



Araştırma Makalesi  
Research Article

Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi  
Yıl: Temmuz 2018 Cilt-Sayı: 11(3) ss: 67-81

Academic Review of Economics and Administrative Sciences  
Year: July 2018 Vol-Issue: 11(3) pp: 67-81

<http://dergipark.gov.tr/ohuiibf/>

ISSN: 2564-6931

DOI: 10.25287/ohuiibf.440554

Geliş Tarihi / Received: 04.07.2018

Kabul Tarihi / Accepted: 26.07.2018

## TEDARİK ZİNCİRİNDE MÜŞTERİ SİPARİŞLERİNİN LOJİSTİK REGRESYON ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ\*

Serkan BAŞ<sup>1</sup>  
Arzu UZUN<sup>2</sup>

### Özet

Günümüzde Tedarik Zinciri Yönetimi olgusunun işletmelerin yaşamsal süreçleri ve performansları üzerindeki etkisi büyüktür. İmalat sanayi sektöründe varlığını sürdüren bir işletmede ise, tedarik zinciri yönetiminin en önemli halkalarından birisi sipariş bilgileri ve işletmenin üretim performansıdır. Bu çalışma, sipariş parametrelerinin, siparişin zamanında gerçekleşme ihtimalini tahmin etmede kullanılabilir olduğunu kanıtlamayı amaçlamaktadır. Böylelikle imalat sanayi işletmelerinin ve işletme karar alıcılarının bu modelleme ile siparişler üzerine karar almada ve kararlarının sonucuna ulaşabilmede, daha isabetli olmaları sağlanabilecektir. Bununla birlikte, tedarik zinciri yönetiminin birçok halkasında da bu yaklaşımın uygulanabilirliği tartışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler** : Lojistik Regresyon, Tedarik Zinciri Yönetimi, Siparişe Göre Üretim, Hosmer ve Lemeshow Uyumun İyiliği Testi

**Jel Sınıflandırılması** : M11.

## EVALUATION OF CUSTOMER ORDERS IN SUPPLY CHAIN BY LOGISTIC REGRESSION ANALYSIS

### Abstract

Today the effect of the fact of Supply Chain Management on the performance and the life cycles of enterprises is great. For an enterprise keeping on its existence in the sector of manufacturing industry, one of the most important rings of supply chain is the data of order and the manufacturing performance of the enterprise. This work aims to prove that the order parameters are usable for estimating the probability of order realization at deadline. In this manner, it will be provided for the manufacturing industry enterprises and the enterprise decision makers, to be more accurate on making decisions about orders and reaching the results of those by this model. In addition to this, applicability of this approach for many rings of supply chain will be discussed.

**Key Words** : Logistic Regression, Supply Chain Management, On-Order Manufacturing, Hosmer&Lemeshow goodness of fit test

**Jel Classification** : M11.

\* Serkan Baş'ın Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'ne kayıtlı "Sipariş Üretimindeki Gecikmelerin Lojistik Regresyon Analizi İle Belirlenmesi" başlıklı Yüksek Lisans tezinin uygulama bölümündeki vaka çalışmasından yararlanılarak hazırlanmıştır.

<sup>1</sup> Uzman, TÜİK, [serkan.bas@tuik.gov.tr](mailto:serkan.bas@tuik.gov.tr), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4846-9425>

<sup>2</sup> Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, İİBF, [garzu@cu.edu.tr](mailto:garzu@cu.edu.tr), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5118-380X>

## **GİRİŞ**

Ekonomik parametrelerin, değerlendirme hesaplarındaki önemi giderek artmaktadır. Gerek makro düzeyde gerekse mikro düzeyde karar vericilerin işletmelerin değerini arttırmak amacıyla ekonomik ve parasal değişkenleri uygun düzeylerde tutabilmek için yoğun çaba sarfettikleri bir gerçektir.

Günümüzde verilen kararların verimlilik, etkinlik, etkililik ve karlılık açısından önem arz etmesi, bu karar süreçlerinde girdi olarak kullanılan "bilgi"ye odaklanılmasını zorunlu kılmıştır. Organizasyon-İç ve organizasyon-dışı bilginin maksimum düzeyde tutulmasının yanı sıra bilginin yayılımının ve paylaşımının da azami ölçüde mevcut olması gerek koşuldur. Bu durum organizasyonları, bu yönde bir takım yöntemler geliştirmeye zorunlu kılmış; teknolojinin de gelişmesiyle özellikle yazılım yönüyle bilgi paylaşımının göçerimini istenen düzeyde olanaklı hale getirmiştir.

İmalat işletmeleri için gereksinim duyulan temel bilgilerin başında sahip olunan kapasite olanaklarına karşı pazarın durumu, arz süreci ve sürecin gerçekleştirilmesi sonrasında yaşanan geri dönüşlerdir. Bu bilgilerin tümü organizasyonun performansını ve dolayısıyla geleceğini etkileyen faktörleri ortaya koymaktadır.

İmalat işletmeleri açısından tedarik zincirinde müşteri siparişlerinin zamanında karşılanabilmesi firma başarısının performans göstergelerinden biridir. Siparişlerini zamanında karşılayabilen imalatçı, ürününü maksimum değerinde arz etme fırsatına sahip olmuş demektir. Zamanında gerçekleştirilmeyen siparişlerin değeri gecikmelerden ötürü düşer ve ekonomikliğini kaybeder. Parasal kaybın yanı sıra bu süreçte yaşanan şikayet, çatışma, vb. olumsuzluklar da manevi kayıplara yol açar; geleceğe dönük beklentileri olumsuz yönde etkiler.

Bu çalışmanın amacı, organizasyon-İç bilgiden yola çıkarak doğru kararların verilebilmesi için sayısal tabanlı bir karar verme süreci ile anlamlı sonuçlar elde etmektir. İşletmelerin iç dinamikleri karar verme süreçlerinde en etkin rolü oynayan unsurlardır. Bu unsurları, sayısal tabanlı bir karar verme süreci ile bir araya getirmek etkin ve etkili çıkarımlarda bulunmaya imkan sağlayacaktır.

Geçmişe ait gerçekleşen siparişlere ilişkin veriler ile istatistiksel yöntemler kullanılarak geleceğe dair tahminlerde bulunulabilir. Bu çalışmada, Çukurova bölgesinde faaliyet gösteren bir imalat işletmesinin geçmişe ait sipariş bilgileri kullanılarak oluşturulan bir model ile gelecekteki siparişlerin olası sonuçları ile ilgili tahminler yapılacaktır. Ortaya konulan model ile senaryolar üretilip bu senaryolara ilişkin çıkarımlarda bulunulacaktır. Gelebilecek yeni siparişlerin parametreleri modele uyarlanarak siparişlerle ilgili beklentiler ortaya konulacaktır. Bu bağlamda, verilecek kararların tutarlılığını ve güvenilirliğini arttırmak ve dolayısıyla uzun vadede firma değerinin artırılması olmaktadır.

## **I. YÖNTEM**

### **I.I. Lojistik Regresyon**

Lojistik Regresyon, bağımsız değişkenlerin sonuç değişkenler üzerindeki etkilerini olasılık olarak hesaplar ve bu risk faktörlerinin olasılık olarak belirlenmesini sağlar. Lojistik Regresyon, sonuç değişkeninin ikili ve çoklu aşamalarda bağımsız değişkenlerle aralarındaki ilişkiyi sorgulayan bir yöntemdir. Farklı alanlarda karşılaşılan problemleri sayısal verilere dayandırarak problemin çözümü ya da yorumu için istatistiksel analizler yapılmaktadır. Bu analizler sonucunda problemle ilgili bazı modeller kurulmaktadır. Lojistik Regresyon Analizi, bu modelin kurulması aşamasında problemin verilerine göre alternatif bir yöntemdir (Ürük, 2007: 1-4).

Doğrusal ve lojistik regresyon analizi yöntemleri arasında üç önemli fark vardır. Doğrusal regresyon analizinde, bağımlı olarak kabul edilen değişken sürekli iken, lojistik regresyon

analizinde kategorik yapıdadır. Doğrusal regresyon analizinde bağımlı değişkenin değeri, lojistik regresyon analizinde ise bağımlı değişkenin alabileceği değerlerden birinin gerçekleşme olasılığı tahmin edilir. Doğrusal regresyon analizinde bağımsız değişkenlerin çoklu normal dağılım göstermesi koşulu aranırken, lojistik regresyon analizi için bağımsız değişkenlerin dağılımına ilişkin herhangi bir ön koşul yoktur (Kaşko, 2007: 2-3).

## **I.II. Önceki Çalışmalar**

Lojistik modelin ilk olarak kullanımı, biyolojik deneylerin analizi için Berkson (1944, 1953, 1955) tarafından önerilmiştir. Lojistik modelini Cox (1970) geliştirmiş, çeşitli uygulamalarını yapmış, Halperin vd ise 1971 yılında lojistik regresyonun, bağımsız değişkenlere ait normal dağılım varsayımının yerine gelmediği durumlarda diskriminant analizine alternatif olarak gösterilebileceğini savunmuşlardır. Finney de 1972 yılında lojistik regresyonu probit analizine alternatif olarak önermiştir (Kaşko, 2007: 4).

Lojistik regresyonun ilk kullanımlarından sonra literatürde lojistik regresyonu diğer analiz yöntemleri ile karşılaştıran çalışmalardan birisine de Finney 1971 yılında imza atmıştır. Çoklu iç ilişkiden kaynaklanan problemlerin giderilmesi üzerine Gordon (1974) yaptığı çalışmada bazı önerilerde bulunmuştur. Belsley vd (1980) doğrusal regresyondakine benzer bağlantı analizlerinin lojistik regresyonda kullanımı ile ilgili fikirler öne sürmüştür. Andersson 1979 ve 1983 yıllarındaki çalışmalarında yöntem ile ilgili gelişmeleri özet olarak sunmuştur.

Lojistik regresyonda tahmin yöntemlerine ilişkin, Albert ve Anderson (1984) tarafından yapılan çalışmada farklı veri setlerinde lojistik regresyon katsayılarının en çok olabilirlik metoduyla tahminlerine ait teorik temelleri anlatmışlardır. Bunun yanı sıra, verilerin tahmin edilen lojistik regresyon modeline uyumuna ilişkin çalışmalar da yapılmıştır. Aranda-Ordaz (1981) ve Johnson (1985) tarafından yapılan çalışmalar en önemlileri sayılabilirler. Ayrıca, Pregibon (1981) yanıt değişkenin ikili değer aldığı lojistik modellerde etkin ve aykırı gözlemlerin belirlenmesi hakkında bir çalışma yapmıştır. Hosmer ve Lemeshow (1980) tarafından yapılan çalışmada ise bir uyumun iyiliği ölçütü geliştirilmiştir. Daha sonra, Hosmer ve Lemeshow (2000) tarafından lojistik regresyon modeli ayrıntılı bir şekilde incelenmiş, maksimum likelihood tahmin yöntemi, uyumun iyiliği ölçütleri, etkin ve aykırı gözlemlerin belirlenmesine dair yapılan çalışmalar özetlenmiş ve çeşitli örnek uygulamalar yapılmıştır. Buna ek olarak, Roy ve Guria (2008) yaptıkları çalışmada gözlemlerin çıkarılmasına dayalı tekniği kullanarak, lojistik regresyon için etkin ve aykırı gözlemleri incelemiştirler (Arıcan, 2010: 8-10).

Lojistik regresyon modellerinin yaygın bir şekilde kullanılabilir hale gelmesi, katsayı tahmin yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmış ve lojistik regresyon modellerinin daha ayrıntılı incelenmesine sebep olmuştur. Cornfield (1962), lojistik regresyondaki katsayı tahmin işlemlerinde diskriminant fonksiyonu yaklaşımını ilk kez kullanarak popüler hale getirmiştir. Lee (1984) basit dönüşümlü (cross-over) deneme planları için lineer lojistik modeller üzerinde durmuştur. Bonney (1987) lojistik regresyon modelinin kullanımı ve geliştirilmesi üzerinde çalışmıştır. Robert vd (1987) lojistik regresyonda standart Ki-kare, olabilirlik oran (G<sup>2</sup>), "pseudo" en çok olabilirlik tahminleri, uyum mükemmelliği ve hipotez testleri üzerine çalışmalar yapmışlardır. Duffy (1990) lojistik regresyonda hata terimlerinin dağılışı ve parametre değerlerinin gerçek değerlere yaklaşımını incelemiştir. Başarır (1990) klinik verilerde çok değişkenli lojistik regresyon analizi ve ayrımsama sorunu üzerinde çalışmıştır. Hsu ve Leonard (1995) lojistik regresyon fonksiyonlarında Bayes tahminlerinin elde edilmesi işlemleri üzerine çalışmışlar yapmış ve lojistik regresyonda Monte Carlo dönüşümünün kullanılabilirliğini göstermişlerdir. Akaya ve Pazarlıoğlu (1998) lojistik regresyon modellerinin ekonomi alanında kullanımını örneklerle incelemiştirler. Cox vd (1998) kardiyovasküler hastalıklar ve hipertansiyon arasındaki ilişkiyi incelemiştirler (Bircan, 2004: 187).

Çoğunlukla sağlık alanında olmak üzere, lojistik regresyon modeli dünyada bir çok çalışma alanında incelemeler yapılmasına olanak sağlamıştır. People vd (1991), Buescher vd (1993), Kloiber vd (1996) kadınlarda düşük doğum ağırlığını etkileyen risk faktörlerini incelemiştirler. Le

Cessie ve Van Houwelingen (1992) kanserli DNA hücreleri ile ilgili elde edilen veri kümesi üzerinde analiz çalışması yapmışlardır. Demaris (1995) ise 1993 Genel Sosyal Araştırma verilerini kullanarak deneklerin kişisel mutluluk derecelerini incelemiştir. Gardside ve Glueck 1995 yılında yaptıkları çalışmada insanların beslenme şekilleri, fiziksel aktivitelerinin yoğunluğu ve sigara ve alkol kullanımı gibi etmenlerin kalp rahatsızlıkları üzerindeki etkilerini analiz etmişlerdir. O'Neill ve Barry (1995) ise trafik kazalarına ilişkin bazı verileri ele almışlar ve kazalarda ölüme sebep verebilecek bazı değişkenlerin etkilerini değerlendirmişleridir. Sable ve Herman (1997) ise düşük doğum ağırlığı ile erken doğum arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Santos vd (1998) da kafein tüketimi ile düşük doğum ağırlığı arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir.

### I.III. Lojistik Regresyon Modeli

Lojistik regresyon modeli,

$$L = \ln\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = \beta_0 + \beta_i X_i + \varepsilon_i$$

şeklinde formüle edilmiştir. Formülde yer alan notasyonların açıklamaları aşağıda verilmiştir (Hosmer & Lemeshow, 2000):

$L$  = logit fonksiyonu

$p_i$  = yanıt değişken (tahmin edilen olasılık)

$\beta_0$  = sabit katsayı

$\beta_i$  = bağımsız değişken katsayısı

$X_i$  = bağımsız değişken

$\varepsilon_i$  = hata terimi

Bu eşitlikten elde edilen P(X) olasılığı,

$$p = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}}$$
$$p = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}}$$

şeklinde formüle edilmiştir.

Lojistik regresyon modelinin temelinde üstünlük oranları (odds ratios) bulunur. Üstünlük oranı bir olayın gerçekleşme olasılığı ile gerçekleşmeme olasılığını karşılaştırır. Lojistik regresyon üstünlük oranının doğal logaritmasının alınması ile elde edilir. Modelin parametrelerinin tahmininde ise, en çok olabirlik (maximum likelihood, ML) yöntemi sıklıkla kullanılır. Lojistik regresyon modelinin parametreleri, analitik olarak elde edilemediğinden, iteratif bir yöntem olan maksimum olabirlik (maximum likelihood) tekniğiyle tahmin edilmektedir.

Üstünlük Oranları (ÜO) ve Olasılıklar (P) (Probabilities), aynı durumları farklı açılardan değerlendirir. P(X=1) bir olayın olabirliğidir ve "likelihood" olarak adlandırılır. ÜO bir durumun olma olasılığının olmama olasılığına olan oranıdır. Logit modelinde de ÜO kullanılır. ÜO ile P arasındaki ilişki,

$$P(X) = \frac{\ddot{O}(X)}{1 + \ddot{O}(X)}$$
$$\ddot{O}(X) = \frac{P(X)}{1 - P(X)}$$

olarak elde edilir.  $P(X)$  bir olayın olma olasılığını ifade eder ve alabileceği değerler 0 ile 1 arasındadır.  $\ddot{O}(X)$  ise, aynı olayın olma olasılığının olmama olasılığına oranıdır ve 0 ile  $\infty$  arasında değerler alabilir.  $P(X)$  0,5 değerinde iken  $\ddot{O}(X)$ , 1 değerini alır.  $P(X)$ , 1 değerini aldığı anda ise  $\ddot{O}(X)$  sonsuza gider.  $\ddot{O}$ 'nın doğal logaritması ( $\ln\ddot{O}$ ) ile dağılımdaki bu asimetri giderilmiş olunur. Logit terimi  $\ln\ddot{O}$ 'nın ifadesidir (Tablo 1).

**Tablo 1.  $P(X)$ ,  $\ddot{O}(X)$  ve  $\ln\ddot{O}(X)$  Arasındaki İlişki**

$P(X)$	$\ddot{O}(X)$	$\ln\ddot{O}(X)$
0	0	$-\infty$
0,5	1	0
1	$-\infty$	$+\infty$

## II. BULGULAR VE YORUM

### II.1. Çalışmada Kullanılan Veri Seti

Sipariş veri seti üzerinde yapılan ön çalışma neticesinde altı değişkenin model oluşturmada teorik olarak üzerinde çalışılabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu değişkenler;

- X1: Sipariş Edilen Ürün Tipi
- X2: Sipariş Edilen Ürün Tipinin Üretildiği Vardiya Sayısı
- X3: Sipariş Süresi
- X4: Sipariş İle İlgili Paketleme Koşulu
- X5: Siparişin Üretimine Gerçekleştiği Sürecin Kalitesi
- X6: Sipariş Edilen Ürün Miktarı
- Y: Siparişin Gecikme Durumu

olarak belirlenmiştir. Görüldüğü üzere, değişkenlerden dördü, X1, X3, X4 ve X6, alınan sipariş ile ilgili olup, dışarıdan sağlanan veriler iken; diğer ikisi, X2 ve X5, işletmenin iç dinamikleri ile ilgili değişkenler olup işletmenin yapısal koşullarına bağlı olarak elde edilen verilerdir. Değişkenlerden X2 siparişin alınması ile belirlenirken, X5 ancak siparişin üretimi neticesinde elde edilebilen bir değişken olma özelliği göstermektedir. Bu durum kullanılan yöntemin çok farklı yapıda değişken ile yürütülebileceğini göstermektedir.

### II. I. Verilerin Analizi

#### a. altı değişken ile analiz

331 gözlem ve yanıt değişken ile birlikte 7 değişkenden oluşan veri seti SPSS 15.0 istatistik paket programı ile analiz edilmiştir. Veriler programa eklendikten sonra "Analyze-Regression-Binary Logistic" seçenekleri ile lojistik regresyon için iletişim penceresine ulaşılmıştır.

Logistic Regression iletişim penceresinde öncelikle Y değerlerinin bulunduğu sütun bağımlı değişken olarak belirlenmiştir. Y sütunu 1 ve 0 değerlerinden oluşan ve X1,X2,X3,X4,X5 ve X6 değişkenleri karşılığında sipariş neticesini gösteren veri setidir. Y=1 siparişteki gecikmeyi Y=0 ise siparişin zamanında gerçekleştirildiğini göstermektedir.

Bağımlı değişkenin belirlenmesinden sonra analiz sürecine girecek olan bağımsız değişkenlerin de belirlenmesi sağlanır. Öncelikle altı değişkenin hepsi analiz sürecine dahil edilmiştir. "Save" seçeneği ile, analiz sonunda veri setindeki her bir gözlem için beklenen

olasılıkları ve 0.5 eşik değeri kullanılarak bu olasılıklara karşılık gelen 0 yada 1 grup üyelikleri tablosunun çıktı olarak elde edilmesi sağlanmıştır.

"Options" seçeneği ile analizin hangi kıstaslarla yapılması istendiği ve analiz sonunda görmek istenilen sonuçların neler olduğunu seçilmiştir. Pencerenin en alt kısmında işaretlenen seçim, olasılık fonksiyonunda sabit değerin istendiğini göstermektedir. Bu pencerede aynı zamanda, istatistiki süreç için tercih edilen güven aralığı da belirlenebilmektedir. Çalışmada %95'lik bir güven aralığı tercih edilmiştir. "Correlation of estimates" seçeneği ile değişkenler arasındaki korelasyon görülmek istenmiştir. "Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit" seçeneği ile de modelin uygunluğunda belirleyici olan Hosmer-Lemeshow test sonucu görülmek istenmiştir.

Bu seçenekler ile analiz modülü çalıştırıldığında "Output"(sonuç) penceresine ulaşılır. İstenilen bütün analiz sonuçları bu pencerede sunulmaktadır. Ulaşılan sonuçlar modelin anlamlılığı ile ilgili yol gösterici testlerdir (Tablo 2).

**Tablo 2. X1, X2, X3, X4, X5 ve X6 Değişkenlerinin Oluşturduğu Modelin -2 Log Likelihood Değeri**

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	400,065 <sup>a</sup>	,099	,136

a. Estimation terminated at iteration number 5 because parameter estimates changed by less than ,001.

Olabilirlik(likelihood), modelin anlamlılığını sınavan istatistiktir. -2 Log likelihood ise lojistik regresyon modellerinde kullanılan test yöntemidir. Serbestlik derecesi ve güven aralığı kullanılarak  $\chi^2_{\alpha,p}$  tablosundaki değer, test sonucunda çıkan değer ile karşılaştırılır ve -2 Log likelihood değeri yüksek ise modelin anlamlılığı kabul edilir. Bu modelde serbestlik derecesi 6 ve güven aralığı 0,05'dir. Bunlara karşılık gelen  $\chi^2_{0,05,6} = 12,59$ 'dur. -2 Log likelihood değeri bu değerden yüksektir; bu nedenle model anlamlıdır.

Tablo 3'deki Hosmer and Lemeshow Test'de Chi-square değerinin düşük Significance değerinin ise en az 0,05'den büyük olmak koşulu ile yüksek olması uyumluluğun iyiliğini arttıran unsurlardır.

**Tablo 3. X1, X2, X3, X4, X5 ve X6 Değişkenlerinin Oluşturduğu Modelin Hosmer ve Lemeshow Test Sonuçları**

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	9,753	8	,283

Tablo 4'te sunulan Variables in Equation değerleri modelde hesaba dahil edilecek olan değişkenlerin model denkleminde ne kadar etkide bulunacaklarını ortaya koyar. Şeklin B sütununda, ilgili değişkenin model denklemindeki katsayısını göstermektedir. X6 değişkeni için hesaplanan katsayı 0,000 olarak görülmektedir. Bunun nedeni, tablo sunumunda sayıların virgülden sonra 3 basamak olacak şekilde gösterimin yapılmasıdır. Output penceresinde bu tabloda istenilen sayının üzerine çift tıkladığında sayının gerçek değerine ulaşılabilir. Tabloda dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise değişkenlerin her biri için hesaplanan Significance değerleridir. Bu değerler hangi değişkenlerin anlamlı olduğu konusunda yönlendirmede bulunur. Güven aralığının %95 olarak kabul edildiği çalışmada Significance değerinin % 5'in altında değerler hesaplanan değişkenleri anlamlı kabul edilmiştir. Buna göre X3, X4 ve X6 değişkenleri anlamlı olarak belirlenmiştir. Bir başka deyişle Sipariş Süresi, Sipariş İle İlgili Paketleme Koşulu ve Sipariş

Edilen Ürün Miktarı ilgili siparişin gecikme ihtimali üzerinde en çok etkisi olan unsurlar olarak ön plana çıkmaktadır.

**Tablo 4. X1, X2, X3, X4, X5 ve X6 Değişkenlerinin Oluşturduğu Modelin Değişken Katsayıları**

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step	X1	-.159	,109	2,116	1	,146	,853
1	X2	-.388	,243	2,548	1	,110	,678
	X3	,074	,025	9,108	1	,003	1,077
	X4	1,474	,508	8,407	1	,004	4,365
	X5	,047	,039	1,451	1	,228	1,049
	X6	,000	,000	7,145	1	,008	1,000
	Constant	-7,075	3,862	3,356	1	,067	,001

a. Variable(s) entered on step 1: X1, X2, X3, X4, X5, X6.

Bu aşamada yapılması gereken, analiz modülünün bu değişkenler üzerinden tekrar çalıştırılmasıdır. Çünkü anlamsız olan değişkenlerin dahil edildiği bir model denklemi yanlılgılara sebep olabilir. Anlamsız değişkenlerin çıkarılması ile elde edilecek olan model denklemi ise daha sağlıklı sonuçlar verecektir.

#### b. x3, x4 ve x6 değişkenleri ile analiz

X3, X4 ve X6 değişkenleri ile yapılan analizin test sonuçları Tablo 5, Tablo 6 ve Tablo 7'de sunulmuştur. Tablo 5'de görüldüğü üzere -2 Log likelihood değeri 406,752 çıkmıştır.  $\chi^2_{0,05,3} = 7,81$  olduğundan model anlamlı çıkmaktadır.

**Tablo 5. X3, X4 ve X6 Değişkenlerinin Oluşturduğu Modelin -2 Log Likelihood Değeri**

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	406,752 <sup>a</sup>	,081	,111

a. Estimation terminated at iteration number 4 because parameter estimates changed by less than ,001.

Hosmer ve Lemeshow test sonuçları göstermektedir ki, üç değişkenli analizde modelin uygunluk derecesi azalmıştır. Significance değeri 0,061'e düşmekle birlikte, 0,05'den büyük olduğu için halen anlamlı durumdadır. Bununla birlikte, Chi-square değerindeki artış da bu durumu desteklemektedir. Sonuç tamamı ile analize giren değişkenlerin modele uygunluğu ile alakalı olmakla birlikte, modelin uygunluğunun azalması değişkenlerin tahmin etme sürecindeki anlamlılığını olumsuz yönde etkileyecektir. Bu durumu Tablo 6'da görmek mümkündür.

**Tablo 6. X3, X4 ve X6 Değişkenlerinin Oluşturduğu Modelin Hosmer ve Lemeshow Test Sonuçları**

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	14,915	8	,061

Tablo 7'de görüldüğü üzere bu 3 değişkenin model içindeki anlamlılığı devam etmektedir. Test sonucunda da görülmektedir ki X3 değişkeninin Significance değeri 0,003'den 0,005'e yükselirken X4 değişkeni için bu değer 0,004'den 0,002'ye düşmüştür. X6 için ise değer 0,008'den 0,015'e çıkmıştır. Bu durum X4'ün anlamlılığında artış, X3 ve X6 için ise azalış olarak

yorumlanabilir. Fakat önem düzeyinin %95 kabul edildiği çalışmada modelin anlamlılığı sürmektedir.

**Tablo 7. X3, X4 ve X6 Değişkenlerinin Oluşturduğu Modelin Değişken Katsayıları**

Variables in the Equation							
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 <sup>a</sup>	X3	,068	,024	8,058	1	,005	1,071
	X4	,830	,268	9,620	1	,002	2,294
	X6	,000	,000	5,887	1	,015	1,000
	Constant	-3,094	,581	28,320	1	,000	,045

a. Variable(s) entered on step 1: X3, X4, X6.

Test sonucu elde edilen katsayılar da değerlendirildiğinde logit fonksiyonu

$$\hat{g}(x) = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_{ki} x_{ki}$$

$$\hat{g}(x) = -3,0938 + 0,0682(X3) + 0,8304(X4) + 4,1386e - 005(X6)$$

şeklinde elde edilir. Buradan tahmin fonksiyonu:

$$p = \frac{e^{\hat{g}(x)}}{1 + e^{\hat{g}(x)}}$$

$$p = \frac{e^{-3,0938+0,0682(X3)+0,8304(X4)+ 4,1386e-005(X6)}}{1 + e^{-3,0938+0,0682(X3)+0,8304(X4)+ 4,1386e-005(X6)}}$$

olarak elde edilir. Örneğin; 20 günlük süresi olan ve paketlemenin istendiği 25000 birimlik bir siparişin zamanında gerçekleştirme olasılığı şu şekilde hesaplanır:

$$\hat{g}(x) = -3,0938 + 0,0682(20) + 0,8304(1) + 4,1386e - 005(25000)$$

$$\hat{g}(x) = 0,1355$$

$$p = \frac{e^{-3,0938+0,0682(20)+0,8304(1)+ 4,1386e-005(25000)}}{1 + e^{-3,0938+0,0682(20)+0,8304(1)+ 4,1386e-005(25000)}}$$

$$p = 0,533$$

Elde edilen sonuca göre, örnek olarak verilen siparişin %53 ihtimalle zamanında gerçekleştirilemeyeceğini, %47 ihtimalle ise zamanında gerçekleştirileceğini göstermektedir. Siparişin %53 olasılıkla gecikeceği anlamına gelmektedir. Tahmin fonksiyonunun ilgili sipariş değişkenleri ile yanıt değişkenin beklenen değeri 1 ve 0 arasında değer alır. Bu değer 1'e ne kadar yaklaşırsa ilgili siparişin gecikme olasılığı artacaktır. Örnek siparişteki sonuç ise 1'e daha yakın bir değer aldığı için tahmin neticesinde siparişin gecikeceğini belirtmek uygun olacaktır.

X3 ve X6 değişkenlerini sabit tutup paketleme koşulunu 0 olarak değiştirdiğimizde ise bu oran %33'e düşmektedir.

$$p = \frac{e^{-3,0938+0,0682(20)+0,8304(0)+ 4,1386e-005(25000)}}{1 + e^{-3,0938+0,0682(20)+0,8304(0)+ 4,1386e-005(25000)}}$$

$$p = 0,3329$$

Bu durum siparişin %67 olasılıkla zamanında gerçekleşeceği anlamına gelir. Tahmin edilen sonuç 0,3329; 0,5 eşik değerinin altında olduğu için yanıt değişkenler eşik değerine bağlı olarak 1 ve 0 olarak sınıflandırıldığında bu örnek için 0 grubunda olur ki; bu da gecikme olmayacak anlamına gelmektedir.

Görüldüğü gibi, paketleme koşulu, test sonuçlarında da ortaya çıkan duruma göre siparişin gecikme olasılığını artırıcı bir yönde sonuç vermiştir. Paketleme koşulu ortadan kalktığında



siparişin gecikme olasılığı belirgin bir şekilde düşmüştür. Bu durum paketleme koşulunun siparişin gecikme ihtimali üzerindeki etkisinin, modele dahil edilmesini gerektirdiğini ortaya koyan bir kanıttır.

İlk örnekteki, yani açıklayıcı değişkenlerin  $X_3=20$   $X_4=1$  ve  $X_6=25000$  olduğu koşulda,  $X_3$  değişkeninin değeri değiştirildiğinde ise farklı bir durum ortaya çıkmaktadır.

$$p = \frac{e^{-3,0938+0,0682(15)+0,8304(1)+4,1386e-005(25000)}}{1 + e^{-3,0938+0,0682(15)+0,8304(1)+4,1386e-005(25000)}}$$
$$p = 0,4488$$

Sipariş süresi 15 güne düşürüldüğünde siparişin gecikme ihtimali %45'e düşmektedir. Benzer şekilde bir durum, diğer değişkenler sabit tutulup, miktar değişkeni üzerinde oynama yapıldığında da görülmektedir. Örneğin, sipariş miktarı 15000'e düşerse gecikme ihtimali %43'e düşecektir.

$$p = \frac{e^{-3,0938+0,0682(20)+0,8304(1)+4,1386e-005(15000)}}{1 + e^{-3,0938+0,0682(20)+0,8304(1)+4,1386e-005(15000)}}$$
$$p = 0,4308$$

Sipariş süresi ve paketleme koşulu sabit iken, sipariş edilen ürün miktarındaki azalışın siparişin gecikme olasılığını düşürmesi beklenen bir sonuç denilebilir. Buna karşın, diğer değişkenler sabit tutulup, sipariş süresi kısaltıldığında siparişin gecikme olasılığının düşmesi mantıklı görünmemektedir. Aynı sipariş miktarında, işletmenin o siparişi üretmek için daha fazla süreye sahip olması, normalde o siparişin gecikme olasılığının düşmesine neden olması gerekirken, model bu değişkenle ilgili olarak farklı sonuçlar vermektedir.

Yapılan uygulamalı örnekler, bu tip çalışmalarda sıkça karşılaşılabilecek bir durumu ortaya çıkarmıştır. İki açıklayıcı değişken arasında yüksek korelasyon varsa bu iki değişken arasında iç ilişki (collinearity) vardır. İç ilişkinin var olması durumunda ise, tahminler yanıltıcı olur (Suthar vd,2010:526). Örnekte de ortaya koyulduğu gibi tekil olarak değerlendirildiklerinde  $X_3$  ve  $X_6$  değişkenlerindeki artış durumunda siparişin gecikme olasılığı artmaktadır. Fakat mantıksal açıdan yaklaşıldığında  $X_6$  sabitken  $X_3$ 'deki artışın, siparişteki gecikme olasılığını düşürmesi gerekmektedir. Formülde yerine koyulduğunda, değişkenler bu şekilde hareket etmektedir. Aksi yönde siparişin gecikme olasılığı artmaya devam etmektedir. Bunun sebebi  $X_3$  ve  $X_6$  değişkenler arasındaki iç ilişkidir. Değişkenler arasındaki yüksek ilişki ve işletmenin sipariş ile ilgili koymuş olduğu süre önkoşulu buna sebep olmuştur. Firmanın belli büyüklükteki siparişleri belli sürelerle göre kabul etmesi böyle bir sonuç ortaya çıkarmıştır. Bahsi geçen durumu kanıtlayan korelasyon matrisi Tablo 8'de sunulmaktadır.

**Tablo 8.  $X_3$ ,  $X_4$  ve  $X_6$  Değişkenleri Korelasyon Matrisi**

Correlation Matrix				
		$X_3$	$X_4$	$X_6$
Step	$X_3$	1,000	-,488	-,864
1	$X_4$	-,488	1,000	,200
	$X_6$	-,864	,200	1,000

Korelasyon matrisinde görüldüğü üzere  $X_3$  ve  $X_6$  değişkenlerinin mutlak değeri "1"e yakındır. Bu değer iki değişken arasındaki yüksek ilişimin bir göstergesidir ve iç ilişkiye neden olmaktadır. Sorunu aşmak için yapılması gereken, iç ilişkiye sahip bu iki değişkenin birinden vazgeçmektir. Oluşturulacak iki modelden anlamlılığı fazla olanın tahmin modeli olarak kabul edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, öncelikle  $X_4$  ve  $X_6$ ; daha sonra ise  $X_3$  ve  $X_4$  değişkenleri kullanılarak model tekrar oluşturulmuştur.

### c. x4 ve x6 değişkenleri ile analiz

X4 ve X6 değişkenleri ile yapılan analizin test sonuçları Tablo 9'da sunulmuştur.

**Tablo 9. X4 ve X6 Değişkenlerinin Oluşturduğu Modelin -2 Log Likelihood Değeri**

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	414,964 <sup>a</sup>	,058	,079

a. Estimation terminated at iteration number 4 because parameter estimates changed by less than ,001.

$\chi^2_{0,05,2} = 5,99$  olduğu için model -2 Log likelihood testinden anlamlı olduğu yönde sonuç vermiştir. Analiz sonucuna göre anlamlı bir model oluşturulabilmektedir. Test sonuçları bu doğrultuda gerçekleşmiştir. Fakat modelin Tablo 10'da de sunulan, Hosmer ve Lemeshow testine göre uyumluluğu yeterli düzeyde çıkmamıştır.

**Tablo 10. X4 ve X6 Değişkenlerinin Oluşturduğu Modelin Hosmer ve Lemeshow Test Sonuçları**

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	22,151	8	,005

Modelde yer alan X4 ve X6'nın değişken katsayıları Tablo 11'de yer almaktadır.

**Tablo 11. X4 ve X6 Değişkenlerinin Oluşturduğu Modelin Değişken Katsayıları**

Variables in the Equation							
Step		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
1 <sup>a</sup>	X4	,648	,260	6,228	1	,013	1,913
	X6	,000	,000	13,371	1	,000	1,000
	Constant	-1,820	,350	27,070	1	,000	,162

a. Variable(s) entered on step 1: X4, X6.

Test sonuçlarına göre model,

$$\hat{g}(x) = -1,8195 + 0,6485(X4) + 5,8426e - 005(X6)$$

$$p = \frac{e^{-1,8195+0,6485(X4) + 5,8426e-005(X6)}}{1 + e^{-1,8195+0,6485(X4) + 5,8426e-005(X6)}}$$

olarak elde edilmiştir.

### d. x3 ve x4 değişkenleri ile analiz

X3 ve X4 değişkenleri ile yapılan analizin test sonuçları Tablo 12'de sunulmuştur. Modelde  $\chi^2_{0,05,2} = 5,99$  olduğu için, -2 Log likelihood testine göre anlamlı olduğu yönde sonuç vermiştir.

**Tablo 12. X3 ve X4 Değişkenlerinin Oluşturduğu Modelin -2 Log Likelihood Değeri**

Model Summary			
Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	413,232 <sup>a</sup>	,063	,086

a. Estimation terminated at iteration number 4 because parameter estimates changed by less than ,001.

Tablo 13, bu sonuca ulaşılmasını olanaklı kılmaktadır. Tablo 14’te sunulan test sonuçlarına göre ikinci modelin daha anlamlı olacağı gözlemlenmektedir. Hosmer ve Lemeshow test sonuçları birinci modele göre daha anlamlı sonuçlanmıştır. Chi-square değeri 22,151’den 7,958’e düşerken Significance değeri ise 0,005’den 0,438’e yükselmiştir.

**Tablo 13. X3 ve X4 Değişkenlerinin Oluşturduğu Modelin Hosmer ve Lemeshow Test Sonuçları**

Hosmer and Lemeshow Test			
Step	Chi-square	df	Sig.
1	7,958	8	,438

Modelde yer alan X3 ve X4’ün değişken katsayıları Tablo 14’de yer almaktadır.

**Tablo 14. X3 ve X4 Değişkenlerinin Oluşturduğu Modelin Değişken Katsayıları**

Variables in the Equation							
Step		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
1	X4	,702	,259	7,347	1	,007	2,018
	X3	,091	,022	17,440	1	,000	1,095
	Constant	-2,865	,549	27,285	1	,000	,057

a. Variable(s) entered on step 1: X4, X3.

Tablo 14’te sunulan değişken katsayılarından da anlaşılacağı üzere, sonuç olarak X3 değişkeninin 0,091 X4 değişkeninin ise 0,702 katsayılarına sahip olduğu ve -2,865 sabit değerine sahip bir denklem ile şu şekilde bir modele ulaşılmaktadır:

Tahmin edilen logit fonksiyonu

$$\hat{g}(x) = -2,8653 + 0,0906(X3) + 0,7022(X4)$$

Tahmin edilen model

$$p = \frac{e^{-2,8653+0,0906(X3) + 0,7022(X4)}}{1 + e^{-2,8653+0,0906(X3) + 0,7022(X4)}}$$

#### e. uygulama örnekleri

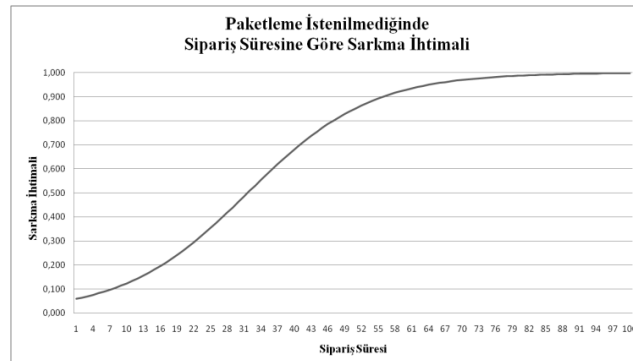
Model üzerinde yapılan örnek çalışmalar, değişkenlerin sonuç üzerindeki davranışlarını ortaya koymaktadır. Buna göre, sipariş süresinin artarak gittiği ve paketleme koşulunun sabit olduğu bir veri setinde, sonuç üzerindeki eğilimi görmek mümkün olacaktır.

Öncelikle, paketlemenin olmadığı veri seti elde edilen modele uygulanacak olur ise Tablo 15 elde edilecektir.

**Tablo 15. Paketleme Koşulu "0" Olduğu Durumda Eşit Aralıklarla Verilen X3 Değişken Değerlerine Karşılık Model Sonuçları**

Sipariş Süresi (X3)	Paketleme Koşulu	p	Sipariş Gecikme Beklentisi
5	0	0,082	0
10	0	0,124	0
15	0	0,182	0
20	0	0,259	0
25	0	0,354	0
30	0	0,463	0
35	0	0,576	1
40	0	0,681	1
45	0	0,771	1
50	0	0,841	1
55	0	0,893	1
60	0	0,929	1
65	0	0,954	1
70	0	0,970	1
75	0	0,981	1
80	0	0,988	1
85	0	0,992	1
90	0	0,995	1
95	0	0,997	1
100	0	0,998	1

Görüldüğü üzere paketleme koşulu 0 olarak sabit tutulduğunda sipariş süresi arttıkça siparişin gecikme olasılığı da yükselmektedir. Tablo 15'den de görüleceği üzere, gecikme olasılığının %50 değerini aştığı aralık 30 ile 35 gün arasındadır. Bu durum Şekil 1'deki grafikte de gösterilmiştir. Ayrıca 30 ile 35 arasındaki değerlere model uygulandığında değişim noktası bulunabilmektedir. Elde edilen sonuçlar Tablo 16'da sunulmuştur. Tabloya göre, sipariş süresi 31 gün iken %49 olan gecikme olasılığı, 32 günlük bir siparişte %51'e yükselmektedir. Bu noktada siparişin gecikme beklentisi negatiften pozitif yöne değişim göstermektedir.



**Şekil 1. Paketleme İstenilmediğinde Sipariş Süresine Göre Gecikme Olasılığı Grafiği**

**Tablo 16. Paketleme Koşulu "0" Olduğu Durumda 30-35 Aralığında Verilen X3 Değişken Değerlerine Karşılık Model Sonuçları**

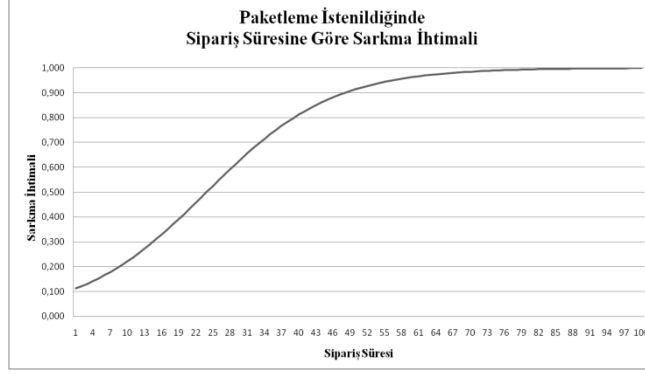
Sipariş Süresi (X3)	Paketleme Koşulu	p	Sipariş Gecikme Beklentisi
30	0	0,463	0
31	0	0,486	0
32	0	0,509	1
33	0	0,531	1
34	0	0,554	1
35	0	0,576	1

Sonraki çalışma ise, paketleme koşulunun 1'e eşit ve sabit olduğu durumdaki gecikme olasılığındaki değişimi ortaya koymaktadır (Tablo 17). Görüldüğü üzere, gecikme olasılığı %15 ile %99 arasındaki değerlerde dağılım göstermektedir.

**Tablo 17. Paketleme Koşulu "1" Olduğu Durumda Eşit Aralıklarla Verilen X3 Değişken Değerlerine Karşılık Model Sonuçları**

Sipariş Süresi (X3)	Paketleme Koşulu	p	Sipariş Gecikme Beklentisi
5	1	0,153	0
10	1	0,221	0
15	1	0,309	0
20	1	0,413	0
25	1	0,526	1
30	1	0,635	1
35	1	0,733	1
40	1	0,812	1
45	1	0,872	1
50	1	0,914	1
55	1	0,944	1
60	1	0,964	1
65	1	0,976	1
70	1	0,985	1
75	1	0,990	1
80	1	0,994	1
85	1	0,996	1
90	1	0,998	1
95	1	0,998	1
100	1	0,999	1

Tablo 17'ye göre, gecikme olasılığının %50'yi aştığı eşik değeri 20 ile 25 günlük siparişlerin arasında bulunmaktadır. Bu değer Şekil 2'deki grafikte de açıkça görülmektedir.



Şekil 2. Paketleme İstenildiğinde Sipariş Süresine Göre Gecikme İhtimali Grafiği

Sipariş süresinin 20 ile 25 gün arasında değiştiği veri seti incelendiğinde ise 23 günlük siparişin gecikme ihtimalinin %48, 24 günlük siparişin ise gecikme ihtimalinin %50 olduğu görülmektedir. 24 gün ve daha fazla süreli siparişlerin gecikme, 23 gün ve daha az süreli siparişlerin ise gecikmeme eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır (Tablo 18).

Tablo 18. Paketleme Koşulu "1" Olduğu Durumda 20-25 Aralığında Verilen X3 Değişken Değerlerine Karşılık Model Sonuçları

Sipariş Süresi (X3)	Paketleme Koşulu	p	Sipariş Gecikme Beklentisi
20	1	0,413	0
21	1	0,435	0
22	1	0,458	0
23	1	0,48	0
24	1	0,503	1
25	1	0,526	1

## SONUÇ

İteratif (yinelemeli) analizlerin uygulaması ile çeşitli durumlar için anlamlı değişkenlere ulaşılmış ve bu değişkenler ile her durum için ayrı ayrı modeller oluşturularak anlamlılık ve uyumluluk testleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizler ile, X3 ve X4 değişkenlerinin anlamlı olduğunu ve modelin ana temellerini oluşturan değişkenler olduğunu söylemek mümkündür.

Bununla birlikte, X3 ve X4 değişkenlerin davranışları eşit aralıklardaki hareketlerini gösterir grafiklerle kullanıcılara sunulmuştur. Buna göre, X4 değişkeninin 0 olduğu durumlarda X3 değişkeni için eşik değerinin 31 ve 32 değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Paketlemenin istenilmediği siparişlerde sipariş süresi 31 ve daha az olan siparişlerin gecikme ihtimali %50'nin altında kalmakta ve sipariş gecikme beklentisi vermemektedir. Aynı paketleme koşulunda 32 ve daha fazla süreli siparişler için ise tahmin edilen değer 0,05'i aşmakta ve sonuç olarak da siparişin gecikmesi beklenmektedir. Şekil 1'de de sunulduğu üzere paketlemenin istenilmediği koşulda 31 günden daha az süreli siparişlerde gecikme eğilimi azalarak azalmakta, 32 ve daha fazla süreli siparişlerde ise gecikme eğilimi azalarak artmaktadır.

Buna karşın, X4 değişkeninin 1 olduğu durumlarda X3 değişkeni için eşik değerinin 23 ve 24 değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Paketlemenin istenilmediği siparişlerde sipariş süresi 23 ve daha az olan siparişlerin gecikme ihtimali %50'nin altında kalmakta ve sipariş gecikme

beklentisi vermemektedir. Aynı paketleme koşulunda 24 ve daha fazla süreli siparişler için ise tahmin edilen değer 0,05'i aşmakta ve sonuç olarak da siparişin gecikmesi beklenmektedir. Şekil 2'de de sunulduğu üzere paketlemenin istenildiği koşulda 23 günden daha az süreli siparişlerde gecikme eğilimi azalarak azalmakta, 24 ve daha fazla süreli siparişlerde ise gecikme eğilimi azalarak artmaktadır.

## KAYNAKÇA

- Arıcan, E. (2010). Nitel Yanıt Değişkene Sahip Regresyon Modellerinde Tahmin Yöntemleri. *Yüksek Lisans Tezi*. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bircan, H. (2004, Şubat). Lojistik Regresyon Analizi: Tıp Verileri Üzerine Bir Uygulama. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, s. 185-208.
- Hosmer, D. W., & Lemeshow, S. (2000). *Applied Logistic Regression*. Canada: John Wiley and Sons.
- Kaşko, Y. (2007). Çoklu Bağlantı Durumunda İkili (Binary) Lojistik Regresyon Modelinde Gerçekleşen I. Tip Hata ve Testin Gücü. *Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kurban, M., Kantar, Y. M., ve Hocaoglu, F. O. (2007, Kasım). Lojistik Regresyon ve Perseptron Modelleri Kullanılarak Rüzgar-Günes Enerji Santral Modelinin Güç Üretim Durumunun Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, s. 91-95.
- Long, J. S., ve Freese, J. (2001). *Regression Models For Categorical Dependent Variables Using Stata*. Texas: Stata Corporation.
- McCullagh, P., & Nelder, J. (1989). *Generalized Linear Models*. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC.
- Suthar, V., Tarmizi, R. A., Midi, H., ve Adam, M. B. (2010). Students' Beliefs on Mathematics and Achievement of University Students: Logistics Regression Analysis. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, s. 525-531.
- Ürük, E. (2007). İstatistiksel Uygulamalarda Lojistik Regresyon Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: T. C. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.