T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

LOJİSTİK REGRESYONDA RICHARD LİNK FONKSİYONU KULLANIMI İLE DOĞRU SINIFLAMA ORANLARINDAKİ DEĞİŞİMİN İNCELENMESİ: KOAH'TA RİSK FAKTÖRLERİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Kürşad Nuri BAYDİLİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. AHMET DİRİCAN

Biyoistatistik Anabilim Dalı

Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişimi Programı

Eylül, 2022

Bu çalışma 22.09.2022 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoistatistik Anabilim Dalı, Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişimi Doktora Programı Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Prof. Dr. Ahmet DİRİCAN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Cerrahpaşa Tıp Fakültesi

Prof. Dr. Murat KİRİŞCİ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Cerrahpaşa Tıp Fakültesi

Prof. Dr. Mehmet GÜRCAN
Fırat Üniversitesi
Fen Fakültesi

Doç. Dr. Mustafa ÇÖRTÜK
Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Hamidiye Tıp Fakültesi

Dr.Öğr.Üyesi Ömer UYSAL
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Cerrahpaşa Tıp Fakültesi

İdeallerini çıkarları uğruna harcamayanlara…

BÜTÇE DESTEKLERİ

Lojistik Regresyonda Richard Link Fonksiyonu Kullanımı ile Doğru Sınıflama Oranlarındaki Değişimin İncelenmesi: KOAH'ta Risk Faktörlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma

Bu tez çalışması için herhangi bir kurumdan bütçe desteği alınmamıştır.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim sürecinde benden bilgilerini ve desteklerini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Ahmet DİRİCAN'a, görev yaptığım Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Tıp Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Erdoğan ÇETİNKAYA'ya, Hamidiye Tıp Fakültesi Dekan Yardımcıları Prof. Dr. Ebru KALE ve Doç. Dr. Güven BEKTEMÜR'e, Hamidiye Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Müdürü Doç. Dr. Şemsi Nur KARABELA'ya, tezin gerçek verilerinin toplanması için bilgilerini ve desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Mustafa ÇÖRTÜK'e, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı hocalarımıza ve çalışanlarına, kıymetli dostlarım Selman AKTAŞ'a, Furkan GEÇEN'e, Ercivan ÖZEN'e ve beni yetiştirerek bugünlere gelmem için ellerinden geleni yapan değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eylül 2022 Kürşad Nuri BAYDİLİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ KABUL VE ONAYI ..... **ii**
BEYAN ..... **iii**
BÜTÇE DESTEKLERİ ..... **v**
TEŞEKKÜR ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **ix**
TABLO LİSTESİ ..... **x**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xii**
ÖZET ..... **xiii**
ABSTRACT ..... **xv**
1. GİRİŞ **1**
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE **4**
2.1. Lojistik Regresyon 4
2.2. Lojistik Regresyon Modeli 5
2.3. Lojistik Regresyon Modelinin Uygulanması 6
2.3.1. Katsayıların Tahmini 6
2.3.2. Katsayıların Anlamlılığının Sınanması 6
2.4. Bağımsız Değişkenlerin Modele Dahil Edilmesi 8
2.4.1. Nitel Değişkenlerin Modele Dahil Edilmesi 8
2.4.2. Nicel Değişkenlerin Modele Dahil Edilmesi 9
2.5. Uygun Model Seçimi 9
2.5.1. Mümkün Tüm Modellerin Değerlendirilmesi 9
2.5.2. Tek Değişkenli Karşılaştırmalar ile Model Seçimi 9
2.5.3. Değişkenlerin Tek Tek Lojistik Regresyon ile Değerlendirilmesi 10
2.5.4. İleriye-Geriye Yönelik Lojistik Regresyon 10
2.5.5. Açıklayıcılık Katsayıları (R^2) 10
2.5.6. Vakaların Sınıflandırılması 11
2.5.7. Model Uyum İyiliği 12

2.5.8. Modelin Yeterliliği 13
2.5.9. Katsayıların Yorumlanması 14
2.6. Richard Link Fonksiyonu 16
3. YÖNTEM 18
3.1. Araştırmanın Amacı 18
3.2. Yöntem 18
3.3. Veriler 18
3.3.1. Simülasyon Senaryoları 18
3.3.2. Gerçek Veriler 19
4. BULGULAR 21
5. TARTIŞMA 46
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 47
KAYNAKLAR 49
EKLER 54
Ek-1: Soru Formu 54
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI 57
ETİK KURUL İZİN YAZISI 58
KURUM İZNİ YAZILARI 60
ÖZGEÇMİŞ 61

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1-1: Örnek S eğrisi 3

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2-1: Etkene maruz kalma ve hastalık durumları 4

Tablo 2-2: Sınıflandırma tablosu örneği 12

Tablo 2-3: İkiden çok kategorili nitel değişken ile gözlenen sınıflandırma değerlerinin çapraz tablosu 15

Tablo 2-4: Dizayn değişkeni oluşturma tablosu 15

Tablo 3-1: Simülasyon senaryoları 19

Tablo 3-2. Bireylerin demografik bilgileri 20

Tablo 4-1: Senaryo I sonuçları (n=500) 21

Tablo 4-2: Senaryo I sonuçları (n=500) (devamı) 22

Tablo 4-3: Senaryo I sonuçları (n=500) (devamı) 23

Tablo 4-4: Senaryo I sonuçları (n=500) (devamı) 24

Tablo 4-5: Senaryo I artış yüzdelerinin dağılımları 25

Tablo 4-6: Senaryo II sonuçları (n=1000) 26

Tablo 4-7: Senaryo II sonuçları (n=1000) (devamı) 27

Tablo 4-8: Senaryo II sonuçları (n=1000) 28

Tablo 4-9: Senaryo II sonuçları (n=1000) (devamı) 29

Tablo 4-10: Senaryo II Artış yüzdelerinin dağılımları 30

Tablo 4-11: Senaryo III sonuçları (n=5000) 31

Tablo 4-12: Senaryo III sonuçları (n=5000) (devamı) 32

Tablo 4-13: Senaryo III sonuçları (n=5000) (devamı) 33

Tablo 4-14: Senaryo III sonuçları (n=5000) (devamı) 34

Tablo 4-15: Senaryo III Artış yüzdelerinin dağılımları 35

Tablo 4-16: Senaryo IV sonuçları (n=10000)....36

Tablo 4-17: Senaryo IV sonuçları (n=10000) (devamı)....37

Tablo 4-18: Senaryo IV sonuçları (n=10000) (devamı)....38

Tablo 4-19: Senaryo IV sonuçları (n=10000) (devamı)....39

Tablo 4-20: Senaryo IV Artış yüzdelerinin dağılımları....40

Tablo 4-21: Tek değişkenli lojistik regresyon sonuçları....40

Tablo 4-22: Çok değişkenli lojistik regresyon tablosu....40

Tablo 4-23: Lojistik regresyon denkleminin sınıflama tablosu....41

Tablo 4-24: m=1,42 değeri için tahmin edilen sınıflama değerlerinde değişiklik meydana gelen gözlemler....41

Tablo 4-25: Öğrenme veri setinde tek değişkenli lojistik regresyon sonuçları....42

Tablo 4-26: Öğrenme veri setinde çok değişkenli lojistik regresyon tablosu....42

Tablo 4-27: Öğrenme veri setinde lojistik regresyon denkleminin sınıflama tablosu....43

Tablo 4-28: m=1,66 değeri için tahmin edilen sınıflama değerlerinde değişiklik meydana gelen gözlemler....43

Tablo 4-29: Modelin test verilerinde uygulanması sonucu elde edilen olasılık ve sınıflama değerleri....44

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
CS	**:** Cox-Snell
KOAH	**:** Kronik obstrüktif akciğer hastalığı
MCF	**:** McFedan
OR	**:** Odds oranı (odds ratio)
Sgn	**:** İşaret fonksiyonu
SH	**:** Standart hata
ST	**:** Skor testi

ÖZET

DOKTORA TEZİ

LOJİSTİK REGRESYONDA RICHARD LİNK FONKSİYONU KULLANIMI İLE DOĞRU SINIFLAMA ORANLARINDAKİ DEĞİŞİMİN İNCELENMESİ: KOAH'TA RİSK FAKTÖRLERİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Kürşad Nuri BAYDİLİ

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Biyoistatistik Anabilim Dalı

Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişimi Programı

Danışman : Prof. Dr. Ahmet DİRİCAN

Bir bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin matematiksel modeller kullanılarak açıklanması için regresyon analizleri kullanılır. Bağımlı değişkenin kategorik olduğu durumlarda kullanılan lojistik regresyon özellikle sağlık alanında sıklıkla kullanılır. Lojistik regresyon eğrisinin bükülme noktasının yatay eksende bazen olması gerekenden daha küçük ya da daha büyük değerlere karşılık geldiği, bunun sonucunda da hatalı sınıflandırmalar yaptığı bilinmektedir. Araştırmada; verilere en uygun büküm noktasının tespiti için Richard link fonksiyonu kullanılarak doğru sınıflama oranlarında artışlar sağlanması hedeflenmiştir.

Richard link fonksiyonunun performansını değerlendirmek amacıyla; dört farklı simülasyon senaryosu ve 505'i KOAH olmayan 500'ü ise KOAH olan toplamda 1005 bireyden oluşan gerçek verilerle uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Simülasyon senaryoları sonucunda; örneklemdeki artışla birlikte doğru sınıflama oranında artış gözlenmesinin de daha muhtemel olduğu görülmüştür. Gerçek verilerle gerçekleştirilen uygulamalarda ise tüm verilerin kullanılmasıyla elde edilen modelde Richard link fonksiyonu kullanımı ile birlikte doğru sınıflama oranlarında artışlar olduğu saptanmıştır. Verilerin öğrenme ve test verileri olarak ikiye ayrılmış, öğrenme verilerinden lojistik regresyon modeli elde edilmiş, bu modelde de

Richard link fonksiyonu kullanımı ile birlikte doğru sınıflama oranlarında artış gözlemlenmiştir. Öğrenme veri seti için belirlenen m değeri için model test verilerine uygulanmış ve mevcut yöntemden daha yüksek doğru sınıflama oranına ulaştığı görülmüştür. Araştırma sonucunda; Richard link fonksiyonu kullanılarak doğru sınıflama oranlarında belirli oranlarda artışlar sağlanabileceği görülmüştür. Araştırmada, farklı örneklem büyüklükleri için 4 bağımsız değişkenle simülasyon senaryoları oluşturulduğu için; daha az ve daha çok sayıda bağımsız değişken içeren, farklı örneklem büyüklüklerinde ve bağımsız değişken türlerinde kombinasyonların denendiği yeni simülasyon senaryolarının ve gerçek verilerle uygulamaların yapıldığı çalışmaların yapılmasında fayda görülmektedir.

Eylül 2022 , 79 sayfa.

Anahtar kelimeler: Lojistik regresyon, Richard link fonksiyonu, doğru sınıflama

ABSTRACT

Ph.D. THESIS

INVESTIGATION OF THE CHANGE IN CORRECT CLASSIFICATION RATIOS BY USING RICHARD LINK FUNCTION IN LOGISTIC REGRESSION: A STUDY ON DETERMINING RISK FACTORS IN COPD

Kürşad Nuri BAYDİLİ

İstanbul University-Cerrahpaşa

Institute of Graduate Studies

Department of Biostatistics

Biostatistics and Medical Informatics Program

Supervisor : Prof. Dr. Ahmet DİRİCAN

Regression analyzes are used to explain the relationship between a dependent variable and independent variables using mathematical models. Logistic regression, which is used in cases where the dependent variable is categorical, is frequently used especially in the field of health. It is known that the inflection point of the logistic regression curve sometimes corresponds to smaller or larger values on the horizontal axis, resulting in incorrect classifications. In the research; In order to determine the most suitable inflection point for the data, it is aimed to increase the correct classification rates by using the Richard link function.

In order to evaluate the performance of the Richard link function; Applications were carried out with four different simulation scenarios and real data consisting of 1005 individuals, 505 of whom were non-COPD and 500 of whom were COPD. As a result of simulation scenarios; It was seen that with the increase in the sample, an increase in the correct classification rate was also more likely. In the applications performed with real data, it was determined that there was an increase in the correct classification rates with the use of the Richard link function in the

model obtained by using all the data. The data were divided into learning and test data, a logistic regression model was obtained from the learning data, and an increase in the correct classification rates was observed with the use of the Richard link function in this model. For the m value determined for the learning data set, the model was applied to the test data and it was seen that it reached a higher correct classification rate than the current method.

As a result of the research; It has been observed that certain percentage increases can be achieved in the correct classification rates by using the Richard link function. Since simulation scenarios were created with 4 independent variables for different sample sizes; It would be beneficial to conduct new simulation scenarios with fewer and more independent variables, experimenting with combinations of different sample sizes and independent variable types, and studies with real data.

September 2022, 77 pages.

Keywords: Logistic regression, Richard link function, correct classification

1. GİRİŞ

Bilimsel araştırmaların amaçlarından biri de bağımlı değişken ile bağımsız değişken(ler) arasında neden-sonuç ilişkisi kurmaktır (Karagöz, 2019). Nedensellik ilişkisi araştırılırken kullanılan tek değişkenli (univariate) yöntemler; karşılaştırmaya dahil edilen değişken dışında kalan diğer tüm faktörlerin türdeş veya sabit olduğunu kabullenerek karşılaştırmayı yapar. Ancak türdeş veya sabit olma durumunu gerçek dünyada sağlamak çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bir değişken çoğu zaman bir ya da daha fazla değişkenle birlikte değişim gösterebilir. Problemi, bu birlikte değişimleri dahil ederek çözmenin yolu ise çok değişkenli istatistiksel yöntemlerdir (Özdamar, 2010). Çok değişkenli istatistiksel yöntemler; birden çok bağımsız değişkenle bir sonucu tahmin etmeyi amaçlar (Katz, 2011).

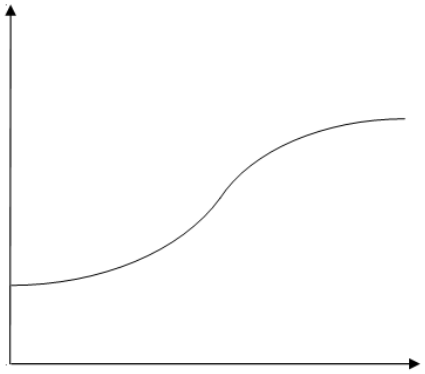
Araştırmacının uygulama amacına, bağımlı ve bağımsız değişken(ler)in türlerine ve bazı koşulları sağlama durumlarına göre çok sayıda çok değişkenli istatistiksel yöntem bulunmaktadır (Özdamar, 2010). Bir bağımlı değişken ile bağımsız değişken(ler) arasındaki ilişkinin matematiksel modeller kullanılarak açıklanması için ise regresyon çözümlemesi kullanılır. Regresyon çözümlemelerinin başlıca kullanım amaçlarından biri kestirim yapmaktır (Alpar, 2017). Günümüzde, sağlık alanında araştırmacılar, çoğu zaman gözlemleri sınıflandırmayı, mevcut gözlemlere ait verileri kullanarak gelecek yeni gözlemlerin sonuçları hakkında çıkarımlar yapmayı hedeflemektedirler (Karakoyun ve Hacıbeyoğlu, 2014). Bilinen ilk sınıflandırma yöntemleri Driver ve Kroeber (1932) tarafından ilk kez sosyal bilimlerde uygulanan kümeleme analizi ve Fisher (1936) tarafından önerilen, iki grup için diskriminant analizidir . Kümeleme analizi, diskriminant analizi ve lojistik regresyon analizi gözlemlerin sınıflandırılmasında kullanılan başlıca yöntemlerdir (Tatlıdil, 1996). Kümeleme analizi gibi yöntemlerde grup sayısı bilinmemekte, veriler bazı ölçütlere göre gruplara atanmaktadır (Bircan, 2004). Diskriminant analizi ve lojistik regresyon gibi yöntemlerde ise grup sayısı bilinmekle birlikte bu bilgilerden yararlanarak veriler gruplara atanır (Tatlıdil, 1996). Lojistik regresyonda, diskriminant analizinde aranan normallik ve varyansların homojenliği gibi varsayımlar aranmaz (Alpar, 2017).

Berkson (1944), lojistik modelin biyoloji alanında ilk uygulamasını gerçekleştirmiştir. Lojistik regresyon da diğer benzer teknikler gibi; en az değişken sayısı ile en yüksek uyuma

sahip modeli ortaya koymayı hedeflemektedir (Bircan, 2004). Lojistik regresyon; bağımlı değişken ile bağımsız değişken(ler) arasındaki ilişkiyi inceleyerek sınıflama yapmanın yanı sıra; kestirim ve veriyi özetleme gibi amaçlar için de kullanılabilir. Analizde, bağımlı değişkenin niteliksel olduğu durumlarda lojistik regresyon kullanılır (Alpar, 2017). Bağımlı değişkenin yapısına göre üç farklı lojistik regresyon türü vardır. Bağımlı değişkenin iki kategorili olduğu durumlarda binary (ikili) lojistik regresyon, bağımlı değişkenin ikiden çok kategorili olduğu durumlarda multinomial lojistik regresyon kullanılır. Bağımlı değişkenin sıralı olduğu durumlarda ise ordinal (sıralı) lojistik regresyon kullanılabilir (Şenel ve Alatlı, 2014; Özdamar, 2010; Alpar, 2017).

Lojistik regresyon; ekonomi, eğitim ve sağlık gibi birçok alanda sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Sancar ve İnan, 2021). Sağlık alanında; ikili lojistik regresyon kullanılarak genellikle hastalık gibi bir riskin olup olmamasıyla ilgilenilir (Tabachnick ve ark., 2007). İkili lojistik regresyonda bağımlı değişken için kodlamalar gerçekleştirilirken riskin var olduğu durum 1 ile riskin olmadığı durum ise 0 ile kodlanır. Geriye dönük bir çalışma olduğu için risk kestiriminde odds oranı kullanılır. Odds oranının anlamlılığı güven aralıkları incelenerek karar verilir. Odds oranının güven aralığı 1'i içermiyorsa odds oranı anlamlı olduğu sonucuna ulaşılır. Elde edilen odds oranının anlamlı bulunması durumunda; eğer odds oranı 1'den büyük ise etkenin risk faktörü olduğu, 1'den küçük ise koruyucu faktör olduğu söylenebilir (Alpar, 2017). İkili lojistik regresyonda bağımsız değişken (X) değeri bilindiğinde Y'nin 1 olma olasılığı P(Y=1|X=x) hesaplanarak lojistik regresyon modeli $\left(\pi(x)\right)$ oluşturulur.

Lojistik regresyon grafiği S şeklinde bir sigmoid eğridir (Seber ve Wild, 1989; Başarır, 1990). Lojistik eğri ilk olarak Verhulst (1838) tarafından, bir popülasyondaki büyümeyi açıklamak amacıyla kullanılmıştır. Bu eğrinin büküm noktası bazı durumlarda olması gerekenden daha küçük ya da daha büyük x değerlerine karşılık gelebilmektedir. Gürcan ve arkadaşları (2019), bu gibi durumlarda çeşitli link fonksiyonları kullanılarak eğrinin büküm noktasına karşılık gelen x değerlerinin daha ideal olabileceğini ve dolayısıyla doğru sınıflama oranlarının artabileceğini belirtmişler, Richard (1959) tarafından önerilen eğrinin ikinci türevini alarak büküm noktasını bulmuş ve bulunan büküm noktalarını hatalı sınıflama yapılan gözlemler için ayrı ayrı uygulayarak modelin doğru sınıflama oranını artırmayı hedeflemişlerdir.



Şekil 1-1: Örnek S eğrisi

Bu çalışmada; Richard (1959)'ın önerdiği link fonksiyonundan yararlanarak

$$\pi(x) = \frac{1}{1+e^{-a}} \tag{1-1}$$

yerine

$$\pi(x) = (1 + (m-1).(e^{-a}))^{\frac{1}{1-m}} \tag{1-2}$$

denklemi kullanılmış, böylelikle lojistik regresyon eğrisinin büküm noktasının daha ideal hale getirilmesi amaçlanmıştır. Tüm gözlemler için ayrı ayrı olasılık değerleri hesaplanmış ve bu değerlere göre sınıflara atanmışlardır, modelin doğru sınıflama oranını maksimum yapan m değerleri belirlenmiştir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Lojistik Regresyon

Regresyon analizleri, örneklem grubundaki verilerle değişkenler arasındaki ilişkinin modellenmesinde kullanılan, böylece bağımsız değişkenlerdeki değişime göre bağımlı değişkenin gelecekteki değerlerini tahmin etmeye olanak sağlayan tekniktir (Işık, 2006). Bağımlı ve bağımsız değişken(ler)in türüne ve bazı koşulları sağlamaları durumuna göre çeşitli regresyon analizleri mevcuttur. Bağımlı değişkenin niteliksel olduğu durumlarda lojistik regresyon kullanılır. Bağımlı değişkenin 2 kategorili olduğu durumlarda ikili lojistik regresyon kullanılırken kategori sayısının ikiden çok olduğu durumlarda multinomial lojistik regresyon uygulanabilir. Bağımlı değişken sıralı ise ordinal (sıralı) lojistik regresyonun kullanımı uygun olacaktır (Özdamar, 2010; Şenel ve Alatlı, 2014; Alpar, 2017).

Bağımlı değişkenin iki veya daha çok kategorili olduğu durumlarda kullanılan lojistik regresyon; bağımlı değişken ile bağımsız değişken(ler) arasında, ilişki düzeylerini de göz önüne alarak en uygun modeli, en az değişkenle ortaya koymayı amaçlar (Önder ve Cebeci, 2002; Bircan, 2004). İkili lojistik regresyon; sağlık alanında var/yok, hasta/hasta değil, negatif/pozitif, ölü/sağ gibi iki olasılıklı durumlarla sıklıkla karşılaşılması, bazen bu kararın karmaşık bir dize işlem sonrası verilebilmesi ve bağımsız değişkenlerin nitel ya da nicel olması gibi bir kısıt getirmemesi nedeniyle sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Elhan, 1997; Seven, 1997).

İkili lojistik regresyonda değişkenlere ilişkin değerler sonuçlanmış verilerden elde edildiği için retrospektif araştırmalarda kullanılan odds oranı risk ölçütü olarak kullanılır. Odds oranının güven aralıkları 1 değerini içermediği durumlarda istatistiksel olarak anlamlı kabul edilir (Alpar, 2017). Etkene maruz kalma ve hastalık durumları Tablo 2-1'de belirtilen durum için odds oranı, odds oranının standart hatası ve güven aralıkları aşağıda sıralandığı gibi hesaplanır (Pearce, 1993; Sackett ve ark., 1996; Bland ve Altman, 2000; Alpar, 2017).

Tablo 2-1: Etkene maruz kalma ve hastalık durumları

	Hastalık		
Etken	**Var**	**Yok**	**Toplam**
Var	a	b	a+b
Yok	c	d	c+d
Toplam	a+c	b+d	a+b+c+d

$$Odds\ oranı = OR = \frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}} = \frac{a.d}{b.c} \quad (2\text{-}1)$$

Odds oranının standart hatası;

$$SH(\ln(OR)) = \sqrt{\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} + \frac{1}{d}} \quad (2\text{-}2)$$

Odds oranının güven aralığı;

$$e^{\ln(OR) \pm z_{\frac{a}{2}} x SH(\ln(OR))} \quad (2\text{-}3)$$

Odds oranının güven aralığı 1 değerini içermediği durumlarda anlamlı kabul edilir. Eğer OR değeri anlamlı ise ve 1'den büyük ise etkenin hastalığa sebep (hastalık için risk faktörü) olduğu sonucuna ulaşılır. Eğer OR değeri anlamlı ve 1'den küçük ise etkenin hastalık riskini azaltıcı (koruyucu faktör) olduğu yorumunda bulunulur (Alpar, 2017).

2.2. Lojistik Regresyon Modeli

Yalnızca bir bağımsız X değişkeninin yer aldığı, Y'nin bağımlı değişken olduğu durum için doğrusal regresyon modeli aşağıdaki gibidir (Quandt, 1958; Seber ve Wild, 1989; McGee ve ark., 1984; DeMaris, 1995; Hosmer ve Lemeshow, 2000; Atasoy, 2001; Maalouf, 2011; Seber ve Lee, 2012; Su ve ark., 2012; Alpar, 2017).

$$E(Y|X = x) = \beta_0 + \beta_1 x \quad (2\text{-}4)$$

Burada elde edilen değer X'in değerine bağlı olarak $-\infty$ ile $+\infty$ arasında olabilir. Doğrusal regresyon modeliyle elde edilen sınıflama değerlerinin (0, 1) aralığında olmaması ve varyansların homojenliği varsayımı sağlanamadığı için doğrusal regresyonda katsayı kestiriminde kullanılan en küçük kareler yönteminin kullanılamamasından dolayı doğrusal regresyon modelinin bu olasılık için kullanımı uygun değildir (Alpar, 2017). Yalnızca bir bağımsız değişkenin ve bir bağımlı değişkenin olduğu lojistik regresyon modeli aşağıdaki gibidir (Anderson, 1982; DeMaris, 1995; Hosmer ve Lemeshow, 2000; Park, 2013; Alpar, 2017).

$$\pi(x) = P(Y = 1|X = x) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x}} = \frac{1}{1 + e^{-\beta_0 + \beta_1 x}} \quad (2\text{-}5)$$

Modelde birden çok bağımsız değişken olması durumunda; modeldeki bağımsız değişken sayısı k ve $a = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_k x_k$ olmak üzere model aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\pi(x) = P(Y = 1|X = x) = \frac{e^a}{1+e^a} = \frac{1}{1+e^{-a}} \quad (2\text{-}6)$$

Denklem 2-6'ya lojit dönüşüm uygulanarak $-\infty$ ile $+\infty$ arasında değerler alması ve doğrusallaşması sağlanır. Lojit dönüşüm sonucunda elde edilen denklem aşağıdaki gibidir (Hosmer ve Lemeshow, 2000; Alpar, 2017).

$$g(x) = \ln\left(\frac{\pi(x)}{1-\pi(x)}\right) = \beta_0 + \beta_1 x \quad (2\text{-}7)$$

Lojit model oluşturularak doğrusal regresyon modelinde istenilenlerin çoğunluğunun sağlanması hedeflenmektedir. Aradaki temel farklardan biri ise doğrusal regresyonda artıklar 0 ortalama ve sabit varyansla normal dağılım sergiliyorken lojistik regresyonda 0 ortalama ve $\pi(1-\pi)$ varyansla binom dağılım sergilemektedirler (Hosmer ve Lemeshow, 2000; Alpar, 2017).

2.3. Lojistik Regresyon Modelinin Uygulanması

2.3.1. Katsayıların Tahmini

Doğrusal regresyonda katsayıların tahmini için en küçük kareler yöntemi kullanılmaktadır. Ancak, en küçük kareler yöntemi lojistik regresyon ikili sonuç değişkeni içerdiği için kullanılamamaktadır (Anderson, 1982; Hosmer ve Lemeshow, 2000). Bunun yerine; Fisher (1922) tarafından önerilen ve Czepiel (2002) tarafından lojistik regresyonda kullanılması önerilen maksimum olabilirlik yöntemi (maksimum likelihood method) kullanılır (Harper, 2005). Maksimum olabilirlik yöntemi; bir olayın gerçekleşme olasılığını maksimum yapmayı hedeflemektedir. Maksimum olabilirlik yönteminin kullanılması için değişken sayısının 10 katı kadar örneklem büyüklüğüne ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir (Alpar, 2017).

2.3.2. Katsayıların Anlamlılığının Sınanması

Verilerin modellenmesi; test ve tahmin etme süreçlerinden daha karmaşık bir süreçtir. Lojistik regresyonda model oluşturulduktan sonra, modeldeki bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenin önemli düzeyde ilişki olup olmadıkları sınanmaktadır. Doğrusal regresyonda bu işlem; hata kareleri toplamı hesaplanarak gerçekleştirilirken lojistik regresyonda olabilirlik oran testi (likelihood ratio test) kullanılır. Her iki yöntem için de temel ilke aynıdır; sınama sonucunda, ilgili bağımsız değişkeni içeren modelin ilgili bağımsız değişkeni içermeyen modelden daha fazla bilgi verip vermemesi durumuyla ilgilenilir. Modeldeki değişkenlerin

anlamlılığıyla ilgilenen diğer yöntemler ise Wald veya Skor testleridir (Hosmer ve Lemeshow, 2000).

2.3.2.1. Olabilirlik Oran Testi

Olabilirlik oran testi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır (Hosmer ve Lemeshow, 2000; Park, 2013; Alpar, 2017).

$$LR = G = -2\ln\left(\frac{değişkenin\ modelde\ olmadığı\ durumda\ olabilirlik}{değişken\ modelde\ olduğu\ durumda\ olabilirlik}\right) \quad (2\text{-}8)$$

Olabilirlik oran testi için öncelikle, yalnızca sabit terimin olduğu model ele alınır. Sonrasında bağımsız değişken modele dahil edilerek hesaplamalar yapılır ve elde edilen değerin küçük olması bağımsız değişkenin modele katkı sağlamadığı anlamına gelir (Alpar, 2017).

2.3.2.2. Wald Testi

Wald (1943) tarafından önerilen, Gregory ve Veall (1985) tarafından doğrusal olmayan yöntemlere uyarlanan Wald testi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır (Hosmer ve Lemeshow, 2000; Tabachnick ve ark., 2007).

$$W = \frac{\widehat{\beta}_j^{\,2}}{SH_{B_j^2}} \quad (2\text{-}9)$$

Parametre tahmininin karesinin standart hatasına oranıyla hesaplanan Wald istatistiği ki-kare dağılımına uygunluk göstermektedir (Tabachnick ve ark., 2007). Hauck and Donner (1977), yaptıkları araştırmada Wald testinin katsayı anlamlı olduğu durumlarda H_0 hipotezini reddetme konusunda yeterli olmadığını belirtmişler, Wald testi yerine olabilirlik oran testinin kullanılmasını önermişlerdir.

2.3.2.3. Skor Testi

Skor testi hesaplamaları diğer yöntemlere göre daha kısa olduğu için kullanımı önerilen bir yöntemdir (Hosmer ve Lemeshow, 2000). Bazı paket programlarda, geriye ve ileriye dönük yöntemlerle model seçim işlemleri için skor testi kullanılmaktadır (SPSS, 2021a). Skor testi aşağıdaki formül ile hesaplanır (Alpar, 2017).

$$ST = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i(y_i - \bar{y})}{\sqrt{y_i(1-\bar{y}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})}} \quad (2\text{-}10)$$

2.4. Bağımsız Değişkenlerin Modele Dahil Edilmesi

2.4.1. Nitel Değişkenlerin Modele Dahil Edilmesi

2.4.1.1. Sınıflayıcı Nitel Değişkenlerin Modele Dahil Edilmesi

Sınıflayıcı nitel değişkenlerin modele dahil edilmesi sürecinde; iki kategorili bağımsız değişkenler doğrudan modele dahil edilebilirken ikiden çok kategorili bağımsız değişkenler için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Uygun görülmesi durumunda iki kategorili bağımsız değişkenler için de bu yöntemler kullanılabilir (Alpar, 2017). Bu yöntemler aşağıdaki gibidir (Alpar, 2017; SPSS, 2021a).

İndicator: Kontrast matrisinde tüm değişkenlerde 0 değerini alan kategori referans kategori olarak alınır.

Simple: first ve **last** olmak üzere iki türü bulunmaktadır. Simple first seçilmesi durumunda; ilk (en küçük değerle kodlanan) kategori referans kategori olarak alınır simple last seçilmesi durumunda; son (en büyük değerle kodlanan) kategori referans kategori olarak alınır.

Difference: İlgili kategoriden öncekilerin ortalamasının referans olarak alındığı yöntemdir. İlk kategoriden önce kategori bulunmadığı için bu kategori için hesaplanmaz.

Helmert: İlgili kategoriden sonrakilerin ortalamasının referans olarak alındığı yöntemdir. Son kategori için hesaplanmaz.

Repeated: İlgili kategoriden bir sonraki kategori referans alınır.

Deviation: Tüm kategorilerin ortalaması referans kabul edilir.

Polynomial: Riskteki değişimin doğrusal olup olmadığını incelemede kullanılır.

2.4.1.2. Sıralayıcı Nitel Değişkenlerin Modele Dahil Edilmesi

Sıralayıcı nitel değişkenler modele araştırmaya bağlı olarak nicel değişkenler gibi doğrudan ya da sınıflayıcı nitel değişkenler gibi çeşitli yöntemler kullanılarak da dahil edilebilir. Burada değişkendeki kategori sayısı da belirleyici olmaktadır. Değişkendeki kategori sayısı az ise sınıflayıcı nitel değişken gibi; kategorisi sayısı fazla ise nicel değişken gibi modele dahil edilmesi tavsiye edilmektedir (Alpar, 2017).

2.4.2. Nicel Değişkenlerin Modele Dahil Edilmesi

Nitel değişkenler modele dahil edilirken çeşitli uygulamalar olsa da nicel değişkenlerin modele dahil edilmesi sürecinde herhangi bir ek uygulamaya gerek duyulmamaktadır. Lojistik regresyon sonucunda elde edilen katsayı; bağımsız nicel değişkendeki 1 birimlik artışın lojitte ne kadar artışa sebep olacağını belirtir. Ancak bu yorumun yapılabilmesi için nicel değişken ile lojit arasındaki ilişkinin doğrusal olması gerekmektedir. İlişkinin doğrusallığı; Box-Tidwell ve Hosmer-Lemeshow testleri ile değerlendirilebilir. Ancak Box-Tidwell testi doğrusallıkla küçük farklılıkları tespit etmede yetersiz bulunduğu için Hosmer-Lemeshow testinin kullanımı tavsiye edilir (Alpar, 2017).

2.5. Uygun Model Seçimi

İyi bir lojistik regresyon modeli; verilere yeteri düzeyde uymalı ve karmaşıklıktan uzak bir şekilde yeni gözlemleri mümkün olduğunca en iyi şekilde tahmin etmelidir (Zellner ve ark., 2004). İstatistiksel paket programlarında çok sayıda değişken seçim yöntemi bulunmaktadır (Bursac ve ark., 2008). Bu yöntemlerden sıklıkla kullanılan dördü ise aşağıda sıralandığı gibidir (Alpar, 2017).

- Mümkün tüm modellerin değerlendirilmesi
- Tek değişkenli karşılaştırmalar ile model seçimi
- Değişkenlerin tek tek lojistik regresyon ile değerlendirilmesi
- İleriye-geriye yönelik lojistik regresyon

2.5.1. Mümkün Tüm Modellerin Değerlendirilmesi

Bağımsız değişken sayısı az olduğu durumlarda uyumu yüksek modelin seçimi için başvurulması tavsiye edilir. Bu yöntemde kullanılan bazı kriterler mevcuttur. Bunlar; Akaike bilgi kriteri, Bayesci bilgi kriteri ve doğru sınıflama oranıdır. Akaike bilgi kriteri ve Bayesci bilgi kriterinin düşük ve doğru sınıflama oranının yüksek olması modelin yüksek uyumlu olduğu sonucuna ulaşılır. Değişken sayısının fazla olduğu durumlarda, mümkün tüm model sayısı yüksek olacağı için kullanımı zordur (Alpar, 2017).

2.5.2. Tek Değişkenli Karşılaştırmalar ile Model Seçimi

Değişkenlerin, bağımlı değişkenler uygun tek değişkenli istatistiksel analiz kullanılarak karşılaştırılmasına dayanan bir yöntemdir (Bircan, 2004). Tek değişkenli istatistiksel analizler

neticesinde p değeri 0,25'ten küçük olan değişkenlerin modele dahil edilmesi önerilir (Alpar, 2017).

2.5.3. Değişkenlerin Tek Tek Lojistik Regresyon ile Değerlendirilmesi

Bağımsız değişkenlerin tek tek lojistik regresyon modeline dahil edilerek değerlendirilmesini esas alınır. Model sonucunda p değeri 0,25'ten küçük olan değişkenlerin modele dahil edilmesi önerilir (Alpar, 2017).

2.5.4. İleriye-Geriye Yönelik Lojistik Regresyon

İleriye ya da geriye yönelik lojistik regresyon yöntemleri; değişkenlerin modele dahil edilmesi sürecinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir (Zellner ve ark., 2004). Bu yöntemlerde, araştırmacının seçimine göre; skor testi, olabilirlik oran testi veya Wald testi sonuçları değerlendirilerek değişkenler modele eklenir ya da çıkarılır (SPSS, 2021b). İleriye dönük yaklaşımda; modele öncelikle sabit eklenir, sabit eklendikten sonra değişkenler tek tek modele dahil edilerek her bir değişken eklendiğinde araştırmacı tarafından belirlenen testin sonuçlarına göre modelde kalıp kalmayacağına karar verilir (Zellner ve ark., 2004; Bursac, 2008). Geriye dönük yaklaşımda ise tüm değişkenler dahil edilerek ilk model oluşturulur (Zellner ve ark., 2004). Yine araştırmacının belirleyeceği testin sonucuna göre modelde kalması uygun görülmeyen değişkenler dışlanarak en uygun model oluşturulur (SPSS, 2021b).

2.5.5. Açıklayıcılık Katsayıları (R^2)

Lojistik regresyonda modelin açıklayıcılığı için birçok açıklayıcılık katsayısından (R^2) bahsedilir. Bu bölümde; lojistik regresyonda kullanılan açıklayıcılık katsayılarından düzeltilmiş McFaden R^2, Cox-Snell R^2 ve Nagelkerke R^2 üzerinde durulacaktır (Allison, 2013).

2.5.5.1. Düzeltilmiş McFaden R^2

Bağımsız değişkenlerin bulunduğu modelin log olabilirliğinin yalnızca sabitin bulunduğu lojistik modelin log olabilirliğinin oranlanmasıyla elde edilir. McFaden (1973) tarafından önerilen bu yöntemde değişken sayısındaki artışla birlikte değer de artacağı için Ben-Akiva ve arkadaşları (1985) McFaden R^2 değerini değişken sayısıyla düzeltmeyi önermişlerdir. McFaden değerinin 0,20-0,40 aralığında olması çok yüksek olarak değerlendirilmektedir (Hensher ve Johnson, 2018). Bağımsız değişkenleri içermeyen lojistik regresyon modelinin olabilirlik fonksiyonu L_0 ve bağımsız değişkenlerin yer aldığı modelin olabilirlik fonksiyonu L_1 olmak üzere McFaden R^2 değeri denklem 2-11'de gösterildiği gibi hesaplanır (Allison, 2013).

$$R^2_{McF} = 1 - \frac{\ln(L_M)}{\ln(L_0)} \quad (2\text{-}11)$$

Ben-Akiva ve arkadaşları (1985) tarafından önerilen düzeltilmiş McFaden R^2 ise değişken sayısı "k" olmak üzere aşağıdaki gibi hesaplanır (Alpar, 2017).

$$R^2_{McF} = 1 - \frac{\ln(L_M) - k}{\ln(L_0)} \quad (2\text{-}12)$$

2.5.5.2. Cox-Snell R^2

Maddala (1983) tarafından önerilen, en çok olabilirlik R^2 olarak da bilinen Cox-Snell R^2 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. Bağımsız değişkenleri içermeyen lojistik regresyon modelinin olabilirlik fonksiyonu değeri L_0 ve bağımsız değişkenlerin yer aldığı modelin olabilirlik fonksiyonu değeri L_1 olmak üzere Cox-Snell R^2 değeri hesaplamalarında aşağıdaki formül kullanılır (Allison, 2013).

$$R^2_{CS} = 1 - \left(\frac{\ln(L_0)}{\ln(L_M)}\right)^{\frac{2}{n}} \quad (2\text{-}13)$$

2.5.5.3. Nagelkerke R^2

Cox-Snell R^2 değeri 0 ile 1 arasında değerler alırken 1 değerini alamazken Nagelkerke (1991) tarafından önerilen düzeltmeyle Cox-Snell R^2 değeri 1 değerini de alabilmektedir. Nagelkerke R^2 değeri aşağıdaki hesaplanır (Alpar, 2017).

$$R^2 = \frac{1-\left(\frac{\ln(L_0)}{\ln(L_1))}\right)^{\frac{2}{n}}}{1-(L_0)^{\frac{2}{n}}} \quad (2\text{-}14)$$

2.5.6. Vakaların Sınıflandırılması

Mevcut ve yeni gözlemleri sınıflandırmayı hedefleyen lojistik regresyon sonucunda yanlış sınıflandırmalar bazen büyük maliyetlere yol açabilir. Lojistik regresyonda, bağımlı değişkende olayın gerçekleşmiş olması 1 ve olayın gerçekleşmemesi 0 olarak kodlanması durumunda; olasılık değeri 0,5 veya daha büyük olan gözlemler 1 ve olasılık değeri 0,5'ten küçük olan gözlemler 0 sınıfına atanır. Bununla birlikte, ROC analiziyle değerlendirmeler yapılarak olasılık değerleri için uygun kestirim noktası da bulunabilir (Tabachnick, 2007). Elde edilen ROC eğrisi altında kalan alanın 0,05'ten anlamlı bir şekilde farklı olması ($p<0,05$) ve 1'e yakın olması modelin iyi olduğu sonucunu verir (Karagöz, 2019).

2.5.7. Model Uyum İyiliği

Model uyum iyiliği; lojistik regresyon sonucunda gözlemlenen bağımlı değişkeni açıklama düzeyini belirlemek için birtakım ölçütleri kullanarak gerçekleştirilen bir işlemdir. Sınıflandırma tablosu, Pearson ki-kare ve sapma istatistikleri, Hosmer-Lemeshow testi ve ROC (Receiver Operating Characteristic) eğrisi altında kalan alan bu ölçütlerden en çok bilinenleridir.

2.5.7.1. Sınıflandırma Tablosu

Sınıflandırma tablosu; model yardımıyla elde edilen sınıflandırma değerleri ile gözlenen sınıfların karşılaştırılmasına dayanan bir yöntemdir. Lojistik regresyon sonucunda elde edilen olasılıklar, grafikler yardımıyla incelenir, farklı kestirim noktaları için sınıflandırma tablosu oluşturularak farklı kestirim noktaları için duyarlılık ve tanımlayıcılık değerleri hesaplanarak uygun kestirim noktasının belirlenmesi amaçlanır. Sınıflandırma tablosu örneği tablo 2-2'de sunulmuştur (Peng ve ark., 2002).

Tablo 2-2: Sınıflandırma tablosu örneği

	Tahmin edilen		
Gözlemlenen	**Evet**	**Hayır**	**Toplam**
Evet	a	b	a+b
Hayır	c	d	c+d
Toplam	a+c	b+d	

Tablo 2-2'de yer alan değerler için duyarlılık a/(a+b) ve tanımlayıcılık d/(c+d) olarak hesaplanır (Dişçi, 2015).

2.5.7.2. Pearson Ki-Kare ve Sapma İstatistikleri

Pearson ki-kare ve sapma istatistikleri; tahmin edilen ve gözlenen değerler arasındaki farkı temel alır. Bu iki yöntem sonucunda da elde edilen değerlerin küçük olması model uyumunun kötü olduğunu göstermektedir. Pearson artıklarının toplamı; Pearson ki-kare istatistiğini, sapma artıklarının toplamı ise sapma istatistiğini verir (Alpar, 2017).

2.5.7.3. Hosmer ve Lemeshow Testi

Hosmer ve Lemeshow testinde işlemlere tahmin edilen olasılık değerlerinin küçükten büyüğe doğru sıralanarak başlanır. Tahmin edilen olasılıklar *p* tane gruba bölünür, her bir grup için gözlenen ve beklenen değerler hesaplanır ve ki-kare testi uygulanır. Yalnızca bir değerle model uyumunun değerlendirmesini sağladığı için Hosmer-Lemeshow testi büyük avantajlar sağlamaktadır. Ancak grup sayısı *p*'nin düşük olduğu durumlarda test farklılığı ayırt etme gücü düşmektedir. Grup sayısının 6'dan az olması durumunda ise çoğu zaman gerçek durumdan

bağımsız bir şekilde uyumun iyi olduğu yönünde sonuç verdiği belirtilmiştir. Hosmer ve Lemeshow test istatistiği *p-2* serbestlik dereceli ki-kare dağılımına uyar ve aşağıdaki gibi hesaplanır (Alpar, 2017).

$$\hat{C} = \sum \frac{(Gözlenen - Beklenen)^2}{Beklenen} \tag{2-15}$$

Hosmer ve Lemeshow testi sonucunda anlamlı olmayan (0,05'ten küçük olmayan) bir p değeri bulunması durumunda uyumun iyi olduğu sonucuna ulaşılır (Peng ve ark., 2002).

2.5.8. Modelin Yeterliliği

Lojistik regresyon modelinin yeterliliği; açıklayıcılık katsayıları (R^2) ve artıkların incelenmesi, çoklu bağlantı sorunu varlığının incelenmesi gibi ölçütler kullanılarak incelenebilir (Alpar, 2017). Açıklayıcılık katsayıları Bölüm 2.5.5'te sunulmuştur. Bu bölümde ise ham artıklar, standartlaştırılmış Pearson artıklar, lojit artıklar ve standartlaştırılmış sapma artıklara değinilecektir.

2.5.8.1. Ham Artıklar

Gözlenen sınıflandırma değeri ve tahmin edilen olasılık değerleri kullanılarak hesaplanır. Elde edilen artıkların sapmalarında değişen varyanslılık sorunu vardır. Tahmin edilen olasılık değerinin 0'a ya da 1'e yaklaşması varyans değerinin küçülmesini sağlamaktadır. i. Sıradaki gözlem için gözlenen sınıflandırma değeri y_i ve i. sıradaki gözlem için tahmin edilen olasılık değerleri $\hat{\pi}_i$ olmak üzere ham artıklar ve varyans aşağıdaki gibi hesaplanır (Alpar, 2017).

$$e_i = y_i - \hat{\pi}_i \tag{2-16}$$

$$Var(y_i - \pi_i | x_i) = \hat{\pi}(1 - \hat{\pi}) \tag{2-17}$$

2.5.8.2. Standartlaştırılmış Pearson Artıklar

Ham artıklardaki değişen varyanslılık sorunu sebebiyle ham artıkların kendi standart sapmalarına bölünmesiyle Pearson artıkları elde edilir. Ancak artıkların varyansı $\hat{\pi}(1 - \hat{\pi})$ olmadığında Pearson artıklarının varyansı 1 olmadığı için standartlaştırılmış Pearson artıklarının kullanımı önerilmiştir. H_{ii} şapka matrisnin köşegen elemanları olmak üzere; Pearson artıkları (r_i) ve standartlaştırılmış Pearson artıkları (r_{s_i}) aşağıdaki gibi hesaplanır (Alpar, 2017).

$$r_i = \frac{y_i - \hat{\pi}_i}{\sqrt{\hat{\pi}_i(1 - \hat{\pi}_i)}} \tag{2-18}$$

$$r_{s_i} = \frac{r_i}{\sqrt{1 - h_{ii}}} \tag{2-19}$$

2.5.8.3. Lojit Artıklar

i. Sıradaki gözlem için gözlenen sınıflandırma değeri y_i ve i. sıradaki gözlem için tahmin edilen olasılık değerleri $\hat{\pi}_i$ olmak üzere lojit artıklar aşağıdaki gibi hesaplanır (Alpar, 2017).

$$l_i = \frac{y_i - \hat{\pi}_i}{\hat{\pi}_i(1-\hat{\pi}_i)} \tag{2-20}$$

2.5.8.4. Standartlaştırılmış Sapma Artıklar

Doğrusal regresyonda hesaplanan hata kareler toplamına benzer şekilde lojistik regresyonda da sapma istatistiği (D) hesaplanır. Sapma istatistiği hesaplanırken işaret fonksiyonundan faydalanılır. Sapma istatistiklerindeki çeşitli sorunlardan dolayı standartlaştırılmış sapma artıkları önerilmiştir (Alpar, 2017).

$$sgn(y_i - \pi_i) = \begin{Bmatrix} -1;\ (y_i - \pi_i) < 0\ ise \\ 0, (y_i - \pi_i) = 0\ ise \\ 1, (y_i - \pi_i) < 0\ ise \end{Bmatrix} \tag{2-20}$$

olmak üzere sapma artıkları (d_i) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$d_i = sgn(y_i - \pi_i)\sqrt{-2((-y_i \ln(\pi_i)) - (1 - y_i)\ln(1 - \pi_i)} \tag{2-21}$$

Standartlaştırılmış sapma artıkları hesaplanması denklem 2-22'de sunulmuştur.

$$d_{si} = \frac{d_i}{\sqrt{1-h_{ii}}} \tag{2-22}$$

2.5.9. Katsayıların Yorumlanması

2.5.9.1. Nitel Bağımsız Değişkenler için Katsayıların Yorumlanması

İki Kategorili Nitel Bağımsız Değişkenler için Katsayı Hesaplaması

İki düzeyli, 0 veya 1 değerlerini alabilen nitel bağımsız değişkenler için katsayıların yorumlanması için öncelikle değişkendeki değişimin lojitte meydana getirdiği değişimi incelemek gerekir. $g(1) - g(0) = (\beta_0 + \beta_1) - (\beta_0) = \beta_1$ durumu göz önüne alındığında iki kategorili nitel değişkendeki değişim lojitte β_1 kadar değişime sebep olmaktadır. β_1'in hesaplanması için hesaplanan odds değerinin doğal logaritması alınır. Değişken kodlamaları 0: ilgili duruma sahip olmama ve 1: ilgili duruma sahip olma durumu, $odds\ oranı\ (e^{\beta_1}) > 1$ ve odds oranı anlamlı (odds oranının güven aralığı 1 değerini içermiyor) olmak üzere; ilgili duruma sahip olmanın e^{β_1} kadar risk faktörü olduğu şeklinde yorum yapılır (Alpar, 2017).

İkiden Çok Kategorili Nitel Bağımsız Değişkenler için Katsayı Hesaplaması

İkiden çok kategorili, 1, 2, 3, … ,n değerlerini alabilen nitel bağımsız değişkenlerin yorumlanmasında kolaylık sağladığı için referans kategoriler sıklıkla kullanılır (Şahin, 1999). Bu yöntemde; diğer kategorilerin risk durumları referans olarak belirlenen kategoriye göre belirlenir (Alpar, 2017). İkiden çok kategorili nitel değişken ile gözlenen sınıflandırma değerlerinin örnek bir çapraz tablosu Tablo 2-3'te sunulmuştur.

Tablo 2-3: İkiden çok kategorili nitel değişken ile gözlenen sınıflandırma değerlerinin çapraz tablosu

	Bağımsız değişken			
Sınıf	**Kategori: 1**	**Kategori: 2**	**Kategori: 3**	**Kategori: 4**
Sınıf: 0	a	c	e	g
Sınıf:1	b	d	f	h
Toplam	a+b	c+d	e+f	g+h

Bağımsız değişkende ilk kategorinin (kategori 1) referans kategori seçilmesi durumda; Tablo 2-3'teki çapraz tablo göz önüne alınarak işlemler gerçekleştirilirse, kategori 4 için odds oranı aşağıdaki gibi hesaplanır (Şahin, 1999).

$$odds = \frac{\frac{a}{g}}{\frac{b}{h}} \tag{2-23}$$

Hesaplanan odds oranının logaritması alınarak katsayı hesaplanır.

Katsayı hesaplamasında bir diğer yol ise dizayn değişkenlerini kullanmaktır. Bağımsız değişkendeki kategori sayısı *t* olmak üzere *t-1* tane dizayn değişkeni oluşturarak işlemlere başlanır. Dizayn değişkeni oluşturma tablosu tablo 2-3'te sunulmuştur.

Tablo 2-4: Dizayn değişkeni oluşturma tablosu

	Dizayn Değişkenleri		
	D_1	**D_2**	**D_3**
Kategori: 1	0	0	0
Kategori: 2	1	0	0
Kategori: 3	0	1	0
Kategori: 4	0	0	1

Kategori 3'ün kategori 1'e göre karşılaştırılması aşağıdaki gibidir (Şahin, 1999).

$$\log(Odds(Kategori\ 3, Kategori\ 1) = \hat{l}(Kategori\ 3) - \hat{l}(Kategori\ 1) \quad (2\text{-}24)$$

$$= (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_{11}x(D_1 = 0) + \hat{\beta}_{12}x(D_2 = 1) + \hat{\beta}_{13}x(D_3 = 0) \quad (2\text{-}25)$$

$$-(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_{11}x(D_1 = 0) + \hat{\beta}_{12}x(D_2 = 0) + \hat{\beta}_{13}x(D_3 = 0) \quad (2\text{-}26)$$

$$= \hat{\beta}_{12} \quad (2\text{-}27)$$

Farklı yöntemlerle hesaplanan katsayıların yorumu benzerdir. Referans kategori belirlenerek işlemlerin yapılması durumunda yorumlar referans kategoriyle kıyaslama temeline dayanır. 4 kategorili bir nitel değişkenin ilk kategorisi referans kategori ve 3. kategorisi için katsayı β_1 ise "3. Kategori olması durumunun 1. Kategori olma durumuna göre e^{β_1} kadar risk faktörü olduğu" şeklinde yorum yapılır (Alpar, 2017).

2.5.9.2. Nicel Bağımsız Değişkenler için Katsayı Hesaplamaları

Nicel bağımsız değişkenler modele doğrudan dahil edilmesi durumunda; odds oranı nicel değişkendeki 1 birimlik artışın lojitte ne kadar artışa sebep olacağını belirtir. β_i nicel değişkenin katsayısı olmak üzere; nicel değişkendeki 1 birimlik artışın e^{β_i} kadar riski artırdığı söylenebilir (Alpar, 2017).

2.6. Richard Link Fonksiyonu

Büyüme modelleri; gözlemlenen verilerin zamana bağlı olarak modellenmesi ve bağımsız değişken(ler)in etkisi sonucunda gözlemlenen büyüme verilerinin modellenmesini temel almaktadır (Gregorczyk, 1998). Büyümenin sonsuza kadar aynı oranda sürmesi beklenen bir durum değildir. S eğrilerinde büyüme bir noktadan sonra yavaşlayarak devam eder. Yani eğrinin bir bükülme noktasının olması gerekmektedir. İkili lojistik regresyonda oluşturulan eğrinin esnekliği doğru sınıflama işlemleri için son derece önemlidir (Tachev, 2008; Gonska ve Tachev, 2009). Richard link fonksiyonu doğru sınıflama için doğru bükülme noktasının tespitinde kullanılabilecek bir fonksiyondur (Gürcan ve Demirelli, 2019). Richard link fonksiyonu ile ikili lojistik regresyon denklemi aşağıdaki gibi tanımlanır (Richards, 1959; Seber ve Wild, 1989).

$$\pi(x) = (1 + (m-1).(e^{-a}))^{\frac{1}{1-m}} \quad (2\text{-}28)$$

m=2 için

$$\pi(x) = (1 + (2-1).(e^{-a}))^{\frac{1}{1-2}} \quad (2\text{-}29)$$

$$= (1 + e^{-a})^{-1} \quad (2\text{-}30)$$

$$= \left(1 + \frac{1}{e^{a}}\right)^{-1} \quad (2\text{-}31)$$

$$= \left(\frac{1+e^{a}}{e^{a}}\right)^{-1} \quad (2\text{-}32)$$

$$= \frac{e^{a}}{1+e^{a}} \quad (2\text{-}33)$$

$$= \frac{1}{1+e^{-a}} \quad (2\text{-}34)$$

Görüldüğü üzere m=2 noktasında fonksiyon lojistik regresyon modeline eşit olmaktadır. Richard link fonksiyonu kullanılarak elde edilen modelde m'nin farklı değerleri için eğrinin büküm noktasında yatay eksende sağa veya sola doğru değişimler olmaktadır. Bu değişimlerle birlikte olasılık değerlerinde de büyüme ya da küçülmeler gözlemleneceği için bazı gözlemlerin tahmin edilen sınıflandırmaları da değişecektir. Richard link fonksiyonu kullanımındaki amaç; lojistik eğrinin veriye göre küçük ya da büyük bir bükülme noktasına sahip olması durumunda yanlış sınıflandırılan gözlemlerin sayısını azaltarak en yüksek doğru sınıflama oranına sahip modeli ortaya koymaktır.

3. YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Amacı

Bu araştırma; çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden biri olan ikili lojistik regresyonda mevcut yönteme alternatif bir link fonksiyonu kullanarak doğru sınıflandırma oranını artırmayı amaçlamaktadır.

3.2. Yöntem

Lojistik regresyonda modeli $P = \frac{e^a}{1+e^a}$ formülü (denklem 2-15) yerine m (1, 3] aralığında 0,01 artışlarla değiştirilerek Richard link fonksiyonu, $P = (1 + (m-1).(e^{-a}))^{\frac{1}{1-m}}$ (denklem 1-2) formülü kullanılarak olasılık değerleri hesaplanmış ve tahmin edilen sınıflama değerleri bu olasılık değerlerine göre elde edilmiştir. Richard link fonksiyonunun performansını değerlendirmek için dört farklı örneklem büyüklüğünde ($n_1 = 500$; $n_2 = 1000$; $n_3 = 5000$; $n_4 = 10000$) simülasyon senaryoları oluşturulmuş ve KOAH'ta risk faktörlerinin belirlenmesi amacıyla gerçek veriler toplanmıştır. Simülasyon senaryoları ile ilgili ayrıntılar Bölüm 3.2.1'de, gerçek verilerle ilgili ayrıntılar ise bölüm 3.2.2'de ayrıntılı bir şekilde aktarılmıştır.

3.3. Veriler

3.3.1. Simülasyon Senaryoları

Uygulama için R Studio paket programı kullanılarak n=500, n=1000, n=5000 ve n=10000 örneklem büyüklüklerinde 4 farklı senaryo oluşturulmuştur. Veri setlerinde, binom dağılımına uygun iki nitel, normal dağılıma uygun iki nicel olmak üzere toplam 4 bağımsız değişken ve iki düzeyli bir bağımlı değişken biner tekrarlı olarak türetilmiştir. Türetilen veriler R Studio paket programında; değişkenler stepwise yöntemle seçilerek lojistik regresyon analizi uygulanmıştır. Simülasyon senaryolarına ilişkin ayrıntılar tablo 3-1'de sunulmuştur.

Tablo 3-1: Simülasyon senaryoları

	Senaryo I	
	Bağımlı değişken (n=500)	
	Kodlama: 0 (n=250)	Kodlama: 1 (n=250)
Nicel değişken 1	Normal dağılım ($\mu = 20, \sigma = 10$)	Normal dağılım ($\mu = 30, \sigma = 10$)
Nicel değişken 2	Normal dağılım ($\mu = 40, \sigma = 10$)	Normal dağılım ($\mu = 50, \sigma = 10$)
Nitel değişken 1	Binom dağılımı (P=0,1)	Binom dağılımı (P=0,8)
Nitel değişken 2	Binom dağılımı (P=0,2)	Binom dağılımı (P=0,9)
	Senaryo II	
	Bağımlı değişken (n=1000)	
	Kodlama: 0 (n=500)	Kodlama: 1 (n=500)
Nicel değişken 1	Normal dağılım ($\mu = 20, \sigma = 10$)	Normal dağılım ($\mu = 30, \sigma = 10$)
Nicel değişken 2	Normal dağılım ($\mu = 40, \sigma = 10$)	Normal dağılım ($\mu = 50, \sigma = 10$)
Nitel değişken 1	Binom dağılımı (P=0,1)	Binom dağılımı (P=0,8)
Nitel değişken 2	Binom dağılımı (P=0,2)	Binom dağılımı (P=0,9)
	Senaryo III	
	Bağımlı değişken (n=5000)	
	Kodlama: 0 (n=2500)	Kodlama: 1 (n=2500)
Nicel değişken 1	Normal dağılım ($\mu = 20, \sigma = 10$)	Normal dağılım ($\mu = 30, \sigma = 10$)
Nicel değişken 2	Normal dağılım ($\mu = 40, \sigma = 10$)	Normal dağılım ($\mu = 50, \sigma = 10$)
Nitel değişken 1	Binom dağılımı (P=0,1)	Binom dağılımı (P=0,8)
Nitel değişken 2	Binom dağılımı (P=0,2)	Binom dağılımı (P=0,9)
	Senaryo IV	
	Bağımlı değişken (n=10000)	
	Kodlama: 0 (n=5000)	Kodlama: 1 (n=5000)
Nicel değişken 1	Normal dağılım ($\mu = 20, \sigma = 10$)	Normal dağılım ($\mu = 30, \sigma = 10$)
Nicel değişken 2	Normal dağılım ($\mu = 40, \sigma = 10$)	Normal dağılım ($\mu = 50, \sigma = 10$)
Nitel değişken 1	Binom dağılımı (P=0,1)	Binom dağılımı (P=0,8)
Nitel değişken 2	Binom dağılımı (P=0,2)	Binom dağılımı (P=0,9)

3.3.2. Gerçek Veriler

Gerçek verilerle uygulamalar için 500 KOAH olan ve 505 KOAH olmayan olmak üzere toplamda 1005 bireye soru formu (Ek-1) kullanılarak yüz yüze görüşme tekniği ile veriler toplanmıştır. Bireylerin demografik bilgileri tablo 3-2'de sunulmuştur. Gerçek verilerle uygulamalar 2 farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. İlk yöntemde; toplanan verilerin tamamı lojistik regresyon modeline dahil edilmiş, mevcut yöntemle olasılık ve sınıf değerleri elde edildikten sonra aynı katsayılarla Richard link fonksiyonu kullanılarak olasılık hesaplamaları yapılmış, doğru sınıflama yüzdesini maksimum yapan m değeri belirlenmiştir. İkinci yöntemde; verilerin %74,6'sı (n=750) ile lojistik regresyon uygulanmış, elde edilen katsayılar ile tüm m değerleri için doğru sınıflama sayıları ve oranları sunulmuş, doğru sınıflama yüzdesini maksimum yapan m değeri kullanılarak verilerin kalan %25,4'ü (n=255) için olasılık ve sınıflama değerleri elde edilmiştir.

Tablo 3-2. Bireylerin demografik bilgileri

	Öğrenme veri seti n (%)	**Test veri seti** n (%)	**Toplam** n (%)
Cinsiyet			
Erkek	461 (61,5)	176 (69)	637 (63,4)
Kadın	289 (38,5)	79 (31)	368 (36,6)
Sigara paket yil>10yil			
Hayır	406 (54,1)	149 (58,4)	555 (55,2)
Evet	344 (45,9)	106 (41,6)	450 (44,8)
Yakınlarda KOAH			
Hayır	495 (66)	184 (72,2)	679 (67,6)
Evet	255 (34)	71 (27,8)	326 (32,4)
Yakınlarda KOAH dışında akciğer hastalığı			
Hayır	575 (76,7)	190 (74,5)	765 (76,1)
Evet	175 (23,3)	65 (25,5)	240 (23,9)
Yerleşim yeri			
Diğer	227 (30,3)	104 (40,8)	331 (32,9)
Büyükşehir	523 (69,7)	151 (59,2)	674 (67,1)
Günlük egzersiz süresi>1 saat			
≤60 dk	607 (80,9)	244 (95,7)	851 (84,7)
>60 dk	143 (19,1)	11 (4,3)	154 (15,3)
KOAH			
Hayır	375 (50)	130 (51)	505 (50,2)
Evet	375 (50)	125 (49)	500 (49,8)
	Med (min-maks)	Med (min-maks)	Med (min-maks)
Yaş	52,5 (14-91)	52 (16-94)	52 (14-94)
VKI	26,40 (15,59-45,71)	25,54 (15,62-57,11)	26,13 (15,59-57,11)
Odun tezek kömür süre	0 (0-50)	0 (0-70)	0 (0-70)

4. BULGULAR

Tablo 4-1: Senaryo I sonuçları (n=500)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
369	1,85	373	367	1,72	371	375	2,94	381	370	1,86	374	387	2,47	392
250	2	250	381	1,75	389	257	3	262	367	2,43	370	372	2,39	379
251	3	253	254	3	260	250	2	250	372	2,34	377	381	2,63	384
382	2,65	387	378	2,33	381	368	2,09	370	391	2	391	373	1,69	377
383	2,41	390	384	2,13	386	376	1,14	380	381	2,43	388	376	3	382
272	3	280	389	2	389	390	1,82	395	375	2,71	392	276	3	287
354	1,93	356	256	3	267	382	2,02	384	385	2,26	388	252	3	256
371	1,41	378	367	2,47	378	269	3	285	366	2,97	377	251	3	254
384	1,04	389	270	3	286	375	1,23	381	373	1,88	376	375	1,32	379
367	2,42	377	394	1,15	403	381	2,8	382	392	1,03	399	251	3	254
265	3	273	373	1,24	377	385	2,13	386	257	3	260	369	2,32	375
387	2,21	390	380	1,03	386	397	2	397	260	3	269	367	1,34	373
373	1,8	378	250	2	250	382	2,47	384	387	2,18	392	372	2,97	378
252	3	256	382	2,63	388	386	2,77	394	389	1,3	395	378	1,74	386
390	2,29	391	385	1,02	390	255	3	261	370	2,33	373	266	3	282
372	1,61	381	380	1,59	387	388	2,52	390	254	3	260	265	3	274
376	2,27	380	254	3	259	370	1,63	378	370	1,38	380	374	3	380
277	2,97	282	381	1,6	389	373	2,89	379	377	2,33	378	376	1,87	381
379	2,56	385	259	3	264	277	2,98	294	255	3	257	372	1,97	374
375	1,57	389	363	1,32	374	384	1,11	396	376	2,62	381	383	2,2	390
400	1,71	402	376	2,44	381	360	2,22	364	376	1,97	377	265	3	272
391	2,76	394	374	2,28	382	352	1,65	362	386	2,38	387	396	1,42	398
382	1,74	389	266	3	270	383	2,54	391	393	1,35	396	250	3	251
374	2,36	379	388	3	393	277	3	296	390	2,77	394	388	2,86	402
369	2,16	373	256	3	262	378	2,54	387	379	1,41	389	366	2,82	370
395	1,97	398	266	3	272	382	2,34	384	256	3	266	380	1,85	384
379	1,26	390	256	3	259	262	3	270	388	1,19	392	272	3	282
377	2,97	384	260	3	270	250	2	250	383	2,31	386	367	1,53	377
386	2,96	391	375	2,67	378	255	3	259	255	2,89	258	379	1,52	386
270	3	279	374	1,62	380	381	2,89	389	375	1,68	381	268	3	275
378	2,19	380	384	1,81	389	379	2,66	383	252	2	252	267	3	279
386	1,94	390	370	2,54	374	385	1,04	393	261	3	263	368	2,87	378
391	1,57	398	370	1,41	381	260	3	269	380	3	385	380	2,18	385
397	2	397	375	1,68	381	255	3	256	266	3	277	387	2,47	391
379	2,41	388	388	2,12	391	252	3	256	380	1,53	382	381	2,14	383
365	1,39	375	382	2,77	390	367	2,68	375	381	2,85	387	368	1,66	373
374	2,84	378	250	2	250	379	2,63	386	383	2	383	254	3	258
377	1,41	387	365	1,09	370	274	3	283	250	3	254	386	1,68	393
377	1,55	381	254	3	264	382	2,8	386	250	3	251	250	3	253
385	1,24	388	253	3	257	375	1,73	378	379	2,93	383	390	1,78	391
370	2,57	374	391	2,7	396	376	1,03	386	343	1,65	351	362	2,68	371
395	1,12	397	383	1,95	384	251	2	251	383	2,23	385	386	1,39	398
265	2,61	266	382	2,32	385	394	1,87	399	250	2	250	386	1,99	387
375	1,25	381	259	3	269	364	1,26	375	374	1,35	385	388	2	388
386	2,99	387	252	3	258	372	1,28	378	405	1,69	411	288	3	296
367	2,95	374	373	1,4	382	387	2,31	392	275	3	297	250	3	252
355	3	364	376	2,53	379	374	1,92	380	387	2	387	363	2,47	366
379	1,4	384	365	2,88	373	266	3	274	368	1,6	379	363	1,95	364
257	3	263	258	3	267	385	1,21	389	380	1,03	386	368	1,42	376

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Tablo 4-2: Senaryo I sonuçları (n=500) (devamı)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
250	2	250	366	2,84	371	277	3	291	391	2,69	396	284	3	302
386	2,32	387	255	3	269	374	2,84	379	376	2,78	382	379	2,96	380
376	1,48	380	265	3	280	294	2,99	313	382	1,07	387	259	3	263
381	2,48	391	368	2,66	376	387	1,79	390	390	1,66	394	376	2,24	378
260	3	269	381	2,12	386	375	1,7	382	260	3	264	255	3	257
378	1,81	382	376	1,85	378	387	1,38	395	386	1,85	388	352	2,45	357
397	2,32	400	366	2,97	369	377	1,17	387	380	2,86	393	370	2,29	376
350	1,07	363	256	3	259	385	1,29	389	391	2,21	396	380	1,66	382
385	2	385	394	3	396	368	3	376	271	3	284	284	3	293
264	3	271	370	2,55	374	257	3	265	254	3	257	388	1,86	394
375	2,67	383	390	2,05	392	375	2,34	381	383	1,69	388	390	2,64	392
372	1,09	387	363	2,44	370	376	2,06	377	250	3	257	394	2,16	396
386	2,03	387	357	2,92	375	385	2,23	389	265	3	280	379	1,69	382
253	3	258	394	2,39	402	378	3	382	366	1,02	372	364	1,52	369
383	2,26	384	388	2,08	390	367	2,47	374	392	2,93	398	379	1,13	384
377	3	383	258	2,83	266	382	1,29	389	377	2,46	381	385	2,78	389
374	1,55	384	384	2,47	390	383	1,99	385	375	3	381	394	2,55	398
371	2,92	380	367	2,83	376	382	3	391	272	3	288	394	2,81	399
259	3	266	371	1,6	373	260	2,97	275	366	2,81	381	266	3	272
386	1,3	397	253	3	255	379	1,99	380	371	2,94	373	383	2,14	389
253	3	256	398	2,3	402	380	2,21	388	378	1,61	383	384	2	384
396	2	396	365	2,32	375	375	2,53	386	355	1,64	359	370	1,03	388
366	1,99	367	255	3	258	366	2,16	373	385	1,56	395	356	2,72	369
265	3	272	391	1,58	399	250	2	250	366	2,67	372	383	2,04	384
393	1,8	395	370	1,65	375	382	2,86	388	277	3	286	364	3	376
371	1,34	381	250	2	250	375	2,21	379	365	1,05	372	386	1,9	391
368	2,31	374	393	2,99	395	367	2,98	374	380	2,91	388	273	3	285
357	2,97	377	281	3	291	281	2,88	292	391	1,81	395	254	3	257
384	1,57	391	255	3	259	379	2,96	382	378	1,42	382	269	3	284
376	2,58	383	378	1,84	381	388	2,54	393	386	1,88	387	385	2,57	389
381	2,78	383	372	1,07	377	265	3	278	376	1,04	386	385	2,67	390
251	3	253	378	1,2	390	379	2,82	382	258	3	268	372	2,99	378
274	3	283	256	2,87	265	253	3	255	370	1,82	373	390	1,88	393
371	1,73	374	382	2,34	385	387	2,25	388	385	1,91	386	400	1,99	401
264	2,95	272	383	1,99	384	377	2,08	379	389	2,14	392	275	3	285
356	2,6	373	376	2,43	386	250	3	252	377	2,11	379	252	3	253
375	2,95	389	379	2,26	382	373	2,72	379	371	1,61	377	378	2,38	382
262	3	270	368	2,49	376	385	1,02	393	375	2,53	381	382	1,94	387
384	1,57	392	374	2,6	377	264	3	273	374	2,31	376	394	1,38	396
371	1,78	373	377	2,83	383	399	2,06	400	382	2,06	385	265	3	272
383	1,89	386	383	2,79	389	380	1,99	381	250	2	250	255	3	263
382	2,83	384	396	2	396	390	2	390	251	3	252	385	2,37	387
367	2,32	371	397	2	397	250	2	250	385	2,69	396	372	2,98	387
259	3	265	367	1,01	375	361	2,72	368	370	1,73	376	374	1,79	379
393	1,69	395	379	1,48	387	377	2,52	388	375	1,24	380	250	2	250
373	1,46	385	372	1,85	374	264	2,91	272	373	1,3	381	275	2,78	292
386	1,81	389	387	1,74	395	388	1,95	389	374	1,64	378	381	1,74	392
258	3	263	250	2	250	267	3	272	379	2,24	384	260	3	268
393	2,76	403	256	3	258	357	2,2	360	377	3	381	387	1,6	391
362	1,32	375	381	2,66	385	253	3	256	370	1,12	382	376	1,7	388
379	1,67	383	376	1,89	382	252	3	257	397	1,41	399	261	3	264
255	3	264	385	2,85	393	383	2,09	383	262	3	273	374	2,59	378
372	2,21	376	377	2,39	383	262	3	273	387	2,31	389	400	1,41	408

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Tablo 4-3: Senaryo I sonuçları (n=500) (devamı)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
259	3	262	387	2,81	392	386	2,25	390	250	2	250	393	2,32	396
377	2,51	381	391	2	391	390	1,43	391	266	3	275	389	1,38	392
374	1,42	381	391	1,9	393	383	2,31	385	380	2,95	387	388	2,36	399
384	2,26	387	375	3	385	257	3	266	382	2	382	385	1,13	390
367	2,99	379	375	1,59	381	392	2,89	398	264	3	279	385	2,74	392
367	1,18	379	375	1,41	376	258	3	266	390	2,44	393	391	2	391
387	2,18	390	264	3	271	386	3	391	386	1,48	393	383	2,68	392
383	2,06	385	254	3	256	383	1,32	391	389	1,87	393	375	2,77	383
368	1,33	370	374	2,7	377	263	3	267	396	2,16	399	372	1,33	376
393	2,42	400	365	1,27	368	372	2,68	378	365	2,35	370	380	2,15	382
267	3	273	255	3	260	372	2,62	380	370	1,43	376	385	1,92	389
252	3	259	256	3	258	375	2,17	377	379	1,38	383	254	3	264
390	2,16	393	398	2,92	405	371	1,43	381	375	2,35	380	266	3	277
381	1,14	388	250	2	250	377	2,46	385	253	3	261	256	3	259
392	2,21	396	378	2	378	375	2,32	377	389	1,32	394	251	3	254
254	3	257	279	3	298	394	3	396	389	1,69	392	287	3	301
388	1,83	391	379	2,21	381	384	2,31	387	391	2	391	389	2,79	399
377	2,43	390	381	2,49	384	400	2	400	378	2,29	384	370	2,86	376
398	2,86	405	250	3	252	386	2,34	390	395	2,1	396	258	3	265
384	1,81	390	280	3	296	263	3	271	384	1,03	389	384	1,7	389
274	3	289	388	1,62	396	373	1,49	384	262	3	271	379	1,59	381
270	3	288	376	2,61	380	375	2,32	383	284	3	296	258	3	262
268	3	282	384	1,33	391	385	2,12	387	385	2,28	388	278	3	288
276	3	284	274	3	285	382	1,5	388	269	3	279	379	2,2	384
377	1,18	379	380	2,15	383	353	2,82	364	388	3	394	394	2,23	396
395	2	395	382	1,65	391	372	2,97	384	376	1,65	381	255	3	259
272	3	283	371	1,26	390	377	2,44	378	374	1,29	386	382	1,57	388
374	3	381	375	2,72	380	394	1,98	396	359	2,83	366	387	1,26	391
390	2	390	371	1,36	378	269	3	282	273	3	286	254	3	256
384	1,19	387	372	1,78	375	381	2,81	384	364	1,12	368	257	3	260
373	1,21	378	393	1,79	396	256	3	257	391	1,71	395	256	3	265
368	1,86	377	258	3	263	386	1,62	391	387	1,74	389	275	2,93	287
381	1,28	387	269	3	289	272	3	278	395	2,57	397	380	1,55	384
257	3	264	271	3	283	386	2,31	387	384	1,34	392	371	1,53	378
381	2,5	390	380	2,25	383	272	3	285	255	3	261	272	3	279
375	2,68	383	384	2	384	369	2,86	377	371	2,97	380	392	2,48	397
272	3	279	378	1,72	386	358	3	371	384	1,4	393	369	1,3	381
291	3	301	401	2,47	409	379	2,29	382	386	2,01	387	271	3	287
251	3	255	369	1,74	371	381	2	381	251	3	255	250	2	250
282	3	303	399	2,21	400	267	2,99	284	377	2,05	379	404	1,01	410
373	3	383	384	1,06	389	370	2,64	377	378	2,93	381	250	3	251
384	2,79	391	253	3	257	380	2,02	383	266	3	274	363	2,34	373
379	1,31	387	250	2	250	369	2,64	375	364	2,72	370	376	2,39	384
259	3	267	394	2,11	397	375	2,78	381	380	1,24	387	261	3	270
369	1,41	374	390	2,13	391	385	2,1	386	375	2,45	379	285	3	294
387	2,18	389	272	3	281	382	2,86	389	264	3	274	379	2,26	383
265	3	278	260	3	273	256	3	265	381	1,72	387	253	3	254
372	3	380	389	2	389	363	2,38	370	376	1,08	377	378	1,54	381
389	1,85	394	405	1,76	410	379	1,34	382	254	3	259	378	1,23	381
379	2,33	384	255	3	259	255	3	260	379	2,43	380	372	1,51	378
377	1,41	380	381	2,9	386	359	1,39	363	380	2,94	388	376	2,72	385
267	3	275	384	2,26	388	381	1,49	387	377	1,76	381	377	2,55	383
400	2,39	404	379	1,49	389	259	3	270	266	3	276	375	2,8	383

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Tablo 4-4: Senaryo I sonuçları (n=500) (devamı)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
368	1,86	373	366	2,16	373	252	3	259	379	2,88	391	398	1,31	402
262	3	264	388	1,93	391	256	3	262	373	1,25	379	252	2,7	256
252	3	254	389	1,26	394	381	2	381	378	2,49	384	378	1,72	382
382	1,44	387	265	3	277	255	3	259	386	1,96	388	364	1,44	370
382	2,36	388	373	2,06	374	384	2,06	387	401	1,89	403	380	1,41	386
376	1,75	384	369	1,05	377	392	2,56	396	367	2,46	369	382	1,66	390
369	1,73	377	255	3	257	252	3	260	260	3	270	377	2,65	383
368	1,65	372	375	2,8	383	265	3	278	380	2,14	383	395	2,74	401
382	1,55	389	386	2,91	389	392	2,18	393	371	1,01	376	384	1,46	390
393	2	393	255	3	257	385	1,89	388	404	2,06	405	379	2,55	387
388	2,36	390	266	2,95	277	366	2,27	373	374	1,05	382	375	1,32	391
250	2	250	373	2,56	374	389	2,98	392	382	1,97	384	384	2	384
390	1,5	395	388	1,14	395	364	2,2	370	260	3	265	386	1,31	397
384	2,6	390	379	2,48	381	273	3	281	364	2,95	366	365	3	371
372	1,85	373	385	2,85	395	386	2,66	390	271	2,99	293	377	2,4	379
254	3	255	261	3	275	374	1,99	376	381	1,97	383	364	1,48	368
373	1,36	377	380	2,95	384	381	2,28	388	372	2,79	377	360	2,92	370
381	1,7	387	380	2,92	384	371	2,99	374	257	3	268	371	2,11	372
370	1,85	374	377	1,51	379	391	2,57	393	251	3	255	385	2,17	388
389	2,15	391	380	2,62	386	375	2,6	378	254	3	257	392	1,1	397
364	2,85	377	366	2,64	369	384	1,44	389	254	3	259	365	2,46	370
364	2,81	378	380	1,05	389	396	1,93	400	260	3	266	390	1,33	400
380	2,21	388	265	3	274	386	1,95	389	381	2,16	382	369	2,26	375
353	1,2	368	257	3	261	392	1,97	394	378	2,6	384	384	1,01	389
383	1,11	393	390	1,99	391	380	2,59	390	261	2,88	267	390	1,58	397
373	2,29	379	367	1,54	377	389	2,25	393	371	1,42	379	253	3	255
375	2,21	377	385	2,01	386	392	1,56	394	392	2,14	394	395	2,29	398
266	3	275	385	2,75	387	372	2,74	379	384	2,47	392	383	2,33	387
367	2,42	375	254	3	257	365	1,2	371	368	3	374	363	1,1	381
250	3	254	255	3	264	266	3	279	376	1,63	386	380	1,87	384
370	3	377	370	1,63	375	389	1,09	396	258	3	266	376	1,07	383
366	2,77	390	361	1,71	366	383	2,79	392	372	1,75	377	394	1,93	395
374	2	374	374	2,14	377	371	2,94	380	387	2,61	389	370	2,39	375
372	2,35	381	386	1,83	389	253	3	256	382	1,99	383	372	1,74	376
272	3	287	368	2,55	379	369	1,91	373	364	1,62	374	376	1,72	381
367	1,52	370	250	3	250	380	1,1	389	359	2,9	368	363	1,01	375
384	1,35	387	267	3	281	364	2,98	374	372	1,49	379	250	3	254
375	2,4	379	264	3	278	250	2	250	381	1,42	386	255	3	260
384	2,75	388	368	2,98	375	370	1,83	374	388	1,28	393	380	1,13	387
368	1,8	371	379	2,7	385	391	2,3	395	380	2,71	390	260	3	274
386	2,6	393	385	1,71	388	251	3	257	362	1,19	367	269	3	284
410	1,47	414	387	2,31	389	371	1,87	374	396	1,96	397	367	2,29	370
363	2,51	367	380	2,3	385	380	2,06	382	387	2	387	374	2,87	379
276	3	292	377	1,65	381	256	3	260	379	1,53	383	259	3	266
257	3	262	393	2	393	370	1,87	374	383	1,4	390	396	1,92	398

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Senaryo I sonuçları değerlendirildiğinde; bin denemenin %5,3'ünde (n=53) doğru sınıflama oranlarında artış gözlemlenmezken %94,7'sinde (n=947) çeşitli oranlarda artışlar saptanmıştır. Artış gözlemlenen 947 denemenin %65,9'unda (n=624) en yüksek doğru sınıflama oranını veren m değeri 2'nin üzerinde iken %34,1'inde (n=323) 2'nin altındadır (tablo

4-1; tablo 4-2; tablo 4-3; tablo 4-4). Senaryo I doğru sınıflama oranlarında meydana gelen artış yüzdeleri tablo 4-5'te sunulmuştur.

Tablo 4-5: Senaryo I artış yüzdelerinin dağılımları

Artış yüzdeleri	
Artış yok	53 (5,3)
%2'ye kadar artış	829 (82,9)
%2'den çok, %4'e kadar artış	114 (11,4)
%4'ten çok artış	4 (0,4)

Senaryo I sonucunda, bin denemeden 53'ünde doğru sınıflama oranlarında artış meydana gelmezken 829'unda %2'ye kadar, 114'ünde %2'den çok, %4'e kadar artış, 4'ünde %4'ten çok artış meydana geldiği tespit edilmiştir (tablo 4-5).

Tablo 4-6: Senaryo II sonuçları (n=1000)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
508	3	522	514	3	530	770	2,4	779	768	1,7	775	737	1,28	754
510	3	522	731	1,13	746	512	2,9	522	752	1,64	765	764	1,32	771
532	3	556	753	1,8	756	768	2,42	769	757	2,12	761	749	1,95	750
771	2,39	780	746	3	759	741	1,22	752	759	2,81	762	506	3	510
740	2,49	756	530	3	552	527	3	542	757	2,66	767	500	2	500
786	1,84	792	758	2,59	780	750	2,56	762	762	1,22	766	764	1,66	772
512	3	530	751	2,47	754	749	2,86	755	504	3	509	761	1,09	768
522	3	542	743	1,57	753	767	2,92	775	771	2,5	778	753	1,89	756
539	3	551	524	3	531	525	3	540	510	3	527	750	2,56	757
763	2,23	766	752	2,98	755	781	2	781	503	3	508	532	3	557
512	3	528	774	1,66	780	767	1,34	770	782	1,26	792	754	1,11	775
770	2,43	779	500	2	500	740	1,48	751	789	1,54	792	501	2	501
762	2,11	766	766	2,28	770	757	2,5	759	760	2,36	761	772	2,56	780
764	1,19	768	512	3	524	507	3	521	769	2	769	521	3	540
537	3	549	752	1,86	760	522	3	544	750	1,41	763	736	2,58	747
757	2,61	764	762	1,55	769	760	2,24	765	743	2,54	748	788	2,19	792
764	2,13	765	736	1,75	750	534	3	555	516	3	525	532	3	551
755	1,36	763	751	1,78	758	764	1,57	772	753	1,9	763	750	1,1	757
537	2,93	567	506	3	515	756	1,82	760	775	2,68	781	772	1,6	780
533	3	550	761	2,06	764	523	3	526	500	2	500	756	2,95	762
769	1,78	773	518	3	536	769	2,13	770	753	1,35	756	541	3	557
758	2,39	770	745	2,82	748	511	3	521	746	1,32	748	760	1,95	761
765	1,67	773	523	2,97	533	763	1,95	767	502	3	508	741	1,34	752
769	1,72	776	776	3	777	736	2,65	744	756	2,01	757	792	1,8	795
757	1,09	759	514	3	524	773	2,96	781	731	2,16	737	759	2,92	770
776	2,5	783	520	3	537	732	2,16	737	510	3	524	749	1,07	765
508	3	518	784	2,01	785	745	2,21	756	523	3	543	784	1,85	795
779	2,12	783	508	3	512	755	2,85	762	737	2,52	743	773	2,64	776
750	2,68	758	742	2,32	749	509	3	519	510	3	516	512	3	523
758	2,66	765	735	2,32	743	744	2,28	748	740	2,73	753	745	1,09	756
539	3	556	760	1,29	777	744	1,88	751	770	2,13	776	504	3	519
748	1,88	751	782	1,03	787	756	2,48	768	522	3	536	736	2,35	737
781	2,53	785	503	3	505	741	2,9	757	781	1,45	785	771	1,61	777
754	1,74	761	772	1,87	779	759	2,76	769	520	3	544	536	3	544
500	2	500	534	3	550	509	3	518	760	2,09	763	759	2,15	764
750	1,33	764	755	1,61	766	781	2	781	757	2,72	763	509	3	525
544	3	563	753	3	760	528	3	552	534	3	554	768	2,75	790
728	2,99	732	752	2,72	760	761	2,55	777	757	2,99	769	743	1,42	750
519	3	534	761	2,24	767	531	3	547	770	2,23	773	734	2,43	735
763	2,16	768	741	1,38	749	770	2,13	774	753	1,2	762	523	3	537
548	2,98	567	774	1,24	781	761	2,71	769	761	2,37	767	509	3	520
531	3	548	751	1,38	759	509	3	518	738	2,67	750	756	2,46	768
767	1,81	777	534	3	556	758	2,42	761	762	1,56	768	745	1,7	754
755	2,18	760	766	1,4	772	756	1,98	757	760	2,32	765	743	1,4	755
754	1,81	760	515	3	523	766	2,05	767	726	2,36	735	771	2,85	783
757	2,71	764	513	3	520	751	2,71	760	766	2,48	775	529	3	548
505	3	511	763	1,64	767	503	3	508	541	3	557	730	2,51	736
761	1,86	768	757	1,3	778	760	1,5	764	737	1,09	744	768	2,01	770
742	1,98	744	775	2,42	780	751	2,35	758	767	1,99	768	774	2,11	776
736	2,9	741	749	2,17	761	532	3	553	518	3	533	517	3	529
751	2	751	517	3	528	752	2,17	758	505	3	507	754	2,61	760
761	1,56	767	761	2,05	763	542	3	560	747	2,24	757	755	1,57	766

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Tablo 4-7: Senaryo II sonuçları (n=1000) (devamı)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
767	1,62	776	749	1,41	762	745	1,94	748	769	2,44	775	745	2,3	749
749	1,42	770	543	3	572	760	2,09	762	758	2,34	759	757	1,78	763
786	2,32	788	779	2	779	746	1,49	750	521	3	534	762	2,74	772
764	1,03	766	765	2,23	771	744	2,93	757	740	1,54	746	752	2	752
505	3	516	755	2,66	764	755	2,99	764	758	1,54	763	766	2,55	776
755	2,72	767	564	3	595	518	3	536	780	2,34	784	740	2,42	754
538	3	555	774	1,95	778	545	3	572	774	2,77	791	512	3	526
776	1,91	778	754	1,89	759	757	1,65	767	512	3	527	762	2,12	766
756	2,97	775	780	1,87	782	780	1,74	788	512	3	533	761	1,66	767
761	1,89	766	508	3	519	754	1,91	755	534	3	547	771	1,97	774
753	2,56	764	529	3	551	764	1,82	765	734	2,49	738	749	1,94	753
758	1,36	763	747	1,41	760	535	3	548	786	1,27	797	547	3	564
512	3	522	512	3	518	516	3	529	765	1,75	772	752	1,08	774
766	1,45	768	524	3	534	751	2,56	768	770	2,76	773	776	1,65	783
735	2,24	745	766	1,51	776	754	2,36	762	513	3	531	754	1,09	772
524	3	537	753	1,98	754	749	3	761	757	1,61	762	742	1,51	745
773	1,59	776	517	3	527	783	2,84	791	520	3	529	764	2,99	775
521	3	531	755	1,58	763	777	2,06	781	766	1,25	769	743	2,55	754
500	2	500	770	1,1	780	758	1,3	760	758	1,93	762	501	3	508
778	2,17	783	743	2,2	746	512	3	524	766	2,34	769	748	1,51	754
771	2,06	773	755	3	764	752	2,09	757	756	2,55	765	758	1,87	761
504	3	510	739	1,88	747	517	3	520	752	2,53	763	544	3	571
767	2,54	769	749	1,76	758	760	1,64	764	534	3	549	753	2,4	759
747	1,52	756	763	1,19	775	753	1,07	759	509	3	522	766	2,13	770
752	2,71	763	765	1,54	776	736	2,9	743	754	1,86	758	783	2,76	786
747	3	766	509	3	515	786	2,28	790	502	3	507	751	2,38	759
506	3	515	772	1,96	776	757	2,32	760	779	1,21	786	756	2,33	759
763	1,64	772	738	1,74	745	753	2,68	758	507	3	521	779	2,42	786
724	1,54	736	510	3	521	785	2,34	787	739	1,49	754	759	1,51	768
750	1,5	762	730	1,79	736	511	3	522	516	3	533	732	1,82	739
739	1,75	748	739	1,22	752	776	2,28	783	511	3	528	754	1,64	759
777	2,51	783	782	1,84	784	752	1,43	762	762	2,88	774	545	3	565
548	3	560	736	2,94	747	538	3	555	760	1,66	768	768	1,91	775
763	1,79	769	521	3	532	757	2,46	762	755	2,29	771	769	2,42	778
742	2,98	747	767	2,06	769	779	2,18	781	766	2	766	779	2,27	783
759	2,89	767	749	1,96	750	758	2,72	764	761	1,71	764	759	2,49	763
748	2,5	756	767	2,46	772	531	3	551	537	3	552	769	2,71	777
791	2	791	507	3	514	780	2,53	783	759	2,05	762	734	2,41	753
746	2,3	747	761	2,62	767	781	2,75	787	768	1,3	778	518	3	534
776	2,27	781	752	2,26	760	761	2,71	768	742	3	748	741	1,47	744
528	3	543	780	1,52	785	746	2,73	763	772	2,66	777	764	2,07	766
762	1,11	771	754	1,39	764	742	3	764	735	2,64	742	764	2,31	770
514	3	526	754	2,75	774	771	2,39	779	761	2,05	766	757	1,5	763
755	1,42	766	797	1,95	799	775	1,24	783	527	3	540	748	1,69	759
770	2,44	779	751	2,92	759	534	3	561	754	1,48	765	517	3	529
511	3	524	769	2	769	511	3	523	780	2,2	786	768	1,99	769
767	2,33	769	738	2,25	751	778	1,26	789	758	2,76	774	760	2,57	767
772	2,5	778	758	1,45	764	747	1,27	767	777	2,16	783	760	1,59	763
756	1,66	758	756	2,23	758	757	1,65	763	504	3	508	758	2,65	775
509	3	523	784	2,31	785	758	2,34	771	772	1,91	774	773	2,12	776
527	3	544	786	2,28	791	739	1,78	747	759	2,58	774	761	2,68	771
523	3	540	766	2,64	770	772	1,98	774	765	2,47	770	508	3	514
765	2,32	766	750	1,02	763	765	2,06	769	762	1,25	769	762	1,32	764

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Tablo 4-8: Senaryo II sonuçları (n=1000)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
745	2,84	753	504	3	512	510	3	522	751	1,79	755	518	3	533
767	1,28	775	768	1,92	772	777	2,34	785	771	1,51	778	749	1,87	756
762	1,49	779	786	1,94	788	739	1,29	752	759	2,63	767	732	1,79	741
757	2,22	769	764	2,35	768	772	1,77	779	755	2,49	763	762	2,04	764
510	3	516	763	2,81	770	776	2,51	785	514	3	529	509	2,98	521
772	2	772	754	1,69	764	747	1,85	752	752	2,13	757	500	2	500
549	3	577	761	2,58	766	756	1,19	758	500	2	500	502	3	505
759	2,23	761	786	2,04	787	753	2,24	758	752	1,22	759	511	3	516
517	3	532	752	1,22	766	768	2,15	771	531	3	548	735	1,83	741
514	3	528	759	1,21	778	749	1,81	754	531	3	550	763	1,7	774
765	2,19	769	524	3	536	732	2,17	735	752	1,26	759	765	1,57	775
765	2,77	781	779	2,72	787	760	1,99	761	523	3	549	754	1,65	755
770	1,39	775	762	1,92	763	764	1,81	770	736	2,55	755	753	2,42	761
771	2,98	778	505	3	515	749	1,64	757	517	3	529	758	2,7	765
744	2,17	751	745	1,76	753	525	3	543	741	2,47	767	777	2,27	783
754	1,12	770	777	1,48	781	776	2,52	777	744	1,58	762	742	2,66	755
526	3	548	512	3	527	746	2,2	751	762	2	762	515	3	526
762	2	762	508	3	518	755	1,31	768	514	3	528	765	2,3	775
768	1,36	773	763	1,7	767	750	2,43	758	762	2,18	770	766	1,15	775
778	2,59	785	536	3	561	751	1,08	757	520	3	539	767	1,7	775
759	1,58	768	753	2,34	757	504	3	509	786	1,52	798	527	3	543
765	1,76	770	775	2,69	787	767	1,76	774	752	1,8	760	778	1,02	784
767	2,89	786	507	3	512	758	2,16	762	758	2,52	770	742	2,37	752
515	3	526	770	1,74	776	500	2	500	761	1,71	766	522	3	539
745	1,75	747	749	2,49	759	784	2,31	787	752	1,43	764	522	3	541
756	1,06	774	762	2,73	769	749	1,46	751	516	3	526	758	2,41	774
795	1,92	802	775	2,9	778	742	2,22	749	753	1,16	776	762	2,1	766
782	2,19	789	772	2,12	773	771	2,04	773	746	2,22	757	759	1,64	766
756	2,74	765	760	2,56	768	503	3	507	522	3	535	533	3	555
756	1,86	767	757	1,97	758	770	2,06	771	501	3	508	742	2,59	763
761	1,55	767	746	2,5	754	500	2	500	513	3	521	753	2,68	765
516	3	526	769	1,56	778	521	3	533	768	2,07	774	736	2,51	746
742	2,93	751	743	2,65	748	746	2,53	754	771	2,32	774	754	1,9	759
743	1,18	753	538	3	573	764	2,52	771	513	3	521	772	2,57	784
765	1,69	775	755	2,12	759	760	2,4	768	775	2,21	778	749	2,19	750
520	3	536	768	2,25	777	761	1,51	775	528	3	540	769	2,9	774
727	2,54	732	735	2,82	745	540	3	568	511	3	518	762	2,86	770
743	2,86	753	741	1,81	747	731	1,99	732	528	3	552	763	1,76	768
769	2,62	786	790	1,41	797	746	2,37	747	516	3	529	782	1,94	784
779	2,49	783	507	3	521	761	1,97	763	513	3	521	742	1,8	750
756	1,6	760	766	1,78	769	765	2,89	773	530	3	544	514	3	528
756	1,96	757	741	2,86	751	743	2	743	767	2,97	775	756	1,1	766
767	1,93	769	527	3	540	751	1,68	759	789	1,97	791	765	1,72	770
757	2,25	764	757	1,84	765	770	2	770	752	2,86	754	747	1,69	752
760	2,43	770	763	1,21	771	758	2,04	764	763	2,3	768	752	1,8	754
763	1,25	768	522	3	535	740	2,41	749	765	1,89	770	751	2,67	764
756	2,04	759	500	2	500	517	3	531	500	2	500	763	1,35	775
524	3	540	747	1,92	751	740	2,34	748	760	1,73	772	757	2,44	768
749	2,59	757	753	1,8	760	749	1,4	757	771	1,58	775	737	2,26	750
512	3	521	759	1,35	770	753	1,12	770	786	2,43	794	506	3	515
744	2,67	757	510	3	522	758	2,65	772	744	2,44	750	758	1,1	765
739	2,41	744	745	2	745	747	1,7	754	737	2,11	740	757	2,16	761
745	2,41	751	553	3	573	774	2,17	778	769	2	769	750	1,95	753

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Tablo 4-9: Senaryo II sonuçları (n=1000) (devamı)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
747	2,77	763	766	2	766	748	1,89	755	527	3	542	761	2	761
795	1,92	797	723	2,36	734	501	3	507	752	2,25	757	737	2,89	752
514	3	524	778	2,12	781	512	3	516	745	2,48	753	762	2,52	767
773	2,16	776	734	2,55	742	752	2,17	759	763	1,6	772	745	2,28	754
769	2,85	779	767	2,2	773	771	2,42	777	521	2,91	535	744	2,77	758
736	2,61	743	746	2,18	758	743	1,85	745	521	3	544	784	2,16	788
764	2,29	770	776	2,73	785	772	2,28	775	524	3	550	515	3	523
747	2,07	751	764	2,82	773	777	2,36	780	503	3	508	500	2	500
745	2,1	746	511	3	530	525	3	542	520	3	537	533	3	552
756	2,33	766	737	2,63	752	757	1,94	760	782	2,57	792	514	3	525
755	2,45	756	772	1,65	787	776	2,04	780	737	2,05	740	525	3	542
754	1,14	769	517	2,98	524	742	2,88	749	515	3	523	753	2,87	755
762	2,68	777	774	2,15	778	749	1,61	757	788	1,79	797	521	2,99	557
764	2	764	740	2,51	744	776	2,24	782	517	3	534	503	3	509
756	2,27	762	764	1,02	771	737	1,21	759	767	2,03	768	759	2,97	779
752	2,89	763	752	2,16	757	750	1,84	759	500	2	500	747	2,44	753
776	1,75	778	762	1,4	767	737	2,3	744	772	1,14	780	755	1,82	758
509	3	519	747	2,12	753	755	1,7	766	755	2,17	756	518	3	530
518	3	533	757	2,74	764	522	3	537	746	2	746	763	2,21	771
738	1,17	750	753	2,37	761	758	1,3	763	506	3	514	747	1,55	757
768	2,58	777	760	2,16	763	755	2,88	760	754	2,13	755	763	1,41	777
535	3	551	763	1,12	779	558	3	579	508	3	513	518	3	535
535	3	553	529	3	544	746	2,25	753	526	3	542	727	2,22	732
754	2,21	763	778	2,49	782	760	1,71	764	774	2,3	777	773	2,78	776
500	2	500	740	1,25	750	743	2,38	758	512	3	523	776	2,09	778
781	2,53	786	751	2,18	758	761	1,38	768	743	2,36	752	769	2,4	775
742	2,18	746	564	3	594	539	3	563	748	1,14	756	761	2,27	770
507	3	516	766	2,7	779	521	3	534	761	1,94	762	759	1,01	766
751	2,73	761	753	1,48	761	764	2,14	766	507	3	516	748	2,86	758
748	3	776	515	3	532	775	2,39	790	507	3	518	519	3	537
754	1,94	759	782	2,15	789	513	3	516	765	2,08	768	746	2,39	757
765	1,83	767	527	3	543	763	2,14	767	507	3	515	506	3	513
738	1,47	750	751	1,97	754	754	2,56	760	760	2	760	726	2,46	738
503	3	507	528	3	548	773	2,45	777	541	3	557	760	1,81	767
753	2,35	759	517	3	534	739	2,66	755	523	3	542	760	1,94	765
755	1,02	774	538	3	548	755	2,07	759	510	3	513	758	1,22	773
768	1,88	773	728	2,89	735	756	2,21	758	740	2,89	749	763	1,2	769
500	2	500	784	2,32	787	780	1,81	787	761	2,42	775	753	2,79	774
748	2,12	752	791	1,81	792	515	3	518	753	2,03	754	774	2,29	776
772	2,06	773	525	3	540	762	1,17	774	765	2,97	767	763	1,68	768
767	1,65	776	750	1,4	771	746	1,19	765	534	3	553	510	3	517
777	1,97	780	782	1,2	786	759	2,44	764	769	1,88	778	525	3	530

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Senaryo II sonuçları değerlendirildiğinde; sonuçların 37'sinde doğru sınıflama oranlarında artış gözlemlenmezken 963'ünde çeşitli oranlarda artışlar saptanmıştır. Artış gözlemlenen 963 denemenin %67,8'inde (n=653) en yüksek doğru sınıflama oranını veren m değeri 2'nin üzerinde iken %32,2'sinde (n=310) 2'nin altındadır (tablo 4-6; tablo 4-7; tablo 4-8; tablo 4-9). Senaryo II doğru sınıflama oranlarında meydana gelen artış yüzdeleri tablo 4-10'da sunulmuştur.

Tablo 4-10: Senaryo II Artış yüzdelerinin dağılımları

Artış yüzdeleri	n (%)
Artış yok	37 (3,7)
%2'ye kadar artış	918 (91,8)
%2'den çok, %4'e kadar artış	45 (4,5)

Senaryo II sonucunda, bin denemeden 37'sinde doğru sınıflama oranlarında artış meydana gelmezken 918'inde %2'ye kadar, 45'inde %2'den çok, %4'e kadar artış meydana geldiği tespit edilmiştir (tablo 4-10).

Tablo 4-11: Senaryo III sonuçları (n=5000)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
2542	3	2593	3867	2,24	3882	2563	3	2635	3891	2,26	3895	3742	2,34	3767
3817	1,8	3826	3771	2,41	3791	3757	2,27	3773	3797	2,33	3813	3817	2	3817
3743	2,36	3753	2602	3	2688	3785	2,51	3805	3811	2,28	3820	2591	3	2655
3775	1,27	3788	3798	1,83	3800	3789	1,99	3790	3779	2,31	3799	3823	2,22	3837
3820	1,74	3834	3813	2,18	3818	2500	2	2500	3795	1,89	3810	2584	3	2655
3774	1,78	3787	3778	2,69	3799	2584	3	2638	3778	2,34	3798	3838	2,51	3850
2613	3	2704	3754	1,88	3765	2579	3	2638	3794	1,32	3801	2654	3	2756
3795	2,34	3814	2554	2,98	2609	2608	3	2691	2592	3	2656	3807	1,75	3829
3731	1,8	3745	3846	2,1	3855	3804	1,78	3814	3819	2,61	3833	3792	2,23	3795
2588	3	2647	2500	2	2500	3843	2,15	3851	3786	2,7	3804	2550	3	2601
3793	1,91	3797	3812	1,88	3824	3789	1,22	3826	3806	1,64	3827	3763	1,33	3786
3835	1,78	3837	2634	3	2725	3814	2,08	3817	3781	2,11	3789	3810	2,36	3826
3828	2,56	3845	3808	1,72	3813	2562	3	2625	3830	1,97	3837	2596	3	2662
3750	2,5	3776	3832	2,09	3837	3813	2,23	3818	2584	3	2648	2565	3	2633
3802	2,26	3818	3850	1,93	3865	3815	2,24	3828	3818	2,1	3823	3818	1,87	3833
3821	1,61	3829	3786	1,76	3798	2581	3	2646	3832	2,51	3850	3766	2,22	3778
3746	2,41	3750	3843	1,99	3846	3793	2,68	3804	3816	2,14	3825	3746	1,74	3765
2630	3	2739	3786	2,1	3796	2614	3	2682	2596	3	2660	3807	1,7	3824
3829	1,48	3841	3800	2,49	3807	3805	2,07	3811	2656	3	2744	3780	2,33	3793
3771	1,75	3796	3759	2,49	3764	2617	3	2695	3758	1,81	3777	3815	1,02	3826
3796	1,79	3811	3790	2,39	3796	2596	3	2654	2581	3	2640	3848	2,24	3861
3836	1,51	3845	3791	1,87	3799	3829	2,05	3837	3801	2,48	3806	3797	2,4	3812
3804	1,81	3816	3789	1,76	3809	3756	2,53	3772	3837	2,25	3846	3779	2,37	3796
3808	1,77	3817	3762	1,08	3790	3743	1,44	3772	2574	3	2633	3748	2,81	3764
3741	1,81	3758	3850	1,75	3868	2572	3	2639	3826	2,23	3840	2576	3	2627
3791	2,11	3795	3761	1,73	3772	3823	2,35	3832	3786	2,18	3793	3813	2,13	3824
3772	2,11	3785	3790	2,24	3798	3788	1,91	3795	3766	1,92	3777	2592	3	2685
2620	3	2699	2574	3	2637	3844	2,1	3852	3821	1,89	3837	3803	1,87	3808
3791	1,6	3803	3803	2,3	3812	3797	1,81	3810	2591	3	2668	2500	2	2500
3828	2,14	3841	3808	1,56	3815	2500	2	2500	3844	2,24	3852	3803	2,09	3812
3817	2,12	3824	2610	3	2689	2614	3	2689	3799	2,25	3809	3801	2,24	3812
3774	1,96	3778	3763	2,25	3765	3813	2,01	3818	2545	3	2593	2553	3	2605
3806	1,93	3813	3845	2,7	3857	3793	2,62	3803	3813	2,09	3818	2619	3	2683
3784	2,11	3798	2596	3	2667	3823	1,99	3826	3850	1,99	3852	3799	2,56	3820
2615	3	2712	3780	2,38	3809	3818	1,85	3822	3830	1,74	3848	3816	2,04	3818
3815	1,46	3836	2575	3	2651	3778	1,75	3796	3769	2,09	3779	3797	2,28	3806
3792	2,04	3799	3788	2,24	3802	3803	2,23	3811	2585	3	2639	3775	1,58	3783
2578	3	2664	2605	3	2678	3848	1,99	3850	2596	3	2672	3766	2,23	3771
3830	2,07	3839	3872	2,38	3889	3781	2,4	3798	3830	2,05	3839	3738	2,32	3744
2555	3	2616	2614	3	2699	3761	2,7	3794	2668	3	2777	2593	3	2669
3837	1,98	3841	3834	2,23	3840	3792	2,24	3810	3819	2,14	3828	3857	2,12	3868
3849	1,91	3855	3801	2,02	3802	3836	1,94	3848	3827	2,37	3853	3779	2,93	3807
3818	1,8	3823	2643	3	2729	3808	2	3808	3813	2,16	3822	3786	2,02	3790
3813	2,02	3815	3758	2,26	3777	3798	1,18	3838	3838	1,14	3854	3830	2,24	3847
2575	3	2637	3845	1,98	3848	3823	2,63	3830	3814	1,91	3823	3851	2	3851
2587	3	2656	3807	2	3807	2649	3	2753	3772	1,1	3790	3807	2,45	3811
3840	2,45	3853	3785	2,74	3807	2530	3	2556	2565	3	2618	2594	3	2661
3803	2,28	3820	2629	3	2710	3815	2,38	3835	3812	1,37	3836	3828	2,27	3845
3820	1,84	3831	2580	3	2650	3814	2,25	3836	3825	2,16	3832	3783	1,84	3794
2581	3	2647	3839	1,9	3846	3771	1,46	3789	2631	3	2708	3770	1,5	3792
3836	1,81	3854	2562	3	2626	2600	3	2669	3791	2,61	3803	3824	2,35	3840
3840	1,25	3858	3798	1,71	3814	3729	1,67	3750	3801	2,08	3808	3804	1,91	3810

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Tablo 4-12: Senaryo III sonuçları (n=5000) (devamı)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
3806	2,2	3824	3725	2,5	3757	3848	2,69	3867	3776	1,61	3781	3791	1,58	3801
3839	1,85	3844	3800	2,38	3812	3844	2,01	3846	3805	2,15	3810	2582	3	2641
3795	1,66	3810	3867	2,09	3872	3799	1,97	3802	3802	1,66	3814	2583	3	2660
3795	1,76	3818	3785	2,23	3803	2642	3	2715	3735	1,61	3745	2604	3	2690
3761	2,63	3795	2627	3	2730	3744	2,14	3751	3826	2,12	3830	3760	1,76	3777
3815	2,31	3822	3773	1,92	3787	3819	2,59	3834	3809	2,64	3824	3800	1,63	3814
3813	1,88	3820	2500	2	2500	3755	2,34	3791	3802	1,83	3817	2500	2	2500
3806	2	3806	3804	1,94	3812	2597	3	2665	3838	1,91	3843	3811	2,18	3819
3797	1,6	3807	2611	3	2675	3785	2,29	3790	3799	1,99	3802	3795	1,84	3803
2606	3	2674	2551	3	2591	3779	2,15	3792	3779	1,44	3791	3808	2,26	3817
3740	1,41	3760	2564	3	2631	2579	3	2630	3781	2,47	3784	3824	2,13	3842
3823	2,12	3826	3845	1,98	3847	3821	2,21	3829	2594	3	2659	3807	1,6	3818
3811	2,71	3820	3819	1,86	3832	3810	2,13	3815	2603	3	2666	3802	1,88	3808
3774	1,6	3799	3764	1,36	3782	2630	3	2706	3733	2,59	3748	3796	1,86	3806
2552	3	2598	2565	3	2643	3813	1,86	3827	3836	2,09	3846	3807	1,96	3813
3793	1,62	3807	3761	1,89	3776	3779	2,36	3795	3742	1,86	3762	3807	1,89	3816
2539	3	2585	3817	1,94	3823	3737	2,53	3758	3772	2,32	3783	3819	2,1	3834
2598	3	2681	3826	1,97	3831	3855	2	3855	2574	3	2649	2500	2	2500
2564	3	2609	3800	1,42	3828	3753	2,33	3768	3830	1,28	3843	3835	2,05	3842
2557	3	2600	3780	2,09	3784	3815	1,62	3837	3760	2,48	3769	2605	3	2678
3742	1,72	3760	3794	2,22	3810	3762	2,54	3766	3776	2,59	3786	2608	3	2693
2623	3	2698	3766	2,51	3790	2597	3	2671	2637	3	2725	3822	2,51	3832
2654	3	2734	3770	2,2	3784	3811	1,78	3819	3770	2,29	3785	3775	2,24	3784
3778	1,47	3798	2635	3	2731	3734	2,29	3758	3818	2,68	3844	3812	1,91	3820
2582	3	2644	3758	2,45	3767	3825	1,97	3828	3764	1,78	3776	2577	3	2653
3798	1,68	3813	3808	2,14	3819	3793	1,83	3806	2560	3	2614	3813	2,3	3833
3785	2,05	3792	3737	2,14	3744	2547	3	2598	3801	1,73	3816	3822	2,03	3826
3880	2,2	3881	3751	2,04	3759	3837	2,54	3845	2603	3	2686	3826	2,48	3840
2592	3	2662	3739	2,73	3751	2566	3	2614	3793	2,43	3795	3839	2,36	3842
3770	2,46	3775	2566	3	2619	2580	3	2644	3769	1,35	3784	3828	1,54	3833
2586	3	2639	3811	1,98	3816	3809	2,29	3819	3822	1,31	3834	2606	3	2681
3772	2,51	3781	3787	1,47	3801	3795	1,82	3809	3851	2,11	3857	3820	1,83	3839
3752	2,53	3774	3798	1,96	3801	2594	3	2666	3828	2,75	3840	3759	1,86	3770
2590	3	2642	3893	2,28	3905	3850	2,32	3856	3865	2,15	3875	3758	2,04	3761
3791	2,19	3805	3735	2,08	3741	3804	2,05	3807	2601	3	2676	3825	2,06	3828
2553	3	2615	3756	1,57	3777	3794	2,12	3799	3779	1,35	3795	2621	3	2708
2578	3	2643	3849	2,47	3866	2593	3	2676	3786	1,74	3800	3774	1,8	3781
2553	3	2610	2563	3	2623	3800	2,32	3813	3769	1,38	3793	2566	3	2639
3782	2,05	3785	3791	2,11	3800	2680	3	2753	3793	1,98	3796	3765	2,12	3783
2574	3	2658	3811	2,1	3817	2610	3	2677	3769	2,1	3777	3778	1,95	3784
2605	3	2669	3810	1,84	3818	3798	1,98	3800	3833	1,95	3840	2589	3	2667
3766	1,87	3773	3820	2,53	3834	3786	1,84	3800	3856	2,01	3859	3779	1,91	3785
3854	2,19	3871	3806	2,03	3809	3846	1,94	3853	3805	1,61	3829	3757	1,96	3759
3816	1,97	3820	3778	1,82	3789	3789	1,41	3819	3801	2,11	3805	3769	2,17	3785
3784	1,99	3785	3769	2,02	3770	2611	3	2697	2555	3	2607	3751	2,21	3758
3806	1,9	3823	3773	2,47	3792	3763	2,16	3784	2552	3	2616	3850	2,14	3853
3846	1,91	3854	2559	3	2600	3794	1,96	3801	3807	1,79	3826	3789	1,69	3811
3795	2,54	3803	3796	1,52	3819	3836	1,51	3858	3805	2,54	3816	3761	1,56	3783
3787	2	3787	3794	2,64	3809	3784	1,55	3800	3852	1,92	3859	3779	2	3779
3804	1,6	3830	2634	3	2721	2559	3	2616	2586	3	2663	3798	1,52	3809
2592	3	2669	2623	3	2713	3799	1,95	3811	3803	2,73	3823	3759	2,68	3796
2619	3	2693	3798	1,59	3811	3805	1,75	3825	3817	2,48	3834	3825	2,22	3829
3804	1,31	3822	2618	2,99	2699	3778	2,28	3801	2611	3	2694	2580	3	2633

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Tablo 4-13: Senaryo III sonuçları (n=5000) (devamı)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
3841	2,1	3854	2571	3	2637	3779	2,35	3804	3873	2,06	3875	2570	3	2628
3813	2,42	3848	3811	2,2	3823	3808	1,86	3814	2537	3	2577	3813	2,17	3818
3786	1,86	3796	2558	3	2613	3783	2,26	3808	3821	2,21	3833	3820	1,83	3839
3778	1,87	3786	3819	2,22	3824	3777	2,12	3787	3813	1,91	3815	3819	1,68	3826
2569	3	2639	3785	2,58	3811	2604	2,99	2682	3805	2,17	3814	3798	1,97	3803
3777	2,71	3795	2567	3	2618	3747	1,3	3769	2553	3	2620	2609	3	2682
2600	3	2680	3771	2,15	3789	2544	3	2581	3803	1,41	3816	3782	2,58	3802
3746	1,91	3762	3803	2,69	3833	3823	1,9	3832	3822	1,74	3845	3821	2,49	3841
3848	1,99	3849	2601	3	2682	2625	3	2713	3807	2,68	3830	3766	2,24	3787
3766	1,9	3773	3829	2,67	3846	3757	1,64	3771	3806	2,48	3825	3794	1,8	3801
2593	3	2676	3841	2,31	3864	3830	2,48	3837	3814	1,68	3825	3771	2,2	3782
3801	1,84	3815	2600	3	2654	2571	3	2648	3821	1,85	3834	2596	3	2659
2634	3	2701	2610	3	2661	3851	2,46	3860	3787	1,95	3797	3798	2,25	3812
3802	2,32	3803	3833	1,97	3837	3774	2,54	3808	3806	1,98	3809	3842	1,7	3845
2619	3	2717	2555	3	2613	3832	2,5	3852	3726	1,85	3750	3797	2,41	3810
3809	2,23	3813	2500	2	2500	3798	2,46	3808	2623	3	2695	3825	1,69	3839
2603	3	2673	2586	3	2634	3782	2,45	3786	2578	3	2644	2597	3	2673
3810	2	3810	3806	2,07	3822	3801	1,99	3803	2569	3	2622	2586	3	2645
2500	2	2500	3820	2,47	3842	2595	3	2651	3745	2,02	3747	3759	2,35	3776
3774	2,3	3787	3843	2,13	3848	3829	2,04	3834	2500	2	2500	3819	1,1	3840
3739	1,45	3754	2614	3	2683	3817	2,02	3821	3826	1,87	3838	2589	3	2674
3815	2,45	3844	2551	2,99	2607	2554	3	2597	3834	2,29	3839	3798	1,92	3800
2529	3	2568	2667	3	2748	3783	2,1	3794	3834	2,12	3837	3810	1,93	3819
3789	1,88	3804	3802	1,27	3812	3822	1,56	3847	3809	2,21	3816	2575	3	2648
2591	2,97	2642	3807	2,11	3816	3779	1,81	3788	3816	2,21	3824	3773	1,87	3784
2500	2	2500	3846	1,64	3871	3871	1,99	3873	3841	1,81	3861	3830	2,11	3842
3845	1,74	3858	2593	3	2658	3839	2,4	3856	3824	2,04	3827	2500	2	2500
3780	2,49	3785	3777	1,62	3786	3849	2,1	3852	3825	1,63	3847	3764	1,97	3770
2584	3	2650	3808	1,87	3819	3785	2,28	3799	3829	1,92	3840	2554	3	2600
3728	2,56	3753	3821	1,51	3856	3817	1,93	3822	3838	1,73	3843	2629	3	2727
3796	2,4	3810	3824	2,51	3853	2528	3	2556	3816	2,25	3828	3804	2,07	3809
3802	1,92	3810	2545	3	2600	2613	3	2695	3806	2,35	3816	3761	2,05	3771
3783	2,25	3799	3785	2,32	3798	2500	2	2500	3829	2,47	3839	2596	3	2671
3832	2,15	3835	3778	2,05	3784	3809	2,08	3820	2592	3	2648	2574	3	2636
2571	3	2616	2593	3	2651	3783	2,45	3807	3806	2,1	3822	2617	3	2703
2609	3	2688	2588	3	2644	3793	1,79	3803	3842	2	3842	3827	1,82	3838
3820	1,55	3825	2594	3	2657	3852	1,98	3855	3759	1,57	3788	3786	1,29	3799
2598	3	2675	3761	2,12	3768	2602	3	2674	3796	1,75	3808	2573	3	2623
3783	2,11	3795	2594	3	2656	3868	2,13	3872	3773	2,73	3802	2628	3	2705
3764	1,78	3778	3809	1,85	3826	3768	2,55	3803	3748	2,33	3762	3784	2,36	3804
3771	2,32	3809	2581	3	2645	3773	2,23	3787	3804	1,17	3816	2570	3	2618
3762	1,46	3773	3808	1,82	3819	2572	3	2623	3789	2,2	3804	2583	3	2646
3796	2,21	3802	3789	2,23	3807	2573	3	2640	3803	2,17	3812	2590	3	2641
2570	3	2639	3797	2,05	3806	2536	3	2580	3770	1,23	3798	3744	2,46	3770
3754	2,14	3763	2610	3	2701	3831	1,75	3846	3745	2,62	3762	3826	1,5	3844
3795	2,3	3804	3802	2,17	3813	2500	2	2500	2606	3	2683	3821	2,4	3832
3848	2,34	3869	2565	3	2611	2626	3	2715	2500	2	2500	3847	1,79	3856
2579	3	2644	3833	2,24	3845	3822	2,02	3827	2564	3	2625	3794	2,55	3808
3832	2,03	3836	3822	1,85	3832	2616	3	2692	3787	2,78	3815	3740	2,28	3770
3873	1,66	3882	3834	1,95	3840	3829	2,13	3840	3814	1,67	3823	3792	1,82	3803
3753	2,16	3772	3806	1,92	3811	3840	2,12	3850	2500	2	2500	3843	1,83	3857
3773	2,04	3783	3797	2,17	3813	3867	2,08	3874	3823	2,12	3828	2586	3	2653
3777	1,31	3791	3807	1,49	3814	3855	2,15	3857	3833	2,14	3834	3778	2,16	3791

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Tablo 4-14: Senaryo III sonuçları (n=5000) (devamı)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
3790	2,06	3800	3787	1,82	3800	3791	1,42	3825	2650	3	2774	3805	1,6	3821
3823	1,81	3833	3829	1,77	3840	2593	3	2675	3802	2,66	3815	3739	1,61	3746
2584	3	2658	3817	2,31	3823	2500	2	2500	3818	2	3818	3781	2,27	3792
3803	2,3	3815	3809	2,28	3817	3827	1,54	3852	2570	3	2632	3811	1,9	3816
3813	2,28	3818	2590	3	2676	2582	3	2652	3787	2,08	3793	3789	1,76	3806
3777	1,82	3792	2556	3	2603	3796	1,62	3810	3861	1,98	3865	2576	3	2642
3732	1,52	3742	3784	1,93	3789	3795	1,98	3798	3816	2,2	3833	2500	2	2500
3833	1,84	3844	2617	3	2697	3800	1,53	3818	3841	2,04	3843	3750	2,21	3758
2595	3	2669	3825	2,62	3871	2667	3	2778	3791	2,3	3807	3839	2,33	3852
2594	3	2667	2577	3	2645	3834	2,01	3837	3763	1,86	3776	2632	3	2744
3812	2,32	3816	2620	3	2698	3839	2,1	3847	3776	1,76	3789	3830	1,84	3842
3803	1,54	3815	3817	2,64	3819	3790	1,5	3807	2608	3	2677	3866	2,21	3880
3807	2,51	3817	3766	1,78	3781	3797	1,8	3799	2613	3	2693	2564	3	2633
3780	2,15	3787	2561	3	2621	3823	1,41	3842	3834	1,92	3848	3811	2,59	3828
2552	3	2598	3835	2,2	3847	3806	2,72	3833	3836	2,38	3853	3747	1,78	3760
3811	2,19	3829	2565	3	2617	3818	1,72	3848	3801	1,98	3809	3784	1,6	3807
3741	1,72	3760	2612	3	2694	2600	3	2673	3842	1,91	3845	3796	2,41	3809
3818	1,9	3827	3776	1,94	3783	3799	2,3	3816	3823	2,17	3832	3827	2,14	3836
3815	1,53	3827	3839	2	3839	3754	2,55	3771	3806	2,29	3816	3840	2,27	3847
3842	2	3842	3799	2,44	3818	3808	1,73	3822	3759	2,45	3772	3783	2,42	3807
3817	1,48	3826	3784	1,82	3789	2609	2,97	2683	3779	2,44	3791	3799	1,88	3813
3831	1,9	3837	3759	1,99	3761	2590	3	2657	2607	3	2682	3809	1,82	3813
2605	3	2688	2563	3	2626	3791	1,65	3810	2557	3	2621	2620	3	2701
3805	1,54	3830	3841	1,97	3849	3840	1,98	3845	2527	3	2578	3788	1,58	3815
3831	2,07	3840	2578	3	2638	3777	2,28	3802	2615	3	2689	3768	2,26	3787
3876	1,9	3886	3799	2,19	3808	3768	2,1	3781	3805	2,17	3821	3840	2,58	3858
3883	1,91	3887	2582	3	2650	3786	2,26	3797	3782	1,97	3783	3840	1,92	3854
2586	3	2649	2606	3	2667	2557	3	2617	3799	1,47	3807	3812	1,49	3845
2598	3	2674	3766	1,58	3778	3762	2,48	3770	2550	3	2613	3804	1,87	3816
3761	2,69	3781	3833	2,24	3851	3822	1,96	3835	3798	2,15	3808	3840	2,04	3846
3813	1,93	3814	3778	1,46	3782	2554	3	2594	3781	2,05	3784	3786	1,43	3796
2653	3	2741	3833	2,01	3837	3764	1,5	3776	2582	3	2648	3765	1,77	3771
2555	3	2615	3733	1,8	3750	3769	2,62	3775	2613	3	2680	3799	2,37	3819
3779	2,74	3797	2577	3	2648	3803	2,38	3824	3794	2,37	3814	3781	1,72	3799
2543	3	2603	3798	2,42	3804	3815	1,81	3819	2601	3	2676	3814	2,26	3827
3767	1,91	3776	3782	2,11	3790	2610	3	2683	3847	1,81	3853	3767	1,89	3775
3855	2,38	3871	2582	3	2654	3834	2	3834	2500	2	2500	3746	1,92	3752
3817	2,08	3821	3816	2,44	3823	3774	2,06	3781	2566	3	2641	3812	1,66	3816
3815	2,63	3835	3792	2,58	3797	3823	2,14	3840	3813	1,9	3823	3817	2,14	3828
3845	2	3845	3806	2,01	3808	3760	1,63	3771	3768	1,87	3784	3812	2,25	3821
3788	2,06	3795	3872	2,05	3873	2576	3	2641	3831	2,04	3835	3753	2,36	3770
3786	1,69	3798	3867	2,17	3886	3842	1,9	3855	3803	2,46	3815	2592	3	2669

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Senaryo III sonuçları değerlendirildiğinde; sonuçların 34'ünde doğru sınıflama oranlarında artış gözlemlenmezken 966'sında çeşitli oranlarda artışlar saptanmıştır. Artış gözlemlenen 966 denemenin %67'sinde (n=647) en yüksek doğru sınıflama oranını veren m değeri 2'den yüksek iken %33'ünde (n=319) 2'den düşüktür (tablo 4-11; tablo 4-12; tablo 4-13; tablo 4-14;). Senaryo III doğru sınıflama oranlarında meydana gelen artış yüzdeleri tablo 4-15'te sunulmuştur.

Tablo 4-15: Senaryo III Artış yüzdelerinin dağılımları

Artış yüzdeleri	**n (%)**
Artış yok	34 (3,4)
%2'ye kadar artış	958 (95,8)
%2'den çok, %4'e kadar artış	8 (0,8)

Senaryo III sonucunda, bin denemeden 34'ünde doğru sınıflama oranlarında artış meydana gelmezken 958'inde %2'ye kadar, 8'inde ise %2'den çok, %4'ten az artış meydana geldiği tespit edilmiştir (tablo 4-15).

Tablo 4-16: Senaryo IV sonuçları (n=10000)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
7525	1,65	7542	5130	3	5272	7581	2,31	7587	5169	3	5302	7590	1,55	7625
7610	2,04	7616	7597	2,03	7604	7588	2,03	7589	7641	2,14	7654	7624	1,77	7633
7580	2,07	7595	5114	3	5231	7628	1,93	7634	7565	2,61	7597	7534	1,78	7553
7610	1,69	7632	5207	3	5363	7550	2,46	7582	5175	3	5324	5125	3	5232
5126	3	5248	7623	2,1	7628	7629	2,01	7634	7560	2,14	7570	5227	3	5375
7587	2,22	7605	7691	1,98	7698	7570	1,85	7572	7583	1,91	7588	7591	2,04	7596
7530	2,3	7559	7565	2,26	7587	5191	3	5328	7624	1,79	7642	7542	1,88	7566
7559	1,73	7576	7550	2,06	7563	7566	2,32	7601	7571	1,89	7582	5093	3	5190
7630	1,98	7634	7621	2,1	7632	7550	2,13	7560	5171	3	5329	5159	3	5280
5169	3	5311	5239	3	5431	7586	1,83	7608	7580	1,98	7585	7598	2,06	7606
7554	1,87	7579	7677	1,83	7702	7589	2,11	7605	7533	1,39	7550	5169	3	5313
7661	2,22	7685	7635	2,19	7659	7619	2,05	7633	7526	2,52	7558	7579	2,08	7585
7538	1,81	7557	7615	1,48	7643	7663	2,48	7696	7719	1,74	7733	7662	1,99	7663
7623	1,83	7635	5150	3	5263	5182	3	5330	7614	2,19	7624	7563	2,51	7584
7572	1,51	7590	5124	3	5281	7618	1,84	7630	5000	2	5000	5209	3	5381
7594	1,44	7610	7589	1,89	7597	5184	3	5308	5219	3	5383	5172	3	5294
7537	2,26	7570	7555	1,6	7601	7605	2,42	7623	5139	3	5290	5172	3	5326
7570	2,12	7578	7622	1,99	7625	5132	3	5250	5148	3	5267	7531	2,34	7557
7591	2,12	7613	7594	2,45	7603	7558	2,22	7585	7481	1,77	7507	5137	3	5264
7602	2,17	7621	7641	2,5	7653	7665	2,33	7681	7634	2,09	7646	7620	2,19	7644
7596	1,99	7597	5168	3	5283	5200	3	5350	7604	1,52	7623	7596	2,04	7605
7553	1,45	7577	7593	1,44	7615	7666	2	7666	7591	2,29	7616	5241	3	5405
7612	1,92	7625	7594	2,27	7615	7669	2,54	7679	7627	2,04	7638	5227	3	5393
7579	2,04	7581	7628	2	7628	7557	2,31	7568	5189	3	5338	7535	2,33	7540
7621	1,94	7637	7664	2,07	7679	7568	1,58	7584	7548	2,02	7553	7558	2,15	7573
7608	1,66	7630	5156	3	5285	7629	2,07	7635	7622	2,12	7644	5172	3	5312
7641	1,86	7647	7533	2,19	7551	7550	1,81	7561	7589	2,53	7622	5169	3	5315
7578	2,23	7592	7617	1,99	7620	5210	3	5363	7581	1,93	7589	5177	3	5305
7614	2,04	7617	7597	2,31	7608	5188	3	5337	5238	3	5400	7527	2,58	7552
7624	2,03	7630	5117	3	5237	7579	1,98	7582	7620	2,11	7635	7610	2,5	7632
7532	2,33	7550	7639	2,04	7641	7583	2,06	7602	5152	3	5273	7608	1,92	7615
5138	3	5257	7554	2,35	7576	7660	1,55	7687	7655	1,98	7659	7576	1,65	7594
5140	3	5265	7602	1,56	7605	7551	1,68	7572	5157	3	5308	7601	2,3	7625
7642	1,69	7671	7642	2,2	7645	7539	2,2	7573	7611	2,04	7615	7557	1,82	7567
7586	1,57	7593	7595	1,91	7610	5199	3	5357	5200	3	5358	7583	2,11	7598
5225	3	5385	7614	2,1	7619	5233	3	5408	7583	1,97	7585	7624	1,92	7637
7595	2,24	7632	5128	3	5248	7508	2,02	7513	5149	3	5279	7525	2,38	7563
7617	2,22	7635	7546	2,34	7581	5167	3	5301	7660	1,92	7669	7610	2,14	7621
7546	1,78	7555	7535	1,62	7558	7592	1,61	7597	5163	3	5295	5119	3	5225
7608	2,01	7609	7609	1,97	7611	5172	3	5292	5225	3	5369	7462	1,79	7485
7619	2,47	7643	7590	1,8	7611	5225	3	5357	5137	3	5287	5163	3	5284
7542	2,26	7557	7607	2,31	7625	5115	3	5229	7706	2,13	7728	7585	2,17	7608
7585	1,67	7602	7622	2,04	7637	7629	1,86	7636	7589	1,66	7619	5000	2	5000
7609	2,09	7618	7655	2,09	7662	5154	3	5280	5245	3	5391	5126	3	5259
5184	3	5299	7553	1,37	7577	5160	3	5296	7515	1,35	7587	7574	1,96	7583
7595	1,79	7601	5193	3	5340	7591	1,8	7603	7665	2	7665	7609	1,92	7620
7532	1,5	7557	5171	3	5307	5133	3	5231	7628	1,81	7638	7616	1,74	7624
7564	1,99	7567	7617	2,1	7631	7558	1,91	7573	5133	3	5239	5166	3	5299
7604	2,23	7622	7510	1,86	7520	7549	2,54	7594	7602	2,16	7627	5141	3	5247
7640	1,86	7657	7549	2,19	7552	5130	3	5267	7655	2,32	7671	7612	1,85	7631
7627	2,07	7638	5185	3	5328	7516	2,14	7535	7649	1,98	7653	7619	2,4	7648
7597	1,62	7630	7645	2,15	7646	7610	1,83	7619	7589	1,77	7607	7559	1,72	7582

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Tablo 4-17: Senaryo IV sonuçları (n=10000) (devamı)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
5218	3	5358	7558	1,77	7571	5190	3	5329	7620	1,9	7634	7658	2,08	7663
7575	1,91	7582	7568	2,21	7589	7584	2,25	7613	7557	1,97	7564	5117	3	5234
7577	1,89	7589	7691	1,98	7696	7585	1,91	7606	5147	3	5306	7650	2,11	7665
5000	2	5000	7590	2,36	7612	7619	1,95	7622	7606	2,2	7617	7551	2,52	7560
5199	3	5357	5164	3	5325	7663	2,21	7687	7535	1,86	7552	7510	2,29	7526
5220	3	5364	7544	2,27	7560	7584	2,33	7593	7603	1,86	7613	7623	2,06	7632
5216	3	5378	7621	1,98	7628	7624	1,86	7634	5162	3	5285	5211	3	5370
7632	2,31	7634	7602	1,64	7612	7564	1,89	7580	5160	3	5283	7633	2,06	7639
7621	1,55	7641	7598	1,9	7613	7587	2,22	7611	7583	1,8	7594	7561	2,29	7586
5180	3	5309	7515	1,65	7537	5133	3	5243	7639	1,93	7649	7601	2,35	7607
7568	2,27	7581	7609	2,18	7610	7544	1,69	7574	5158	3	5305	7651	2,27	7662
7558	1,72	7585	7610	1,76	7617	7631	1,69	7648	5118	3	5222	7540	1,96	7547
5119	3	5232	5249	3	5409	7579	1,71	7631	5143	3	5280	7578	2,16	7587
5181	3	5328	7634	1,69	7647	5186	3	5303	5131	3	5234	5120	3	5230
7672	1,95	7675	7641	2,24	7671	5130	3	5251	7657	1,84	7669	7599	2,02	7602
7589	1,62	7610	7537	2,48	7548	7631	2,26	7648	7609	2,13	7619	7592	1,78	7618
7577	2	7577	5132	3	5254	5191	3	5330	7580	2,01	7581	7632	1,92	7642
7612	1,76	7628	7610	1,49	7628	5192	3	5352	7684	1,92	7692	7635	1,79	7666
5135	3	5239	7628	1,77	7644	7556	2,41	7584	7619	1,94	7631	7635	2,06	7648
7662	1,84	7676	5108	3	5197	5218	3	5381	5182	3	5303	7647	2,17	7669
5152	3	5262	5115	3	5227	5196	3	5345	7595	2,16	7610	7618	1,91	7635
7653	1,5	7675	7676	2,24	7686	5153	3	5298	5137	3	5266	7592	1,93	7595
7618	2,57	7639	7605	1,89	7626	5132	3	5255	7539	2,3	7575	5171	3	5289
7513	2,47	7532	5134	3	5252	5153	3	5285	5154	3	5290	7565	2,29	7583
7687	1,61	7699	7545	2,04	7547	7589	1,67	7626	7617	2,46	7631	7645	2,11	7650
7670	2,13	7688	5253	3	5411	7602	2,2	7606	7576	1,84	7593	7600	2	7600
7673	2,11	7678	7658	1,92	7665	5226	2,99	5373	7671	2,15	7690	5118	3	5218
5117	3	5228	5173	3	5326	7583	2,59	7600	7492	2,23	7503	5086	3	5173
7625	1,97	7635	5202	3	5381	7631	2,28	7659	7572	2,09	7593	7615	1,96	7617
7549	2,03	7552	7573	2,18	7582	7629	2,11	7631	7598	2,17	7617	7606	1,97	7612
7641	2,12	7649	7634	2,52	7664	7658	2,12	7667	7600	1,99	7603	7545	2,14	7563
5152	3	5290	7632	1,7	7639	7588	2,24	7590	7553	1,47	7596	5186	3	5358
7567	1,52	7583	7660	2,05	7673	7609	1,62	7628	7644	2,29	7688	5165	3	5284
7653	1,42	7667	7617	2,14	7626	7559	1,93	7563	7616	1,89	7627	5123	3	5236
7637	1,88	7643	7731	1,78	7749	7649	2,38	7676	7590	1,49	7621	5114	3	5207
7590	1,39	7615	7620	1,91	7635	7555	1,48	7585	5099	3	5198	5143	3	5244
7647	2,09	7652	7635	1,74	7652	7591	1,53	7622	7690	2,14	7699	5179	3	5346
5141	3	5254	7543	1,78	7569	7643	2,14	7659	7641	2,21	7649	7659	2,21	7669
7636	1,89	7651	7627	2,02	7634	7556	2,33	7574	5137	3	5255	7587	2	7587
7561	2,05	7564	7602	2,08	7619	7565	1,97	7575	5186	3	5344	5174	3	5333
5115	3	5214	7672	2,26	7685	7598	2,36	7640	7623	2,21	7626	7636	1,76	7644
7729	2,09	7744	7572	1,46	7602	7591	2,11	7598	7641	1,98	7650	5137	3	5263
7563	2,23	7605	7549	2,5	7604	7597	1,52	7617	7628	1,62	7650	7572	1,48	7600
7643	2,27	7671	5167	3	5293	7650	2,33	7654	5000	2	5000	7506	2,05	7509
7565	2,18	7592	7565	2	7565	7624	1,9	7642	5279	3	5460	5256	3	5425
7621	2,18	7643	7666	1,91	7680	5119	3	5230	7616	1,95	7621	5156	3	5299
7635	2,23	7637	7624	2,33	7640	7620	1,71	7652	5103	3	5200	5153	3	5283
7610	1,95	7617	7615	1,95	7619	5121	3	5236	7651	1,93	7659	7564	2,26	7576
5172	3	5330	7615	1,73	7630	7605	2,03	7607	7676	1,76	7694	7613	1,98	7622
7683	1,84	7704	7574	2,08	7588	7603	2,29	7627	5133	3	5241	5118	3	5237
7649	1,98	7655	7647	2,56	7676	5141	3	5254	7478	1,64	7498	7583	2,33	7597
5184	3	5323	7578	2,06	7592	5165	3	5288	5184	3	5326	7610	2,1	7619
5096	3	5211	7618	2,37	7633	7612	2,07	7615	7659	1,9	7665	7591	2,19	7603

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Tablo 4-18: Senaryo IV sonuçları (n=10000) (devamı)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
5204	3	5399	5165	3	5329	7555	1,74	7585	5121	3	5266	7594	2,14	7607
5146	3	5283	5000	2	5000	5135	3	5226	7606	1,82	7627	7639	2,08	7640
7647	2,1	7660	7585	1,74	7604	7595	2,56	7596	7690	2,01	7692	7527	1,4	7542
7659	2,06	7670	7558	1,62	7564	7722	1,96	7731	5155	3	5315	5149	3	5264
7640	2,08	7652	7534	2,17	7547	7635	1,82	7641	7629	2,18	7645	7542	1,65	7563
7610	1,81	7619	7599	2,35	7611	5157	3	5292	7653	2,01	7657	7625	1,84	7633
7632	2,07	7647	7583	2,07	7602	7582	2,12	7591	5235	3	5412	7614	1,97	7631
7599	2,25	7620	7651	2,59	7681	7618	2,41	7625	7556	1,47	7593	5126	3	5259
7577	2,41	7604	7503	2,19	7524	7598	1,66	7624	5172	3	5309	7565	1,46	7604
5210	3	5351	7587	1,47	7614	5174	3	5315	5196	3	5347	7626	2,05	7639
5101	3	5230	7584	2,38	7602	7626	1,99	7632	5177	3	5308	5218	3	5392
7709	2,31	7714	7602	2,1	7610	7625	2,09	7640	7627	2,15	7648	7570	1,9	7589
7639	1,94	7655	7630	2,21	7642	5165	3	5296	7570	2,22	7587	7571	1,9	7590
7560	2,11	7575	7599	1,56	7622	7579	2,46	7601	7563	1,61	7573	7550	2,36	7572
7592	1,77	7610	5000	2	5000	7653	2,33	7665	7539	2,17	7551	7594	1,88	7605
5231	3	5389	7555	1,77	7574	7588	2,05	7601	5211	3	5358	7573	2,1	7580
7573	1,8	7594	7562	2,46	7578	7680	1,94	7687	7647	1,56	7666	7616	2,52	7627
7642	1,95	7645	7651	1,93	7658	5175	3	5306	7615	2,48	7638	7644	2,11	7656
7539	2,11	7550	7700	1,55	7721	7583	2,2	7602	5143	3	5269	7600	2,09	7615
7692	2,1	7707	7625	2,23	7642	7606	2,07	7613	5172	3	5314	7503	1,03	7528
5221	3	5386	7583	1,78	7596	5154	3	5274	7533	1,7	7554	5153	3	5290
5188	3	5325	5144	3	5250	5167	3	5275	7626	2,24	7666	7642	2,11	7657
5207	3	5368	5230	3	5392	5135	3	5254	7582	1,64	7599	7642	2,41	7652
7593	2,04	7604	7568	1,87	7579	7563	2,17	7589	5124	2,98	5244	7529	2,16	7553
7669	2,31	7708	7638	2,11	7656	7548	2,13	7555	7664	1,99	7665	7691	1,82	7702
5129	3	5251	7647	1,81	7661	7606	2,21	7625	5174	3	5315	7624	1,74	7651
7629	1,95	7642	5233	3	5376	5146	3	5284	7620	2,19	7626	5084	3	5174
5150	3	5268	5142	3	5267	5186	3	5328	7589	2,15	7593	5174	3	5289
7634	2,18	7646	7628	2,1	7634	7640	1,7	7656	7611	2,01	7617	7604	2,23	7615
7647	2,56	7664	7498	2,02	7502	7561	2,6	7572	7593	2,05	7601	7619	1,67	7633
7599	1,94	7613	7573	2,13	7593	7537	2,02	7550	7594	1,77	7623	5143	3	5242
7548	1,84	7570	7631	1,92	7641	7605	2,24	7619	7612	1,85	7634	5140	3	5241
5284	3	5440	7501	2,2	7507	7570	2,05	7577	7577	2,12	7594	5169	3	5300
7626	2,14	7637	7579	2,04	7582	5130	3	5251	7543	2,19	7574	7609	1,87	7633
7538	1,88	7548	7565	1,5	7591	7607	2,14	7620	7619	1,99	7622	7576	2,21	7591
5234	3	5405	7587	1,97	7596	7629	2,34	7658	7564	2,04	7572	5132	3	5240
7563	1,96	7581	7576	1,52	7601	5000	2	5000	5154	3	5309	5208	3	5369
7563	1,88	7580	7581	2,09	7582	7514	2,14	7543	5217	3	5403	7672	2,06	7679
7507	1,71	7534	7630	2,11	7643	5132	3	5232	5161	3	5311	7619	2,04	7622
5239	3	5400	7531	1,77	7547	5160	3	5284	7573	2,15	7578	7659	2,3	7672
7646	1,89	7662	7592	2,65	7611	7638	2,31	7641	7593	1,92	7606	5113	3	5222
7652	1,8	7664	7621	2,18	7635	5142	3	5268	7666	2,37	7707	5111	3	5223
7646	2,31	7678	7642	2,29	7650	5193	3	5345	7537	1,8	7547	5191	3	5348
7590	2,24	7603	5142	3	5286	7618	2,15	7639	7654	2,12	7661	7607	2,09	7613
5148	3	5305	5205	3	5364	5131	3	5221	7595	1,83	7607	5182	3	5310
5146	2,99	5276	5171	3	5309	5149	3	5279	7714	2,31	7731	5264	3	5450
7697	2,25	7707	7630	2,05	7639	5147	3	5283	5183	3	5339	7618	1,9	7629
7638	2,08	7647	7671	2,14	7681	7555	2,13	7574	7641	1,77	7651	7629	2,01	7634
5192	3	5354	7637	1,75	7663	7552	1,95	7554	7525	2,37	7547	7609	1,92	7614
7609	2,12	7617	7652	2,02	7660	7596	1,96	7604	7616	2,23	7626	7608	1,9	7621
7613	1,92	7620	7487	2,45	7494	5150	3	5279	7712	2,02	7716	7675	1,75	7684
7558	2,4	7594	5168	3	5274	7632	2,09	7656	5189	3	5355	7596	1,82	7604
7547	1,76	7584	7561	2,5	7582	7653	1,73	7681	5253	3	5415	7586	2,22	7599

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Tablo 4-19: Senaryo IV sonuçları (n=10000) (devamı)

DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS	DS	m	YDS
7606	2,07	7625	5121	3	5224	5142	3	5280	5179	3	5305	7612	2,41	7643
7599	2,06	7606	5137	3	5259	7663	2,62	7674	5185	3	5318	7539	2,16	7566
7578	2,26	7587	7574	2,57	7596	5185	3	5337	7624	2,07	7634	5153	3	5295
5142	3	5261	5168	3	5300	7599	2,19	7617	5145	3	5259	7601	2,27	7621
5000	2	5000	7643	1,97	7648	7629	2,38	7640	7587	1,69	7619	7566	1,98	7570
7626	2,11	7647	7576	1,91	7591	7570	1,7	7590	7587	1,51	7597	7514	2,22	7551
7585	2,25	7599	7638	1,99	7641	7653	2,27	7673	7491	2,23	7504	7610	2,32	7622
5000	2	5000	7575	2,52	7589	7659	1,82	7684	7622	2,1	7627	5000	2	5000
7640	2,14	7648	7602	1,98	7604	7582	1,78	7594	7591	2,14	7608	7643	1,78	7655
7528	1,97	7534	7578	1,63	7593	5217	3	5360	7633	1,96	7644	5188	3	5341
7536	2,16	7546	7566	1,8	7582	7560	2,12	7572	7678	1,93	7689	7573	2,09	7596
5179	3	5320	7626	1,64	7678	7663	2,13	7685	7651	1,93	7661	7599	1,91	7609
7575	1,79	7583	7556	2,33	7566	7514	1,6	7542	7521	1,77	7551	7563	2,11	7579
7611	2,14	7625	7590	2,17	7618	7526	1,76	7547	7692	1,78	7718	7581	2,13	7585
7586	2,36	7600	7504	1,61	7537	5175	3	5306	5247	3	5412	7594	2,16	7607
7628	1,89	7637	5160	3	5284	7682	2,08	7700	7629	2,04	7637	7569	1,92	7578
7598	2,32	7606	5159	3	5309	7616	1,74	7637	7550	2,16	7565	7573	2,29	7597
7623	1,62	7650	5262	3	5443	7665	2,16	7681	7643	1,84	7661	7649	1,85	7661
7681	1,54	7689	5142	3	5282	7710	1,74	7746	5221	3	5367	7606	2,1	7607
7609	2,08	7616	5115	3	5239	7630	1,89	7639	7562	2,14	7570	5148	3	5269
7571	2,06	7580	5123	3	5218	7591	2,13	7596	5134	3	5256	7576	1,77	7606
7602	1,93	7611	5217	3	5382	5144	3	5251	7565	2,05	7578	5157	3	5300
7598	2,49	7606	5124	3	5239	7607	2,13	7616	7540	1,3	7562	5097	3	5195
7638	2,3	7664	7664	1,61	7685	5100	3	5236	7531	2,3	7541	7611	1,78	7616
5205	3	5347	5125	3	5234	7612	1,72	7630	7608	2,08	7624	7655	1,86	7671
5000	2	5000	7586	2,11	7588	7627	2,18	7637	7615	1,82	7624	7538	1,82	7544
7602	1,66	7610	7643	1,75	7665	7642	1,72	7657	7530	2,14	7539	5140	3	5273
7668	1,79	7703	7616	1,54	7620	5175	3	5308	5201	3	5311	5190	3	5291
5196	3	5333	5127	3	5240	7625	1,7	7645	5170	3	5313	5112	3	5231
7559	2,33	7566	7581	1,62	7603	7587	2,3	7602	7595	1,74	7606	7625	2,06	7638
5108	3	5224	7596	2,41	7615	5180	3	5336	7550	2,17	7563	7591	2,37	7641
7637	1,86	7653	7620	1,64	7632	5137	3	5253	7611	1,75	7629	5163	3	5317
7553	2,01	7557	7558	1,67	7583	5000	2	5000	7547	1,79	7560	7654	1,99	7658
7600	2,67	7609	7603	2,12	7611	7620	2,19	7628	7553	2,07	7561	5199	3	5346
7667	1,92	7675	5164	3	5305	7632	1,65	7660	7632	1,96	7638	7602	2,21	7617
5167	3	5313	5153	3	5283	5126	3	5249	5185	3	5327	7651	2,08	7660
7572	2,38	7605	5000	2	5000	7616	1,84	7635	7681	2,4	7699	7511	2,18	7523
7598	1,9	7602	5167	3	5295	5173	3	5312	5157	3	5294	7637	1,78	7663
7563	1,78	7602	5161	3	5290	7654	1,84	7668	7615	2,11	7630	5144	3	5268
7672	2,2	7697	5157	3	5289	7637	2,01	7639	7554	1,77	7577	5127	3	5239
7574	1,9	7583	7623	1,98	7627	7642	1,5	7677	5213	3	5376	5135	3	5248
7565	2,4	7586	7564	1,63	7591	5286	3	5462	7570	1,61	7589	7542	2,67	7553

DS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı
m: Önerilen yeni olasılık hesabındaki m değeri
YDS: Mevcut yöntemle doğru sınıflama sayısı

Senaryo IV sonuçları değerlendirildiğinde; sonuçların %2'sinde (n=20) doğru sınıflama oranlarında artış gözlemlenmezken %98'inde (n=980) çeşitli oranlarda artışlar saptanmıştır. Artış gözlemlenen 980 denemenin %67,6'sında (n=662) en yüksek doğru sınıflama oranını veren m değeri 2'nin üzerinde iken %32,4'ünde (n=318) 2'nin altındadır (tablo 4-16; tablo 4-17; tablo 4-18; tablo 4-19). Senaryo IV doğru sınıflama oranlarında meydana gelen artış yüzdeleri tablo 4-20'de sunulmuştur.

Tablo 4-20: Senaryo IV Artış yüzdelerinin dağılımları

Artış yüzdeleri	n (%)
Artış yok	20 (2)
%2'ye kadar artış	980 (98)

Senaryo IV sonucunda, bin denemeden 20'sinde doğru sınıflama oranlarında artış meydana gelmezken 980'inde %2'ye kadar artış meydana geldiği tespit edilmiştir (tablo 4-20).

Tablo 4-21: Tek değişkenli lojistik regresyon sonuçları

	B	S.E.	Wald	p	OR (95%CI)
Cinsiyet (ref: Erkek)	-1,117	0,137	66,06	<0,001*	0,327 (0,25-0,428)
Yaş	0,167	0,011	241,765	<0,001*	1,182 (1,157-1,207)
VKI	0,105	0,016	42,175	<0,001*	1,111 (1,076-1,147)
Odun tezek kömür süre	0,088	0,007	153,198	<0,001*	1,092 (1,077-1,107)
Sigara paket yil>10yil (ref: Hayır)	2,716	0,159	292,175	<0,001*	15,12 (11,074-20,645)
Yakınlarda KOAH (ref: Yok)	1,289	0,145	79,451	<0,001*	3,629 (2,734-4,818)
Yakınlarda KOAH dışında akc hast(ref: Yok)	0,94	0,155	36,594	<0,001*	2,561 (1,888-3,473)
Yerleşim yeri(ref: Büyükşehir)	2,034	0,161	159,907	<0,001*	7,643 (5,576-10,475)
Günlük egzersiz süresi>1 saat (ref: Hayır)	-3,364	0,393	73,276	<0,001*	0,035 (0,016-0,075)

*p<0,05

Tüm gözlemlerin dahil edildiği veri setinde lojistik regresyon modeline uygun değişkenlerin seçimi için değişkenler tek tek lojistik regresyon modeline dahil edilerek incelenmiştir. İncelemeler sonucunda; Cinsiyet (p<0,001), yaş (p<0,001), vücut kitle indeksi (p<0,001), odun, tezek ya da kömür dumanına maruz kalma süresi (p<0,001), 10 paket/yılın üzerinde sigara kullanım durumu (p<0,001), yakınlarda KOAH olma durumu (p<0,001), yakınlarda KOAH dışında akciğer hastalığı olma durumu (p<0,001), yerleşim yeri (p<0,001) ve günlük 1 saatten uzun egzersiz yapma durumları (p<0,001) değişkenlerinin tamamının modele dahil edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır (tablo 4-21).

Tablo 4-22: Çok değişkenli lojistik regresyon tablosu

	B	S.E.	Wald	p	OR (95%CI)
Cinsiyet (ref: Erkek)	-0,02	0,299	0,005	0,946	0,98 (0,545-1,76)
Yaş	0,138	0,013	110,701	<0,001*	1,148 (1,119-1,178)
VKI	-0,034	0,033	1,046	0,307	0,967 (0,907-1,031)
Odun tezek kömür süre	0,027	0,011	6,402	0,011*	1,027 (1,006-1,048)
Sigara paket yil>10yil (ref: Hayır)	2,058	0,303	46,135	<0,001*	7,832 (4,325-14,184)
Yakınlarda KOAH (ref: Yok)	1,027	0,281	13,349	<0,001*	2,792 (1,61-4,844)
Yakınlarda KOAH dışında akc hast(ref: Yok)	1,403	0,322	18,989	<0,001*	4,068 (2,164-7,646)
Yerleşim yeri(ref: Büyükşehir)	2,037	0,319	40,702	<0,001*	7,664 (4,1-14,329)
Günlük egzersiz süresi>1 saat (ref: Hayır)	-3,207	0,551	33,834	<0,001*	0,04 (0,014-0,119)
Sabit	-7,65	1,094	48,916	<0,001*	0

*p<0,05

Tüm değişkenler modele dahil olduğu lojistik regresyon sonucunda; cinsiyet (p=0,946) ve vücut kitle indeksi (p=0,307) değişkenlerinin KOAH olma durumlarına etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Yaş değerlerindeki 1 birimlik artışın 1,148 kat risk faktörü olduğu (p<0,001) ve odun, tezek ya da kömür dumanına maruz kalma süresi değerlerindeki 1 birimlik artışın 1,027 kat risk faktörü olduğu (p=0,011) tespit edilmiştir. 10 paket/yıldan çok sigara kullanımının 7,832 kat risk faktörü olduğu (p<0,001), birinci derece yakınlarda KOAH hastalığına sahip olan bireylerin olmasının 2,792 kat risk faktörü olduğu (p<0,001), birinci derece yakınlarda KOAH dışında akciğer hastalığına sahip olan bireylerin olmasının 4,068 kat risk faktörü olduğu (p<0,001), büyükşehirde yaşamanın 7,664 kat risk faktörü olduğu (p<0,001) ve günlük 1 saatten uzun süre egzersiz yapmanın 0,04 kat risk faktörü (25 kat koruyucu faktör) olduğu (p<0,001) tespit edilmiştir (tablo 4-22).

Tablo 4-23: Lojistik regresyon denkleminin sınıflama tablosu

	Tahmin edilen		Doğru sınıflama yüzdesi
Gözlenen	**KOAH Yok**	**KOAH Var**	
KOAH Yok	466	39	92,3
KOAH Var	31	469	93,8
			93,0

Mevcut değişkenlerle elde edilen denklemin doğru sınıflama oranı %93 (n=935) olarak bulunmuştur. Olasılık hesaplamalarında Richard link fonksiyonu kullanılması ile m'in [1,42, 1,51] aralığındaki 10 değeri için doğru sınıflandırma oranının diğer m değerleri için doğru sınıflandırma oranlarına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (tablo 4-23). Bu değerlerden m=1,42 için tahmin edilen sınıflama değerlerinde değişiklik meydana gelen gözlemlere ilişkin sonuçlar tablo 4-24'te sunulmuştur.

Tablo 4-24: m=1,42 değeri için tahmin edilen sınıflama değerlerinde değişiklik meydana gelen gözlemler

p	**Sınıf**	**$p_{m=1,42}$**	**$Sınıf_{m=1,42}$**	**Gözlenen**
0,521	1	0,460	0	1
0,540	1	0,483	0	0
0,540	1	0,483	0	0
0,507	1	0,442	0	1
0,545	1	0,489	0	0
0,538	1	0,480	0	0

Richard link fonksiyonu kullanılarak, m'in (1, 6) aralığında değişen değerleri için en yüksek doğru sınıflama oranını veren m değerlerinden m=1,42 değeri için sınıflama değerlerinde değişiklik meydana gelen 6 gözlem tespit edilmiştir. Bu 6 Gözlemin ikisinde

mevcut yöntemin doğru sonucu verdiği ve dördünde ise önerilen yöntemin doğru sonucu verdiği tespit edilmiştir. Önerilen yöntemle doğru sınıflama oranlarında yaklaşık %0,2 (n=2) artış meydana geldiği görülmüştür (tablo 4-24).

Tablo 4-25: Öğrenme veri setinde tek değişkenli lojistik regresyon sonuçları

	B	S.E.	Wald	p	OR (95%CI)
Cinsiyet (ref: Erkek)	**-1,404**	**0,161**	**75,89**	**<0,001***	**0,246 (0,179-0,337)**
Yaş	0,195	0,015	165,484	<0,001*	1,215 (1,179-1,251)
VKI	0,121	0,019	38,738	<0,001*	1,128 (1,086-1,172)
Odun tezek kömür süre	0,124	0,01	155,665	<0,001*	1,132 (1,11-1,154)
Sigara paket yil>10yil (ref: Hayır)	2,866	0,187	233,796	<0,001*	17,563 (12,164-25,36)
Yakınlarda KOAH (ref: Yok)	1,531	0,17	81,25	<0,001*	4,622 (3,313-6,447)
Yakınlarda KOAH dışında akc hast(ref: Yok)	1,041	0,184	32,023	<0,001*	2,832 (1,975-4,061)
Yerleşim yeri(ref: Büyükşehir)	2,007	0,192	109,004	<0,001*	7,438 (5,103-10,84)
Günlük egzersiz süresi>1 saat (ref: Hayır)	-3,567	0,425	70,333	<0,001*	0,028 (0,012-0,065)

*p<0,05

Lojistik regresyon modeline uygun değişkenlerin seçimi için değişkenler tek tek lojistik regresyon modeline dahil edilerek incelenmiştir. İncelemeler sonucunda; Cinsiyet (p<0,001), yaş (p<0,001), vücut kitle indeksi (p<0,001), odun, tezek ya da kömür dumanına maruz kalma süresi (p<0,001), 10 paket/yılın üzerinde sigara kullanım durumu (p<0,001), yakınlarda KOAH olma durumu (p<0,001), yakınlarda KOAH dışında akciğer hastalığı olma durumu (p<0,001), yerleşim yeri (p<0,001) ve günlük 1 saatten uzun egzersiz yapma durumları (p<0,001) değişkenlerinin tamamının modele dahil edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır (tablo 4-25).

Tablo 4-26: Öğrenme veri setinde çok değişkenli lojistik regresyon tablosu

	B	S.E.	Wald	p	OR (95%CI)
Cinsiyet (ref: Erkek)	0,145	0,415	0,122	0,727	1,156 (0,513-2,607)
Yaş	0,178	0,023	61,601	**<0,001***	1,195 (1,143-1,249)
VKI	-0,022	0,047	0,215	0,643	0,978 (0,892-1,073)
Odun tezek kömür süre	0,067	0,019	12,841	**<0,001***	1,069 (1,031-1,109)
Sigara paket yil>10yil (ref: Hayır)	2,8	0,437	41,115	**<0,001***	16,446 (6,988-38,705)
Yakınlarda KOAH (ref: Yok)	1,208	0,394	9,39	**0,002***	3,348 (1,546-7,251)
Yakınlarda KOAH dışında akc hast(ref: Yok)	2,282	0,51	19,992	**<0,001***	9,797 (3,603-26,639)
Yerleşim yeri(ref: Büyükşehir)	2,85	0,479	35,416	**<0,001***	17,288 (6,762-44,195)
Günlük egzersiz süresi>1 saat (ref: Hayır)	-4,281	0,712	36,153	**<0,001***	0,014 (0,003-0,056)
Sabit	-10,701	1,737	37,932	**<0,001***	0

*p<0,05

Tüm değişkenler modele dahil olduğu lojistik regresyon sonucunda; cinsiyet (p=0,727) ve vücut kitle indeksi (p=0,643) değişkenlerinin KOAH olma durumlarına etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Yaş değerlerindeki 1 birimlik artışın 1,195 kat risk faktörü olduğu (p<0,001) ve odun, tezek ya da kömür dumanına maruz kalma süresi değerlerindeki 1 birimlik artışın

1,069 kat risk faktörü olduğu (p<0,001) tespit edilmiştir. 10 paket/yıldan çok sigara kullanımının 16,446 kat risk faktörü olduğu (p<0,001), birinci derece yakınlarda KOAH hastalığına sahip olan bireylerin olmasının 3,348 kat risk faktörü olduğu (p=0,002), birinci derece yakınlarda KOAH dışında akciğer hastalığına sahip olan bireylerin olmasının 9,797 kat risk faktörü olduğu (p<0,001), büyükşehirde yaşamanın 17,288 kat risk faktörü olduğu (p<0,001) ve günlük 1 saatten uzun süre egzersiz yapmanın 0,014 kat risk faktörü (71,43 kat koruyucu faktör) olduğu (p<0,001) tespit edilmiştir (tablo 4-26).

Tablo 4-27: Öğrenme veri setinde lojistik regresyon denkleminin sınıflama tablosu

	Tahmin edilen		Doğru sınıflama yüzdesi
Gözlenen	**KOAH Yok**	**KOAH Var**	
KOAH Yok	353	22	94,1
KOAH Var	19	356	94,9
			94,5

Mevcut değişkenlerle elde edilen denklemin doğru sınıflama oranı %94,5 (n=709) olarak bulunmuştur. Önerilen yöntemle, farklı m değerleri için elde edilen doğru tahmin sayı ve yüzdeleri 4-16'da sunulmuştur. Olasılık hesaplamalarında Richard link fonksiyonu kullanılması ile m'in [1,33; 1,44] ve [1,56; 1,66] aralıklarındaki 23 farklı değeri için doğru sınıflandırma oranının diğer m değerleri için doğru sınıflandırma oranlarına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (tablo 4-27). Bu değerlerden m=1,66 için tahmin edilen sınıflama değerlerinde değişiklik meydana gelen gözlemlere ilişkin sonuçlar tablo 4-28'de sunulmuştur.

Tablo 4-28: m=1,66 değeri için tahmin edilen sınıflama değerlerinde değişiklik meydana gelen gözlemler

p	**Sınıf**	**$p_{m=1,42}$**	**$Sınıf_{m=1,66}$**	**Gözlenen**
0,506	1	0,471	0	1
0,532	1	0,499	0	0
0,516	1	0,481	0	0
0,502	1	0,466	0	0
0,519	1	0,485	0	0
0,504	1	0,468	0	0

Richard link fonksiyonu kullanılarak, m'in (1, 3] aralığında değişen değerleri için en yüksek doğru sınıflama oranını veren 23 farklı m değerinden m=1,66 değeri için sınıflama değerlerinde değişiklik meydana gelen 6 gözlem tespit edilmiştir. Bu 6 Gözlemin birinde mevcut yöntemin doğru sonucu verdiği ve beşinde ise önerilen yöntemin doğru sonucu verdiği tespit edilmiştir. Önerilen yöntemle doğru sınıflama oranlarında yaklaşık %0,67 (n=5) artış meydana geldiği görülmüştür (tablo 4-28).

Tablo 4-29: Modelin test verilerinde uygulanması sonucu elde edilen olasılık ve sınıflama değerleri

p	Yp	K	p	Yp	K	p	Yp	K	p	Yp	K	p	Yp	K
0,996	0,996	**1**	0,994	0,994	**1**	0,984	0,984	**1**	0,290	0,233	**0**	<0,001	<0,001	**0**
1,000	1,000	**1**	1,000	1,000	**1**	0,937	0,936	**1**	0,688	0,673	**0**	<0,001	<0,001	**0**
0,997	0,997	**0**	1,000	1,000	**1**	0,889	0,887	**1**	0,003	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**
1,000	1,000	**1**	0,949	0,948	**1**	0,997	0,997	**1**	0,845	0,841	**0**	<0,001	<0,001	**0**
1,000	1,000	**1**	0,979	0,979	**1**	0,992	0,991	**1**	0,010	0,002	**0**	<0,001	<0,001	**0**
0,999	0,999	**1**	0,994	0,994	**1**	0,258	0,199	**0**	<0,001	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**
1,000	1,000	**1**	0,995	0,995	**1**	1,000	1,000	**1**	<0,001	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**
1,000	1,000	**1**	0,690	0,675	**1**	0,965	0,965	**1**	0,047	0,018	**0**	0,001	<0,001	**0**
0,997	0,997	**1**	1,000	1,000	**1**	0,707	0,693	**0**	<0,001	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**
0,994	0,994	**1**	0,978	0,978	**1**	0,965	0,965	**1**	0,001	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**
0,985	0,985	**1**	1,000	1,000	**1**	0,636	0,616	**1**	0,003	<0,001	**0**	0,002	<0,001	**0**
0,902	0,900	**1**	1,000	1,000	**1**	0,984	0,984	**0**	<0,001	<0,001	**0**	0,001	<0,001	**0**
0,997	0,997	**1**	0,636	0,616	**1**	0,794	0,787	**1**	<0,001	<0,001	**0**	0,161	0,104	**0**
0,032	0,010	**1**	0,695	0,681	**1**	0,999	0,999	**1**	0,169	0,112	**0**	<0,001	<0,001	**0**
0,393	0,345	**1**	0,997	0,997	**1**	0,999	0,999	**1**	0,004	<0,001	**0**	0,341	0,288	**0**
0,970	0,970	**1**	0,944	0,944	**1**	0,999	0,999	**1**	0,001	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**
1,000	1,000	**1**	0,971	0,971	**1**	0,982	0,981	**1**	0,052	0,020	**0**	0,002	<0,001	**0**
0,999	0,999	**1**	0,988	0,988	**1**	0,999	0,999	**1**	<0,001	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**
0,973	0,973	**0**	0,992	0,992	**1**	0,998	0,998	**1**	<0,001	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**
0,990	0,990	**0**	0,949	0,949	**1**	0,261	0,202	**1**	<0,001	<0,001	**0**	0,001	<0,001	**0**
0,853	0,849	**0**	1,000	1,000	**1**	0,001	<0,001	**1**	<0,001	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**
0,456	0,414	**1**	0,998	0,998	**1**	0,984	0,984	**1**	0,073	0,033	**0**	0,002	<0,001	**0**
0,974	0,974	**1**	0,935	0,934	**1**	0,998	0,998	**1**	<0,001	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**
0,963	0,963	**1**	0,695	0,681	**1**	0,999	0,999	**1**	<0,001	<0,001	**0**	0,003	<0,001	**0**
0,996	0,996	**0**	1,000	1,000	**1**	0,998	0,998	**1**	0,002	<0,001	**0**	0,600	0,575	**0**
0,024	0,006	**0**	0,999	0,999	**1**	0,998	0,998	**1**	<0,001	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**
0,757	0,748	**1**	1,000	1,000	**1**	0,890	0,888	**1**	<0,001	<0,001	**0**	0,007	0,001	**0**
0,003	0,000	**1**	0,002	<0,001	**0**	0,766	0,757	**1**	0,001	<0,001	**0**	0,002	<0,001	**0**
0,828	0,823	**1**	0,999	0,999	**1**	0,999	0,999	**1**	<0,001	<0,001	**0**	0,021	0,005	**0**
0,970	0,970	**1**	0,984	0,984	**1**	0,997	0,997	**1**	<0,001	<0,001	**0**	0,029	0,009	**0**
0,011	0,002	**1**	0,994	0,994	**1**	0,997	0,997	**1**	0,001	<0,001	**0**	0,045	0,017	**0**
0,994	0,994	**1**	0,270	0,212	**0**	0,997	0,997	**1**	0,001	<0,001	**0**	0,009	0,002	**0**
0,950	0,949	**1**	0,849	0,845	**1**	0,917	0,916	**1**	<0,001	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**
0,999	0,999	**1**	0,993	0,993	**1**	0,999	0,999	**1**	<0,001	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**
0,005	0,001	**0**	0,997	0,997	**1**	0,980	0,980	**1**	<0,001	<0,001	**0**	0,883	0,881	**0**
0,846	0,842	**1**	0,006	0,001	**1**	0,996	0,996	**1**	0,054	0,021	**0**	0,955	0,955	**0**
0,996	0,996	**1**	0,993	0,993	**1**	<0,001	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**	0,922	0,921	**0**
0,999	0,999	**1**	0,999	0,999	**1**	<0,001	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**	0,836	0,832	**0**
0,889	0,887	**1**	0,969	0,969	**1**	0,062	0,027	**0**	<0,001	<0,001	**0**	0,934	0,933	**0**
0,948	0,948	**1**	0,080	0,038	**1**	0,005	0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**	0,638	0,618	**0**
0,936	0,935	**1**	0,999	0,999	**1**	<0,001	<0,001	**0**	0,001	<0,001	**0**	0,094	0,048	**0**
0,985	0,985	**1**	0,596	0,571	**1**	0,035	0,011	**0**	<0,001	<0,001	**0**	0,314	0,259	**0**
0,982	0,982	**1**	1,000	1,000	**1**	0,232	0,172	**0**	<0,001	<0,001	**0**	0,010	0,002	**0**
0,828	0,823	**1**	0,970	0,970	**1**	0,017	0,004	**0**	<0,001	<0,001	**0**	0,003	<0,001	**0**
0,992	0,992	**1**	0,005	0,001	**0**	0,989	0,989	**0**	<0,001	<0,001	**0**	0,008	0,001	**0**
0,996	0,996	**1**	0,896	0,894	**1**	0,672	0,655	**0**	<0,001	<0,001	**0**	0,895	0,893	**0**
0,318	0,263	**1**	0,969	0,969	**1**	0,001	<0,001	**0**	0,025	0,007	**0**	0,104	0,056	**0**
0,498	0,462	**1**	0,983	0,983	**1**	<0,001	<0,001	**0**	0,011	0,002	**0**	0,096	0,050	**0**
0,989	0,989	**1**	1,000	1,000	**1**	<0,001	<0,001	**0**	0,001	<0,001	**0**	0,942	0,942	**0**
0,961	0,961	**1**	0,999	0,999	**1**	<0,001	<0,001	**0**	<0,001	<0,001	**0**	**0,526**	**0,493**	**0**
0,001	0,000	**1**	0,892	0,890	**1**	0,145	0,090	**0**	<0,001	<0,001	**0**	0,941	0,941	**0**

K: KOAH olma durumları

p: Mevcut uygulamayla elde edilen olasılık değeri

Yp: Önerilen uygulamayla elde edilen olasılık değeri

Öğrenme verilerinde elde edilen modellerin test verilerinde uygulanması sonucunda; mevcut yöntemle 221 gözlem için doğru sınıflama yapılırken önerilen yöntemle 222 gözlem için doğru sınıflama yapılmıştır. Mevcut yöntemle hesaplanan olasılık değeri 0,5'in üstünde bulunarak KOAH olduğu yönünde tahmin edilen gözlem için önerilen yöntemle hesaplanan olasılık değerleri 0,5'in altında bulunmuş KOAH olmadığı yönünde doğru sınıflandırma yapılmıştır. Sonuç olarak, öğrenme verilerinde %0,67 oranında doğru sınıflama oranında artış meydana getiren model; test verilerinde de yaklaşık %0,4 oranında bir doğru sınıflama artışı sağlamıştır (tablo 4-29).

5. TARTIŞMA

İnsanoğlu, cansız varlıklara bazı insan becerilerinin kazandırılması için yüzyıllardır uğraş vermektedir (Öztürk ve Şahin, 2018). 20. Yüzyılla birlikte gündeme daha sık gelen bu uğraş çağın bilim insanlarının da yakından ilgilendiği bir konu olmuş, öyle ki 20. yüzyılın ikinci yarısının başlarında Türk bilim insanı Arf (1959) "Makineler Düşünebilir mi ve Nasıl Düşünebilir?" sorusunu gündeme getirmiştir. Yapay zekanın üstlendiği işlerden birisi de makinelere, geçmişte yaşanan olaylara dayanarak karar verme yeteneği kazandırmaktır (Demirhan ve ark., 2010). Birçok alanda olduğu gibi, sağlık alanında da araştırmacılar, gözlemleri sınıflandırarak, mevcut gözlemlere ait verilerle gelecek yeni gözlemler hakkında çıkarımlar yapmayı hedeflemektedirler (Karakoyun ve Hacıbeyoğlu, 2014). Diskriminant analizi, kümeleme analizi ve lojistik regresyon gibi yöntemler sınıflandırma için kullanılan yöntemlerden bazılarıdır (Tatlıdil, 1996). Gözlemlere ait sınıfların bilindiği durumlarda lojistik regresyon yaygın olarak kullanılır (Kleinbaum ve ark., 2007).

Literatürde; lojistik regresyonla yapılan tahminleri iyileştirmek, doğru sınıflandırma oranını artırmak amacıyla gerçekleştirilen birçok çalışma bulunmaktadır (Mansson ve ark., 2012; Kang ve ark., 2018; Sancar ve İnan, 2021). Lojistik regresyon grafiği S şeklinde bir sigmoid eğridir (Eberhardt ve Breiwick, 2012). Bu eğrinin büküm noktası lojistik regresyonda bazen olması gerekenden daha küçük ya da daha büyük değerler alabilmektedir. Gürcan ve arkadaşları (2019), lojistik eğrinin büküm noktasının olması gerekenden daha küçük ya da daha büyük x değerlerine karşılık gelmesi durumunda çeşitli link fonksiyonları kullanılarak daha ideal bir büküm noktası belirlenebileceğini belirtmişlerdir. Richard (1959) tarafından önerilen eğrinin ikinci türevini alan Gürcan ve arkadaşları (2019), eğri için daha ideal büküm noktalarını bulmuş ve bulunan büküm noktalarını hatalı sınıflama yapılan gözlemler için ayrı ayrı uygulayarak modelin doğru sınıflama oranını artırmayı hedeflemişlerdir. Bu çalışmada ise Richard (1959)'ın önerdiği link fonksiyonundan yararlanarak $\pi(x) = (1 + (m - 1).(e^{-a}))^{\frac{1}{1-m}}$ denklemi kullanılmış, böylelikle lojistik regresyon eğrisinin büküm noktasının daha ideal hale getirilmesi amaçlanmıştır. Tüm gözlemler için ayrı ayrı olasılık değerleri hesaplanmış ve bu değerlere göre sınıflara atanmışlardır, modelin doğru sınıflama oranını maksimum yapan m değerleri belirlenmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Örneklem büyüklüğünün 500 olduğu simülasyon senaryosu (senaryo I) sonucunda; bin denemenin 947'sinde doğru sınıflama oranlarında artış olduğu tespit edilmiştir. Denemelerin 829'unda doğru sınıflama oranlarında %2'ye kadar artış olduğu, 114'ünde %2'den çok %4'e kadar artış olduğu ve 4'ünde ise %4'ten çok artış olduğu saptanmıştır. Örneklem büyüklüğünün 1000 olduğu simülasyon senaryosu (senaryo II) sonucunda ise denemelerin 963'ünde doğru sınıflama oranlarında artış olduğu tespit edilmiş, bu 963 denemenin 918'inde doğru sınıflama oranlarında %2'ye kadar artış olduğu, 45'inde ise 114'ünde %2'den çok %4'e kadar artış olduğu saptanmıştır.

Örneklem büyüklüğünün 5000 olduğu simülasyon senaryosu (senaryo III) sonucunda; bin denemenin 966'sında doğru sınıflama oranlarında artış olduğu, doğru sınıflama oranında artış gözlemlenen 966 denemenin 958'inde %2'ye kadar artış olduğu, 8'inde %2'den çok %4'e kadar artış olduğu saptanmıştır. Örneklem büyüklüğünün 10000 olduğu simülasyon senaryosu (senaryo IV) sonucunda ise denemelerin 980'inde doğru sınıflama oranlarında artış olduğu saptanmıştır. Doğru sınıflama oranlarında artış olduğu saptanan 980 denemenin tamamında %2'ye kadar artış olduğu tespit edilmiştir.

Dört farklı örneklem büyüklüğü ($n_1 = 500$; $n_2 = 1000$; $n_3 = 5000$; $n_4 = 10000$) için gerçekleştirilen simülasyon senaryoları birlikte değerlendirildiğinde, Richard link fonksiyonu kullanılarak uygulanan lojistik regresyon modelinde; örneklem büyüklüğündeki artışla birlikte doğru sınıflama oranlarında artış gözlemlenen deneme sayılarında da artışlar olduğu saptanmış, ayrıca gözlem sayısındaki artışla birlikte doğru sınıflama oranlarında daha küçük artışlar meydana geldiği tespit edilmiştir. Kısaca, örneklem büyüklüğü arttıkça doğru sınıflama oranlarında da artış görülmesi daha muhtemel olurken doğru sınıflama oranlarındaki artış yüzdelerinin daha küçük değerler aldığı söylenebilir.

Gerçek verilerin tamamıyla uygulanan modelde mevcut yöntemle %93 olan doğru sınıflama yüzdesinin Richard link fonksiyonu kullanılarak m=1,42 değeri için yaklaşık %0,2 oranında arttığı saptanmıştır. Gerçek verilerle uygulamaların ikinci basamağında veriler öğrenme (n=750) ve test (n=255) veri setleri olarak ikiye ayrılmıştır. Öğrenme veri setinde, mevcut yöntemle %94,5 olarak bulunan doğru sınıflama oranı Richard link fonksiyonu kullanılarak m'in [1,33; 1,44] ve [1,56; 1,66] aralıklarındaki 23 farklı değeri için %95,07 olarak bulunmuştur. Bu değerlerden m=1,66 için aynı model test verilerine de uygulanmış ve mevcut

yöntemle yanlış sınıflandırılan 1 gözlem, doğru sınıflandırarak test verileri için doğru sınıflama oranında yaklaşık %0,4 oranında bir artış sağlamıştır.

Lojistik regresyonda daha yüksek oranda doğru sınıflama yüzdesine sahip tahminler yapmak amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma sonucunda; Richard link fonksiyonu kullanılarak doğru sınıflama oranlarında sınırlı oranlarda artışlar sağlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Örneklemdeki artışla birlikte doğru sınıflama oranında artış gözlenmesi daha muhtemel olsa da bu artışların daha küçük oranlarda olduğu görülmüştür. Araştırmada, farklı örneklem büyüklükleri için 4 bağımsız değişkenle simülasyon senaryoları oluşturulduğu için; daha az ve daha çok sayıda bağımsız değişken içeren, farklı örneklem büyüklüklerinde ve bağımsız değişken türlerinde kombinasyonların denendiği yeni simülasyon senaryolarını konu edinen çalışmaların yapılmasında fayda görülmektedir.

KAYNAKLAR

Allison, P. (2013). What's the best R-squared for logistic regression. Statistical Horizons, **13**.

Alpar, R. (2017). Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemler.

Anderson, J. A. (1982). 7 Logistic discrimination. Handbook of statistics, **2**, 169-191.

Arf, C. (1959). Makineler Düşünebilir mi ve Nasıl Düşünebilir?. *Atatürk Üniversitesi 1958-1959 Öğretim Yılı Halk Konferansları*, **1(1)**, 91-103.

Atasoy, D. (2001). Lojistik regresyon analizinin incelenmesi ve bir uygulaması. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas*.

Başarır, G. (1990). Çok Değişkenli Verilerde ayrımsama sorunu ve lojistik regresyon Analizi. *Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi*.

Ben-Akiva, M. E., Lerman, S. R., Lerman, S. R. (1985). *Discrete choice analysis: theory and application to travel demand* (Vol. 9). MIT press.

Berkson, J. (1944). Application of the logistic function to bio-assay. *Journal of the American statistical association*, **39(227),** 357-365.

Bircan, H. (2004). Lojistik regresyon analizi: Tıp verileri üzerine bir uygulama. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, **(8),**185-208.

Bland, J. M., Altman, D. G. (2000). The odds ratio. *Bmj*, ***320*(7247),** 1468.

Bursac, Z., Gauss, C. H., Williams, D. K., Hosmer, D. W. (2008). Purposeful selection of variables in logistic regression. *Source code for biology and medicine*, ***3*(1)**, 1-8.

Czepiel, S. A. (2002). Maximum likelihood estimation of logistic regression models: theory and implementation. *Available at czep. net/stat/mlelr. pdf*, *83*.

DeMaris, A. (1995). A tutorial in logistic regression. *Journal of Marriage and the Family*, 956-968.

Demirhan, A., Kılıç, Y. A., İnan, G. (2010). Tıpta yapay zeka uygulamaları.

Dişçi, R. (2015). Temel ve klinik biyoistatistik. 3. Baskı. İstanbul Tıp Kitabevi.

Doob, J. L. (1934). Probability and statistics. *Transactions of the American Mathematical Society*, ***36*****(4),** 759-775.

Driver, H. E., Kroeber, A. L. (1932). Quantitative expression of cultural relationships (Vol. 31, No. 4). Berkeley: University of California Press.

Eberhardt, L. L., Breiwick, J. M. (2012). Models for population growth curves. International Scholarly Research Notices.

Elhan, A. H. (1997). *Lojistik regresyon analizinin incelenmesi ve tıpta bir uygulaması* (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).

Fisher, R. A. (1922). The goodness of fit of regression formulae, and the distribution of regression coefficients. *Journal of the Royal Statistical Society*, ***85*****(4),** 597-612.

Fisher, R. A. (1936). The use of multiple measurements in taxonomic problems. Annals of eugenics, **7(2)**, 179-188.

Fisher, R. A. (1950). The use of multiple measurements in taxonomic problems, Annual Eugenics, 7, Part II, 179-188 (1936); also in Contributions to Mathematical Statistics.

Gonska, H., Tachev, G. (2009). A quantitative variant of Voronovskaja's theorem. *Results in Mathematics*, ***53*****(3)**, 287-294.

Gregorczyk, A. (1998). Richards plant growth model. *Journal of Agronomy and Crop Science*, ***181*****(4)**, 243-247.

Gregory, A. W., Veall, M. R. (1985). Formulating Wald tests of nonlinear restrictions. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1465-1468.

Gürcan, M., Demirelli, A. E. (2019). Some important details on Richard growth model. *Thermal Science*, ***23*****(6)**, 1901-1908.

Gürcan, M., kaya, M. O., Halisdemir, N. (2019). Lojistik İncelemede Ayrımsama Performansının Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **(17)**, 1008-1013.

Harper, P. R. (2005). A review and comparison of classification algorithms for medical decision making. *Health Policy*, **71(3)**, 315-331.

Hauck Jr, W. W., Donner, A. (1977). Wald's test as applied to hypotheses in logit analysis. *Journal of the american statistical association*, ***72*****(360)**, 851-853.

Hensher, D. A., Johnson, L. W. (2018). *Applied discrete-choice modelling*. Routledge.

Hosmer, D. W., Lemeshow, S. (2000). Applied Logistic Regression. John Wiley Sons. New York.

Hotelling, H. (1930). The consistency and ultimate distribution of optimum statistics. *Transactions of the American Mathematical Society*, ***32*(4)**, 847-859.

Işık, A. (2006). İstatistik II. *Yazın Matbaacılık, Ankara, 194s*.

Kang, K., Gao, F., Feng, J. (2018, August). A new multi-layer classification method based on logistic regression. In 2018 13th International Conference on Computer Science Education (ICCSE) (pp. 1-4). IEEE.

Karagöz, Y. (2019). SPSS AMOS META Uygulamalı Nitel-Nicel Karma Bilimsel Araştırma Yöntemleri ve Yayın Etiği, 2. *Basım, Ankara: Nobel Yayıncılık*.

Karakoyun, M., Hacibeyoğlu, M. (2014). Biyomedikal Veri Kümeleri İle Makine Öğrenmesi Sınıflandırma Algoritmalarının İstatistiksel Olarak Karşılaştırılması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, ***16*(48)**, 30-42.

Katz, M. H. (2011). *Multivariable analysis: a practical guide for clinicians and public health researchers*. Cambridge University Press.

Kleinbaum, D. G., Kupper, L. L., Muller, K. E., Nizam, A. (2007). Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods, 4th edn. Thomson Learning. Inc., Belmont, California.

Maalouf, M. (2011). Logistic regression in data analysis: an overview. International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies, **3(3)**, 281-299.

Maddala, G. S. (1983). Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics, 1986. *Cambrldge University Preas*.

Månsson, K., Kibria, B. G., Shukur, G. (2012). On Liu estimators for the logit regression model. *Economic Modelling*, ***29*(4)**, 1483-1488.

McFadden, D. (1973). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior.

McGee, D., Reed, D., Yano, K. (1984). The results of logistic analyses when the variables are highly correlated: an empirical example using diet and CHD incidence. Journal of Chronic Diseases, **37(9-10)**, 713-719.

Nagelkerke, N. J. (1991). A note on a general definition of the coefficient of determination. Biometrika, **78(3)**, 691-692.

Önder, H., Cebeci, Z. (2002). Lojistik regresyonlarda değişken seçimi. *Çukurova Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, ***17*(2)**, 105-114.

Özdamar, K. (2010). Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi 2, Kaan Kitabevi, Eskişehir, 7.

Öztürk, K., Şahin, M. E. (2018). Yapay sinir ağları ve yapay zekâ'ya genel bir bakış. *Takvim-i Vekayi*, ***6*(2),** 25-36.

Park, H. A. (2013). An introduction to logistic regression: from basic concepts to interpretation with particular attention to nursing domain. *Journal of Korean Academy of Nursing*, ***43*(2)**, 154-164.

Pearce, N. (1993). What does the odds ratio estimate in a case-control study?. *International Journal of Epidemiology*, ***22*(6)**, 1189-1192.

Quandt, R. E. (1958). The estimation of the parameters of a linear regression system obeying two separate regimes. *Journal of the American Statistical Association*, ***53*(284)**, 873-880.

Richards, F. J. (1959). A flexible growth function for empirical use. *Journal of experimental Botany*, ***10*(2)**, 290-301.

Sackett, D. L., Deeks, J. J., Altman, D. G. (1996). Down with odds ratios!. *BMJ Evidence-Based Medicine*, ***1*(6)**, 164.

Sancar, N., Inan, D. (2021). A new alternative estimation method for Liu-type logistic estimator via particle swarm optimization: an application to data of collapse of Turkish commercial banks during the Asian financial crisis. *Journal of Applied Statistics*, ***48*(13-15)**, 2499-2514.

Seber, G. A. F., Wild, C. J. (1989). Nonlinear regression, 1989. *Search PubMed*, 325-365.

Seber, G. A., Lee, A. J. (2012). Linear regression analysis. John Wiley Sons.

Seven, Z. (1997). Değişken seçimi yöntemi olarak adimsal lojistik regresyon ile adımsal diskiriminant analizinin karşılaştırılması. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*.

SPSS. (2021a). IBM SPSS Paket Programı-Yardım Menüsü. Erişim: https://www.ibm.com/docs/en/spss-statistics/25.0.0?topic=regression-logistic-define-categorical-variables

SPSS. (2021b). IBM SPSS Paket Programı-Yardım Menüsü. Erişim: https://www.ibm.com/docs/en/spss-statistics/25.0.0?topic=regression-logistic-variable-selection-methods

Su, X., Yan, X., Tsai, C. L. (2012). Linear regression. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, **4(3)**, 275-294.

Tachev, G. T. (2008). Voronovskaja's theorem revisited. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, *343*(1), 399-404.

Şahin, M. (1999). Lojistik regresyon ve biyolojik alanlarda kullanımı (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Şenel, S., Alatlı, B. (2014). Lojistik regresyon analizinin kullanıldığı makaleler üzerine bir inceleme. *Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology*, ***5*(1)**, 35-52.

Tabachnick, B. G., Fidell, L. S., Ullman, J. B. (2007). Using multivariate statistics (Vol. 5, pp. 481-498). Boston, MA: pearson.

Tatlidil, H. (1996). Uygulamali Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz. Cem Web Ofset, 353.

Verhulst, P. F. (1838). Notice on the law that the population follows in its growth. *Corresp Math Phys*, ***10*,** 113-26.

Wald, A. (1943). Tests of statistical hypotheses concerning several parameters when the number of observations is large. *Transactions of the American Mathematical Society*, ***54*(3)**, 426-482.

Zellner, D., Keller, F., Zellner, G. E. (2004). Variable selection in logistic regression models. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, ***33*(3)**, 787-805.