

KRİTİK OLMA DURUMU ANALİZİ: BİLGİ VE ANLAYIŞ

Hakan AKYILDIZ*

*Prof. Dr., Istanbul Technical University | akyildiz@itu.edu.tr

ÖZET

Kritik olma durumunu analiz etmek için kullanılan yöntemler hata modlarının önceliklendirilmesini sağlar. Bu yöntemlerde kullanılan ölçüm parametreleri şöyledir: hatanın olabirliği(likelihood), hatanın sonuçları ya da etkileri (consequences) ve risk öncelik sayısının tespitinde gerekli olan hatanın saptanabilirliği(detectability). Bu parametrelerin çeşitli kombinasyonları kritik olma durumlarını gösterir. Dolayısıyla, bu analizlerde dört yaklaşım kullanılabilir: kritik olma durumu matrisi, kritik olma durumu grafiği, risk öncelik sayısı ve alternatif risk öncelik sayısı. Her parametre için geçerli olacak ölçeklendirme ve tanımlamalara, ortaya çıkacak sonuçların çeşitlerine ve kritik olma durumunu gösterecek olan yöntem ya da yöntemlerin kullanımına planlama aşamasında karar verilmelidir. Bu çalışmada, tanımlanan yöntemlerdeki bilgi birikimi ve anlayış doğal olarak genel yaklaşımlardır. Dolayısıyla, yapılacak analizlerin hedeflerine ve içeriğine uygun bir şekilde uygulamalar kurgulanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Kritiklik Parametreleri, Kritiklik Matrisi, Risk Öncelik Sayısı.

ABSTRACT

Criticality methods provide a means of prioritizing failure modes. The methods are only those which combine measures for the parameters: likelihood of failure, the consequences of failure, and (in the case of the risk priority number) the detectability of the failure. There are a variety of ways these parameters might be combined to produce a criticality. Four methods can be described: the criticality matrix, the criticality plot, the risk priority number and the alternative risk priority number. The types of consequence considered, the scales that are to be used for each of the parameters and the method of combination to give a criticality should be decided during the planning stage. The methods described are general and should be tailored for the application in order to be meaningful in relation to the context and objectives of the analysis.

Keywords: Criticality Parameters, Criticality Matrix, Risk Priority Number.

1. Giriş

Kritik olma durumu parametreleri için yapılacak ölçümlerde kullanılacak ölçeklendirmede tanımlamalar nitel, nicel ya da yarı nicel olabilir.

- Niteliksel olarak yapılacak tanımlamalar; önem derecesi için küçük ya da önemsiz(minor), büyük(major) ve felaket durum(catastrophic); hata modunun ortaya çıkabilirliği ya da olabirliği için ise sıklıkla(frequent), ara sıra(occasional) ve ihmal edilebilir(remote) şeklinde yapılabilir.
- Parametrelerin niteliksel olarak yapılacak tanımlamalarında ampirik ifadeler, hata oranları ya da olasılıkları formunda oluşturulan veriler ya da hatanın ekonomik maliyeti gibi ölçülebilir sonuçlar kullanılabilir. Ölçeklendirme oranları tanımlanan birim verileriyle uyumlu olmalıdır.
- Kullanılacak veriler, sadece tanımlama şeklinde ya da büyüklük sıralama tahmini şeklinde olursa parametreler sıralı derecelendirme ölçekleri kullanılarak ifade edilebilir. Sayısal etiketler olabirlik ve önem derecelerinin sıralı ölçekleriyle ilgiliyse yaklaşım bazen yarı nicel olabilir. Burada, derecelendirme aralıkları uygulamaya bağlı olarak tanımlanmalıdır. Ayrıca, analiz tipine göre de tanımlama kategorileri, sayısal hesaplamalar ve derecelendirme şekli dikkate alınmalıdır.

Kritik olma durumu parametrelerinin derecelendirme ölçek aralıklarının geliştirilmesinde, ön yargılı sonuçların ortaya çıkmasını önlemek için mümkün olduğunca mevcut en iyi verilerin kullanılmasına özen gösterilmelidir (BS EN IEC 60812:2018).

1.1 Ölçeklendirme tanımı

Ölçek aralığı, sonuçları itibariyle en ciddi durumdan en kabul edilebilir duruma kadar olan aralığı kapsamalıdır. Hazırlanacak senaryo için hata modlarıyla bağlantılı olarak olabilirlik açısından en düşükten en yükseğe ya da saptanabilirlik açısından en düşük dereceden en yüksek dereceye bu ölçek aralıkları uygun olmalıdır. Ayrıca, ölçümlerin değerlendirileceği ölçek aralıklarında dikkate edilmesi gereken nokta, tutarlı ve doğru bir değerlendirmeyi kolaylaştıracak içerikte olması, açık ve kesin tanımlamalara sahip olmasıdır. Tanımlamalar analizlerin sürdürülebilmesi için mevcut verilerle uyumlu ve anlamlı olmalıdır.

Hata modlarının olabilirliği ve sonuçları için kullanılacak nicel verilerin değerlendirmesinde logaritmik ölçeklendirmenin doğrusal ölçeklendirmeden daha uygun olduğu ifade edilebilir. Nicel ya da yarı nicel yaklaşımda kullanılacak ölçek değerlerinde; örneğin, yıkıcı hata maliyetinin birkaç kez en yüksek olmasından ziyade büyüklük açısından birkaç büyük sıralamada olması beklenmelidir. Nicel ve yarı nicel ölçekler için kullanılacak kategori seçiminde, seçilen parametrelerin anlamlı olması önemlidir. Dolayısıyla, kategorilerin yeterli sayıda ve etki aralıklarının doğru sınıflanmış olması oldukça önemlidir. Burada, genel olarak, yeterli değişimi ifade eden kapsamlı bir ölçek aralığı en az üç kategoride gösterilir. Daha fazla sayıdaki tanımlamalar analizin uzun sürmesine ve kategoriler arasındaki farklılıkların doğru incelenmesinde yanlışlıklara sebep olabilir. Ölçümler için kullanılacak ölçeklerden her biri, ne anlama geldiğini ifade eden bir tablo ile gösterilmelidir. Bu tabloda, sözel ya da harflerle ifade edilen tanımlamaların yapılmasında analizlerin ve nicel yaklaşımın doğru yapılabilmesi için özen gösterilmelidir.

1.2 ‘Olabilirlik’ parametresinin incelenmesi

‘Olabilirlik’ parametresinin değeri nitel, nicel ya da yarı nicel olarak ifade edilebilir. Ölçek aralıkları kullanarak yapılan nicel yaklaşımda, olabilirlik değerleri hata modlarına bağlı olarak, jenerik veri kaynaklarından ya da benzer şartlarda yapılmış uygulama örnekleri dikkate alınarak tahmin edilebilir. Olabilirlik değerleri, nicel verilerin olduğu durumlarda her bir alt bileşende oluşacak hatalardan ziyade süreç ya da tüm bir sistemde oluşacak hatalar dikkate alınarak elde edilebilir. Burada, hata modlarının olabilirlik tahmini bir bütün olarak sistemde olacak hataların olabilirliğini, potansiyel hata modlarının olabilirliğine paylaştırma suretiyle yapılabilir. Hata modu bilinen bir sonuca neden oluyorsa olabilirlik değerinin ifadesinde bir ayarlama da yapılabilir. Dolayısıyla, eğer ‘olabilirlik’ bir hata oranı olarak ifade ediliyorsa ve aksi tanımlanmadıkça, bu yaklaşım dolaylı olarak sürekli bir hata oranı gösterir ve bu yüzden bazı durumlarda uygun olmayan bir yaklaşım ortaya çıkabilir. Ayrıca, tanımlanan hata oranları özel bir veriden elde edilebilirken aynı zamanda, hata modlarının olasılıkları ile verilen bir hata modunu etkileme seviyesi ile ilgili olasılık değeri farklı bir veri setinden ya da karar verme kaynağından elde edilebilir.

Olabilirlik aralıklarının ya da kategorilerinin kullanıldığı yerlerde yapılan tanımlamalar, uygun ampirik verilerin kullanımıyla, tasarım ekibinin uzman görüşleriyle ya da diğer uygun kaynaklardan yararlanılarak yapılabilir. Burada, ölçek aralıklarının, hata modlarının ortaya çıkma frekanslarının mevcut verilerle uyumlu olması ve doğru değerlendirilebilmesi için tutarlı bir şekilde uygulanması oldukça önemlidir. Doğru ve tutarlı bir uygulamaya ulaşmak için de aşağıdaki hususların dikkate alınması gerekir:

- a) Olasılıklar ya da frekanslar gibi nicel ölçümler kullanılıyorsa, birimlerin açık bir şekilde ifade edilmesi gerekir. Örneğin, eğer yüzdeli bir değer kullanılıyorsa bu yüzde ifadesinin ne anlama geldiği açıklanmalıdır.
- b) Olabilirlik aralıkları için yapılan tanımlamalar için sayısal açıklamalar yapılmalıdır. Bu, uygulamanın daha iyi anlaşılmasına yardım eder. Örneğin, bir donanım sistemi için tanımlanan ‘sık sık’ ifadesi birkaç yılda bir oluşacak bir hatayı gösterirken başka bir donanım sisteminde yılda birkaç kez anlamına gelebilir.

Dolayısıyla, az rastlanan hatalar için yapılan olabilirlik tanımları en kötü hata analizi senaryolarına uygulandığında daha gerçekçi sonuçlar verebilir.

2. Bir matris ya da grafik kullanarak kritik olma durumunu inceleme

Kritik olma durumu için kullanılan parametrelerin arasındaki ilişkinin tanımlanması önem derecesini gösterecek şekilde birçok yoldan yapılabilir. Hataların olma olasılıkları ve ortaya çıkan sonuçların önem derecelerinin gösterilmesi sürekli ve tutarlı ölçeklendirme aralıkları şeklinde ve buradan da bir grafik formu ya da matris formu kullanılarak ifade edilebilir.

Kritik olma durumu analizine göre alınacak önlemler, FMEA planlamasının bir parçası olarak, özellikle analiz yapılmadan önce paydaşlarla tartışılarak, bilgi ve tecrübe paylaşarak, dolayısıyla ortak bir zeminde uzlaşılarak yapılmalıdır. Böylece, alınacak kararların potansiyel etkileri ve hata modlarının nasıl analiz edileceği anlaşılır

şekilde yapılmış olacaktır. Aksi takdirde, kritik olma durumu analizinin amaçlarına ulaşamayacağı gibi bir sonuçla ciddi bir zaman kaybı ve maliyetin ortaya çıkacağı açıktır.

2.1 Kritik olma durumu analiz matrisi (Criticality matrix)

Bu matris, olabilirlik ve gerçekleşme durumunda ortaya çıkacak sonuçların önem derecelerini ölçen bir matristir. Bunun diğer bir ismi de ‘risk matrisi’ dir. Her bir parametrenin değeri matris içinde ifade edilerek kritik olma durumu ve derecesi belirtilir. Böylece, hata modlarına bağlı olarak alınacak önlemlerin derecesi görülmüş olur. Matriste ortaya çıkacak düşük değerli hata modları herhangi bir önlem almaya gerek yok şeklinde yorumlanır. Tablo 1’de örnek bir kritik olma durumu matrisi verilmiştir.

Tablo 1. Nitel bir kritik olma durum matrisi

| | | Önem Derecesi (Severity) | | | |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|---------------------|------------------|
| Olabilirlik (Likelihood) | | Yıkıcı (Catastrophic) | Büyük (Major) | Düşük (Marginal) | Küçük (Minor) |
| | Yüksek(High) | × | × | 1 | 2 |
| | Orta(Medium) | × | × | 1 | 2 |
| | Düşük(Low) | × | × | 1 | 2 |
| | Çok Düşük(Very Low) | × | 1 | 1 | 2 |
| | İhmal edilebilir(Remote) | 1 | 2 | 2 | 3 |

Burada, dört seviyeli bir kritik olma durumu sınıflaması yapılmıştır. Tabloda,

‘X’ kategorisi = Kabul edilemez,

‘1’ kategorisi = İstenmeyen,

‘2’ kategorisi = Kabul edilebilir,

‘3’ kategorisi = Önemsiz – daha az

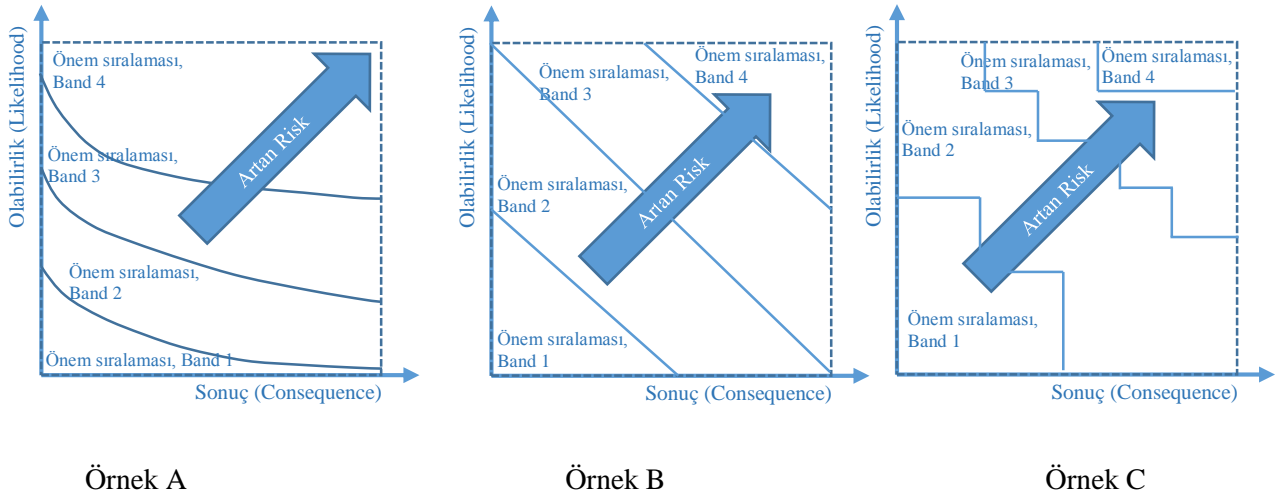
Durumlarını ifade eder.

Bazen, şartlara bağlı olarak ele alınan bir hata modu için yapılan analiz farklı sonuçlara neden olabilir. O zaman, olabilirlik parametresinin ölçeklendirmesi ve tanımlaması detaylandırılmalıdır. Dolayısıyla, olası bazı sonuçlar için kritik olma durumunun dikkate alınması uygun olacaktır. Tablo 1’de verilen matriste, riski gösteren derecelerin artması ya da azalmasıyla beraber her bir hata modu için alınacak önlemler, kritik olma durumunu gösteren sınıflandırmaya bağlı olacaktır. Diğer bir ifadeyle, matrisin hücreleri değil renk ya da kritiklik kodu dikkate alınır. Örneğin, ‘kabul edilebilir’ kategorisinde, bu durum daha fazla işleme ya da önlem almaya ihtiyaç olmayacak anlamına gelmeyebilecektir.

Bu çalışmada, örnek olarak verilen risk matrisi sabit yapıda bir tablo olarak algılanmamalıdır. Değişik uygulamalara bağlı olarak farklı yapılarda olabilir. Eğer olabilirlik ve/veya sonuçların önem derecelerini gösteren bantların sayısı farklı olursa o zaman matrisin boyutları da bu örnekten farklı olacaktır. Ayrıca, olabilirlik – sonuç kombinasyonlarına bağlı olarak ortaya çıkacak kritik olma durumları da renk koduna göre farklı olacaktır. Diğer taraftan, teorik olarak matrisin iki boyuttan fazla olması da mümkündür. Fakat, matris daha karmaşık hale geleceği için yapılacak analizlerin sağlıklı olabilmesi, parametrelerin kombinasyonlarının değerlendirilmesinin maliyetli olması gibi sonuçlar doğuracağına dikkate alınması gerekir. Risk matrisinde, benzer önem derecesine sahip hata modlarının aynı risk değerlerine sahip olduğundan da emin olunmalıdır. Böylece, benzer önlemlerin alınması olanaklı olacaktır. Ayrıca, nicel ya da yarı nicel değerlendirmelere bağlı olarak yapılan olabilirlik ya da sonuç analizlerinde, kritik olma durumu sınırlarında olan sayısal değerlere sahip hata modları için uygulanan farklı önlemlerin kabul edilebilirliği de dikkate alınmalıdır.

2.2 Kritik olma durumu analiz grafikleri (Criticality plots)

Şekil 1’de bazı grafik örnekleri verilmiştir. Bu grafiklerde, olabilirlik ve sonuçları için kritik olma durumu belli bant aralıklarında tanımlanmıştır.



Şekil 1. Kritik olma durumu çizim örnekleri.

Bantlar arasındaki sınırlar, örneklerde görüldüğü gibi doğrusal çizgiler olmak zorunda değildir. Hata modları için ihtiyaç duyulan analiz gereksinimlerine göre basamaklı sınırlar olabileceği gibi düz çizgi ve eğrilerin birleşimi şeklinde de olabilir. Dolayısıyla, olabilirlik ve sonuç eksenlerinde kullanılacak ölçeklendirmeye bağlı olarak bant sınırları oluşacaktır. Pratikte, olabilirlik eksenini nicel olarak, ortaya çıkacak sonuçlar da süreklilik şeklinde ifade edilirse düzgün bant sınırları beklenmelidir. Kritik olma durumunu gösteren grafiklerde eğer ihtiyaç duyulursa ikiden fazla parameter de kullanılabilir. Bu durumda, analizlerin daha karmaşık ve zaman alıcı olması kaçınılmazdır. Ayrıca, maliyet açısından da bir dezavantaj oluşabilir. Ortaya çıkacak sonuçların ölçülebilir fakat bant değerlerinin farklı olması durumunda, kritik olma durumu sınırları muhtemelen basamaklı olacaktır. Sonuç olarak, grafiklerden elde edilecek önem dereceleri risk matrisi tanımlamalarına benzer bir durum ortaya çıkaracaktır.

3. Bir risk öncelik sayısı kullanarak kritik olma durumu ataması yapmak

Risk öncelik sayısı (risk priority number (RPN)) sıralı yapılan derecelendirmelerde yarı nicel değerlendirmelerin birleşiminden elde edilir. Burada, olabilirlik, sonuç ve saptanabilirlik değerleri kullanılır. Bu parametreler, önem derecesi (severity, S), gerçekleşme (occurrence, O) ve saptanabilirlik (detectability, D) şeklinde formüle edilir. Risk öncelik sayısının elde edilmesinde iki yaklaşım uygulanabilir:

a) Risk öncelik sayısı

' $RPN = S \times O \times D$ ' olarak formüle edilen risk öncelik sayısı, önem derecesi (severity, S), gerçekleşme (occurrence, O) ve saptanabilirlik (detectability, D) parametrelerinden oluşur. RPN değer aralığı, üç parametrenin ölçüm değerlerine ve ölçeğine bağlı olacaktır. Sıralı derecelendirme 1'den 10'a olursa elde edilen RPN değer aralığı da 1'den 1000'e kadar olabilecektir. Bazı FMEA uygulamalarında saptanabilirlik parametresi ihmal edildiğinden elde edilen RPN değeri 1'den 100'e kadar olmaktadır. Dolayısıyla, uygulamaya bağlı olarak ölçeklendirme sayıları belirlenmelidir ve 10'dan küçük sayılar daha uygun kabul edilmektedir.

S, O ve D için tespit edilecek sayılar derecelendirme tablosundan yararlanarak elde edilebilir. Bu tabloda, her parametre için analiste yardımcı olacak tanımlamalar bulunur. Analist, bu tanımlamalardan yararlanarak uygun ve doğru seçimleri yapar. Saptanabilirlik sayısı, önemli hata etkileri ortaya çıkmadan önce operasyon sırasındaki hata modlarının saptanmasıyla olabilirlik parametresini ifade eder. Bu sayı, genellikle, önem derecesi ya da ortaya çıkma olasılık sayılarından farklı olarak ters tanımlanır. O halde, saptanabilirlik sayısı ne kadar yüksek olursa saptama olasılığı o kadar düşük olur. Dolayısıyla, düşük saptama olasılığı yüksek RPN sayısını ifade eder ve hata modlarının çözümünde yüksek öncelik gerektirir.

Aşağıdaki örnek tablolar, bir rüzgar türbini için kısaltılmış olarak verilen önem derecesi, ortaya çıkma derecesi ve saptanabilirlik derecesi tanımlamalarını göstermektedir.

| Önem Derecesi, S (Severity Rating) | Tanımlama |
|---------------------------------------|--|
| 1 | Güç üretimine etkisi yok; 14 gün içinde tekrar bakılmalı; uyarı alarmı türbinin durmasına neden olmaz; muhtemelen bir bileşen hatası oluşabilir. |
| 2 | Güç üretiminde küçük kayıplar; 14 gün içinde tekrar bakılmalı; türbin durabilir ama uzaktan ayarlanabilir; muhtemelen bir bileşen hatası oluşabilir. |
| 8 | Uzun dönemli güç üretim kaybı(2-4 hafta); servis teknesi gerektirecek önemli bir bileşenin değiştirilmesi. |
| 9 | Süreyi uzatabilecek şekilde güç üretim kaybı(4 haftadan fazla); ana servis gemisini gerektirecek önemli bir bileşenin değiştirilmesi. |
| 10 | Güvenlik olayı; tüm yapının kaybı; birkaç ay sürecek tüm üretim kaybı. |

| Ortaya Çıkma Derecesi, O (Occurrence Rating) | Tanımlama |
|---|---|
| 1 | Hata modu, 10000 makine çalışma yılında bir kez ortaya çıkar. |
| 2 | Hata modu, 2000 makine çalışma yılında bir kez ortaya çıkar. |
| 8 | Hata modu, her makine için yılda bir kez ortaya çıkar. |
| 9 | Hata modu, her makine için her dört ayda bir ortaya çıkar. |
| 10 | Hata modu, her makine için ayda bir kez ortaya çıkar. |

| Saptanabilirlik Derecesi, D (Detectability Rating) | Tanımlama |
|---|---|
| 1 | Hata modu, her zaman etkiler ortaya çıkmadan tespit edilir. |
| 2 | Hata modu oluşur ve etkileri ortaya çıkmadan bulunabilir. |
| 8 | Hata modu sadece rutin denetimler sonucunda bulunabilir. |
| 9 | Hata modunu bulmak zordur ve bu yüzden etkilerini görmek hemen hemen kaçınılmazdır. |
| 10 | Olgular kontrol edilemez ve hata modu saptanamaz. |

Burada, hata modları RPN değerlerine göre sıralanır ve genellikle yüksek öncelikli değerler yüksek RPN değerine haiz olur. RPN değerinin büyüklüğüne ek olarak, alınacak önlemlere karar verme aşamasında hata modlarının önem derecesi de oldukça önemlidir. Eğer benzer RPN değerlerine sahip hata modları varsa bu durumda önem dereceleri devreye girer ve yüksek önem dereceli değerler öncelikli olarak ele alınır. Bazı uygulamalarda RPN değerinin etkisi tanımlanan eşikleri aşıyorsa en yüksek önem derecesi, RPN değeri ne olursa olsun yüksek önem derecelerini gösteren sayılara verilir.

RPN değerinin önem sırası tanımlanan dereceler açısından değerlendirileceğinden sonuçların karşılaştırılmasında uygun olmayan kararlardan sakınmak için aşağıdaki hususların dikkate alınması yararlı olacaktır.

1) RPN öncelik sayısında kullanılan derecelendirme devamlılık arzmez. Örneğin 1'den 10'a üç dereceli bir sistem sadece 1000 üzerinden 120 mevcut sayı üretebilir.

2) Değerler arasındaki sayısal oranlar da özel anlamlara sahip değildir.

Bu, sıralı olan derecelendirme ve eşit ağırlıklandırılan önem derecesi, ortaya çıkma ve saptama ölçümlerinden kaynaklanır. Bu yüzden, RPN değerleri arasındaki farklar küçük olabilir fakat anlamları arasındaki farklar çok büyük olabilir. Örneğin, S = 6, O = 4 ve D = 2 değerlerinden RPN değeri 48 olarak elde edilirken 'O' değeri 5 olarak alınırsa RPN değeri 60 olur. Burada, 'O' değerinin 5 ya da 4 olması durumunda ortaya çıkma olasılığı çoğu zaman benzer olabileceken RPN değeri daha yüksek elde edilmiştir.

3) RPN değeri, tek bir parametrenin bile küçük değişimlerine duyarlı olabilir.

Örneğin; $9 \times 9 \times 3 = 243$ değerini alırken $9 \times 9 \times 4 = 324$ olur. Diğer taraftan, $3 \times 4 \times 3 = 36$ olurken $3 \times 4 \times 4 = 48$ olur. Dolayısıyla, bir parametredeki küçük değişim birinde büyük etki yaparken diğerinde küçük etki yapabilir.

Sonuç olarak, kritik olma durumu değerlendirmesinde ve önlem geliştirme aşamalarında RPN parametrelerinin alabileceği değerlerin ve etkilerinin iyi analiz edilmesi durumun kavranması ve anlaşılması açısından oldukça önemlidir.

b) Alternatif risk öncelik sayısı yaklaşımı

ARNP sayısı, yukarıda ifade edilen RPN yaklaşımının bir çeşididir. Bu yaklaşım, parametrelerin logaritmik ölçeklendirilmesi durumunda kritiklik değerlendirmesinin daha tutarlı olması için geliştirilmiştir (Braband, 2003).

ARNP'de kullanılan parametrelerin derecelendirme aşamalarında tanımlanan noktalar ölçümlerin anlamları muhafaza edilsin diye kalibre edilir. Daha sonra, logaritmik ölçeklendirmede, her değer çoklu sabit bir seviye ile bağlantılı olarak kullanılır (10 sayısı ya da 10^2 gibi). Burada, ARNP'deki tüm parametreler için her ölçekte benzer çoklu değerler kullanılmalıdır. Sonuç olarak, parametrelerin derecelendirme sayıları ele alınan duruma göre saptanır. Bu sayı, RPN'de olduğu gibi 10 seviye şeklinde oluşturulabilir. Parametrelerin derecelerini gösteren tablolarda, açıklayıcı cümlelere ek olarak her derecelendirme seviyesine bağlı değer ifade edilir.

Aşağıda verilen örnek tablolarda bir demiryolu uygulaması için tanımlamalar yapılmıştır.

| Ortaya Çıkma Derecesi, O (Occurrence Rating) | Tanımlama |
|--|---|
| 1 | 100000 yılda bire eşit ya da küçük hata oranı |
| 2 | 100000 yılda birden fazla ve 30000 yılda bire eşit ya da küçük hata oranı |
| 3 | 30000 yılda birden fazla ve 10000 yılda bire eşit ya da küçük hata oranı |
| 4 | 10000 yılda birden fazla ve 3000 yılda bire eşit ya da küçük hata oranı |

| Önem Derecesi, S (Severity Rating) | Tanımlama |
|------------------------------------|---|
| 1 | Önemli olmayan tehlike potansiyeli, yaralanma beklenmiyor. |
| 2 | Küçük yaralanmalara maruz kalan bir kişi |
| 6 | Kritik durum, bir ölümlü olay ya da ciddi yaralanmalı birçok kişi |
| 7 | Birkaç ölümlü olay olan felaket durum |
| 8 | Çok ölümlü felaket durum. |

| Saptanabilirlik Derecesi, D (Detectability Rating) | Tanımlama |
|--|---|
| 1 | Bağımsız bir teknik sistem yoluyla ortaya çıkacak sonuçlardan sakınmak hemen hemen her zaman mümkün |
| 2 | Uygun koşullara bağlı olarak sonuçlardan sakınmak sık sık mümkün |
| 3 | Uygun olmayan koşullardan dolayı sonuçlardan sakınmak sadece bazen mümkün |
| 4 | Ortaya çıkacak sonuçlardan sakınmak neredeyse mümkün değil |

Zaman zaman parametrelerin dereceleri her noktadaki ölçek değerleriyle uyuşmayabilir. Bu durumda, bitişik seviyelerin yaklaşık olarak birbirlerine bağlı katlı sabit değerler olduğundan emin olunmalıdır. Bu, bir seviyenin artan ya da azalan durumu dikkate alınarak muhakeme etme yoluyla yapılabilir. Örneğin, önem derecesi ya da saptanabilme olasılığı seçilen katlara bağlı olarak 10'un katları ya da 10'un karesinin katları şeklinde alınabilir.

Hata modları için S, O ve D parametreleri aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$ARPN = S + O + D$$

Böylece, Hata modları, ARPN değerlerine bağlı olarak sıralanabilir ve genellikle yüksek öncelikli olanlar daha yüksek bir ARPN sayısına atanır. ARPN sayısının büyüklüğüne ek olarak, ele alınacak çözümler, benzer ya da özdeş ARPN sayılarına göre hata modlarının önem derecesine ve yüksek önem derecesine sahip anlamına gelen birinci sırada ifade edilen hata modları dikkate alınarak geliştirilir. Ayrıca, bazı uygulamalarda ARPN değerinin etkisi tanımlanan eşikleri aşıyorsa en yüksek önem derecesi, ARPN değeri ne olursa olsun yüksek önem dereceleri gösteren sayılara verilir (Ozarin, 2016; Yoshimura ve diğerleri, 2008)

4. Sonuçlar

Kritik olma durumunu analiz etmek için kullanılan yöntemler hata modlarının önceliklendirilmesini sağlar. Bu analizlerde dört yaklaşım kullanılabilir: kritik olma durumu matrisi, kritik olma durumu grafiği, risk öncelik sayısı ve alternatif risk öncelik sayısı. Tanımlanan yöntemlerdeki bilgi birikimi ve anlayış kavramları doğal olarak genel yaklaşımlar olduğundan, yapılacak analizlerin hedeflerine ve içeriğine uygun bir şekilde kurgulanmalıdırlar.

Risk matrisi yaklaşımı sabit yapıda bir tablo olarak algılanmamalıdır. Eğer olabilirlik ve/veya sonuçların önem derecelerini gösteren satır ve sütunların sayısı farklı olursa o zaman matrisin boyutları da farklı olacaktır. Ayrıca, olabilirlik – sonuç kombinasyonlarına bağlı olarak ortaya çıkacak kritik olma durumları da renk koduna göre farklı olacaktır. Diğer taraftan, teorik olarak matrisin iki boyuttan fazla olması da mümkündür.

Grafik yaklaşımda ise, olabilirlik ve sonuçları için kritik olma durumu belli bant aralıklarında tanımlanır. Bantlar arasındaki sınırlar, doğrusal çizgiler olmak zorunda değildir. Hata modları için ihtiyaç duyulan analiz gereksinimlerine göre basamaklı sınırlar olabileceği gibi düz çizgi ve eğrilerin birleşimi şeklinde de olabilir. Kritik olma durumunu gösteren grafiklerde eğer ihtiyaç duyulursa ikiden fazla parameter kullanılabilir.

ARPN yaklaşımı, kritik olma durumunda devamlılık gereksinimlerini ve her hata modunun ARPN sayısına bağlı olarak risklerinin tek düze eşleştirmesi ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Ayrıca, parametrelerin kritiklik seviyelerindeki küçük değişimler ARPN sayısında da küçük değişikliklere yol açar. Dolayısıyla, ARPN yaklaşımı RPN yaklaşımına göre daha az duyarlıdır. Burada, kritik olma durumu parametrelerinin değerlerine bağlı olarak ARPN sayısının genellikle RPN sayısından daha düşük olduğu söylenebilir. Örneğin, S = 5, O = 5 ve D = 5 değerlerinden RPN değeri 125 olarak elde edilirken, ARPN değeri 15 olarak elde edilir.

REFERENCES

BS EN IEC 60812:2018, Failure Modes and Effects Analysis (FMEA and FMECA)

Braband, J., Improving the Risk Priority Number concept, Journal of System Safety, 3, 2003, p.21-23

Ozarin, N., Understanding, planning and performing Failure Modes & Effects Analysis on software, Tutorial, RAMS Conference, 2016

Yoshimura, I., Sato, Y., Safety achieved by the Safe Failure Fraction (SFF) in IEC 61508, IEEE Transactions on Reliability, Vol.57, No.4, 662-669, Dec. 2008

