Funda E. Ataç'a çok teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca beni her türlü desteklemeye çalışan arkadaşım Elnaz Najafi Majd'a, Zeynep İpek Oruç'a, Didem Kayacık'a ve bana yardımcı olmaya çalışan Özgür Karakaş Polat, Murat Şahan, Cemile Sümer, Ali Korkmaz ve Erhan Erzik başta olmak üzere iş arkadaşlarıma desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Özellikle de çalışmalarım ve hayatım boyunca hep yanımda olan, asla desteklerini esirgemeyen, en kıymetli dayanağım olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

16 / 07 / 2019


Seyda ER

ÖZGEÇMİŞ

1986 Kütahya/Tavşanlı doğumlu olan Şeyda Er, ilk, orta ve lise öğrenimini Kütahya’da tamamladıktan sonra 2010 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ziraat Mühendisliği bölümü Zootečni alt programından mezun olmuştur. 2011 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootečni Anabilim Dalı, Biyometri Genetik Bilim Dalı’nda yüksek lisansa başlamıştır. 2012 yılından beri ÖSYM İzmir İl Sınav Koordinatörlüğün’de çalışmaktadır.



EKLER

EK 1: Spearman Rho Analizi Sonuçları

EK 2: Logit Fonksiyonun Hesaplanmasında Kullanılan Matrisler ve Formüller



EK 1: Spearman Rho Analizi Sonuçları

		Laktasyon sırası	Sağılan gün sayısı	Vücut kondisyon puanı	Alt Bacak Hijyen Puanı	Sürü Büyüklüğü	Bakım Yapan	Eğitim Durumu	Deneyim	örtü	inek basına alan	inek basına topran alan	inek basına beton alan	temizlik sıklığı	yoğun/toplam yem	kaba kesif yem	Grup yemleme	Doğum öncesi yem	Yem danışmanı	Süt yemi enerjisi	Ayak banyosu	Tırnak kesimi
Laktasyon sırası	Korelasyon katsayısı	1	-0.06	0.021	-0.034	.044*	.095**	-0.04	0.001	-.085**	-0.037	-0.017	0.002	0.044	-.108**	-0.027	0.018	-0.041	0	-0.044	-0.046	0.007
Sağılan gün sayısı	Korelasyon katsayısı	-0.06	1	.193**	-0.052	0.01	0.049	-0.048	0.022	0.014	-.073*	-0.039	0.014	0.058	-0.01	0.036	-0.06	-.082**	-.072*	0.036	-0.005	0.041
Vücut kondisyon puanı	Korelasyon katsayısı	0.021	.193**	1	-0.036	0.002	0.032	-.106**	0.06	0.034	0.032	0.01	.072*	-0.038	0.011	0.043	0.005	-.133**	-.080**	-.096**	-.065*	0.034
Alt Bacak Hijyen Puanı	Korelasyon katsayısı	-0.034	-0.052	-0.036	1	-.478**	-.119**	.279**	-.253**	0.021	-.262**	-.233**	0.044	-.084**	.261**	.079*	0.029	.105**	-.098**	-0.037	.098**	-.120**
Sürü																						
Büyüklüğü	Korelasyon katsayısı	.044*	0.01	0.002	-.478**	1	.284**	-.342**	.483***	-.267**	.369**	.428**	-.032**	.284**	-.566**	-.153**	-.148**	-.135**	.133**	-0.027	-.297**	.004**
Bakım																						
Yapan	Korelasyon katsayısı	.095**	0.049	0.032	-.119**	.284**	1	-.637**	0.027	0.007	-.157**	0.015	-.091**	.072*	-.471**	.171**	.248**	-.065*	-0.054	0.013	0.041	.180**
Eğitim Durumu	Korelasyon katsayısı	-0.04	-0.048	-.106**	.279**	-.342**	-.637**	1	-0.047	-.145**	.081**	0.038	.327**	0.042	.306**	-.211**	-.094**	.271**	.117**	0.05	.267**	-.259**
Deneyim	Korelasyon katsayısı	0.001	0.022	0.06	-.253**	.483***	0.027	-0.047	1	-.485**	.476**	.378**	.216**	.455**	-.176**	-.167**	-.525**	-.385**	-.276**	-.318**	-.122**	0.042
Örtü	Korelasyon katsayısı	-.085**	0.014	0.034	0.021	-.267**	0.007	-.145**	-.485**	1	-.233**	-.168**	-.271**	-.414**	.258**	.109**	.410**	.342**	.192**	.310**	.155**	-0.015
İnek başına alan	Korelasyon katsayısı	-0.037	-.073*	0.032	-.262**	.369**	-.157**	.081**	.476**	-.233**	1	.710**	.164**	0.055	-.110**	-.231**	-.145**	-0.005	-.061*	-0.026	-0.022	.213**
İnek başına toprak alan	Korelasyon katsayısı	-0.017	-0.039	0.01	-.233**	.428**	0.015	0.038	.378**	-.168**	.710**	1	-.208**	.068*	-.198**	-.200**	0.006	-0.005	0.028	.187**	-0.033	.085**
İnek başına beton alan	Korelasyon katsayısı	0.002	0.014	.072*	0.044	-.032**	-.091**	.327**	.216**	-.271**	.164**	-.208**	1	.218**	-.160**	-.261**	-.245**	-0.018	-.083**	-.414**	.065*	-.080**
Temizlik sıklığı	Korelasyon katsayısı	0.044	0.058	-0.038	-.084**	.284**	.072*	0.042	.455**	-.414**	0.055	.068*	.218**	1	-.246**	-.168**	-.180**	-0.04	0.014	-.211**	-.083**	-0.051
Yoğun/toplam yem	Korelasyon katsayısı	-.108**	-0.01	0.011	.261**	-.566**	-.471**	.306**	-.176**	.258**	-.110**	-.198**	-.160**	-.246**	1	.182**	0.051	.186**	-.167**	0.048	.226**	-.105**
Kaba kesif yem	Korelasyon katsayısı	-0.027	0.036	0.043	.079*	-.153**	.171**	-.211**	-.167**	.109**	-.231**	-.200**	-.261**	-.168**	.182**	1	.075*	-0.03	-.110**	.089**	.164**	-.082**
Grup yemleme	Korelasyon katsayısı	0.018	-0.06	0.005	0.029	-.148**	.248**	-.094**	-.525**	.410**	-.145**	0.006	-.245**	-.180**	0.051	.075*	1	.231**	.149**	.320**	.375**	-0.017
Doğum öncesi yem	Korelasyon katsayısı	-0.041	-.082**	-.133**	.105**	-.135**	-.065*	.271**	-.385**	.342**	-0.005	-0.005	-0.018	-0.04	.186**	-0.03	.231**	1	.429**	0.026	.176**	-.212**
Yem danışmanı	Korelasyon katsayısı	0	-.072*	-.080**	-.098**	.133**	-0.054	.117**	-.276**	.192**	-.061*	0.028	-.083**	0.014	-.167**	-.110**	.149**	.429**	1	.064*	0.028	.121**
Süt yemi enerjisi	Korelasyon katsayısı	-0.044	0.036	-.096**	-0.037	-0.027	0.013	0.05	-.318**	.310**	-0.026	.187**	-.414**	-.211**	0.048	.089**	.320**	0.026	.064*	1	.317**	.153**
Ayak banyosu	Korelasyon katsayısı	-0.046	-0.005	-.065*	.098**	-.297**	0.041	.267**	-.122**	.155**	-0.022	-0.033	.065*	-.083**	.226**	.164**	.375**	.176**	0.028	.317**	1	-.141**
Tırnak kesimi	Korelasyon katsayısı	0.007	0.041	0.034	-.120**	.004**	.180**	-.259**	0.042	-0.015	.213**	.085**	-.080**	-0.051	-.105**	-.082**	-0.017	-.212**	.121**	.153**	-.141**	1

EK 2: Logit Fonksiyonun Hesaplanmasında Kullanılan Matrisler ve Formüller

Laktasyon Sırası	Vücut Kondisyon Puanı	İnek Başına Toprak Alan	$\beta_{1,i}x_{1,i}$	+	$\beta_{2,j}x_{2,j}$	+	$\beta_{3,k}x_{3,k}$	Laktasyon Sırası ($\exp\beta x_1$)	Vücut Kondisyon Puanı ($\exp\beta x_2$)	İnek Başına Toprak Alan ($\exp\beta x_3$)	Toplam (LS+VKP+TA) $\Sigma\beta_{1i}x_{1i} + \beta_{2j}x_{2j} + \beta_{3k}x_{3k}$
6	1	1	$\beta_{1,6}x_{1,6}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	3.9472	1.8571	2.7899	8.5942
5	1	1	$\beta_{1,5}x_{1,5}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	3.394	1.8571	2.7899	8.041
4	1	1	$\beta_{1,4}x_{1,4}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	2.7401	1.8571	2.7899	7.3871
3	1	1	$\beta_{1,3}x_{1,3}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	1.8497	1.8571	2.7899	6.4967
2	1	1	$\beta_{1,2}x_{1,2}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	1.7932	1.8571	2.7899	6.4402
Referans	1	1	0	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	0	1.8571	2.7899	4.647
6	1	2	$\beta_{1,6}x_{1,6}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	3.9472	1.8571	2.4351	8.2394
5	1	2	$\beta_{1,5}x_{1,5}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	3.394	1.8571	2.4351	7.6862
4	1	2	$\beta_{1,4}x_{1,4}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	2.7401	1.8571	2.4351	7.0323
3	1	2	$\beta_{1,3}x_{1,3}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	1.8497	1.8571	2.4351	6.1419
2	1	2	$\beta_{1,2}x_{1,2}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	1.7932	1.8571	2.4351	6.0854
Referans	1	2	0	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	0	1.8571	2.4351	4.2922
6	1	3	$\beta_{1,6}x_{1,6}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	3.9472	1.8571	1.813	7.6173
5	1	3	$\beta_{1,5}x_{1,5}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	3.394	1.8571	1.813	7.0641
4	1	3	$\beta_{1,4}x_{1,4}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	2.7401	1.8571	1.813	6.4102
3	1	3	$\beta_{1,3}x_{1,3}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	1.8497	1.8571	1.813	5.5198
2	1	3	$\beta_{1,2}x_{1,2}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	1.7932	1.8571	1.813	5.4633
Referans	1	3	0	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	0	1.8571	1.813	3.6701
6	1	4	$\beta_{1,6}x_{1,6}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	3.9472	1.8571	1.13	6.9343
5	1	4	$\beta_{1,5}x_{1,5}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	3.394	1.8571	1.13	6.3811
4	1	4	$\beta_{1,4}x_{1,4}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	2.7401	1.8571	1.13	5.7272
3	1	4	$\beta_{1,3}x_{1,3}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	1.8497	1.8571	1.13	4.8368
2	1	4	$\beta_{1,2}x_{1,2}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	1.7932	1.8571	1.13	4.7803
Referans	1	4	0	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	0	1.8571	1.13	2.9871
6	1	Referans	$\beta_{1,6}x_{1,6}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	0	3.9472	1.8571	0	5.8043
5	1	Referans	$\beta_{1,5}x_{1,5}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	0	3.394	1.8571	0	5.2511
4	1	Referans	$\beta_{1,4}x_{1,4}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	0	2.7401	1.8571	0	4.5972
3	1	Referans	$\beta_{1,3}x_{1,3}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	0	1.8497	1.8571	0	3.7068
2	1	Referans	$\beta_{1,2}x_{1,2}$	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	0	1.7932	1.8571	0	3.6503
Referans	1	Referans	0	+	$\beta_{2,1}x_{2,1}$	+	0	0	1.8571	0	1.8571
6	2	1	$\beta_{1,6}x_{1,6}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	3.9472	1.3338	2.7899	8.0709
5	2	1	$\beta_{1,5}x_{1,5}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	3.394	1.3338	2.7899	7.5177
4	2	1	$\beta_{1,4}x_{1,4}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	2.7401	1.3338	2.7899	6.8638
3	2	1	$\beta_{1,3}x_{1,3}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	1.8497	1.3338	2.7899	5.9734
2	2	1	$\beta_{1,2}x_{1,2}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	1.7932	1.3338	2.7899	5.9169
Referans	2	1	0	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	0	1.3338	2.7899	4.1237
6	2	2	$\beta_{1,6}x_{1,6}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	3.9472	1.3338	2.4351	7.7161
5	2	2	$\beta_{1,5}x_{1,5}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	3.394	1.3338	2.4351	7.1629
4	2	2	$\beta_{1,4}x_{1,4}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	2.7401	1.3338	2.4351	6.509
3	2	2	$\beta_{1,3}x_{1,3}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	1.8497	1.3338	2.4351	5.6186
2	2	2	$\beta_{1,2}x_{1,2}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	1.7932	1.3338	2.4351	5.5621
Referans	2	2	0	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	0	1.3338	2.4351	3.7689
6	2	3	$\beta_{1,6}x_{1,6}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	3.9472	1.3338	1.813	7.094
5	2	3	$\beta_{1,5}x_{1,5}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	3.394	1.3338	1.813	6.5408
4	2	3	$\beta_{1,4}x_{1,4}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	2.7401	1.3338	1.813	5.8869
3	2	3	$\beta_{1,3}x_{1,3}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	1.8497	1.3338	1.813	4.9965
2	2	3	$\beta_{1,2}x_{1,2}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	1.7932	1.3338	1.813	4.94
Referans	2	3	0	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	0	1.3338	1.813	3.1468
6	2	4	$\beta_{1,6}x_{1,6}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	3.9472	1.3338	1.13	6.411

5	2	4	$\beta_{1,5}x_{1,5}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	3.394	1.3338	1.13	5.8578
4	2	4	$\beta_{1,4}x_{1,4}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	2.7401	1.3338	1.13	5.2039
3	2	4	$\beta_{1,3}x_{1,3}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	1.8497	1.3338	1.13	4.3135
2	2	4	$\beta_{1,2}x_{1,2}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	1.7932	1.3338	1.13	4.257
Referans	2	4	0	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	0	1.3338	1.13	2.4638
6	2	Referans	$\beta_{1,6}x_{1,6}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	0	3.9472	1.3338	0	5.281
5	2	Referans	$\beta_{1,5}x_{1,5}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	0	3.394	1.3338	0	4.7278
4	2	Referans	$\beta_{1,4}x_{1,4}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	0	2.7401	1.3338	0	4.0739
3	2	Referans	$\beta_{1,3}x_{1,3}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	0	1.8497	1.3338	0	3.1835
2	2	Referans	$\beta_{1,2}x_{1,2}$	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	0	1.7932	1.3338	0	3.127
Referans	2	Referans	0	+	$\beta_{2,2}x_{2,2}$	+	0	0	1.3338	0	1.3338
6	Referans	1	$\beta_{1,6}x_{1,6}$	+	0	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	3.9472	0	2.7899	6.7371
5	Referans	1	$\beta_{1,5}x_{1,5}$	+	0	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	3.394	0	2.7899	6.1839
4	Referans	1	$\beta_{1,4}x_{1,4}$	+	0	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	2.7401	0	2.7899	5.53
3	Referans	1	$\beta_{1,3}x_{1,3}$	+	0	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	1.8497	0	2.7899	4.6396
2	Referans	1	$\beta_{1,2}x_{1,2}$	+	0	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	1.7932	0	2.7899	4.5831
Referans	Referans	1	0	+	0	+	$\beta_{3,1}x_{3,1}$	0	0	2.7899	2.7899
6	Referans	2	$\beta_{1,6}x_{1,6}$	+	0	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	3.9472	0	2.4351	6.3823
5	Referans	2	$\beta_{1,5}x_{1,5}$	+	0	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	3.394	0	2.4351	5.8291
4	Referans	2	$\beta_{1,4}x_{1,4}$	+	0	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	2.7401	0	2.4351	5.1752
3	Referans	2	$\beta_{1,3}x_{1,3}$	+	0	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	1.8497	0	2.4351	4.2848
2	Referans	2	$\beta_{1,2}x_{1,2}$	+	0	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	1.7932	0	2.4351	4.2283
Referans	Referans	2	0	+	0	+	$\beta_{3,2}x_{3,2}$	0	0	2.4351	2.4351
6	Referans	3	$\beta_{1,6}x_{1,6}$	+	0	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	3.9472	0	1.813	5.7602
5	Referans	3	$\beta_{1,5}x_{1,5}$	+	0	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	3.394	0	1.813	5.207
4	Referans	3	$\beta_{1,4}x_{1,4}$	+	0	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	2.7401	0	1.813	4.5531
3	Referans	3	$\beta_{1,3}x_{1,3}$	+	0	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	1.8497	0	1.813	3.6627
2	Referans	3	$\beta_{1,2}x_{1,2}$	+	0	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	1.7932	0	1.813	3.6062
Referans	Referans	3	0	+	0	+	$\beta_{3,3}x_{3,3}$	0	0	1.813	1.813
6	Referans	4	$\beta_{1,6}x_{1,6}$	+	0	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	3.9472	0	1.13	5.0772
5	Referans	4	$\beta_{1,5}x_{1,5}$	+	0	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	3.394	0	1.13	4.524
4	Referans	4	$\beta_{1,4}x_{1,4}$	+	0	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	2.7401	0	1.13	3.8701
3	Referans	4	$\beta_{1,3}x_{1,3}$	+	0	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	1.8497	0	1.13	2.9797
2	Referans	4	$\beta_{1,2}x_{1,2}$	+	0	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	1.7932	0	1.13	2.9232
Referans	Referans	4	0	+	0	+	$\beta_{3,4}x_{3,4}$	0	0	1.13	1.13
6	Referans	Referans	$\beta_{1,6}x_{1,6}$	+	0	+	0	3.9472	0	0	3.9472
5	Referans	Referans	$\beta_{1,5}x_{1,5}$	+	0	+	0	3.394	0	0	3.394
4	Referans	Referans	$\beta_{1,4}x_{1,4}$	+	0	+	0	2.7401	0	0	2.7401
3	Referans	Referans	$\beta_{1,3}x_{1,3}$	+	0	+	0	1.8497	0	0	1.8497
2	Referans	Referans	$\beta_{1,2}x_{1,2}$	+	0	+	0	1.7932	0	0	1.7932
Referans	Referans	Referans	0	+	0	+	0	0	0	0	0

$e^{\beta_{1i}x_{1i}+\beta_{2j}x_{2j}+\beta_{3k}x_{3k}+u_{ijk}}$		e^{a^1}		$e^{g_1(x)} = e^{0.928+\beta_{1i}x_{1i}+\beta_{2j}x_{2j}+\beta_{3k}x_{3k}+u_{ijk}}$
448.614	+	2.529	=	451.143
		e^{a^2}		$e^{g_2(x)} = e^{2.456+\beta_{1i}x_{1i}+\beta_{2j}x_{2j}+\beta_{3k}x_{3k}+u_{ijk}}$
448.614	+	11.658	=	460.272