

EŞİT ÇIKAN RİSK ÖNCELİK SAYILARININ FARKLILAŞMASINI SAĞLAYACAK ALTERNATİF BİR MODEL ÖNERİSİ

AN ALTERNATIVE MODEL SUGGESTION THAT WILL ELICIT DIFFERENTIATION OF THE OUTGOING EQUAL RISK PRIORITY NUMBERS

Prof.Dr. Yılmaz ÖZKAN*
Öğr.Gör. Osman YAKIT**

ÖZET

Bu çalışmada, bir firmada gerçekleştirilmiş Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) çalışması sonucu eşit çıkan risk öncelik sayılarının farklılaşmasını sağlayacak modelin Excel Premium Solver Platform yardımıyla çözümlenmesi ve geliştirilen alternatif çözümün çözüme kavuşturulan model ile olan ilişkisi üzerinde durulmuştur. Farklılaşmayı sağlayacak model oluşturulurken ilkin; maksimize edilecek hücre ışığında değişmesi muhtemel hücrelere kukla değişkenler atanmış, daha sonra “Yeni RÖS Değerlendirme Yöntemi”, Excel’deki fonksiyonlar yardımıyla modele eklenmiştir. Modelin çözümlenmesi sırasında ise, ilgili yöntem ile oluşturulmuş sayısal değerler arasındaki fark, modelde maksimize edilecek değer olarak seçilmiş ve ilgili modele ait kısıtlar oluşturulmuştur. Kısıtların oluşturulmasında ise, uygulamada gerçekleşen durumun göstergesi niteliğinde olan ve eşit çıkan RÖS toplamlarına ait alt bileşenler dikkate alınmıştır.

ABSTRACT

In this study, the model that will elicit differentiation of the outgoing equal risk priority numbers, in the result of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) study which was realized at a company, is resolved with the help of Excel Premium Solver Platform and the relation of developing alternative solution to the solved model are dwelled upon. When the model that will elicit differentiation, occurs at first; the dummy variables have assigned to the mutable cells in the light of the cell which will be maximized, then the “New RPN Evaluation Method” was added to the model with the help of Excel functions. During the analysis of the model however, the

* Sakarya Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Bölümü, yozkan@sakarya.edu.tr

** Akdeniz Üniversitesi, Ayşe Sak Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, oyakit@akdeniz.edu.tr

difference that is between the numerical values, has selected in terms of value that will be maximized on the model and the model constraints were generated. In creating constraints however, subcomponents which are indicator of the realized situation in application and subcomponents of the outgoing equal RPN totals, were attended.

Anahtar Kelimeler: Risk Öncelik Sayısı (RÖS), Alternatif Çözüm, HTEA.
Key Words: Risk Priority Number (RPN), Alternative Solution, FMEA.

1. GİRİŞ

Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) için hesaplanan Risk Öncelik Sayısı (RÖS) ile, hata türlerinin oluşturduğu risklere öncelik sırası verilerek hangi hata türünün daha fazla riske neden olabileceğinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

HTEA çalışmalarında, eşit çıkan Risk Öncelik Sayıları, risk önceliğini belirlerken yetersiz kalmakta ve olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Olumsuz etkilerden biri, risklerin azaltılması konusunda önceliğin hangi hata türüne verilmesi gerektiğine ilişkin kararın zorlaşmasıdır. Bu ise, mali kaynakların ne yönde kullanılması gerektiği konusunda yöneticileri kararsız bırakmakta, yanlış tercih yanlış kararlara neden olabilmektedir. Bu nedenle, eşit çıkan Risk Öncelik Sayılarının birbirinden farklı hale getirilmesi bir ihtiyaç olarak görülmektedir.

Bu çalışmada, Yeni RÖS Değerlendirme Yöntemi'ne göre hesaplanan değerlendirmeye ilişkin sayılar (196,5 – 195) arasındaki farkı maksimize edecek model Excel Premium Solver Platform yardımıyla çözümlenecek ve elde edilen sonuçlar mevcut durumla karşılaştırılacaktır.

2. HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (HTEA) VE HTEA İÇİNDE RİSK ÖNCELİK SAYISININ KULLANIMI

HTEA, bir işletme için belirlenen hata türlerinin oluşturduğu risklerin öncelik sırasına koyulmasını mümkün kılan bir yöntemdir. HTEA'nın bir yöntem olduğunu; Braaksma, Klingenberg ve Veldman şu şekilde açıklamaktadır:

“Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) önleyici bakım faaliyetlerinin tasarlanması ve önceliklendirilmesi için önemli bir yöntemdir ve genellikle koruyucu bakım planlaması için temel olarak kullanılır” (Braaksma, Klingenberg ve Veldman, 2013:1055). Bir yöntem olan HTEA konusunda literatürde yer alan bazı tanımlamalar ise şöyledir:

İyi tanımlanmış ve enerji üreten birçok mühendislik sistemleri için kullanılmakta olan Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA), tasarım aşamasında güvenilirlik analizi için en iyi adaydır (Arabian-Hoseynabadi, Oraee ve Tavner, 2013:817). HTEA oluşabilen hatalar (problemler, yanlışlıklar, riskler, endişeler) içindeki olası yollar hususunda bir sistemi, tasarımı, süreci veya servisi değerlendirmek için spesifik bir metodolojidir

(Stamatis, 2003:xxiv). (...) HTEA, ürün ve sürece ait problemlerin ortaya çıkmadan önce tespit edilmesi ve önlenmesinde sistematik bir metottur (McDermott, Mikulak ve Beauregard, 1996:3).

Hata Türü ve Etkileri Analizi'nde risk öncelik sayısı (RÖS) ise, çeşitli isimlerle kullanılmıştır. İngilizcesi "Risk Priority Number (RPN)" olan RÖS'ün, Türkiye'de HTEA konusunda yapılan çalışmalarda geçen kullanımlarından bazıları şunlardır: Boran (1996:70) "Risk Öncelik Sayısı", Yılmaz (1997:47) "Risk Öncelik Sayısı", Özay (1999:73) "Risk Öncelik Göstergesi", Usuş (2002:39) "Risk Öncelik Göstergesi", Atay (2004:59) "Risk Öncelik Sayısı", Aydın (2004:75) "Risk Öncelik Sayısı", Öndemir (2004:63) "Risk Öncelik Sayısı", Bektaş (2007:32) "Risk Öncelik Katsayısı" ve Yakıt (2010:69) "Risk Öncelik Sayısı".

Görüldüğü üzere; "Risk Öncelik Göstergesi", "Risk Öncelik Katsayısı" gibi kavramlar, "Risk Öncelik Sayısı"nı ifade eder nitelikte kullanılmıştır. Bu kavramların üçü de aynı olguyu ifade eden kavramlardır. Yurt dışındaki çalışmalarda risk öncelik sayısı'nı, Lee (2002:31) "Risk Priority Number", Dean (2003:42) "RPN - Risk Priority Number", Alqudah (2004:18) "Risk Priority Number (RPN)", Rhee (2005:v) "Risk Priority Number (RPN)", Davie (2008:24) "Risk Priority Number (RPN)", Semp (2010:41) "Risk-Priority-Number (RPN)", Sequera (2011:39) "Risk Priority Number (RPN)", Abdelgawad (2011:63) "Risk Priority Number (RPN)", Getchius (2011:85) "Risk Priority Number (RPN)" ve Mastroianni (2011:19) "Risk Priority Number (RPN)" şeklinde ifade etmiştir.

Buradan da anlaşılacağı üzere, kavramın yurt dışındaki literatüre konu olmuş genel kullanımı "Risk Priority Number" şeklindedir. "Number" kelimesinin Türkçe karşılığı, Redhouse Büyük Elslözlüğü (1994:284)'nde, "i. 1. sayı, rakam" şeklinde ifade edilmiştir. Dolayısıyla; "Risk Priority Number" ifadesinin, Türkçe'ye "Risk Öncelik Sayısı" şeklinde çevrilmesi ve bu şekilde kullanılması daha uygundur.

3. RİSK ÖNCELİK SAYISININ TANIMI

Risk Öncelik Sayısı, literatürde çeşitli şekillerde ifade edilmiştir. Boran (1996:70)'a göre, "Risk Öncelik Sayısı, kritiklik sayısı göstergesidir. RÖS her bir hata şekli veya nedeni için "önemlilik", "gözükme" ve "bulma" gibi üç risk faktörü esas alınarak belirlenen sayısal değerdir." Risk Öncelik Göstergesi, hata sebeplerinin birbirlerine nazaran göreceli önemini gösterir. RÖG, faaliyet önceliğinin değerlendirme kıstasını temsil eder (Özay, 1999:73). Risk Öncelik Sayısı; şiddet, oluşma ve tespit gibi üç dizi ölçüm skalasının ürünüdür. RÖS iş takip faaliyetleri için sistem veya alt sistemler içinde yer alan tanımlanmış potansiyel hata türlerine ait bir öncelik listesi tanımlamak için kullanılır (Davie, 2008:24). RÖS normal olarak hata olaylarına ait önceliklendirilmiş bir listede kullanılan birimsiz bir ölçümdür. Daha yüksek değere sahip olan RÖS daha kritik hata olayıdır (Abdelgawad, 2011:63). RÖS sistem içinde vuku bulan belirli bir hata türüne ait toplam riski ortaya koyar (Sequera, 2011:39). RÖS donanım karışıklığı, görev

ihtiyaçları, performans kriteri, gereksiz değerler, hataların önemleri, güvenlik, kanuni zorunluluklar ve diğer karşılaştırılabilir belli başlı kriterleri göz önüne alan kritik bir faktördür (Dean, 2003:42). Risk Öncelik Sayısı (RÖG), kritiklik sayısı göstergesidir (Baysal, Canıyılmaz ve Eren, 2002:86).

Risk Öncelik Sayısı bir anlamda riskin ölçülmesinde kullanılır. Bu konuyu Rhee (2005:v), “Risk, oluşma, şiddet ve tespit probleminin bir ürünü olan risk öncelik sayısına (RÖS) bağlı olarak ölçülür.” şeklinde ifade etmektedir. Yine burada önemli olan noktalardan birisi de RÖS değerinin hangi şekilde hesaplandığıdır.

4. RİSK ÖNCELİK SAYISI (RÖS) HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

RÖS hesaplanırken çarpma veya toplama metotlarından herhangi biri kullanılır. Zammori ve Gabrielli (2012:85), RÖS değerini oluşturan Occurence (Oluşma→O_i), Severity (Şiddet→S_i) ve Detectability (Tespit Edilebilirlik→D_i) değerlerinin bir denklem vasıtasıyla şu şekilde bir araya getirildiğinden bahsetmiştir:

$$RPN_i = O_i S_i D_i \quad (1)$$

Denklem (1)'in çarpma metoduna göre düşünüldüğü açıktır. Buradan hareketle toplama metoduna göre oluşturulacak denklem aşağıdaki gibi olmalıdır:

$$RPN_i = O_i + S_i + D_i \quad (2)$$

Bununla birlikte; HTEA yapılan çalışmalara bakıldığında, RÖS için çarpma metodunun yaygın olarak kullanıldığı görülür.

FMEA metodu ile gerçekleştirilen bir çalışma çok yararlıdır çünkü sistemin içindeki aksaklıkların neler olduğu ve sistemin çalışması hakkında bilgi sağlar. Alınan önlemler sonrası, yeni RÖS değerleri hesaplanır. Bu yeni değer kabul edilebilir olmalıdır. En büyük RÖS değeri 1000 (bin), en düşük RÖS değeri ise 1 (bir) dir. Kabul edilebilir RÖS sınırı işin yapısı, çalışanların tecrübesi, bütçe, çalışılan ülkeye ait yasalar ve benzeri kriterler göz önünde bulundurularak analist tarafından belirlenir ve üst yönetim tarafından onaylanarak kabul edilir (Ünal ve Aykaç, 2010:15). Risk Öncelik Sayısı (RÖG), kritiklik sayısı göstergesidir (Baysal, Canıyılmaz ve Eren, 2002:86). Bu sayı hesaplanarak, öncelikle ele alınması gereken hata kaynakları belirlenir ve düzeltici faaliyetler bu sıraya göre gerçekleştirilir. Amaç, RÖG'ü 1'e doğru çekmek için çeşitli önleyici faaliyetler geliştirmektir (Baysal, Canıyılmaz ve Eren, 2002:84).

5. YENİ RÖS DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

RÖS hesaplarırken kullanılan çarpma ve toplama metotları ile elde edilen sonuçların birlikte değerlendirilmesi, eşit çıkan risk öncelik sayıları arasındaki eşitliği bozmak için kullanılabilecek bir yöntem olarak ileri sürülmüştür. İlgili yöntemi (Yakit, 2010:74), “Yeni RÖS Değerlendirme Yöntemi” olarak isimlendirmiş ve görüşlerini şu şekilde ifade etmiştir:

RÖS hesaplama konusundaki bu yeni yöntem; çarpma metoduyla RÖS hesaplama işleminde, çarpanları oluşturan şiddet, olasılık ve tespit değerlerinden en az birinin aynı olduğu ve eşit çıkan RÖS durumlarının çözümlenmesine yönelik geliştirilen bir yöntemdir. Çarpma metoduyla bulunan RÖS değerlerinin, toplama metoduyla bulunacak RÖS değerleriyle toplanıp aritmetik ortalamasının alınması esasına dayanan bu yöntem, RÖS'leri de kendi içinde ağırlıklandırmaktadır. Eğer hata sebepleri her bir hata türü için birden fazla ise; o zaman toplam RÖS değerleri için de bu yeni yöntem kullanılabilir (Yakıt, 2010:74).

Yeni RÖS Değerlendirme Yöntemi'nde, sonucu aynı çıkan her hata türü için; çarpma ve toplama metotlarına göre ayrı ayrı hesaplanan risk öncelik sayılarının aritmetik ortalaması alınır ve bu durum, eşit çıkan RÖS değerleri arasında sıralama yapmayı mümkün kılar.

Bununla birlikte; Tasarım HTEA çalışmalarında kullanılacak modifiye edilmiş bir RÖS değerlendirme metodu ile ilgili olarak Sellappan ve Sivasubramanian görüşlerini şu şekilde ifade etmiştir:

Eğer aynı RÖS'e sahip hata türleri iki veya daha fazla ise hata türlerini Risk Öncelik Kodu (RÖK) yardımıyla önceliklendirmek mümkündür. Risk Öncelik Kodu'nda bağlı bir durum varsa, $T(\alpha_i)$ indeksi ile daha detaylı bir seçim yapılabilir (Sellappan ve Sivasubramanian, 2008:52).

6. MEVCUT DURUMUN İNCELENMESİ

HTEA sonucunda uygulanan iyileştirme faaliyetleri sonrası eşit çıkan RÖS toplamlarına ait alt bileşenler aşağıdaki gibidir:

Tablo 1: İyileştirme Faaliyetleri Sonrası Eşit Çıkan RÖS Toplamlarına Ait Alt Bileşen Tablosu

| Hata No | Potansiyel Hata Türü | Çözüm Önerisi | Gerçekleştirilen Yeni Faaliyet | Yeni Olasılık | Yeni Şiddet | Yeni Tespit | Yeni RÖS |
|---------|----------------------|---|---------------------------------------|---------------|-------------|-------------|----------|
| 1 | Makine Yağ Lekesi | Makine Bakımları Kayda Alınmalı. | Makine Bakımları Kayda Alındı. | 5 | 10 | 2 | 100 |
| 2 | Makine Yağ Lekesi | Makine yağları bakım odasında durmalıdır. | Makine yağlama talimatı değiştirildi. | 4 | 5 | 3 | 60 |
| 3 | Makine Yağ Lekesi | Bazı makineler yenilenmelidir. | İlgili makineler yenilendi. | 4 | 7 | 3 | 84 |
| 4 | Makine Yağ Lekesi | Bazı makineler yenilenmelidir. | İlgili makineler yenilendi. | 5 | 9 | 2 | 90 |
| 1 | Çözümlü İpi Hatası | Ayar yeniden yapılmalıdır. | Ayar düzenlenmiştir. | 5 | 5 | 4 | 100 |
| 2 | Çözümlü İpi Hatası | Tezgah konumu yeniden ayarlanmalıdır. | Tezgah konumu değiştirildi. | 5 | 6 | 2 | 60 |
| 3 | Çözümlü İpi Hatası | Bazı tedarikçiler değiştirilmelidir. | Yeni tedarikçiler bulundu. | 6 | 7 | 2 | 84 |
| 4 | Çözümlü İpi Hatası | İp gerginliği azaltılmalıdır. | Tezgahın yeri yeniden düzenlendi. | 5 | 6 | 3 | 90 |

Kaynak: (Yakıt, 2010:129)

Hata numarası 1 olan makine yağ lekesi için Yeni RÖS değeri $(5 \times 10 \times 2) = 100$, hata numarası 1 olan çözümlü ipi hatası için ise Yeni RÖS değeri $(5 \times 5 \times 4) = 100$ şeklinde hesaplanmıştır. Burada diğer Yeni RÖS değerleri için de benzer şekilde hesaplamalar söz konusudur. Dikkat edilmesi gereken nokta, aynı sayısal değere sahip her Yeni RÖS'ün elde edilmesinde kullanılan çarpımlardaki rakamların en az birinin aynı olmasıdır. Örneğin, Yeni RÖS 60 değerine, makine yağ lekesi için $(4 \times 5 \times 3)$, çözümlü ipi hatası için ise $(5 \times 6 \times 2)$ şeklinde ulaşılabilmektedir. Burada 5 rakamı, her iki hata türü için de ortak çarpan niteliğindedir.

7. ÇÖZÜMDEN ÖNCEKİ MEVCUT DURUM İÇİN MODEL

Makine yağ lekesi adlı hata türüne ait gerçekleşen 4 hata için Tablo 1'deki tüm yeni olasılık değerleri toplanarak 18 değeri bulunmuş ve Tablo 2'de olması gereken toplamlar (makine yağ lekesi) kısmındaki ilgili hücreye yazılmıştır. Benzer şekilde makine yağ lekesi adlı hata türüne ait 4 hata için Tablo 1'deki tüm yeni şiddet değerleri toplanarak 31 değeri bulunmuş ve olması gereken toplamlar (makine yağ lekesi) kısmındaki ilgili hücreye yazılmıştır. Bu sayede; yeni olasılık, yeni şiddet, yeni tespit ve yeni RÖS için sırasıyla 18, 31, 10 ve 334 olması gereken toplamlar (makine yağ lekesi) değerlerine ulaşılmıştır. Ayrıca olması gereken toplamlar (çözümlü ipi hatası) sırasıyla 21, 24, 11 ve 334 şeklinde bulunmuştur.

Tablo 2: Mevcut Durum İçin Model (Çözüm Önce)

| | A | B | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|----|--|----------------------|---------------|-------------|-------------|------------|-----|-----|---|---|---|
| 1 | Hata | Potansiyel Hata Türü | Yeni Olasılık | Yeni Şiddet | Yeni Tespit | Yeni RÖS | | | | | |
| 2 | No | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | |
| 4 | 1 | Makine Yağ Lekesi | 1 | 1 | 1 | 1 | 100 | | | | |
| 5 | 2 | Makine Yağ Lekesi | 1 | 1 | 1 | 1 | 60 | 173 | | | |
| 6 | 3 | Makine Yağ Lekesi | 1 | 1 | 1 | 1 | 84 | | | | |
| 7 | 4 | Makine Yağ Lekesi | 1 | 1 | 1 | 1 | 90 | | 0 | | |
| 8 | 1 | Çözümlü İpi Hatası | 1 | 1 | 1 | 1 | 100 | | | | |
| 9 | 2 | Çözümlü İpi Hatası | 1 | 1 | 1 | 1 | 60 | 173 | | | |
| 10 | 3 | Çözümlü İpi Hatası | 1 | 1 | 1 | 1 | 84 | | | | |
| 11 | 4 | Çözümlü İpi Hatası | 1 | 1 | 1 | 1 | 90 | | | | |
| 13 | Toplamlar (Makine Yağ Lekesi) | | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | | |
| 15 | Olması Gereken Toplamlar (Makine Yağ Lekesi) | | 18 | 31 | 10 | 334 | | | | | |
| 18 | Toplamlar (Çözümlü İpi Hatası) | | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | | |
| 20 | Olması Gereken Toplamlar (Çözümlü İpi Hatası) | | 21 | 24 | 11 | 334 | | | | | |

Model kurulurken, eşit değerli Yeni RÖS'lere sahip her iki hata türü için de; olması gereken toplamlar ile toplamlar adlı kısımların hata türleri

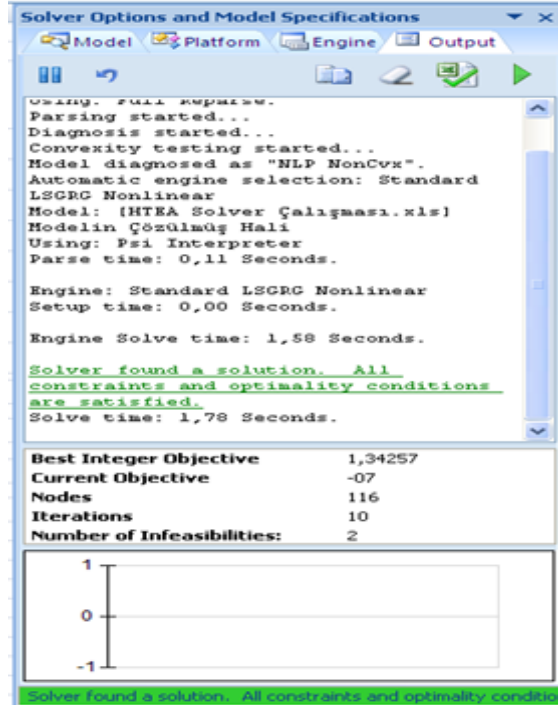
bazında eşitlenmesi gerektiği düşünülmüş ve birer kısıt olarak modele eklenmiştir. Ayrıca Tablo 2'deki Yeni RÖS'lerin Tablo 1'deki Yeni RÖS'lere eşit olması gerektiği düşünülmüş ve bir diğer kısıt olarak modele eklenmiştir.

Modeldeki 173 değerleri, Yeni RÖS Değerlendirme Yöntemi'ne göre hesaplanmıştır. Çözümünden önce değişmesi istenen hücelere kukla değişken olması için geçici olarak 1 değeri atanmıştır. Modeldeki 0 değeri ise; iki farklı hata türüne ait Yeni RÖS Değerlendirme Yöntemi ile bulunan farkı göstermektedir ($173 - 173 = 0$). Modelde maksimize edilecek hücre, bu "sıfır" değerinin bulunduğu hücredir.

8. MEVCUT DURUMA AİT MODELİN EXCEL PREMIUM SOLVER PLATFORM YARDIMIYLA ÇÖZÜLMESİ

Excel Premium Solver Platform ile mevcut duruma ait model çözülürken; Yeni RÖS Değerlendirme Yöntemi'ne göre iki farklı hata türü için bulunan fark değerinin maksimize edilmesi amaçlanmıştır. Aralarındaki fark maksimum olursa, hata türlerine ait RÖS eşitliğinin daha belirgin bir biçimde bozulduğu anlaşılabacaktır. Tablo 3a'da Excel Premium Solver Platform çıktısı, Tablo 3b'de ise mevcut duruma ait modelin çözülmüş hali gösterilmektedir:

Tablo 3a: Excel Premium Solver Platform Çıktısı



Tablo 3b: Mevcut Duruma Ait Model (Çözümünden Sonra)

| | A | B | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|----|---|----------------------|---------------|-------------|-------------|----------|---|-----|---|-------|-----|
| 1 | Hata | Potansiyel Hata Türü | Yeni Olasılık | Yeni Şiddet | Yeni Tespit | Yeni RÖS | | | | | |
| 2 | No | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | |
| 4 | 1 | Makine Yağ Lekesi | 5 | 10 | 2 | 100 | = | 100 | | | |
| 5 | 2 | Makine Yağ Lekesi | 4 | 5 | 3 | 60 | = | 60 | | 196,5 | |
| 6 | 3 | Makine Yağ Lekesi | 4 | 7 | 3 | 84 | = | 84 | | | |
| 7 | 4 | Makine Yağ Lekesi | 5 | 9 | 2 | 90 | = | 90 | | | 1,5 |
| 8 | 1 | Çözümlü İpi Hatası | 5 | 5 | 4 | 100 | = | 100 | | | |
| 9 | 2 | Çözümlü İpi Hatası | 5 | 6 | 2 | 60 | = | 60 | | 195 | |
| 10 | 3 | Çözümlü İpi Hatası | 6 | 7 | 2 | 84 | = | 84 | | | |
| 11 | 4 | Çözümlü İpi Hatası | 5 | 6 | 3 | 90 | = | 90 | | | |
| 13 | Toplamlar (Makine Yağ Lekesi) | | 18 | 31 | 10 | 334 | | | | | |
| 14 | | | = | = | = | = | | | | | |
| 15 | Olması Gereken Toplamlar (Makine Yağ Lekesi) | | 18 | 31 | 10 | 334 | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | |
| 18 | Toplamlar (Çözümlü İpi Hatası) | | 21 | 24 | 11 | 334 | | | | | |
| 19 | | | = | = | = | = | | | | | |
| 20 | Olması Gereken Toplamlar (Çözümlü İpi Hatası) | | 21 | 24 | 11 | 334 | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | |

Tablo 3b'deki 196,5 ve 195 değerleri, makine yağ lekesi ve çözümlü ipi hatası olarak gerçekleşen tüm hataların; yeni olasılık, yeni şiddet ve yeni tespit değerlerinin toplama metoduna göre toplanarak hatalara ait birer RÖS elde edilmesi ve elde edilen bu RÖS değerleri ile çarpma metoduna göre daha önce elde edilmiş olan ve "Yeni RÖS" adlı sütun içeriğinde yer alan ilgili RÖS değerlerinin hatalar bazında ayrı ayrı toplanarak kendi içerisinde aritmetik ortalamalarının alınması ve bu aritmetik ortalamaların hata türleri bazında toplanması ile bulunmuştur. Bu iki değer hesaplanmasında kullanılan denklem şu şekildedir:

$$YRDY_D = \sum_{i=1}^N \left(\frac{(O_i + S_i + D_i) + RPN_i}{2} \right) \quad (3)$$

Burada;

YRDY_D : Yeni RÖS Değerlendirme Yöntemi'ne göre hesaplanan değeri,

N : Hata türleri bazında eşitliğe konu olan hata sayısını,

O_i : Oluşma (Occurrence) olasılık değerini,

S_i : Şiddet (Severity) değerini,

D_i : Tespit Edilebilirlik (Detectability) değerini,

RPN_i : Çarpma metoduna göre elde edilen RÖS değerini göstermektedir.

Yakıt (2010:130-131)'in çalışmasında da yeni olasılık, yeni şiddet ve yeni tespit değerleri vasıtasıyla eşit RÖS'e sahip 2 farklı hata türü için Yeni RÖS Değerlendirme Yöntemi'ne göre 196,5 ve 195 sayıları bulunmuştur. Tablo 3b'de görülen 1,5 değeri ise; 196,5 değerinden 195 değerinin çıkarılması sonucu elde edilmiştir.

9. ALTERNATİF ÇÖZÜMÜN EXCEL PREMIUM SOLVER PLATFORM İLE ÇÖZÜME KAVUŞTURULAN MODELLE KIYASLANMASI

Excel Premium Solver Platform ile mevcut duruma ait modelin çözülmüş halinden alternatif bir çözümün belirli nedenlerle üretilmesi, modelin detaylı bir biçimde irdelenerek kıyaslanabilir boyuta ulaşabilmesi açısından kritik derecede önem arz etmektedir. Bu bağlamda; hata türlerine ait Yeni RÖS'lerin oluşturulma alternatifi, alternatif çözümün temelini oluşturacaktır.

Hata numarası 1 olan makine yağ lekesi ve çözgü ipi hatası için belirlenen Yeni RÖS 100'e ($5 \times 5 \times 4$), ($5 \times 10 \times 2$) ve ($10 \times 10 \times 1$) şeklinde olmak üzere 3 farklı şekilde ulaşılabilir. Yine benzer şekilde hata numarası 2 ve 4 olan hata türleri için belirlenen Yeni RÖS değerleri olan 60 ve 90'a da 3 farklı çarpım alternatifi ile ulaşılabilir. Bununla birlikte; yeni olasılık, yeni şiddet ve yeni tespit değerlerine ait çarpımların kendi içinde yer değiştirebilir özellikte olduğunu da belirtmekte fayda bulunmaktadır. Hata türleri arasında sadece hata numarası 3 olan makine yağ lekesi ve çözgü ipi hatası için belirlenen Yeni RÖS değeri 84'e ise; ($4 \times 7 \times 3$), ($6 \times 7 \times 2$) şeklinde olmak üzere 2 farklı şekilde ulaşılabilir. Tablo 4'te Yeni RÖS 84'e ait bu iki çarpım alternatifi hata türleri bazında yer değiştirilmiş ve alternatif çözüm bu şekilde oluşturulmuştur:

Tablo 4: Alternatif Çözüm Tablosu

| | A | B | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|----|--|----------------------|---------------|-------------|-------------|----------|---|-----|---|-------|-----|
| 1 | Hata No | Potansiyel Hata Türü | Yeni Olasılık | Yeni Şiddet | Yeni Tespit | Yeni RÖS | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | |
| 4 | 1 | Makine Yağ Lekesi | 5 | 10 | 2 | 100 | = | 100 | | | |
| 5 | 2 | Makine Yağ Lekesi | 4 | 5 | 3 | 60 | = | 60 | | 197 | |
| 6 | 3 | Makine Yağ Lekesi | 6 | 7 | 2 | 84 | = | 84 | | | |
| 7 | 4 | Makine Yağ Lekesi | 5 | 9 | 2 | 90 | = | 90 | | | 2,5 |
| 8 | 1 | Çözgü İpi Hatası | 5 | 5 | 4 | 100 | = | 100 | | | |
| 9 | 2 | Çözgü İpi Hatası | 5 | 6 | 2 | 60 | = | 60 | | 194,5 | |
| 10 | 3 | Çözgü İpi Hatası | 4 | 7 | 3 | 84 | = | 84 | | | |
| 11 | 4 | Çözgü İpi Hatası | 5 | 6 | 3 | 90 | = | 90 | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | |
| 13 | Toplamlar (Makine Yağ Lekesi) | | 20 | 31 | 9 | 334 | | | | | |
| 14 | | | = | = | = | | | | | | |
| 15 | Olmaması Gereken Toplamlar (Makine Yağ Lekesi) | | 18 | 31 | 10 | 334 | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | |
| 18 | Toplamlar (Çözgü İpi Hatası) | | 19 | 24 | 12 | 334 | | | | | |
| 19 | | | = | = | = | | | | | | |
| 20 | Olmaması Gereken Toplamlar (Çözgü İpi Hatası) | | 21 | 24 | 11 | 334 | | | | | |

Tablo 4’te; Yeni RÖS Değerlendirme Yöntemi’nin uygulanması sonucu makine yağ lekesi adlı hata türü için 197; çözüğü ipi hatası için 194,5 sayısının çıktığı ve aradaki farkın $197 - 194,5 = 2,5$ değerini aldığını görülmektedir.

Alternatif çözüm olan Tablo 4’te; yeni olasılık sütunu ile toplamlar (makine yağ lekesi) satırının kesişimi 20 değerini alırken, yeni olasılık sütunu ile olması gereken toplamlar (makine yağ lekesi) satırının kesişimi 18 değerini almaktadır ($20 \neq 18$). Bununla birlikte; yeni olasılık sütunu ile toplamlar (çözüğü ipi hatası) satırının kesişimi 19 değerini alırken, yeni olasılık sütunu ile olması gereken toplamlar (çözüğü ipi hatası) satırının kesişimi 21 değerini almaktadır ($19 \neq 21$). Diğer bir ifadeyle; yeni olasılık için her iki hata türünde de toplamlar ile olması gereken toplamlar arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Her iki hata türünde yeni tespit için toplamlar ile olması gereken toplamlar arasında da buna benzer farklılıklar söz konusudur ($9 \neq 10$ ve $12 \neq 11$).

Buradan hareketle, her iki hata türü için de, yeni olasılık ve yeni tespit değerlerine ait toplamlar ile olması gereken toplamlar arasındaki farklar şu şekilde ifade edilebilmektedir:

Tablo 5: Hata Türleri Bazında Toplamlara Ait Farklar

| Toplamlar ve Farklar | Hata Türleri | |
|---|-------------------|-------------------|
| | Makine Yağ Lekesi | Çözüğü İpi Hatası |
| Yeni Olasılık İçin Olması Gereken Toplamlar | 18 | 21 |
| Yeni Olasılık İçin Toplamlar | 20 | 19 |
| Toplamlara Ait Farklar (Yeni Olasılık) | -2 | 2 |
| Yeni Tespit İçin Olması Gereken Toplamlar | 10 | 11 |
| Yeni Tespit İçin Toplamlar | 9 | 12 |
| Toplamlara Ait Farklar (Yeni Tespit) | 1 | -1 |

10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma sonucunda; her iki hata türü için, numarası 3 olan hatalara ilişkin eşit çıkan Yeni RÖS değeri 84’e, $(6 \times 7 \times 2)$ ve $(4 \times 7 \times 3)$ şeklinde 2 farklı yoldan ulaşılabildiği; hata numarası 1,2 ve 4 olan hatalara ilişkin eşit çıkan (100, 60 ve 90) Yeni Risk Öncelik Sayıları’na üçer farklı yoldan ulaşılabildiği görülmüştür. Alternatif çözüm olan Tablo 4’de görüldüğü gibi, numarası 3 olan hatalara ait RÖS’leri oluşturan çarpanların üçerli gruplar halinde birbirleriyle yer değiştirebileceği sonucu çıkmıştır.

Tablo 3b’de yer alan 1,5 değeri, eşit RÖS’e sahip aynı tabloda görülen iki farklı hata türü için Yeni RÖS Değerlendirme Yöntemi’ne göre hesaplanabilecek sayılar arasındaki farkın maksimum değeridir. Excel Premium Solver Platform yardımıyla eşit çıkan RÖS’lerin modellendiği bu çalışma neticesinde; Tablo 1’de yer alan ve hata türleri bazındaki yeni olasılık, yeni şiddet ve yeni tespit değerlerinin, maksimum fark olan 1,5 değerine ulaşılmasını sağlayan değerler olduğu sonucuna varılır.

Alternatif çözüm sonucu elde edilen fark olan 2,5 değeri, Excel Premium Solver Platform kullanılarak elde edilen farktan $2,5 - 1,5 = 1$ değeri kadar fazladır. Farkların farkının bu şekilde 1 değerini vermesinin nedeni, Tablo 5’deki yeni olasılık için hesaplanan toplamlara ait farklar ile yeni tespit için hesaplanan toplamlara ait farkların hata türleri bazında mutlak değer içinde toplanmasının bir sonucudur ($|(-2) + 1| = |2 + (-1)| = 1$).

Tablo 4’teki farkları mutlak değer içinde düşünmek yerinde olacaktır. Tablo 5’te yer alan farklardan $|-2| = 2$ ve $|2| = 2$, yeni olasılık için toplamlara ait farkları oluştururken; $|1| = 1$ ve $|-1| = 1$, yeni tespit için toplamlara ait farkları oluşturmaktadır. $2 > 1$ olduğuna göre, alternatif çözümde “Excel Premium Solver Platform” ile çözüme kavuşturulan modele kıyasla; yeni olasılık konusunda yeni tespit’e göre daha yüksek değerde bir sapmanın gerçekleştiği söylenebilir.

KAYNAKÇA

1. ABDELGAWAD, Mohamed Abdelrahman Mohamed (2011), *Hybrid Decision Support System For Risk Criticality Assessment And Risk Analysis*, PhD Thesis, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada.
2. ALQUDAH, Sura Khaled (2004), *Analysis Of Healthcare Delevary Process Dueing Sepsis Resusitation Using Industrial Engineering Tools*, Master Thesis, Yarmouk University, Jordan.
3. ARABİAN-HOSEYNABADİ H., H. Oraee and P.J. Tavner (2010), “Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) for wind turbines”, *Electrical Power and Energy Systems*, 32, 817–824.
4. ATAY, Önder Sami (2004), *Ürün Gerçekleştirmede Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Uygulaması*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
5. AYDIN, Özgür Ömer (2004), *Tasarımda Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Bir Uygulama*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
6. BAYSAL, M. E., Erdal CANIYILMAZ ve Tamer EREN (2002), “Otomotiv Yan Sanayiinde Hata Türü ve Etkileri Analizi”, *TEKNOLOJİ*, Yıl 5, Sayı 1-2, 83-90.
7. BEKTAŞ, Dilek (2007), *Hata Türü Etkileri Analizi ve Film Kaplı Tablet Üretiminde Uygulanması*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
8. BORAN, Semra (1996), *Hata Şekli ve Etkileri Analizi’nin Bulanık Küme Yaklaşımıyla Çözümlemesi Olanağı*, Basılmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
9. BRAAKSMA, A.J.J., W. Klingenberg and J. Veldman (2013), “Failure mode and effect analysis in asset maintenance: a multiple case study in

- the process industry”, *International Journal of Production Research*, Vol. 51, No. 4, 1055–1071.
10. DAVIE, James L. (2008), *An Analysis of Risk Perception and the RPN Index within Failure Modes and Effects Analysis*, Master Thesis, The State University Of New York At Buffalo, USA.
 11. DEAN, Anthony W. (2003), *A Statistical Evaluation Of Risk Priority Numbers In Failure Modes And Effects Analysis Applied To The Prediction Of Complex Systems*, PhD Thesis, Old Dominion University, USA.
 12. GETCHIUS, Ann Marie (2011), *Improving The Effectiveness Of The Barnabas Ministry Volunteer Program At The Midwest Center For Health Through The Application Of Quality Processes*, Master Thesis, California State University Dominguez Hills, USA.
 13. LEE, Burton Hoyt (2002), *Failure Modes And Effects Analysis With Bayesian Belief Networks: Bridging The Design-Diagnosis Modeling Gap*, PhD Thesis, Stanford University, USA.
 14. MASTROIANNI, Scott Anthony (2011), *Risk Management Among Research And Development Projects*, Master Thesis, Lehigh University, USA.
 15. MCDERMOTT, Robin E., Raymond J. Mikulak and Michael R. Beauregard (1996), *The Basics Of FMEA*, Productivity Press, USA.
 16. ÖNDEMİR, Önder (2004), *Hata Türü ve Etkilerinin Bulanık Kümeler Yaklaşımıyla Analizi*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
 17. ÖZAY, Serdar (1999), *Ürün Geliştirmede Toplam Kalite Yönetim Tekniklerinden Hata Türü ve Etkisi Analizinin İncelenmesi ve Bu Tekniğin Bir Otomotiv Firmasındaki Uygulaması*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
 18. REDHOUSE BÜYÜK ELSÖZLÜĞÜ (1994), İngilizce-Türkçe, Türkçe-İngilizce, İstanbul: Redhouse Yayınevi.
 19. RHEE, Seung Joon (2005), *Lifecycle Cost Based Failure Modes And Effects Analysis*, PhD Thesis, Stanford University, USA.
 20. SELLAPPAN, N. and R. Sivasubramanian (2008), “Modified Method for Evaluation of Risk Priority Number in Design FMEA”, *The Icfai Journal of Operations Management*, Vol. VII, No. 1, p. 43-52.
 21. SEMP, Bradley W. (2010), *Risk Management Of Products And Processes Through Meta-Level System Representation And Analysis*, PhD Thesis, Oakland University, Rochester, Michigan, USA.
 22. SEQUERA, Miguel (2011), *A Conceptual Framework For The Assessment Of The Criticality Of Key Failure Modes In Micro-Electro*

Mechanical Systems (Mems) Accelerometers, Master Thesis, University Of Alabama, Tuscaloosa, Alabama, USA.

23. STAMATIS, D.H. (2003), *Failure Mode And Effect Analysis: FMEA From Theory to Execution*, American Society for Quality Press, USA.
24. USUĞ, Cengiz (2002), *Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA) ve Üretim ve Hizmet Sektörü Uygulamaları*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
25. ÜNAL, M. Özgür ve Bengi AYKAÇ (2010), “Yapı İşlerinde Asansör Kazaları ve Güvenlik Önlemleri”, *International Journal of Engineering Research and Development*, Vol. 2, No.2, ss. 13-19.
26. YAKIT, Osman (2010), *Süreç İyileştirmede Hata Türü Etkileri Analizi ve Bir Uygulama*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
27. YILMAZ, Ahmet (1997), *Hata Türü ve Etki Analizi*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
28. ZAMMORÌ, Francesco and Roberto Gabbrielli (2012), “ANP/RPN: A Multi Criteria Evaluation of the Risk Priority Number”, *Quality and Reliability Engineering International*, Volume 28, Issue 1, p. 85-104, doi: 10.1002/qre.1217, (Article first published online: 22 June 2011).