



(s, S) Envanter Sisteminin Etki-Dayanıklılık Güvenilirliği

Özge Balta^{1*}, Sevcan Demir Atalay²

^{1*} Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9076-5298), ozgebalta93@gmail.com

² Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3117-0825), sevcan.demir@ege.edu.tr

(4th International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2022, November 10 - 13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1203037)

ATIF/REFERENCE: Balta, Ö. & Demir Atalay, S. (2022). (s, S) Envanter Sisteminin Etki-Dayanıklılık Güvenilirliği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (43), 21-26.

Öz

Etki-dayanıklılık modelleri güvenilirlik analizinde önemli bir role sahiptir. Bu modelde etki değişkeni, bir bileşene (sisteme) dışarıdan etki eden faktörlere, dayanıklılık değişkeni ise bileşenin (sistemin) bu dış faktörlere karşı gösterdiği dirence karşılık gelmektedir. Bu çalışma kapsamında; faaliyetteki bir işletmenin her bir deposunda talep ve teslim süresi rasgele olan bir (s, S) envanter yönetim modelinin kullanıldığı varsayımı üzerine bir simülasyon çalışması yapılmıştır. Çalışmanın hedefi, tek bir deponun toplam maliyeti ve depo için önceden belirlenmiş olan bütçe ele alınarak işletmenin envanter yönetim modelinin güvenilirliğinin etki-dayanıklılık modellerinden yararlanılarak hesaplanmasıdır. Diğer hedef, farklı yeniden sipariş noktaları kullanılarak işletmenin tek bir deposunun envanter yönetim modelinin optimizasyonunun yapılması ve modelin güvenilirliğini maksimum düzeye çıkaran yeniden sipariş noktalarının belirlenmesidir. İşletmenin tek bir deposu için envanter yönetim modelinin toplam maliyeti dayanıklılık rasgele değişkeni (X) ve depo için önceden belirlenmiş olan bütçe de etki rasgele değişkeni (Y) olarak ele alınmış; bu değişkenlerin normal dağılımdan geldiği durum için envanter sisteminin güvenilirliğine karşılık gelen $P(Y > X)$ olasılığı hesaplanmıştır. Envanter yönetim modelinin varsayımlarının değişmesinin sistem güvenilirliği üzerindeki etkisinin incelenmesi amacıyla envanter varsayımlarından bazıları değiştirilmiş ve bu olasılık tekrar hesaplanmıştır. Hesaplanan güvenilirlik değerleri karşılaştırılmış ve envanter yönetim modelinin güvenilirliği analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Etki-Dayanıklılık Sistem Güvenilirliği, (s, S) Envanter Sistemi, Simülasyon, Güvenilirliğe Dayalı Optimizasyon

Stress-Strength Reliability Of (s, S) Inventory System

Abstract

Stress-strength models play an important role in reliability analysis. In these models, stress refers the external factors imposed upon a component (system) and the strength refers the resistance of the component (system) available to overcome the stress. In this work, a simulation study was conducted assuming (s, S) inventory management model in which demands and lead times are random was used in each warehouse of a company. The aim of this work is to calculate the reliability of the inventory management model of the company by using the stress-strength models, considering the total cost and predefined budget of the warehouse. The other aim is optimizing inventory management model of a single warehouse by using different reorder points and identifying the reorder points that maximize the reliability of the inventory management model. To achieve this purpose, total cost of a single warehouse was considered as the strength variable (X) and the predefined budget for the warehouse as the stress variable (Y); the probability of $P(Y > X)$, which corresponds to the reliability of the inventory system, was calculated assuming both variables follow normal distribution. In order to examine the effect of the change in assumptions of inventory management model on system reliability, some assumptions were changed and the probability was recalculated. These reliabilities were compared and the reliability of the inventory model was analyzed.

Keywords: Stress-Strength Reliability, (s, S) Inventory Systems, Simulation, Reliability Based Optimization.

* Sorumlu Yazar: ozgebalta93@gmail.com

1. Giriş

Envanter; firmaların, kurumların veya işletmelerin gelecekte oluşabilecek talebi karşılamaları ve işlemlerin verimli, hatasız bir şekilde yürümesi için ellerinde tuttıkları ürün ve hammaddelerdir (Kasap vd., 2010). Envanter, işletmelerin yatırım yaptığı en pahalı varlıklardan biri olduğu için envanter maliyetlerinin belirlenmesi stratejik bir önem taşımaktadır. İşletmelerin envanter tutma maliyetlerinin belirlenmesinde ve müşteri taleplerinin sorunsuz bir şekilde karşılanmasındaki kilit nokta envanter düzeyidir. Envanter düzeyinin düşük olması durumunda müşteri talepleri karşılanamaz ve bu durum tüketici memnuniyetsizliği, güvensizlik, stoksuzluk maliyeti, itibar kaybı ve müşteri kaybı gibi olumsuzluklara neden olur. Envanter düzeyinin yüksek olması durumunda ise; depo giderleri (kira, elektrik, doğalgaz), güvenlik harcamaları, çalışan giderleri, sigorta ve vergi ödemeleri, yıpranma (amortisman) ve malların modasının geçmesi gibi birçok sorun ve çıktı ile karşılaşılabilir. Bu yüzden işletmeler minimum maliyeti sağlayacak ve aynı zamanda çalışma programlarını kesintiye uğratmayacak optimal envanter düzeyi belirlemelidir. Bu durum, etkin ve verimli bir envanter yönetim (kontrol) yaklaşımının benimsenip, bir düzen içerisinde sürdürülmesi ile mümkündür. Envanter kontrol yaklaşımları, benimsenen yaklaşımın optimizasyonu, güvenilirliği ve performansı gibi konular literatürde sıklıkla çalışılmıştır. Ahmed ve Sultana (2014), Almaktoom et al. (2016), Hejazi (2017), Huang (2017) ve Maji et al. (2020) bu çalışmalara örnek olarak verilebilir.

Birçok araştırmacı bir ürünün ne zaman ve ne kadar sipariş edileceğini tespit etmek amacıyla etkili envanter politikaları belirlemek için büyük çaba sarf etmiştir. (s, S) envanter politikası da bu politikalardan biridir. Envanter alt sınırı s , teslimat süresi boyunca gelecek talebi karşılayacak bir miktar güvenlik stoğudur. Üst sınır S ise işletmenin envanterinde bulundurması gereken maksimum stok sayısıdır. Bu politikaya göre envanter her t zaman aralığında yeniden kontrol edilir. Envanter düzeyi yeniden sipariş noktası olan minimum s değerinin altına düştüğünde, stoğu üst sınır olan S değerine tamamlayacak sayıda sipariş verilir.

Çalışmanın hedefi; bir işletmenin her bir deposunda talep ve teslim süresi rasgele olan bir (s, S) envanter yönetim modelinin kullanıldığı varsayımı üzerine bir simülasyon çalışması yapılarak, tek bir deponun toplam maliyeti ve depo için önceden belirlenmiş olan bütçe ele alınarak işletmenin envanter yönetim modelinin güvenilirliğinin etki-dayanıklılık modellerinden yararlanılarak hesaplanmasıdır. Diğer hedef, farklı yeniden sipariş noktaları kullanılarak işletmenin tek bir deposunun envanter yönetim modelinin optimizasyonunun yapılması ve modelin güvenilirliğini maksimum düzeye çıkaran yeniden sipariş noktalarının belirlenmesidir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Etki-Dayanıklılık Güvenilirliği

Etki-dayanıklılık modelleri güvenilirlik analizinde sıklıkla kullanılan yöntemlerden biridir. Bu modelde etki değişkeni, bir bileşene (sisteme) dışarıdan etki eden faktörlere, dayanıklılık değişkeni ise bileşenin (sistemin) bu dış faktörlere karşı gösterdiği dirence karşılık gelmektedir. Matematiksel olarak

ifade edildiğinde, X rasgele değişkeni dayanıklılık, Y rasgele değişkeni ise etkiyi göstermek üzere, etki-dayanıklılık güvenilirliği $R = P(X > Y)$ olasılığına karşılık gelmektedir (Kotz et al., 2003). Fakat bu ifade kullanım alanlarına göre değişmektedir. Bir köprü inşasında, köprünün ağırlığı dayanıklılık değişkeni X , köprünün üzerindeki yük ise etki değişkeni Y 'yi ifade ettiğinde, güvenilirlik $R = P(X > Y)$ olasılığına karşılık gelmektedir. Bir sağlık uygulamasında ise, X kontrol grubunun yanıtını, Y de tedavi grubunun yanıtını temsil etsin. Bu durumda ise güvenilirlik, yani tedavinin etkinliği $R = P(X < Y)$ olasılığı ile ifade edilir (Jiang, 2008). Etki-dayanıklılık modelleri fizik, mühendislik, genetik, kalite kontrol, psikoloji, ekonomi, tıp, pedagoji, ilaç endüstrisi, ziraat ve biyoloji gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Johnson (1988) füze motorları ve depreme dayanıklılık gibi mühendislik alanlarında, Place et al. (1999) helikopterin iletim sisteminin güvenilirliğinin tahmini üzerine yaptığı çalışmada, Adimari ve Chiogna (2006) tıp alanında, Domma ve Giordano (2012) ve Hejazi (2017) ise ekonomi alanında yaptıkları çalışmalarında etki-dayanıklılık güvenilirliğini kullanmışlardır.

X ve Y birbirleriyle ilişkili olmadığında bağımsız değişkenler olarak kabul edilir. X ve Y , kümülatif dağılım fonksiyonları sırasıyla $F_X(x)$ ve $F_Y(y)$ olan dayanıklılık ve etki değişkenleri olmak üzere etki-dayanıklılık güvenilirliği

$$R = P(X > Y) = \iint_{y < x} dF_X(x)dF_Y(y) \quad (1)$$

ile hesaplanır. Bu ifadedeki etki Y ve dayanıklılık X değişkenleri rasgele değişken oldukları için güvenilirlik yalnızca X ve Y 'nin olasılık dağılımları biliniyorsa hesaplanabilir. Bu nedenle, bu rasgele değişkenlerin dağılımlarını bilmek veya belirlemek önemlidir. Ancak etki-dayanıklılık modellerini içeren çalışmalarda bu rasgele değişkenlerin dağılımlarının bulunduğu varsayılmış ve bazı spesifik dağılımlar için sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan çalışmalarda genellikle X ve Y 'nin dağılımlarının aynı aileden geldiği durumlar incelenmiş; genellikle üstel, normal, gamma, poisson, weibull, log normal ve pareto dağılımları için etki ve dayanıklılık güvenilirliğinin hesaplanmasına ve tahmin edilmesine odaklanılmıştır.

3. (s, S) Envanter Sisteminin Etki-Dayanıklılık Güvenilirliği

Bu çalışma kapsamında; faaliyetteki bir işletmenin, her bir deposunda talep ve teslim süresi rasgele olan bir (s, S) envanter yönetim modelinin kullanıldığı varsayılmıştır. Kullanılan envanter modeline ilişkin varsayımlar aşağıda verilmekte olup bu varsayımlar Hejazi (2017) çalışmasında kullanılan varsayımlardan oluşmaktadır:

1. İşletme, envanter sisteminde sadece tek bir ürünü stoğunda bulundurmaktadır.
2. $I(t)$, t anındaki envanter seviyesi (bir tam sayı) olmak üzere; $I(0) = 60$ 'dır.

3. Simülasyon, 120 gün boyunca gece gündüz durmadan çalıştırılmaktadır.
 4. Müşteri gelişleri arasındaki süre 0.1 gün ortalamalı üstel dağılıma sahiptir (24 saat boyunca).
 5. Talep boyutu kesikli bir rassal değişkendir ve 1,2,3 ve 4 değerlerini sırasıyla 0.167, 0.333, 0.333, 0.167 olasılıkları ile almaktadır.
 6. Eğer işletmede müşterinin talebini fiziksel olarak karşılayacak sayıda ürün varsa, müşterinin talebi tamamen karşılanmaktadır.
 7. Eğer müşterinin talebi işletmenin elindeki ürün sayısından fazla ise müşteri elde hazır bulunan kadarını alır ve geri kalan talep miktarı birikir ($I(t)$ biriken talep miktarına eşit negatif bir değer alır).
 8. Envanter seviyesi her günün başında kontrol edilip, değerlendirilmektedir ($t = 0, 1, 2, \dots, 120$).
 9. Yönetimsel olarak $s = 20$ ve $S = 40$ olmak üzere iki sabit tam sayı seçilir (bu değerler değiştirilebilir, fakat her zaman $s < S$ koşulu sağlanmalıdır).
 10. Eğer $I(t) \geq s$ ise, bir sonraki envanter değerlendirmesine kadar herhangi bir işlem yapılmayacaktır.
 11. Eğer $I(t) < s$ ise üretici firmadan $S - I(t)$ sayıda ürün sipariş edilmelidir (Üst sınır S 'ye tamamlanacak şekilde).
 12. Sipariş maliyeti \$32 ve ürün fiyatı \$3'dür.
 13. Elde bulundurma ve stoksuzluk maliyetleri her bir ürün için sırasıyla \$1 ve \$5'dir.
- Ürünlerin üretici firmadan tedariki 0.5 ile 1 gün arasında tekdüze dağılıma sahip bir teslim süresine sahiptir. Burada bütçenin (Y) ortalaması 130 ve varyansı 12 olan normal dağılımdan geldiği varsayımı kullanılmıştır (Hejazi, 2017).

Varsayımlara uygun olarak R yazılımında simüle edilen envanter sisteminde, s ve S değişkenleri dayanıklılık rasgele değişkeni maliyet için açıklayıcı değişkenlerdir. s ve S değişkenlerinin seviyeleri sırası ile (5, 15, 25) ve (30, 45, 60) olarak belirlenmiş ve

$$z_1 = \frac{s - \frac{[\max(s)+\min(s)]}{2}}{\frac{[\max(s)-\min(s)]}{2}}$$

$$z_2 = \frac{S - \frac{[\max(S)+\min(S)]}{2}}{\frac{[\max(S)-\min(S)]}{2}}$$

dönüşümleri ile bu seviyeler $(-1, 0, 1) = (5, 15, 25)$ ve $(-1, 0, 1) = (30, 45, 60)$ olarak kodlanmışlardır. İki faktör (açıklayıcı değişken) ve üç seviye üzerinden 5 tekrar ile 3^2 faktöriyel tasarım kullanılarak toplam maliyet için sonuçlar Tablo 1'deki gibi elde edilmiştir.

Tablo 1. Yeniden sipariş noktaları için simüle edilen toplam maliyet değerleri

Tekrarlar (\$)					
Yeniden Sipariş Noktaları	1	2	3	4	5
(5,30)	148,75	144,63	142,08	145,83	149,82
(5,45)	142,08	139,18	142,19	137,45	139,81
(5,60)	138,60	135,50	137,70	136,08	137,79
(15,30)	128,93	133,18	135,51	132,85	134,66
(15,45)	126,45	125,13	129,20	131,43	127,56
(15,60)	122,04	125,88	123,05	128,38	121,78
(25,30)	131,12	128,34	132,43	133,95	130,19
(25,45)	123,73	125,72	124,94	124,93	119,50
(25,60)	123,15	120,62	123,31	117,44	122,75

Toplam maliyet değişkeni, envanter alt (s) ve üst (S) sınır değerleri üzerinden modellenerek dayanıklılık rasgele değişkeni için bir tahmin modeli oluşturulmuştur. Yapılan regresyon analizi sonucunda;

$$\hat{X}(z) = 127,341 - 7,846z_1 - 4,606z_2 + 4,918z_1^2 + 1,592z_2^2$$

$$(0.000) (0.000) (0.000) (0.000) (0.038)$$

denklemini en uygun model olarak belirlenmiştir ($R_{adj}^2 = \%92$). Bu model kullanılarak elde edilecek olan \hat{X} tahminlerinin dağılımı, z_0 dayanıklılık rasgele değişkeninin tahmin edilmek istendiği yeniden sipariş noktası olmak üzere, $\hat{z}_0 \sim N(a(z_0)' \hat{\beta}, \sigma^2 a(z_0)' (Z'Z)^{-1} a(z_0))$ olacaktır. Regresyon analizi sürecine ilişkin matris gösterimleri ve \hat{X} 'nin dağılımı üzerinden X dayanıklılık rasgele değişkeninin dağılımı, $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$ varsayımı altında, aşağıdaki şekilde elde edilecektir:

$$Z = \begin{bmatrix} 1 & z_{11} & z_{12} & z_{11}^2 & z_{12}^2 & z_{11}z_{12} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & z_{n1} & z_{n2} & z_{n1}^2 & z_{n2}^2 & z_{n1}z_{n2} \end{bmatrix},$$

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, \quad \hat{\beta} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0 \\ \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \hat{\beta}_{11} \\ \hat{\beta}_{22} \\ \hat{\beta}_{12} \end{bmatrix}$$

$a(z) = (1, z_1, z_2, z_1^2, z_2^2, z_1z_2)$ olmak üzere $\hat{\beta} = (Z'Z)^{-1} Z'X$, $\hat{\beta} \sim N(\beta, \sigma^2 (Z'Z)^{-1})$ olacaktır. Buradan $\hat{X}(z)$ tahminlerine ve dağılım karakteristiklerine geçiş yapılırsa,

$$\begin{aligned} \hat{X}(z) &= a(z)\hat{\beta} \\ E(\hat{X}(z)) &= E(a(z)\hat{\beta}) = a(z)\beta \\ Var(\hat{X}(z)) &= \sigma^2 a(z)(Z'Z)^{-1} a'(z) = \sigma^2_{\hat{X}(z)} \end{aligned}$$

elde edilecek ve buradan da $\hat{X}(z) \sim N(a(z)\beta, \sigma^2_{\hat{X}(z)})$ sonucuna ulaşılabacaktır. Bu noktada özel olarak etki ve dayanıklılık rasgele değişkenlerinin dağılımı normal dağılım olarak ele alınacak olursa

$$\begin{aligned}
 R &\cong P(X < Y) = P(\hat{X}(x) < Y) = P(\hat{X}(x) - Y < 0) \\
 &= P\left(\frac{(\hat{X}(x) - Y) - E(\hat{X}(x) - Y)}{\sqrt{V(\hat{X}(x) - Y)}} < \frac{0 - E(\hat{X}(x) - Y)}{\sqrt{V(\hat{X}(x) - Y)}}\right) \\
 &= P\left(Z < \frac{\mu_Y - z(x)\beta}{\sqrt{\sigma^2_{\hat{X}(x)} + \sigma^2_Y}}\right) = \Phi\left(\frac{\mu_Y - z(x)\beta}{\sqrt{\sigma^2_{\hat{X}(x)} + \sigma^2_Y}}\right) = \hat{p}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

şeklinde ilgili olasılık kolaylıkla hesaplanabilmektedir.

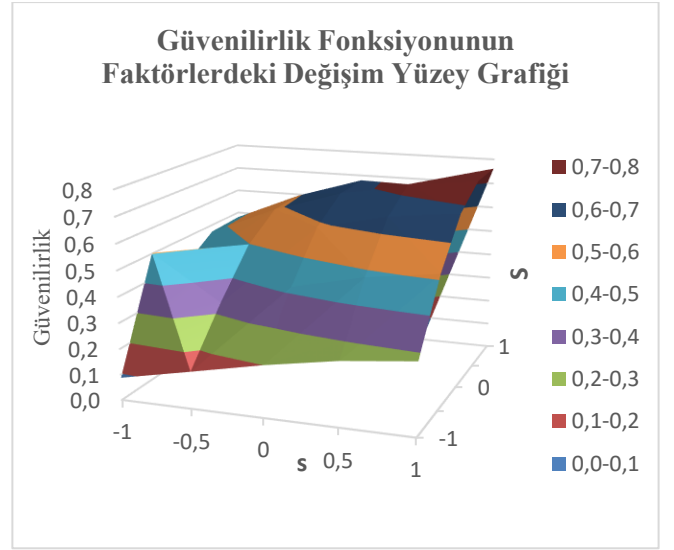
Güvenilirlik fonksiyonu, dayanıklılık rasgele değişkeni (deponun toplam maliyeti) ile etki rasgele değişkeninin (bütçe) bağımsızlığı altında ve dağılım bilgisi kullanılarak elde edilecektir. $P(Y > X)$ olasılığının hesaplanmasında, $\hat{X}(z) \sim N(a(z)\beta, \sigma^2_{\hat{X}(z)})$ tahmin değerleri ve eşitlik (2) kullanılarak, farklı yeniden sipariş noktaları için işletmenin envanter yönetim modelinin güvenilirliği hesaplanmış ve Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. İşletmenin envanter yönetim modelinin farklı yeniden sipariş noktalarına göre güvenilirliği

Yeniden Sipariş Noktaları		Güvenilirlik	Yeniden Sipariş Noktaları		Güvenilirlik
z_1	z_2	\hat{p}	z_1	z_2	\hat{p}
1	1	0,7630	0	0	0,5876
0,77	0,99	0,7677	-0,5	0	0,4178
0,5	1	0,7569	-1	0	0,2002
0	1	0,6815	1	-0,5	0,5949
-0,5	1	0,5173	0,5	-0,5	0,5874
-1	1	0,2776	0	-0,5	0,4986
1	0,5	0,7365	-0,5	-0,5	0,3327
0,5	0,5	0,7272	-1	-0,5	0,1432
0	0,5	0,6480	1	-1	0,4797
-0,5	0,5	0,4805	0,5	-1	0,4720
-1	0,5	0,2474	0	-1	0,3840
1	0	0,6790	-0,5	-1	0,5028
0,5	0	0,6721	-1	-1	0,0874

Tablo 2 incelendiğinde güvenilirlik fonksiyonunun en yüksek değerini, $z_0 = (0.77, 0.99)$ noktası civarında aldığı görülmektedir. Tablo 2’deki güvenilirlik fonksiyonunun faktörlere bağlı olarak aldığı değerler seviyelendirilmiş ve her bir seviye farklı bir renk ile Şekil 1’deki grafikte gösterilmiştir.

0.7 – 0.8 aralığını ifade eden kahverengi rengi, fonksiyonun aldığı değerlerin en üst seviyesini göstermektedir.



Şekil 1. Güvenilirlik fonksiyonunun faktörlerdeki değişime karşılık yüzey grafiği

Ters dönüşüm fonksiyonları uygulanarak bileşen bazında güvenilirliğin hangi (s, S) seviyesinde maksimum olduğu belirlenmiş olacaktır.

$$\begin{aligned}
 s &= z_1 \left(\frac{[\max(s) - \min(s)]}{2} \right) + \left(\frac{[\max(s) + \min(s)]}{2} \right) \\
 &= 0.77 \left(\frac{[25 - 5]}{2} \right) + \left(\frac{[25 + 5]}{2} \right) = 22.7
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= z_2 \left(\frac{[\max(S) - \min(S)]}{2} \right) + \left(\frac{[\max(S) + \min(S)]}{2} \right) \\
 &= 0.99 \left(\frac{[60 - 30]}{2} \right) + \left(\frac{[60 + 30]}{2} \right) = 59.85
 \end{aligned}$$

olarak hesaplanmıştır. Bu da, envanter alt (s) ve üst sınırlarının (S) sırası ile 22.7 ile 59.85 olduğu durumun, işletmenin envanter yönetim modelinin (bileşen bazında) güvenilirliğini maksimum düzeye çıkardığı anlamına gelmektedir.

Envanter modelinin varsayımlarından (5), talep boyutunun 1, 2, 3 ve 4 değerlerini alma olasılıkları, sırasıyla 0.175, 0.325, 0.236 ve 0.264 olarak varsayılmıştır. Bu varsayım altında envanter sistem simülasyonu tekrar çalıştırılarak benzer adımlar uygulanmış ve bu deponun maliyet verileri için uygun regresyon modeli elde edilmiştir. Elde edilen regresyon modeline bağlı olarak dağılım parametrelerinin tahmin değerleri hesaplanmış ve yeniden sipariş noktaları için deponun envanter yönetim modelinin güvenilirliği elde edilmiştir. İlk varsayımlara göre hesaplanan güvenilirlik R_1 , talep boyutunun değiştirilmesi

ile hesaplanan güvenilirlik R_2 olmak üzere, hesaplanan sonuçlar Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Envanter yönetim modelinin varsayımlara göre güvenilirliği (R_1, R_2)

Yeniden Sipariş Noktaları		R_1	R_2
-1	-1	0,0874	0,4729
-1	0	0,2002	0,6901
-1	1	0,2776	0,6323
0	-1	0,3840	0,6772
0	0	0,5876	0,8473
0	1	0,6815	0,8070
1	-1	0,4797	0,6517
1	0	0,6790	0,8300
1	1	0,7630	0,7870

Tablo 3 incelendiğinde $z_0 = (0, 0)$ olarak kodlanan $(s, S) = (15,45)$ envanter alt ve üst sınırlarının envanter yönetim modelinin güvenilirliğini maksimum düzeye çıkardığı görülmektedir.

Yine farklı varsayımların güvenilirlik üzerindeki etkisinin incelenmesi amacıyla, envanter sistemi varsayımlardan (4) müşteri varış zamanları 0.5 gün ortalamayla üstel bir dağılıma sahip olacak şekilde değiştirilmiş ve etki rasgele değişkeninin (Y) ortalaması 50 ve varyansı 5 olan normal dağılımdan geldiği varsayımı kullanılmıştır. Envanter sistem simülasyonu tekrar çalıştırılarak ve benzer adımlar izlenerek deponun envanter yönetim modelinin güvenilirliği elde edilmiştir. İlk varsayımlara göre hesaplanan güvenilirlik R_1 , müşteri varış zamanları ve bütçenin değiştirilmesi ile hesaplanan güvenilirlik R_3 olmak üzere, hesaplanan sonuçlar Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Envanter yönetim modelinin varsayımlara göre güvenilirliği (R_1, R_3)

Yeniden Sipariş Noktaları		R_1	R_3
-1	-1	0,0874	0,9837
-1	0	0,2002	0,9659
-1	1	0,2776	0,7092
0	-1	0,3840	0,8538
0	0	0,5876	0,7707
0	1	0,6815	0,2977
1	-1	0,4797	0,2139
1	0	0,6790	0,1346
1	1	0,7630	0,0087

Tablo 4 incelediğinde $z_0 = (-1, -1)$ olarak kodlanan $(s, S) = (5,30)$ envanter alt ve üst sınırlarının envanter

yönetim modelinin güvenilirliğini maksimum düzeye çıkardığı görülmektedir.

4. Sonuç

Faaliyetteki bir işletmenin her bir deposunda talep ve teslim süresi rasgele olan bir (s, S) envanter yönetim modelinin kullanıldığı varsayımı üzerine bir simülasyon çalışması yapılmıştır. İşletmenin tek bir deposu için toplam maliyet dayanıklılık rasgele değişkeni (X) ve önceden belirlenen depo bütçesi ise etki rasgele değişkeni (Y) olarak ele alınmış; bu değişkenlerin normal dağılımdan geldiği durum için envanter sisteminin güvenilirliğine karşılık gelen $P(Y > X)$ olasılığı hesaplanmıştır. Farklı yeniden sipariş noktaları ele alınarak envanter sisteminin güvenilirliğini optimize eden envanter alt ve üst sınırları elde edilmiştir. Envanter yönetim modelinin varsayımlarının değişmesinin güvenilirlik üzerindeki etkisinin incelenmesi amacıyla varsayımlardan bazıları değiştirilmiş ve bu olasılık tekrar hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, varsayımların değişmesinin aynı zamanda sistem güvenilirliğini maksimize eden yeniden sipariş noktalarının (envanter alt ve üst sınırlarının) değişmesine neden olduğu görülmüştür.

Kaynakça

- Adimari, G., Chiogna, M., 2006, Partially parametric interval estimation of $\Pr\{Y > X\}$. *Computational Statistics & Data Analysis* 51,1875 – 1891 pp.
- Ahmed, I. and Sultana, I., 2014, A literature review on inventory modeling with reliability consideration. *International Journal of Industrial Engineering Computations* 5:169–178 pp.
- Almaktoom, A.T., Krishnan, K.K., Wang, P. and Alsobhi, S., 2016, Cost efficient robust global supply chain system design under uncertainty, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 85, no. 1-4, 853–868 pp.
- Domma, F., Giordano, S., 2012, A stress-strength model with dependent variables to measure household financial fragility, *Stat. Methods Appl.*, vol. 21, 375-389 pp.
- Eryilmaz, S., 2008, Multivariate stress–strength reliability model and its evaluation for coherent structures, *Journal of Multivariate Analysis*, 99, 1878–1887 pp.
- Eryilmaz, S., 2008, Consecutive k-out-of-n : G system in stress-strength setup, *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, vol. 37, no.3, 579-589 pp.
- Hejazi, T. H., 2017, A multiresponse model for reliability-based simulation optimization in systems subjected to random external stresses, *Qual Reliab. Engng Int.*, vol.33, 1225–1233 pp.
- Huang, C., 2017, Evaluation of system reliability for a stochastic delivery-flow distribution network with inventory. *Annals of Operations Research, Springer*, vol. 277(1),33-45 pp.
- Jiang, L. and Wong, A. C. M., 2008, A note on inference for $P(X < Y)$ for right truncated exponentially distributed data, *Stat Papers*, 49, 637-651 pp.
- Johnson, R.A., 1988, 3 Stress-strength models for reliability, *Handbook of Statistics*, Vol.7, 27-54 pp.
- Kasap, N., Biçer, İ. ve Yüksel Özkaya, B., 2010, Stokastik envanter model kullanılarak iş makinelerinin onarımında kullanılan kritik yedek parçalar için envanter yönetim sistemi oluşturulması, *Istanbul University Journal of the School of Business Administration Cilt/Vol:39, Sayı/No:2*, 310-334 s.

- Kotz, S., & Pensky, M., 2003, The stress-strength model and its generalizations: theory and applications. Singapore: World Scientific
- Maji, A., Bhunia, A.K. and Mondal, S.K., 2020, Exploring a production-inventory model with optimal reliability of the production in a parallel-series system, *Journal of Industrial and Production Engineering*, 37:2-3, 71-86 pp.
- Place, C.S., Strutt, J.E., Allsopp, K., Irving, P.E. and Trille C., 1999, Reliability Prediction Of Helicopter Transmission Systems Using Stress–Strength Interference With Underlying Damage Accumulation, *Quality And Reliability Engineering International*, 15: 69–78 pp.