

ENDÜSTRİYEL SÜREÇLERDE MEVCUT RİSKLERİN TRIZ YÖNTEMİ KULLANILARAK TESPİT EDİLMESİ

Özgün CAN¹, Gülin Feryal CAN^{2*}

¹Deniz Kuvvetleri Komutanlığı, Bakanlıklar, Kızılay, Ankara
ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-3828-2379>

²Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara
ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-7275-2012>

Anahtar Kelimeler	Öz
Risk Analizi Risk Tanımlama TRIZ Endüstriyel Süreç	<i>Endüstriyel üretim süreçlerine yönelik risk analizi çalışmalarının etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi incelenen sistemlerdeki potansiyel risklerin tespit edilmesine bağlıdır. Arıza, kaza ve ramak kala olay kayıtlarının tutulabildiği ya da tecrübeli operatör ve uzmanların deneyimlerinden yararlanılabildiği işletmelerde, muhtemel riskler büyük ölçüde belirlenebilmektedir. Ancak yeni kullanılmaya başlanan ya da çalışma geçmişine ait yeterli bilgi olmayan sistemlerde zaman içinde oluşabilecek riskler hakkında belirsizlikler oluşmaktadır. Bu çalışmada, oluşabilecek riskler hakkında yeterli bilgi ve tecrübenin olmadığı durumlarda, söz konusu risklerin TRIZ (Teoriya Reşenya İzabretatelski Zadaç-Yaratıcı Problem Çözme Teorisi) yöntemi kullanılarak belirlenmesi amaçlanmaktadır. TRIZ yöntemiyle endüstriyel süreçlerdeki risklerin belirlenebilmesi yeni bir kullanım alanı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda endüstriyel üretim süreçleri ya da bu süreçler içinde yer alan sistemler, tersine bir mantık işletilerek geliştirilmek ve iyileştirmek amaçlı olarak değil, mevcut kaynaklar kullanılarak kötüleştirilip tehlikeli hale getirilmek üzere TRIZ analizine tabi tutulmaktadır. Elde edilen sonuçlar süreç ya da sistemde oluşabilecek potansiyel riskleri tanımlar. Bu çalışmada, önerilen TRIZ temelli risk tanımlama yöntemi örnek olarak; bir matkap/freze tezgâhına uygulanmıştır. Bununla birlikte, TRIZ yöntemi ile endüstriyel süreçlerde ortaya çıkabilecek risk etkileşimleri de dikkate alınarak daha sistematik bir değerlendirme süreci oluşturulmuştur.</i>

DETERMINATION OF EXISTING RISKS IN INDUSTRIAL PROCESSES BY USING THE TRIZ METHOD

Keywords	Abstract
Risk Analysis Risk Definition TRIZ Industrial Process	<i>The effective realization of risk analysis studies for industrial production processes depends on the identification of potential risks in the systems investigated. Potential risks can be determined largely in enterprises where failure, accident and near miss events can be recorded or where experiences of experienced operators and experts can be benefited from. However, there are uncertainties about the risks that may occur over time in systems that are newly introduced or which lack of sufficient work information about their work history In this study, it is aimed to determine these risks by using TRIZ (Teoriya Reşenya İzabretatelski Zadaç – Creative Problem Solving Theory) method when there is not enough knowledge and experience about the risks. Using TRIZ method to identify risks in industrial processes is emerging as a new area. In this context, industrial production processes or the systems involved in these processes are subjected to TRIZ analysis in order not to develop and improve by using a reverse logic, but to be made worse by making use of existing resources and making them dangerous. The obtained results describe the potential risks that may occur in the process or system. In this study, as an example, the proposed TRIZ based risk identification method is applied to a drill/milling machine. Additionally, a more systematic evaluation process has been formed by taking into account the risk interactions that may occur in industrial processes with TRIZ method.</i>
Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 02.11.2018	Submission Date : 02.11.2018

* Sorumlu yazar; e-posta : gfcan@baskent.edu.tr

1. Giriş

Endüstriyel üretim süreçlerine yönelik risk analizi çalışmalarının etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi incelenen sistemlerdeki potansiyel risklerin tespit edilmesine bağlıdır. Arıza, meydana gelen kaza ve ramak kala olay kayıtlarının tutulabildiği ya da tecrübeli operatör ve uzmanların deneyimlerinden yararlanılabildiği işletmelerde, muhtemel riskler büyük ölçüde belirlenebilmektedir. Ancak yeni kullanılmaya başlanan ya da çalışma geçmişine ait yeterli bilgi olmayan sistemlerde zaman içinde oluşabilecek riskler hakkında belirsizlikler oluşmaktadır. Bununla birlikte, risklere ilişkin düzeltici ve önleyici tedbirlerin etkin bir şekilde alınabilmesi incelenen bir süreçte oluşabilecek tehlikeli durumların tümü tanımlanabildiği ölçüde gerçekleşebilecektir. Ancak geleneksel risk analizinde hangi risklerin dikkate alınacağı genellikle iş sağlığı ve güvenliği uzmanları, işveren ya da çalışanlar arasında yüz yüze görüşmeler ya da kaza/ramak kala olay kayıtlarının incelenmesi yoluyla belirlenebilmektedir. Geleneksel yöntemlerde sistemlerin uzun süredir çalışmakta olduğu, ortaya çıkan tehlikeli durumların gözlemlenerek kayıt altına alındığı, tecrübeli kullanıcıların ve uzman risk analizcilerinin geçmiş deneyimlerinden faydalanılabildiği durumlarda potansiyel riskler belirlenerek risk dereceleri hesaplanabilmektedir. Ayrıca makine ve ekipmanlara ait dokümanlarda, oluşabilecek riskler yeterli ölçüde tanımlanmamakta, daha çok genel iş sağlığı ve güvenliği kurallarına ve arıza giderme amaçlı bilgilere yer verilmektedir. Birçok ekipman için, özel ya da resmi kurumların internetteki açık kaynaklarında, oluşabilecek riskler ya da meydana gelebilecek kazalara ait bir veri tabanı bulunmamaktadır. Kurum içinde çalışanlar ve uzmanlar arasında gerçekleşen risklerin tespit edilmesine yönelik çalışmalar ise yeterli faydayı sağlamamaktadır. Bu nedenlerle iş sağlığı ve güvenliği uzmanları, yöneticiler ve çalışanlar analitik bir risk tanımlama yöntemine ihtiyaç duymaktadır.

Bu çalışmada, oluşabilecek riskler hakkında yeterli bilgi ve tecrübenin olmadığı durumlarda, söz konusu risklerin belirlenebilmesini sağlamak için yeni bir risk tanımlama yaklaşımı önerilmiştir. Bu kapsamda TRIZ (Teoriya Reşenya İzabretatelski Zadaç–Yaratıcı Problem Çözme Teorisi) yönteminden faydalanılmıştır. TRIZ, problem tanımlarını iyi bir şekilde yapılandırarak çözüm sürecindeki etkinliği arttırmaktadır (Ruchti ve Livotov, 2001). Yaygın kullanım şekliyle TRIZ; tasarım ve geliştirmeye yönelik mühendislik problemlerinin çözümünde yaratıcı metodların geliştirilmesini amaçlar. Temel olarak; ihtiyaçların doğru olarak tanımlanmasını, yaratıcı düşünce önündeki psikolojik ataletin kırılmasını savunan TRIZ, problem alanlarında birbiriyle çelişen ihtiyaçların uzlaştırılması yerine,

tüm ihtiyaçların aynı anda ve tümüyle karşılanması esaslarını içerir. TRIZ, aksiyon soruna karşılık gelen reaksiyon sorunu belirleyerek çözüm sürecini işletir.

TRIZ, Sovyet mühendis ve mucit Genrich Saulowitsch Altshuller tarafından, mühendislik problemlerinin çözümü için geliştirilen bir yöntemdir. Altshuller, meslek yaşamı boyunca incelediği binlerce patent ve tasarımdan yola çıkarak TRIZ yöntemini geliştirmiş ve yaratıcılığı öğrenilebilir bir teknik haline getirmiştir. TRIZ Rusya'da doğmuş olmasına rağmen Avrupa ve Amerika'da da yaygın şekilde uygulanmakta ve öğretilmektedir. Günümüzde TRIZ sadece mühendislik alanında değil, işletme, yönetim ve pazarlama gibi diğer pek çok alanda da kullanılmaktadır.

Bu çalışmada TRIZ risk tanımlama açısından tersine bir mantıkla çalıştırılarak geliştirilmiştir. Söz konusu tersine mantık sürecinde, ilgili sistemin en tehlikeli durumlarının neler olabileceği belirlenmiştir. Özetle, sistemi kötüleştirmek yönünde çaba sarf edilmiştir. Sistem giderek daha tehlikeli hale geldikçe bu durumları yaratan sebepler sistemle ilgili risk tanımlarını vermiştir. Çalışma, TRIZ'in risk tanımlama amacıyla ilk defa kullanılması, süreç ve alt sistemlerdeki risklerin belirlenebilmesi için TRIZ prosedürünün tersine işletilmesi açısından orijinallik içermektedir. Bununla birlikte literatürde sınırlı sayıda bulunan risk tanımlama çalışmaları açısından da bu alana yeni bir bakış açısı kazandırmaktadır. Çalışmada önerilen yöntem, bir matkap/freze tezgâhının işletim sürecine uygulanarak bu süreçte ortaya çıkabilecek riskler tanımlanmıştır. Bu kapsamda, süreçte rol alan matkap/freze bıçağı, iş parçası, güç kaynağı, kablo, sigorta, dişli kutusu, elektrik motoru, matkap/freze bıçağı kavrayıcısı, taşıyıcı sütun, tezgâh ana gövdesi ve kızak bölümlerinin fonksiyonları nedeni ile ortaya çıkabilecek riskler tanımlanmıştır.

Çalışmanın diğer bölümlerinin organizasyonu ise şu şekildedir. İkinci bölümde TRIZ ile ilgili literatür çalışmasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde geleneksel TRIZ yöntemi ve risk tanımlama için önerilen TRIZ yöntemi tanıtılmıştır. Ayrıca aynı bölümde matkap/freze tezgâhındaki risklerin önerilen yöntemle tanımlanmasına ilişkin bir uygulama bulunmaktadır. Dördüncü bölümde ise uygulamadan elde edilen sonuçlar verilmekte ve son bölüm de ise konuya ilişkin tartışma yer almaktadır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Literatüre bakıldığında, risk tanımlama amacıyla yapılan çalışmaların belirli makine ve üretim süreçleri için tutulan kaza kayıtlarının analizlerine dayandığı görülmektedir. Kaza kayıtları ve veri tabanlarının mevcut olmadığı durumlarda potansiyel risklerin nasıl tespit edilebileceğine dair herhangi bir çalışma

mevcut değildir. Literatürde risk tanımlama ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalara aşağıda özetle değinilmiştir.

Flin vd. (2000), İngiltere’de bulunan bir endüstriyel tesiste “Güvenlik iklimini (Safety Climate)”ne ilişkin yaptıkları çalışmada tesise özgü riskleri tanımlamaya çalışmışlardır. Okun vd. (2001) Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan küçük ölçekli işletmelerin, yaralanma ve ölüm ile sonuçlanan iş kazası istatistiklerini inceleyerek bu işletmelere ilişkin riskleri belirlemişlerdir. Chinniah (2015), hareketli makine parçalarının yol açtığı yaralanma ve ölümlü kazaları inceleyerek kaza sebeplerini araştırmıştır. Jocelyn vd. (2017) konveyör temelli transfer sistemlerinde ortaya çıkan kazalarla ilgili kaza soruşturma raporlarını incelemişlerdir. Kaza ve risk faktörü kombinasyonlarını içeren senaryoları tanımlamışlardır.

Literatürde TRIZ yönteminin kullanıldığı çalışmalara bakıldığında ise yöntemin farklı alanlarda uygulandığı görülmektedir. Aşağıda TRIZ yönteminin uygulandığı çalışmalara özetle yer verilmiştir.

Ruchti ve Livotov (2001) işletme yönetiminde iletişim problemlerin çözümünde TRIZ’i uygulamışlardır. Stratton ve Mann (2003) tarafından makine mühendisliği alanındaki problemlerin çözümünde TRIZ ve kısıtlar teorisi tarafından üretilen sonuçlar karşılaştırmıştır. Bariani vd. (2004), ürün yapısını basitleştirmek için parça sayısını azaltmak amacıyla Ürün ve Montaj için Tasarım (Design for Manufacture and Assembly, DFMA) ve TRIZ yöntemini birlikte kullanmıştır. Cascini ve Rissone (2004), metal yerine plastik parça kullanılarak yapılan tasarım değişikliğinde TRIZ yöntemi ve ürün tasarım araçlarını kullanarak etkin bir tasarım elde etmişlerdir. Mao ve Tseng (2004), TRIZ yöntemini kullanarak hidrolik fren disk sistemlerinde karşılaşılan titreşim, ses ve enerji kaybı problemlerini çözmüşlerdir. Tsai vd. (2004), valf sistemlerinin plastik malzemelerinde yüksek basınç ve sıcaklığa bağlı olarak ortaya çıkan problemleri ortadan kaldırmak için TRIZ yöntemini uygulamışlardır. Chai vd. (2005) tarafından yeni hizmet tasarımında TRIZ yöntemi kullanılmıştır. Üniversite kantinindeki servis hizmetinin düzenlenmesi ve Singapur’da bulunan bir adada ziyaretçiler için gerçekleştirilecek gezi faaliyeti kapsamındaki hizmetlerin iyileştirilmesinde uygulanmıştır. Almannai vd. (2008), Hata Türü ve Etkileri Analizi, TRIZ metodu ve Kalite Fonksiyon Yayılımı (Quality Function Deployment-QFD) tekniklerini birlikte kullanmıştır. Cong and Tong (2008) tarafından patentlerin sınıflandırılması için TRIZ temelli uzman bir sistem geliştirilmiştir. Yamashina vd. (2010) TRIZ ve QFD’yi entegre ederek yenilikçi bir ürün geliştirme prosesi önermişlerdir. Önerdikleri yöntemi bulaşık makinası imalat sürecinde kullanmışlardır. Müşteri açısından en çok önemsenen ürün teknik özelliklerini QFD kullanarak belirlemişler ve ilgili teknik özelliklerin

sağlanmasında karşılaşılan problemlere TRIZ ile çözüm üretmişlerdir. Ilevbare vd. (2012) tarafından TRIZ uygulamasının yapıldığı çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmalarda belirlenen yöntemin faydalarına ve pratikteki kullanım zorluklarına ilişkin bilgiler derlenmiştir. Bazı çalışmalarda, TRIZ yöntemini uygulama prosedürünün karmaşık olduğu ve örgütsel kültürle uyum sağlamadığı belirtilmiştir. Bazı kaynaklarda ise TRIZ tarafından sağlanan çözümlerin yaratıcılık ve yenilik içerdiği ve firmanın başka birçok probleminin çözümünde kullanımının sağlandığı belirtilmiştir. Dülger (2015), atık malzeme miktarlarının azaltılması ve üretim verimliliğinin artırılması için mermer sektöründe TRIZ yöntemini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, gürültü düzeyinde ortalama % 7,2, kusurlu parça oranında % 5, üretim süresinde % 11 iyileşme sağlanmıştır. Ayrıca, kullanılan tezgâhların tükettikleri elektrik enerjisi ve su miktarları ile mermer atıkları da ekonomiklik ve çevre açısından değerlendirilmiştir. Wang vd. (2016) birden fazla konutun kullanabileceği çok yüksek bit oranlı dijital abone hattının geliştirilmesinde TRIZ ve altı sigma yöntemlerini uygulamışlardır. Söz konusu ürünün geliştirilmesi sürecinde 6 farklı patent alınmış ve \$6,555,262 tasarruf sağlanmıştır. Jeeradist vd. (2016) tarafından hava yolu güvenlik kriterleri TRIZ ile değerlendirilmiştir ve müşteri gözünde hava yolunun imajı SERVQUAL ve KANO yöntemleri ile araştırılmıştır. Moussa vd. (2017) yeşil tedarik zinciri problemlerinin çözümünde TRIZ yöntemini kullanan çalışmaları incelemişlerdir. Akmal vd. (2018) müşteri memnuniyetinin artırılması için ürün ve hizmet tasarımında dikkat edilmesi gereken unsurları TRIZ ve KANO yaklaşımlarını kullanarak belirleyen çalışmaları incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre en çok otomobil üretiminde ve ürün geliştirmede kullanıldığı, ev aletleri üretiminde ise sınırlı kullanımının olduğu belirlenmiştir.

Literatür araştırmasından da görüldüğü gibi TRIZ yönteminin risk tanımlama amacıyla kullanıldığı hiçbir çalışmaya rastlanmamıştır. Bununla birlikte yöntemin bu çalışmada olduğu gibi prosedürel açıdan değiştirilerek geliştirilmesine yönelik bir çalışma da bulunmamaktadır. Çalışma bu açıdan risk tanımlama probleminin çözümüne yeni bir bakış açısı kazandırabilecek niteliktedir.

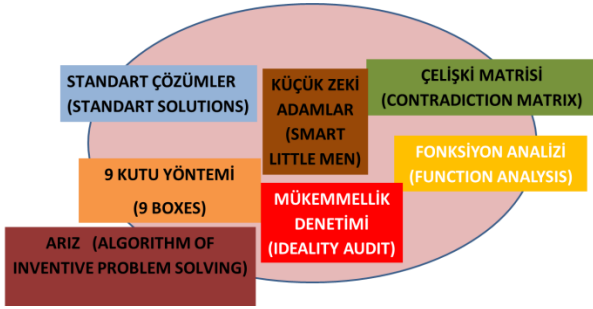
3. Yöntem

3.1. Geleneksel Teoriya Reşenya İzabretatelski Zadaç (TRIZ)

TRIZ öncelikle problemin doğru bir şekilde anlaşılacak modellenmesine odaklanır ve sonrasında bu model için kavramsal çözümler önerir (Mann, 2001). TRIZ yönteminin temel özelliği yaratıcı inovasyonun ortaya çıkmasını sağlayan ilkelerden oluşmasıdır. Bu ilkelerin oluşturulabilmesi için iki milyondan fazla patent incelenmiştir. Altshuller (2002), patentleri

incelediğinde bunlardan 40.000 tanesinin bir şekilde yaratıcı çözümlere sahip olduğunu; geri kalanların daha önceden bilinen bir fikrin ya da kavramın yeni bir şekilde kullanılmasını temsil ettiğini görmüştür (Pala, 2005). Buradan çıkan sonuç, yeni bir probleme uygulanabilecek bir tasarım çözümü fikrinin önceden bilinebilecek olmasıdır. TRIZ, bu nedenle problem çözme sürecinde birçok deneme yanılmayı engelleyen teknikler ve araçlar sağlayan bir yöntem olarak geliştirilmiştir (Yang ve Zhang, 2000). Söz konusu patentlerden elde edilen ilkeler problem çözme süreçlerine uyarlanmıştır. TRIZ uzlaşmaz, sistematik bir problem çözme aracıdır (Chai vd., 2005). TRIZ tarafından önerilen kavramsal çözümler daha sonra, uygulanabilir pratik çözümlerin geliştirilmesinde kılavuz olarak kullanılır (Terninko vd., 1998).

TRIZ yönteminde amaç, beyin fırtınası gibi yöntemlerle vakit kaybetmeden, doğrudan en etkin çözüme ulaşmaktır (Chechurin, ve Borgianni, 2016). TRIZ, Şekil 1'de de görüldüğü gibi çok sayıdaki problem anlama/tanımlama ve problem çözme aracını kendi çatısı altında toplar. Bu araçlardan hangilerinin kullanılacağı, odaklanılan problemin özelliklerine ve uzmanın bu konudaki tercihlerine bağlıdır. Gerekliğinde bu yöntemlerden bütünlük olarak da yararlanılabilir (Alltshuller, 1999).



Şekil 1. TRIZ Kapsamında Kullanılan Yöntemler

TRIZ yönteminde problemin doğru bir şekilde anlaşılabilmesi için; sade, basit, teknik jargondan arındırılmış ve kavramsal olarak tanımlanması gerekir. Problemin gereksiz detaylar ya da ilk akla gelen çözümleri içerecek şekilde tanımlanması, problem çözüm sürecinde daha ilk adımda çabaları yanlış bir istikamete yönlendirebilecektir (Cavallucci, 2002). Bu kapsamda TRIZ'de kullanılan 9 Kutu Yöntemi problemi tüm yönleriyle tanımlarken uzmana destek olabilecek niteliktedir. Şekil 2'de gösterilen 9 Kutu Yöntemi ile probleme bakış açısı zaman ve ölçek bağlamında genişler.

ÜST SİSTEM GEÇMİŞ	ÜST SİSTEM MEVCUT DURUM	ÜST SİSTEM GELECEK	SİSTEM ÖLÇEĞİ Üst sistem
SİSTEM GEÇMİŞ	SİSTEM	SİSTEM GELECEK	
ALT SİSTEM GEÇMİŞ	ALT SİSTEM MEVCUT DURUM	ALT SİSTEM GELECEK	
ZAMAN			
Geçmiş	Şimdi	Gelecek	

Şekil 2. 9 Kutu Yöntemi

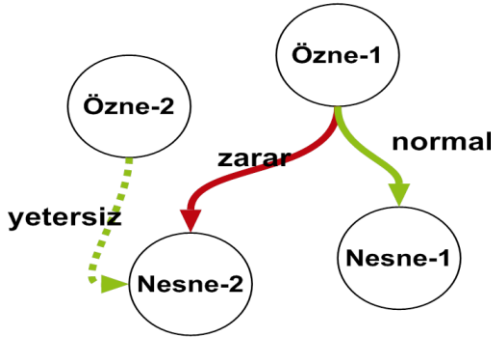
9 Kutu Yöntemi kapsamında probleme ilişkin çözümler zaman ve sistem ölçeği açısından düşünülerek üretilir. *Zaman çizgisinde düşünmek*, geçmişten geleceğe sistemi şekillendiren trendlerin incelenmesini sağlar. Önemli değişikliklerin ne zaman meydana geldiği ve mevcut duruma nasıl geldiği görülür. Analizcinin gelecekle ilgili öngörülerde bulunabilmesini sağlar. *Sistem Ölçeği çizgisinde düşünmek* ise sistemdeki problemin bağlamının belirlenmesine yardımcı olur. Problemler başka bir sistemin alt parçası mıdır? Hangi endüstriye aittir? Hangi pazarda değer bulmaktadır? Hangi çevre koşullarına sahiptir? gibi sorular cevap verilir.

TRIZ'de kullanılan bir diğer yaklaşım ise Fonksiyon Analizidir. Fonksiyon Analizi, anlaşılması kolay bir problemde bile dikkatli bir inceleme ile ilk bakışta fark edilemeyen problemlerin tespit edilebilmesine olanak verir. İncelenen sistemde ne olduğu ile ilgili basit ancak detaylı bir resim sunar. Fonksiyon analizinin yapılabilmesi için fonksiyon listesinin çıkarılması gerekir. Fonksiyon listesinde herhangi bir sistem içinde belli eylemlerde bulunarak diğer sistem elemanlarının değişmesine neden olan birimler "özne" olarak tanımlanır. Öznelere eylemleri aracılığı ile değişikliğe uğrayan elemanlar ise "nesne"lerdir. Özne-eylem-nesne dizilerinin her biri birer fonksiyonu oluşturur. Şekil 3'de fonksiyon ve bileşenleri görülmektedir.



Şekil 3. Fonksiyon Gösterimi

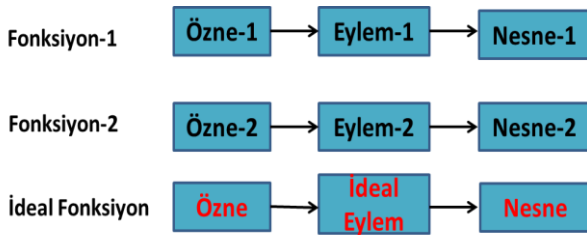
Fonksiyon listesi oluşturulduktan sonra fonksiyon haritası çıkarılır. Fonksiyon haritasının çıkarılması, sistemdeki tüm elemanlar arasındaki ilişkilerin görülebilmesine olanak verir. Şekil 4'de bir fonksiyon haritası görülmektedir.



Şekil 4. Fonksiyon Haritası

Şekilden de görüldüğü gibi özneler, nesnelere üzerinde “yetersiz”, “zarar” ve “normal” türlerinde eylemler yapabilirler. Örnek olarak masa üzerinde duran bir kahve kupası almırsa; kahve kupası kahveyi içinde tutarak “normal” bir eylem yapan öznedir. Ancak aynı zamanda kahve içeni yakarak “zararlı” bir eylem de yapabilir. Kupa tarafından gerçekleştirilen “yetersizlik” ise kahveyi sıcak tutamamasıdır.

Bir diğer TRIZ aracı da ideallik denetimidir. İdeallik denetiminde ilk olarak elde edilmek istenen “ideal sonuç” belirlenir. İdeal sonuç, ideal fonksiyonlar tarafından ortaya çıkarılır. Buna göre daha önce oluşturulan fonksiyon listesi de sonuçları oluşturacak fonksiyonlar kümesidir (Moehrle, 2005). Bu kapsamda, tanımlanan mükemmel sonucu verecek olan ideal fonksiyonlar belirlenir. İdeal fonksiyonlar, diğer fonksiyonlar ile karşılaştırılır. Aradaki fark “ideallik farkı” olarak tanımlanır. Her bir fonksiyon için ideallik farkı, çeşitli TRIZ yöntemleri (Standart Çözümler, Çelişki Matrisi vb.) kullanılarak giderilir ve sisteme ait problemler çözülür. Şekil 5’de ideal fonksiyon gösterimi yer almaktadır.



Şekil 5. İdeal Fonksiyon

Standart Çözümler, fonksiyon analizi sonucunda bulunan zararlar ve yetersizlikler için, standart ve kavramsal çözüm önerileri sunarlar (Arcidiacono ve Bucciarelli, 2016). Bu kapsamda, “zararlı fonksiyonlar” ve “yetersiz fonksiyonlar” için farklı standart çözüm stratejileri geliştirilmiştir. Bunlara aşağıda değinilmiştir. Bunların her birinin gerçekleştirilebilmesi için de TRIZ kapsamında farklı sayıda yöntem önerilmiştir.

Zararlı Fonksiyonlar için 4 alt başlık altında 24 standart çözüm yöntemi bulunmaktadır. Bunlar (Altshuller, 1999);

- Zararı kaldır veya yok et. (6 yöntem)
- Zararı durdur veya bloke et. (11 yöntem)
- Zararı yarara dönüştür. (4 yöntem)
- Zararı telafi et. (3 yöntem)

Yetersiz Fonksiyonlar için 3 alt başlık altında 35 standart çözüm yöntemi önerilmiştir. Bunlar (Altshuller, 1999);

- Özne ya da nesneye ekleme yap. (7 yöntem)
- Özne ya da nesneyi başka bir şeye dönüştür. (10 yöntem)
- Eylemi güçlendir/arttır. (18 yöntem)

Burada çalışmanın bütünlüğünün bozulmaması açısından söz konusu toplam 59 yöntemin her biri anlatılmamıştır. Örnek olması açısından zararlı fonksiyonlar için “zararı kaldır veya yok et” standart çözümüne yönelik 6 farklı yöntem gösterilmiştir (Altshuller, 1999).

Zararı kaldır veya yok et (6 yöntem)

1. Zararlı eyleme sahip herhangi bir öznenin yararlı eylemine ihtiyacımız var mı? “Hayır”sa elemanı kaldır.
2. Nesne yararlı eylemi kendisi gerçekleştirebilir mi? “Evet” ise zararlı özneyi kaldır.
3. Yararlı eylemi başka bir sistem elemanı gerçekleştirebilir mi? “Evet” ise zararlı özneyi kaldır.
4. Yararlı eylem eldeki başka bir kaynakla gerçekleştirebilir mi? “Evet” ise zararlı özneyi kaldır.
5. Zararlı eyleme sahip herhangi bir özneyi, yararlı eylemi gerçekleştirdikten sonra kaldırabilir miyiz? “Evet” ise zararlı özneyi kaldır.
6. Zararlı özneleri kısmen yok edip sadece yararlı kısımlarını bırakabilir miyiz? “Evet” ise öznenin zararlı kısımlarını kaldır.

Çelişkiler matrisi ise *teknik çelişkiler* ve *fiziksel çelişkiler* olmak üzere iki farklı çelişki türü dikkate alınarak oluşturulur. Teknik çelişkilerde, sistemdeki problemi çözmek için önerilen çözüm, problemi çözmekte ancak başka bir problem yaratmaktadır ve getirilen çözüm daha önce olmayan bir problemi ortaya çıkarmaktadır. Örneğin; soğutucu fanın yeterli hava akımını gürültü olmadan verebilmesi nasıl sağlanır? Ya da dijital kamerada görsel gürültü olmadan nasıl yüksek çözünürlük elde edilebilir? gibi sorular içerisinde teknik çelişkiler barındırmaktadır. Bununla birlikte TRIZ yönteminde patent incelemelerinden yola çıkılarak çelişen 39 teknik parametre belirlenmiş ve bu çelişkileri çözmek için 40 prensip önerilmiştir. Burada çelişkilerden ve prensiplerden yola çıkılarak kavramsal çözümlerin pratik çözümlere dönüştürülmesi problem çözücünün bilgi seviyesi ve yaratıcılığına bağlıdır. Aşağıda yer alan Tablo 1’de çelişkiler matrisinin bir bölümü görülmektedir.

Tablo 1. Çelişkiler Matrisi

39 Teknik Parametre	Güç (Yoğunluk)	Stres ya da Basınç	Şekil	Obje Yapısının Stabilitesi	...
Güç (Yoğunluk)		18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	...
Stres ya da Basınç	36, 35, 21		34, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	...
Şekil	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14		33, 1, 18, 4	...
Obje Yapısının Stabilitesi	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4		...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Tablo 1’de satırlar ve sütunlar birbiriyle çelişen teknik parametrelerden oluşmaktadır. Kesişimlerinde yer alan hücrelerde bulunan sayılar ise bu çelişkilerin çözümünde kullanılacak prensipleri belirtmektedir. Uzman, söz konusu önerilen prensipler arasından uygun olanı seçerek kullanır. Tablo 1’de yer alan bütün prensiplerin tanımları çalışmanın bütünlüğünün bozulmaması açısından verilmemiştir. Aşağıda bazı prensiplere ilişkin tanımlamalar örnek olarak görülmektedir.

4 numaralı prensip: Asimetri yarat. Objenin şeklini asimetrik hale getir.

10 numaralı prensip: Objenin değişiminin önceden gerçekleşmesini sağla. Objeleri en uygun zamanda bir araya gelecek şekilde düzenle: İçecek bardağının önceden soğutulması. Tamir takımlarının kullanım sırasına göre önceden düzenlenmesi gibi.

15 numaralı prensip: Dinamik Hale Getir. Objeyi sabit değil seyyar olarak kullan.

18 numaralı prensip: Objenin titreşmesini sağla: Titreşimli diş fırçası, ultrasonik temizleme, beton titreştiricisi vb.

21 numaralı prensip: Süreci çok yüksek hızda gerçekleştir. Isı oluşmasına izin verilmeden çok yüksek hızla kesme gibi. Fotoğraf makinesi flaşı gibi.

34 numaralı prensip: Görevini tamamlayan objelerin yok olmasını sağla: Döküm kalıbında kullanılan kum gibi.

35 numaralı prensip: Fiziksel parametreleri değiştir. Sıvı sabun, sıvılaştırılmış petrol gazı gibi.

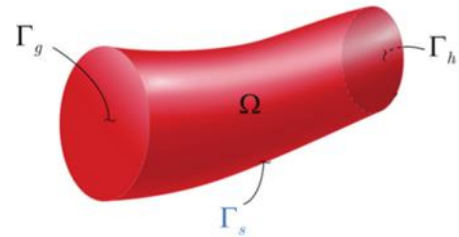
Çelişkiler matrisinin kullanımına aşağıda bir örnek verilmiştir (Gadd, 2011) . Bir atölyede kullanılacak olan silindirik bir basınçlı kap olduğu düşünülün. Ancak atölyede bu şekle sahip bir ekipmanın sığdırılabileceği boş bir alanın da bulunmadığı varsayalım. Bu durumda silindirik şekil ile dayanabileceği basınç arasında bir teknik çelişki

oluşmaktadır. Silindirik şekil bozuldukça basınç dayanımı düşmekte, şekil silindire yaklaştıkça yer problemi artmaktadır. Buna göre, söz konusu duruma ilişkin çelişkiler matrisi Tablo 2’deki gibi oluşturulur.

Tablo 2. Çelişkiler Matrisi Örneği

39 Teknik Parametre	Güç (Yoğunluk)	Stres ya da Basınç	Şekil
Güç (Yoğunluk)		18, 21, 11	10, 35, 40, 34
Stres ya da Basınç	36, 35, 21		34, 4, 15, 10

Tablo 2’den de görüldüğü gibi stres ya da basınç ve şekil teknik parametreleri keşistirildiğinde TRIZ, 34, 4, 15 ve 10 numaralı prensipleri çözüm için önermektedir. 35 numaralı prensip, “fiziksel parametreleri değiştir” olarak tanımlanır. Söz konusu prensip bu problem için uygulanamaz. 4 numaralı prensip “asimetri yarat; objenin şeklini asimetrik hale getir” şeklinde ifade edilir. Bu durumda basınçlı kabın şeklinin Şekil 6’daki gibi dönüştürülmesi gerekir. Bu şekle sahip bir basınçlı kabın imalatı da kolay bir faaliyet olmayacaktır.

**Şekil 6. Asimetrik Hale Getirme**

15 numaralı prensip “dinamik hale getir”, “objeyi sabit değil seyyar olarak kullan.” şeklinde tanımlanır. Buna göre basınçlı kap Şekil 7’deki gibi tasarlanmalıdır.



Şekil 7. Seyyar Hale Getirme

10 numaralı prensip, “objenin değişiminin önceden gerçekleşmesini sağla, “objeleri en uygun zamanda bir araya gelecek şekilde düzenle.” şeklinde tanımlanır. Bu prensip açısından da basınçlı kabın faz değiştirmesi ya da seyyar olmadığı halde konum değiştirmesi mümkün değildir. Önerilen bu prensipler arasından analizi uygun olanını seçmelidir. Bu problemde seyyar hale getirmek uygun bir çözüm olabilir.

Fiziksel çelişki durumunda ise sorunun çözümü için birbirine zıt koşulların sağlanması gerekir. Hem bir yararın hem de onunla çelişen başka bir yararın istenmesi söz konusudur. Yüksek bir bahçe çitinin rüzgârda devrilmemesinin istenmesi gibi ya da soğuk kupada sıcak kahvenin içilmesinin istenmesi gibi durumlar ortaya çıkar. Burada çelişki matrisindeki uygun çözüm prensiplerinden yararlanılarak zamanda, mekânda, duruma bağlı ve sistemsel ayrıştırma yöntemlerinden uygun olanları kullanılır:

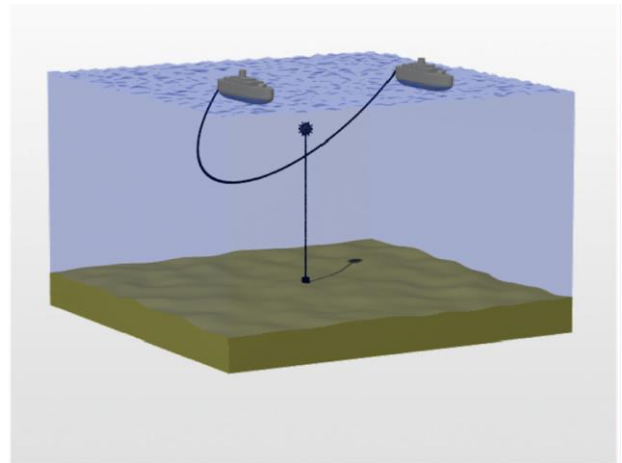
Zamanda ayrıştırma: Bir çözüm bir zaman diliminde, çelişen çözüm başka bir zaman diliminde uygulanır. Böyle bir ayrıştırma için kullanılacak olan prensipler 1, 7, 9, 10, 11, 15, 16, 18, 19, 21, 24, 26, 27, 29, 34, 37 numaralı prensiplerdir.

Mekânda ayrıştırma: Bir çözüm bir yerde, çelişen çözüm başka bir yerde uygulanır. Böyle bir ayrıştırma için kullanılacak olan prensipler 1, 2, 3, 4, 7, 13, 14, 17, 24, 26, 30, 40 numaralı prensiplerdir.

Duruma bağlı ayrıştırma: Çelişen çözümler aynı zaman ve yerde uygulanır. Bir çözüm sistemin bir elemanına, diğer çözüm başka bir elemanına uygulanır. Bu durumda kullanılacak prensipler 28, 29, 31, 32, 35, 36, 38, 39 numaralı prensiplerdir.

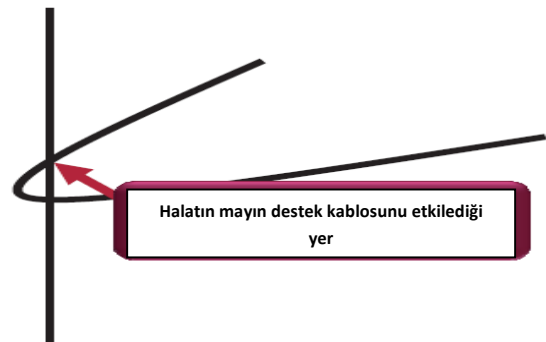
Sistemsel olarak ayrıştırma: Çelişen çözümler, ölçek bazında ayrıştırılan sistemin elemanlarına uygulanır. Bir çözüm üst sistem seviyesinde, bir çözüm alt sistem seviyesinde uygulanır. Bu durumda uygulanabilecek prensipler 1, 3, 5, 6, 8, 12, 13, 22, 24, 25, 27, 33, 40 numaralı prensiplerdir.

Küçük zeki adamlar çözüm aracında ise hayali küçük zeki insanların olduğu varsayılır. Çözülmesi istenen problem için bahsi geçen küçük zeki insanların yönlendirildiği ve bu insanların bir çözüm mekanizması üretebileceği düşünülür. Bu çözüm gerçek hayata uyarlanır. Altshuller (2002), problemin bir parçası olmaya çalışıldığında problemin olduğu sahanın içinde yaşayan küçük insanlar olacağımızı ve bu şekilde çözüm bulabileceğimizi belirtmiştir (Gadd, 2011). Ancak problemler sahada olduğunda olumsuzluklar yaşanabileceği için ölmek, ezilmek, yaralanmak vb. olumsuzlukların da yaşanabileceğini ama binlerce benzer küçük zeki insan olduğu varsayılacağı için çözüm üretebilecek insanların her zaman bulunabileceğini belirtmiştir. Altshuller (2002), bu çözüm aracını düşman mayın tarayıcı gemilerini atlatılması problemi için kullanmıştır. Deniz dibine bir kablo ile demirli olarak duran mayını, iki tane düşman mayın tarayıcı gemisi aralarına gerdikleri halatla patlatmak isterken, Altshuller (2002)’in geliştirdiği mekanizma bu halatın mayını patlatmadan mayın kablosu içinden geçip gitmesini sağlamaktadır (Gadd, 2011).



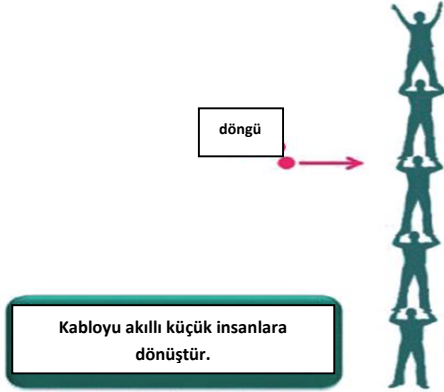
Şekil 8. Mayın Tarama Gemileri

Şekil 8’de iki mayın gemisi ve ortada bir ağırlığa bağlı kablo ile duran mayın görüntüsü yer almaktadır. Söz konusu mayın gemileri aralarına bir halat gererek, bu halatla mayını çekmek ve kendilerine zarar gelmeden mayını patlatma amacındadırlar.



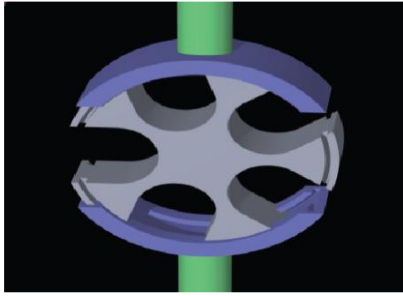
Şekil 9. Halatın Mayın Destek Kablosu İle Etkileşim Noktası

Şekil 9'da mayının bir ağırlıkla dibe bağlı olduğu kablo iki gemi arasında bulunan halatın temas noktası görülmektedir.



Şekil 10. Kablonun Akıllı Küçük İnsanlara Dönüştürülmesi

Şekil 10'da ise Altshuller (1999)'in küçük zeki adamları kullanarak duruma ilişkin bulunduğu çözüm yer almaktadır. Burada Altshuller (1999), mayını ağırlıkla dibe bağlı bir kablunun tutmadığını ve küçük zeki adamların tuttuğunu düşünmektedir. Şekil 9'da gösterilen temas noktasına gemiler arasındaki halat yaklaştığında hangi küçük zeki adamın hizasına geliyorsa o kişinin kolunu aşağı indirdiği ve halat geçince tekrar kolunu yukarı kaldırdığı düşünülmüştür. Böylece gemiler arasındaki halat, mayın kablосуna değmeden geçecektir ve mayın patlamayacaktır. Buna göre Altshuller (1999), aşağıda Şekil 11'de yer alan mekanizmayı tasarlamıştır.



Şekil 11. Altshuller (1999)'in Problem için Çözüm Önerisi

Şekil 11'de görülen mekanizma aslında küçük zeki adamlardan yola çıkılarak önerilen mekanizmanın benzeridir. Küçük zeki adamlar her seferinde kollarından birisini indirerek mayın kablосunun halatla temasını engellemektedirler. Burada da mekanizma, döner bir kapı gibi düşünüldüğünde, her dönüşünde halatın değmeden geçmesini sağlayacaktır.

Son olarak TRIZ yönteminde kullanılan araçlardan birisi olan ARIZ, diğer TRIZ araçlarını kullanarak problemi çözmeye çalışan adimsal bir yaratıcı problem çözme algoritması (algorithm of inventive problem solving) olarak tanımlanır. Uzmanlara genel bir algoritma önerir. Böylece çözüm için kullanıcılara destek olur. . Önerdiği genel algoritma ile uzmanı, gerekli TRIZ yöntemlerini kullanarak adım adım problemin çözümüne götürür. Her bir adımda hangi yöntemin kullanılacağı bellidir. ARIZ, özellikle analizcinin büyük, zor ve karmaşık problemleri çözmesinde yardımcı olur. Küçük ve basit problemler için fazla karmaşık ve uzun olduğu için kullanılmaz.

3.2. Risk Tanımlama için Önerilen TRIZ Yöntemi

TRIZ yöntemiyle endüstriyel süreçlerdeki risklerin belirlenebilmesi yeni bir kullanım alanı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda endüstriyel üretim süreçleri ya da bu süreçler içinde yer alan sistemler, tersine bir mantık işletilerek geliştirilmek ve iyileştirmek amaçlı olarak değil, mevcut kaynaklar kullanılarak kötüleştirilip tehlikeli hale getirilmek üzere TRIZ analizine tabi tutulur. Elde edilen sonuçlar süreç ya da sistemde oluşabilecek potansiyel riskleri tanımlar.

Çalışmada, TRIZ kapsamındaki 9 kutu yöntemi, standart çözümler, çelişki matrisi ve mükemmellik denetimi yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu yöntemleri birbiriyle bağlantılı olarak kullanmaya olanak tanınması, sahip olduğu özne-eylem-nesne yapısı ve risklere yol açacak teknik sebep-sonuç ilişkilerinin incelenmesi için elverişli olması nedeniyle Fonksiyon Analizi yöntemi seçilmiş, bahsi geçen diğer TRIZ yöntemlerinin hepsi Fonksiyon Analizi çatısı altında belirli aşamalarda işletilmiştir. Söz konusu aşamalar aşağıda yer almaktadır.

Adım 1. Problemin Tanımı.

Adım 2. Problem içeriğinin 9 Kutu Yöntemi ile incelenmesi.

Adım 3. Fonksiyon listesi ve fonksiyon haritasının çıkarılması.

Adım 4. İdeallik Denetimi

Adım 5. Problemlerin çözümü.

Çalışmada, önerilen TRIZ temelli risk tanımlama yöntemi örnek olarak; bir freze/matkap tezgâhının işletim sürecine uygulanmıştır. Freze/matkap tezgâhının TRIZ yöntemi kullanılarak daha tehlikeli hale getirilebilmesi için klasik TRIZ'e ait bazı tanım ve ön kabullerde değişiklikler yapılmıştır. Aşağıda verilen Tablo 3'de Geleneksel TRIZ ile önerilen TRIZ yöntemi arasındaki farklar gösterilmiştir.

Tablo 3. Risk Tanımlama için Önerilen TRIZ Yöntemi ile Geleneksel TRIZ Arasındaki Farklar

TRIZ Aşamaları	Normal TRIZ Uygulaması	Risk Tanımlama için Önerilen TRIZ Uygulaması
Amaç	Tasarım ve geliştirmeye yönelik mühendislik problemlerinin çözümü. Sistemlerin iyileştirilmesi.	Mevcut kaynaklar kullanılarak sistemin daha riskli hale getirilmesi.
Fonksiyon Analizi Tanımları	Normal: Öznenin nesne üzerindeki istenen faydalı eylemidir. Normal eylemler üzerinde işlem yapılmamaktadır. Zarar: Öznenin nesne üzerindeki zararlı ve TRIZ yöntemleri ile yok edilmesi istenen eylemidir. Yetersiz: Öznenin nesne üzerindeki istenen faydalı ancak yetersiz eylemidir. Bu eylemin TRIZ yöntemleri ile yeterli hale getirilmesi gerekmektedir.	Normal: Öznenin nesne üzerindeki faydalı eylemidir. Sistemin ana görev özelliğini kaybetmemesi için üzerinde işlem yapılmamaktadır. İstenmeyen Yarar: Öznenin nesne üzerindeki faydalı ve TRIZ önlemleri ile yok edildiğinde risk yaratması istenen eylemidir. Yetersiz: Öznenin yapma potansiyeline sahip olduğu halde risk yaratacak şekilde gerçekleştiremediği zarardır. Bu eylemin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.
Çelişkilerin Çözümü	Teknik Çelişki: Bir özellik daha iyi hale getirilirken başka bir özelliğin kötüleştiği durumdur. Fiziksel Çelişki: Birbirine zıt özelliklerin aynı anda istendiği durumdur.	Teknik Çelişki: Belirlenen çözümle yetersizlik ve istenmeyen yarar üretilirken aynı anda başka bir riskin ortadan kaldırılmasıdır. Fiziksel Çelişki: Aynı öznenen gelen bir eylemin farklı nesnelere üzerinde hem normal fonksiyon hem de yetersizlik özelliğine sahip olmasıdır. Fonksiyon özelliğini kaybetmeden yetersizliğin giderilmesi gerekmektedir.

3.3. Matkap/Freze Tezgâhında Potansiyel Risklerin Bulunarak Tanımlanması

Adım 1. Problem tanımı

Uygulamada dikkate alınan matkap/freze tezgâhı operatör ve diğer çalışanların emniyetini sağlayacak şekilde tasarlanmış, risklerin oluşmasına ve kaza meydana gelmesine olanak vermemektedir.

Adım 2. Problem içeriğinin 9 kutu yöntemi ile incelenmesi

Bu adımda matkap/freze tezgâhı alt bileşenlerine ayrılarak zaman ve sistem ölçeğinde incelenmektedir. Şekil 12'den de görüleceği gibi örneğin, alt sistem-geçmiş kutusu ele alınırsa; ölçek olarak alt sistem, matkap/freze tezgâhının alt sistemlerini yani tezgâhı oluşturan alt birimleri göstermektedir. Zamansal olarak geçmiş ise bu alt birimlerin geçmişte maruz kaldıkları etkileri, üretim, montaj, işlem geçmişlerini ifade etmektedir. Alt sistem-geçmiş kutucuğunun analizi, tezgâhı oluşturan birimlerin hatalı üretimi ya da tasarımı sonucu oluşabilecek riskler konusunda öngörü sağlayabilecektir.

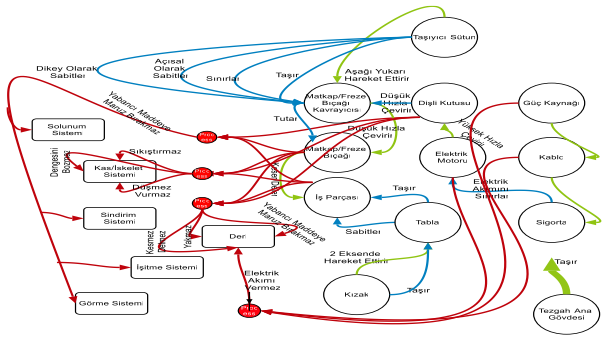
Zaman ölçeğinde "gelecek", sistem ölçeğinde "üst sistem" çakıştırıldığında ise matkap/freze tezgâhında ortaya çıkabilecek risklerin üreticiden yetersiz destek gelmesi nedeni ile oluşabileceği belirlenmektedir.

-Sistem tasarım hatası -Üretim hatası -Yanlış tezgah seçimi -Yetersiz dokümantasyon	-Üreticiden eğitim alınmaması	-Üreticiden yetersiz destek	↑ Üst sistem Sistem Alt sistem
-Kurulum hatası -Yanlış bağlantılar -İlk kontrollerin yapılmaması	-Amaç dışı kullanım -Dikkatsizlik -Bilgi eksikliği -İSG kurallarına uymamak	-Bakımsızlık	
-Üretimde Hatalı malzeme yada parça kullanımı -Parça tasarım hatası	-Hatalı onarım -Bakımda Yanlış parça kullanımı	-Hatalı yada eksik bakım programı. -Parça tedarikinde aksaklık	
ZAMAN			
← Geçmiş Şimdi Gelecek →			

Şekil 12. 9 Kutu Yöntemi ile İnceleme

Adım 3. Fonksiyon listesi ve fonksiyon haritasının çıkarılması

Bu adımda, matkap/freze tezgâhının işletim sürecinde alt bileşenleri arasındaki "özne", "nesne" etkileşimi incelenmektedir. Bu kapsamda, matkap/freze tezgâhına ait fonksiyon haritası Şekil 12'de görüldüğü gibidir.



Şekil 12. Fonksiyon Haritası

Şekil 12’de yeşil renkle gösterilen oklar normal eylemleri, mavi renkle gösterilen oklar istenmeyen yararları, kırmızı renkli oklar ise yetersiz eylemleri temsil etmektedir. Örneğin, güç kaynağının kabloya elektrik beslemesini yapması “normal” eylem, sigortanın elektrik motoruna giden akımı sınırlaması “istenmeyen yarar”, güç kaynağının kullanıcıya elektrik akımı vermemesi “yetersizlik”tir. Söz konusu fonksiyon haritasının çıkarılması için matkap/freze tezgâhının her bir bileşenine ilişkin fonksiyon listeleri oluşturulmuştur. Bu listeler, matkap/freze bıçağı, iş parçası, güç kaynağı, kablo, sigorta, dişli kutusu, elektrik motoru, matkap/freze bıçağı kavrayıcısı, taşıyıcı sütun, tezgâh ana gövdesi ve kızak bölümlerine ait fonksiyon listeleridir ve sırasıyla Tablo 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10’da gösterilmektedir. Tablolarda normal eylemler numaralandırılırken “N” kısaltması, yetersizlikler numaralandırılırken “Y” kısaltması, istenmeyen yararlar numaralandırılırken “İY” kısaltması kullanılmıştır.

Tablo 4. Matkap/Freze Bıçağı için Fonksiyon Listesi

Sıra Nu	Özne	Eylem	Nesne	TRIZ Açısından
N1	Matkap/Freze Bıçağı	Keser deler	İş parçası	Normal
Y1	Matkap/Freze Bıçağı	Kesmez, delmez	Deri	Yetersiz
Y2	Matkap/Freze Bıçağı	Düşmez, vurmaz	Kas/iskelet sistemi	Yetersiz
Y3	Matkap/Freze Bıçağı	Dengesini bozmaz	Kas/iskelet sistemi	Yetersiz
Y4	Matkap/Freze Bıçağı	Sıkıştırılmaz	Kas/iskelet sistemi	Yetersiz
Y5	Matkap/Freze Bıçağı	Elektrik akımı vermez	Kas/iskelet sistemi	Yetersiz
Y6	Matkap/Freze Bıçağı	Yakmaz	Deri	Yetersiz
Y7	Matkap/Freze Bıçağı	Kimyasal maddeye maruz bırakmaz	Deri	Yetersiz

Y8	Matkap/Freze Bıçağı	Yabancı maddeye maruz	Deri	Yetersiz
Y9	Matkap/Freze Bıçağı	Yabancı maddeye maruz bırakmaz	Solunum sistemi	Yetersiz
Y10	Matkap/Freze Bıçağı	Yabancı maddeye maruz bırakmaz	Sindirim sistemi	Yetersiz
Y11	Matkap/Freze Bıçağı	Yabancı maddeye maruz bırakmaz	Görme sistemi	Yetersiz
Y12	Matkap/Freze Bıçağı	Yabancı maddeye maruz bırakmaz	İşitme sistemi	Yetersiz

Tablo 5. İş Parçası için Fonksiyon Listesi

Sıra Nu	Özne	Eylem	Nesne	TRIZ Açısından Sonuç
Y13	İş Parçası	Düşmez, vurmaz	Kas/iskelet sistemi	Yetersiz
Y14	İş Parçası	Dengesini bozmaz, sıkıştırılmaz	Kas/iskelet sistemi	Yetersiz
Y15	İş Parçası	Elektrik akımı vermez	Kas/iskelet sistemi	Yetersiz
Y16	İş Parçası	Delmez, kesmez	Deri	Yetersiz
Y17	İş Parçası	Yakmaz	Deri	Yetersiz
Y18	İş Parçası	Kimyasal maddeye maruz bırakmaz	Deri	Yetersiz
Y19	İş Parçası	Yabancı maddeye maruz bırakmaz	Deri	Yetersiz
Y20	İş Parçası	Yabancı maddeye maruz bırakmaz	Solunum sistemi	Yetersiz
Y21	İş Parçası	Yabancı maddeye maruz bırakmaz	Sindirim sistemi	Yetersiz
Y22	İş Parçası	Yabancı maddeye maruz bırakmaz	Görme sistemi	Yetersiz
Y23	İş Parçası	Yabancı maddeye maruz bırakmaz	İşitme sistemi	Yetersiz

Tablo 6. Güç Kaynağı, Kablo ve Sigorta için Fonksiyon Listesi

Sıra Nu	Özne	Eylem	Nesne	TRIZ Açısından Sonuç
N2	Güç Kaynağı	Elektrik akımı verir.	Kablo	Normal
Y24	Güç Kaynağı	Elektrik akımı vermez.	Deri	Yetersiz
N3	Kablo	Elektrik akımı verir.	Sigorta	Normal
Y25	Kablo	Elektrik akımı vermez.	Kas/iskelet sistemi ve Deri	Yetersiz
İY1	Sigorta	Elektrik akımını sınırlar.	Elektrik motoru	İstenmeyen yarar

Tablo 7. Dişli Kutusu için Fonksiyon Listesi

Sıra Nu	Özne	Eylem	Nesne	TRIZ Açısından Sonuç
İY2	Dişli Kutusu	Düşük hızla çevirir.	Matkap/freze bıçağı kavrayıcısı	İstenmeyen yarar
Y26	Dişli Kutusu	Düşmez, vurmaz.	Kas/iskelet sistemi	Yetersiz
Y27	Dişli Kutusu	Dengesini bozamaz.	Kas/iskelet sistemi	Yetersiz
Y28	Dişli Kutusu	Sıkıştırılmaz	Kas/iskelet sistemi	Yetersiz
Y29	Dişli Kutusu	Elektrik akımı vermez	Kas/iskelet sistemi	Yetersiz
Y30	Dişli Kutusu	Yakmaz	Deri	Yetersiz
Y31	Dişli Kutusu	Kimyasal maddeye maruz bırakmaz	Deri	Yetersiz
Y32	Dişli Kutusu	Yabancı maddeye maruz bırakmaz	Deri	Yetersiz
Y33	Dişli Kutusu	Yabancı maddeye maruz bırakmaz	Solunum sistemi	Yetersiz
Y34	Dişli Kutusu	Yabancı maddeye maruz bırakmaz	Sindirim sistemi	Yetersiz
Y35	Dişli Kutusu	Yabancı maddeye maruz bırakmaz	Görme sistemi	Yetersiz
Y36	Dişli Kutusu	Yabancı maddeye maruz bırakmaz	İşitme sistemi	Yetersiz

Tablo 8. Elektrik Motoru, Matkap/Freze Bıçağı Kavrayıcısı için Fonksiyon Listesi

Sıra Nu	Özne	Eylem	Nesne	TRIZ Açısından Sonuç
N4	Elektrik Motoru	Yüksek hızla çevirir.	Dişli kutusu	Normal
Y37	Elektrik Motoru	Elektrik akımı vermez.	Kas/iskelet ve deri	Yetersiz
İY3	Matkap/freze Bıçağı Kavrayıcısı	Tutar.	Matkap/freze bıçağı	İstenmeyen yarar
N5	Elektrik Motoru	Düşük hızla çevirir.	Matkap/freze bıçağı	Normal

Tablo 9. Taşıyıcı Sütun için Fonksiyon Listesi

Sıra Nu	Özne	Eylem	Nesne	TRIZ Açısından Sonuç
N6	Taşıyıcı Sütun	Aşağı, yukarı hareket ettirir.	Matkap/freze bıçağı kavrayıcısı	Normal
İY4	Taşıyıcı Sütun	Taşır.	Matkap/freze bıçağı kavrayıcısı	İstenmeyen yarar
İY5	Taşıyıcı Sütun	Sınırlar.	Matkap/freze bıçağı kavrayıcısı	İstenmeyen yarar
İY6	Taşıyıcı Sütun	Açısal olarak sabitler.	Matkap/freze bıçağı kavrayıcısı	İstenmeyen yarar
İY7	Taşıyıcı Sütun	Dikey olarak sabitler.	Matkap/freze bıçağı kavrayıcısı	İstenmeyen yarar

Tablo 10. Tabla, Tezgâh Ana Gövdesi ve Kızak için Fonksiyon Listesi

Sıra Nu	Özne	Eylem	Nesne	TRIZ Açısından Sonuç
İY8	Tabla	Taşır.	İş parçası	İstenmeyen yarar
İY9	Tabla	Sabitler.	İş parçası	İstenmeyen yarar
İY10	Tezgâh Ana Gövdesi	Taşır.	Diğer kısımlar	İstenmeyen yarar
İY11	Tezgâh Ana Gövdesi	Yere sabitler.	Diğer kısımlar	İstenmeyen yarar
İY12	Kızak	Taşır.	Tabla	İstenmeyen yarar
N7	Kızak	2 eksende hareket ettirir.	Tabla	Normal
İY13	Kızak	Sınırlar.	Tabla	İstenmeyen yarar
İY14	Kızak	Sabitler.	Tabla	İstenmeyen yarar

Tablo 4'den örnek verilecek olunursa; terinse mantıkla çalıştırılan TRIZ açısından; matkap/freze bıçağının iş parçasını kesmesi veya delmesi kendisinden yapması beklenen normal bir eylemdir. Bu nedenle herhangi bir çözüm üretilmesi gerekmemektedir. Herhangi bir risk oluşturması söz konusu değildir. Matkap/freze bıçağının deriyi kesmemesi ya da delmemesi ise bir yetersizliktir. Görüldüğü gibi tersine mantıkta sistemin faydalı şekilde gerçekleştirdiği aktivite yetersizlik olarak tanımlanmaktadır. Burada amaç, sistemi mümkün olduğunca tehlikeli hale getirmektir. Bu durum için özetle matkap/freze bıçağının deriyi keserek delmesi için üretilen çözüm önemlidir ve bu çözüm sisteme ilişkin risk tanımını verecektir. Sigortanın elektrik motoruna giden elektrik akımını sınırlaması önerilen TRIZ yöntemi açısından "istenmeyen yarar" dir. Çünkü sigortanın elektrik motoru üzerindeki faydalı ve TRIZ önlemleri ile yok edildiğinde risk yaratması istenen bir eylemdir. Bu duruma ilişkin üretilen çözüm, yine sisteme ilişkin yapılabilecek bir risk tanımını oluşturmaktadır.

Yukarıda matkap/freze tezgâhının her bir bileşeni için oluşturulan fonksiyon listelerinden de görüleceği gibi fiziksel çelişki oluşturabilecek fonksiyonlar Y1 (fiziksel çelişki 1), Y24 (fiziksel çelişki 2) ve Y25 (fiziksel çelişki 3)'tir. Çünkü sadece bu fonksiyonlarda

özne, farklı nesnelere üzerinde hem normal hem de yetersiz eylemlerde bulunmaktadır. Y1 fonksiyonu, matkap/freze tezgâhının deriyi kesmemesi ve delmemesidir. Y24 fonksiyonu ise güç kaynağının deriyi elektrik akımı vermemesidir. Y25 fonksiyonu kablunun kas/iskelet sistemi veya deriyi elektrik akımı vermemesidir. Söz konusu fiziksel çelişki barındıran fonksiyonların gerçekleşmesini sağlamak için kullanılacak prensipler yeni risk tanımlarını ortaya çıkaracaktır.

Adım 4. İdeallik denetimi

Matkap/freze tezgâhının işletim süreci için belirlenen ideal sonuç, en yüksek risk taşıyan bir matkap/freze tezgâhını oluşturmaktır. Bu kapsamda, bir matkap/freze tezgâhının tasarım, üretim, nakliye, kurulum ve kullanım aşamalarında ortaya çıkabilecek tüm olumsuz koşulları yaratarak, en yüksek derecede riskli, tüm iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alındığında bile operatör ve diğer çalışanlara zarar verecek bir tezgâh meydana getirmek amaçlanmaktadır. Ancak bu şekilde bu tezgâhın işletimi nedeni ile ortaya çıkabilecek riskler tanımlanabilecektir. Buna göre oluşturulabilecek ideal fonksiyonlar aşağıdaki gibidir:

1. Kas/İskelet sistemine travmatik darbenin olması.
2. Kas/İskelet sisteminin mekanik dengesinin bozulması.
3. Kas/İskelet sistemi ve deriyi ait organ ve parçaların sıkışması
4. Deri yoluyla elektrik çarpması.
5. Deriyi kesmesi ya da delmesi.
6. Deriyi yakması.
7. Derinin kimyasal maddeye maruz kalması.
8. İşitme sistemine zarar vermesi.
9. Görme sistemine zarar vermesi.
10. Solunum sistemine zarar vermesi.
11. Sindirim sistemine zarar vermesi.

Yukarıda sıralanan ideal fonksiyonlarla diğer fonksiyonlar arasındaki fark Şekil 13'de gösterildiği gibi ideallik farkını oluşturmaktadır. Bu fark, çalışma kapsamında kullanılan standart çözümler ve çelişki matrisi ile giderilmektedir.



Şekil 13. İdeallik Farkı

Örnek olarak, birinci ideal fonksiyon olan kas/iskelet sistemine travmatik darbenin olması fonksiyonuna ilişkin ideallik farkı bu fonksiyonun normal fonksiyonu olan kas/iskelet sistemine travmatik darbenin olması fonksiyonu arasındaki farktır. Darbenin oluşmasının sağlanması için neler yapılabileceği çelişki matrislerinden ve standart çözümlerden yararlanılarak belirlenir. Aşağıda yer alan Tablo 11, 12, 13, 14 ve 15’de sırasıyla istenmeyen yararlar için, yetersizlikler için standart çözümler, mekânda ayrıştırma, duruma bağlı ayrıştırma ve sistemsel olarak ayrıştırma prensiplerinin uygulandığı çelişki matrisleri yer almaktadır. Tablolarda yer alan “FÇ” ifadesi fiziksel çelişki olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 11. İstenmeyen Yararlar için Standart Çözümler

Kullanılan Standart Çözüm	Risk Elde Etmek için Yapılan İşlem	Önlenebilecek İstenmeyen Yararlar
İstenmeyen yarara sahip herhangi bir öznenin sağladığı bir normal fonksiyon var mı? “Hayır”sa elemanı kaldır.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sigortayı iptal et. 2. Tablayı demonte et, iş parçasını kızaklar üzerinde işle. 3. Kızaklar üzerindeki sabitleyici ve sınırlayıcıları çıkar. 4. Taşıyıcı sütun üzerindeki sabitleyici ve sınırlayıcıları çıkar. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. İY1 2. İY8 3. İY13, İY14 4. İY5, İY6, İY7
İstenmeyen yararı yalıt.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sigortayı kısa devre yaptır. 2. Matkap/freze bıçağı tutucusunun içinde artık, bir kir, pas kırık bırak ki tutucu bıçağı kavrayamasın. 3. Tutucunun küçük çaplı bir bıçağı kavrayabilmesi için ek parça koy. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. İY1 2. İY3 3. İY3
İstenmeyen yararı durdurmak için alt sistemleri kullan.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bıçak kavrayıcısının aşınmasını sağla. 2. Taşıyıcı, sınırlayıcı ve sabitleyicileri kır. 	İY3
İstenmeyen yararı gerçekleştiren özneyi kapat.	Sigortayı iptal et.	İY1

Tablo 11’den örnek verilecek olunursa, sigortanın elektrik motoruna gelen elektrik akımını sınırlaması birinci istenmeyen yararadır. Bu istenmeyen yararın risk yaratabilecek bir duruma dönüştürülebilmesi için sigorta öznesinin matkap/freze sisteminde normal bir fonksiyon uygulayıp uygulamadığına öncelikle bakılmalıdır. Eğer normal bir fonksiyon uyguluyorsa sistemin işleyişi açısından önemlidir ve riskli duruma çevrilmemelidir. Fonksiyon listesinden (Tablo 6) sigorta tarafından gerçekleştirilen fonksiyonlara bakıldığında herhangi bir “normal” fonksiyonun olmadığı görülmektedir. Buna göre sigortanın elektrik motoruna gelen elektriği sınırlamaması için sigortanın

iptal edilmesi çözümü uygulanarak motora değişken elektrik akımının gelmesi sağlanarak motorun yanması sonucuna ulaşılabilir. Burada risk tanımı sigortanın iptal edilmesi olarak belirlenir.

Tablo 12. Yetersizlikler için Standart Çözümler

Kullanılan Standart Çözüm	Risk Elde Etmek için Yapılan İşlem	Önlenebilecek İstenmeyen Yetersizlikler
Özne ya da nesneye bir şey ekle.	1. Soğutma yağının dönen bıçak tarafından çevreye saçılmasının sağla. 2. Yiyeceklerini iş parçasının yakınına koy. 3. Matkap ya da freze bıçağını sıvı bulaştır. 4. Operatörün eline ya da üstüne tiner, benzin gibi aynıcı ve parlayıcı madde dök. 5. İş parçası içinde yanıcı parlayıcı madde olsun. 6. İş parçası üstünde çapak olsun.	1. Y7 2. Y10 3. Y11 4. Y6 5. Y6 6. Y11
Özne ve nesne arasına eylemi güçlendirecek bir şey ekle.	1. Matkap/freze bıçağı çalışırken çıplak elle ya da el aleti ile bıçağa temas et. 2. Ana prize seyyar priz takarak operatörün yanına getir. 3. Operatörün uzun kollu elbise, mücevherat ya da uzun saçla çalışmasını sağla.	1. Y1, Y4 2. Y24 3. Y4
Çevrede bulunan kaynakları kullan.	1. Tezgâh üstüne boya, tiner, mazot gibi maddeler koy. 2. İş parçasından çıkan talaşları havalandıracak bir hava akımı yarat. 3. Operatör ve işçilerin şakalaşması ve konuşmasını sağla. 4. İş esnasında TV, radyo ve internet kullanmasına imkân tanı. 5. Atölye içi trafiği tezgâha yönlendir. 6. Tezgâh ve operatörün aynı atölyeyi kullananlar tarafından fark edilmesini zorlaştır. 7. İş devam ederken atölyede temizlik ve tamirat yaptır.	1. Y7, Y6 2. Y9, Y11, Y12, Y8 3. Y13, Y5, Y24 4. Y13, Y5, Y24 5. Y13, Y14, 6. Y13, Y14 7. Y13, Y14
Özne ya da nesnenin çevresine bir şey ekle	1. Tezgâhi depo içine kur. 2. Tezgâhi kazan dairesi, kimyasal işlem atölyesi gibi yerlere kur.	1. Y13, Y14, Y7, Y6, Y9, Y10 2. Y11, Y12
Özne ya da nesnenin üstüne çevreyeyici bir şey ekle.	1. Matkabın ucuna yatay bir uzantı tak. 2. Makine bakımını ıslak elle yap	1. Y1 2. Y5, Y24, Y29
Çevreyi kullanarak özne ya da nesneyi güçlendir.	1. Kişisel koruyucuların özelliğini kaybetmesini sağla. 2. Deri, solunum ve görme sistemleri yüksek alerjik duyarlılığa sahi kişileri istihdam et. 3. Aydınlatma ve ses seviyesini görme ve işitme problemleri oluşturacak şekilde ayarla. 4. Prizleri yıprat ya da kır. 5. Kabloları yıprat ya da kır.	1. Y37, Y1, Y2, Y5, Y6, Y7, Y8, Y11, Y13, Y5 2. Y31, Y33, Y35, Y11, Y9, Y7, Y18, Y19, Y22 3. Y11, Y12, Y22, Y23, Y35, Y36 4. Y24 5. Y25
Özne ya da nesneyi parçalara böl.	1. Matkap ucunun parçalanmasını sağla. 2. İş parçasının kırılmasını sağla.	1. Y1 2. Y3, Y13
Özne ya da nesneyi boşluklar, alanlar, hava, baloncukları kullanarak değiştir.	İş parçasının içinde yüksek basınçlı gaz olmasını sağla.	Y16, Y17, Y18, Y19, Y22
Sistemi, benzer ya da farklı sistem elemanlarını çoğaltarak ya da birbirine birleştirerek iyileştir.	1. Birden fazla matkap ya da freze bıçağı kullan. 2. Aynı anda birden fazla iş parçası üzerinde çalış.	1. Y1, Y4 2. Y13, Y16
Sistemi daha esnek, uyarlanabilir, dinamik hale getir.	İş parçasını elde tutarak çalış	Y13, Y14, Y16
Sistem elemanları arasındaki bağlantıları iyileştir.	İş parçasına elektriksel güç ver.	Y15
Farklı eylemlerin frekanslarını eşle ya da ayır.	İşyerini terk ederken makineyi açık bırak	Y1, Y37
Çevrede mevcut eylemleri kullan (yerçekimi, güneş ışığı, basınç vb.)	1. Operatörün yanına rezistanslı ısıtıcı koy. 2. Tezgâhi kolayca düşebileceği bir zemin ve eğime koy.	1. Y25 2. Y2
Eylemi aşırı derecede şiddetlendir.	Tezgâha yüksek voltaj ver.	Y24

Tablo 13. Çelişki Matrisi (Mekânda Ayrıştır.)

Kullanılan Çelişki Çözüm Prensipleri	Risk Elde Etmek için Yapılan İşlem	Çözebildiği Fiziksel Çelişki
1: Segmentasyon	Bıçağın kırılmasını sağla.	FÇ1
2: Dışarı çıkar	Sınırlayıcı ve sabitleyicileri iptal et.	FÇ1, FÇ2
4: Asimetri	1. İş parçasını, operatörün işi görmesini engelleyecek şekilde tablaya yerleştir. 2. Elektrik kablolarını tezgâha bükerek ve dolayarak getir.	FÇ1, FÇ2, FÇ3,
7: İç içe geçme	Elini iş parçasının içine sok.	FÇ1
13: İş tersten yap	Bıçağı sabit tutarak iş parçasını çevir.	FÇ1
17: İlave bir boyut ekle	Duvara monteli kanalların içinden elektrik kablolarını atölye içinde havai hatla getir.	FÇ1, FÇ3
18: Mekanik Titreşim	İş parçasını tablaya gevşek bir şekilde bağla, malzeme yorgunluğu ve kırılma yarat.	FÇ1
19: Acele Eylem	Gerekli kontroller yapılmadan tezgâhta işi başlat	FÇ1

Tablo 13'den örnek verilecek olunursa FÇ1, Y1 fonksiyonu olan matkap/freze tezgâhının deriyi kesmemesi ve delmemesi durumunu göstermektedir. Bu durumun riskli bir duruma dönüştürülmesi için Buradaki fiziksel çelişki, keskin olan bir unsurun deriyi kesmemesinin sağlanmasıdır. Tablo 13'de gösterilen segmentasyon prensibinin, dışarı çıkarma, asimetri yaratma, iç içe geçirme, işi tersten yapma,

ilave bir boyut ekleme, mekanik titreşim yaratma ve acele eylem yapma prensiplerinin hepsinin ya da herhangi birisinin uygulanması gerekir. Örneğin bıçağın kırılması sağlanırsa, fırlayan bıçak parçası deriyi kesebilecektir. Bu örnek, mekânda ayrıştırma örneğidir. Çünkü özümüz bıçaktır ve bıçağın bulunduğu alanda riskler yaratılmaya çalışılmaktadır.

Tablo 14. Çelişki Matrisi (Duruma Bağlı Ayrıştır.)

Kullanılan Çelişki Çözüm Prensipleri	Risk Elde Etmek için Yapılan İşlem	Çözebildiği Fiziksel Çelişki
31: Gözenekler	1. Matkap ucunda paslanma ve aşınma yarat. 2. Elektrik kablolarını kimyasala maruz bırak ve gözeneklenmesini sağla.	FÇ1, FÇ3

Tablo 14'de de görüldüğü gibi yine aynı fiziksel çelişki üzerinden gidilecek olunursa FÇ1'in riskli bir duruma dönüştürülebilmesi için matkap ucunun paslanması ve aşınması yeterli olacaktır. Böylece bıçak, iş parçası ile temas geçtiğinde kırılacak ve deriyi kesecektir. Bu dönüşüm örneği ise duruma bağlı ayrıştırma değildir. Çünkü bıçak ucu paslı ve aşınmış bir duruma dönüştürülmektedir.

Tablo 15. Çelişki Matrisi (Sistemsel Olarak Ayrıştır.)

Kullanılan Çelişki Çözüm Prensipleri	Risk Elde Etmek için Yapılan İşlem	Çözebildiği Fiziksel Çelişki
5: Yakınlaştır	Elektrik kablolarının yanında yüksek sıcaklıkta ya da kimyasal madde bulundur.	FÇ2, FÇ3

Tablo 15'e bakıldığında ise FÇ2 ve FÇ3'ün daha riskli hale getirilebilmesi için yakınlaştırma prensibinin uygulanmasının önerildiği görülmektedir. FÇ2 Y24 fonksiyonudur ve güç kaynağının deriyi elektrik akımı vermemesi olarak tanımlanmaktadır. FÇ3 ise kablunun kas/iskelet sistemi veya deriyi elektrik akımı vermemesidir. Güç kaynağı, uzatma kablosu

kullanılarak çoklu bir priz üzerinde ısıtıcı fişi gibi başka fişlerle bir arada kullanılırsa ısıtıcı kabloya yakınlaşmış olur. Sonuç olarak deriye elektrik akımı geçebilir. Burada sistemsel olarak ayrıştırma yapılmıştır. Çünkü farklı sistemler bir araya getirilerek risk yaratılmaktadır.

4. Sonuçlar

Çalışmada TRIZ yöntemi tersine bir mantıkla işletilerek matkap/freze bıçağına ilişkin 12 yetersiz fonksiyon ve bir normal fonksiyon, iş parçasına ait 11 yetersiz fonksiyon, güç kaynağına ilişkin bir yetersiz ve bir normal fonksiyon, kabloya ait bir yetersiz ve bir normal fonksiyon, sigortaya ait bir adet istenmeyen yarar, dişli kutusuna ilişkin 11 yetersiz fonksiyon ve bir adet istenmeyen yarar, elektrik motoruna ilişkin iki normal ve bir yetersiz fonksiyon, matkap/freze bıçağı kavrayıcısına ait bir adet istenmeyen yarar, taşıyıcı sütuna ait dört istenmeyen yarar ve bir normal fonksiyon, tablaya ilişkin iki istenmeyen yarar tezgâh ana gövdesine ait iki istenmeyen yarar ve kızak bölümüne ait istenmeyen yarar ve bir normal fonksiyon tespit edilmiştir. Tespit edilen fonksiyonlar kapsamında Y1, Y7 ve Y24 olmak üzere üç tane fiziksel çelişki yaratabilecek fonksiyon tanımlanmıştır. Bu fonksiyonların risk yaratabilmeleri için mekânsal, durumsal ve sistemsel ayrıştırmalar yapılarak çelişki matrisleri ile çözüm önerileri üretilmiştir. Buna göre matkap/freze tezgâhı tarafından üretilebilecek 11 farklı risk türü tanımlanmıştır. Bu risk türlerinin oluşabilmesi için de standart çözümler ve çelişki matrislerinden yola çıkılarak gerçekleştirilmesi gereken faaliyetler belirlenmiştir.

5. Tartışma

Çalışmada, TRIZ yöntemi tersine bir mantıkla işletilerek risk tanımlamada kullanılmıştır. Önerilen risk tanımlama yönteminin uygulanabilmesi için küçük çaplı bir matkap/freze tezgâhı dikkate alınmıştır. Söz konusu tezgâhın bütün alt bileşenleri tarafından gerçekleştirilen fonksiyonlar belirlenmiş ve tezgâhın mümkün olduğunca tehlikeli bir şekilde çalışmasının sağlanması yönünde çözüm önerileri üretilmiştir.

Çalışma, risk tanımlamada TRIZ yönteminin uygulanması ve bu yöntemin tersine bir mantıkla işletilmesi açılarından orjinallik taşımaktadır.

TRIZ yönteminin öğrenme ve eğitim sürecinin uzun ve kolay olmaması çalışmanın sınırlarından birisini oluşturmaktadır. Ancak eğitim süreci sonrasında her türlü problem için uzlaşmacı bir tutum sergilemeden yaratıcı çözümlerin ortaya koyulabilmesi açısından diğer yöntemlere göre farklılık göstermekte ve başarılı sonuçlar elde edilmektedir.

Çalışmada küçük boyutlu bir uygulama üzerinden önerilen yöntem anlatılmaya çalışılmıştır. Önerilen bu

yöntem daha büyük çaplı endüstriyel süreçlere uygulanarak sonuçları değerlendirilebilir. Önerilen risk tanımlama yöntemi herhangi bir sistemi bütün boyutlarıyla ele almakta, sistemde ortaya çıkabilecek risk türlerini geniş bir portföy oluşturarak tanımlayabilmektedir. Bu açıdan risk tanımlama konusuna yeni bir bakış açısı getirebileceği değerlendirilmektedir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Akmal, S., Hashim, N., Yahaya, S. H., Peter, H. H. I. & Yaakob, M. Y. (2018). An Inventive TRIZ-Kano Based Approach to Improve Customer Satisfaction for Product Development: A Comprehensive Review. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 2, 1361-1378.
- Almannai, B., Greenough R. & Kay J., (2008). A Decision Support Tool Based on QFD and FMEA For The Selection of Manufacturing Automation Technologies, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24, 501-507.
- Altshuller, G. S. (1999). *The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity*. Technical Innovation Center, Inc..
- Altshuller, G. (2002). *40 Principles: TRIZ Keys to Innovation* (Vol. 1). Technical Innovation Center, Inc..
- Arcidiacono, G. & Bucciarelli, L. (2016). TRIZ: Engineering Methodologies to Improve the Process Reliability. *Quality and Reliability Engineering International*, 32(7), 2537-2547.
- Bariani, P.F., Berti, G.A. & Lucchetta, G. (2004). Combined DFMA and TRIZ Approach to The Simplification of Product Structure, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Journal of Engineering Manufacture*, 218, 1023-1027.
- Cascini, G. & Rissone, P. (2004). Plastics Design: Integrating TRIZ Creativity and Semantic Knowledge Portals, *Journal of Engineering Design*, 15, 405-424.
- Cavallucci, D. (2002). TRIZ, The Altshullerian Approach to Solving Innovation Problems. In *Engineering Design Synthesis* (pp. 131-149). Springer, London.
- Chai, K. H., Zhang, J. & Tan, K. C. (2005). A TRIZ-Based Method For New Service Design. *Journal of Service Research*, 8(1), 48-66.

- Chechurin, L. & Borgianni, Y. (2016). Understanding TRIZ Through The Review of Top Cited Publications. *Computers in Industry*, 82, 119-134.
- Chinniah Y. (2015). Analysis and Prevention of Serious and Fatal Accidents Related to Moving Parts of Machinery. *Safety Science*, 75, 163-173.
- Cong, H. & Tong, L. H. (2008). Grouping of TRIZ Inventive Principles to Facilitate Automatic Patent Classification. *Expert Systems with Applications*, 34(1), 788-795.
- Dülger, S. (2015). *Bir Mermer İşletmesindeki Problemlerin TRIZ Yöntemi ile Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, ESOGÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Flin R., Mearns K., O'Connor P. & Bryden R. (2000). Measuring Safety Climate: Identifying The Common Features. *Safety Science*, 34(1-3), 177-192.
- Gadd K. (2011). *TRIZ for Engineers: Enabling Inventive Problem Solving*, Wiley & Sons, United Kingdom.
- Ilevbare, I. M., Probert, D. & Phaal, R. (2013). A Review of TRIZ, and Its Benefits and Challenges in Practice. *Technovation*, 33(2-3), 30-37.
- Jeeradist, T., Thawesaengskulthai, N. & Sangsuwan, T. (2016). Using TRIZ to Enhance Passengers' Perceptions of An Airline's Image Through Service Quality and Safety. *Journal of Air Transport Management*, 53, 131-139.
- Jocelyn S., Ouali M-S. & Chinniah Y. (2017). Improving Machinery-Related Risk Identification and Estimation with Accident Reporting and Logical Analysis of Data. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 61(1), 1659-1663.
- Mann, D. (2001). An Introduction to TRIZ: The Theory of Inventive Problem Solving. *Creativity and Innovation Management*, 10(2), 123-125.
- Mao, Y.J. & Tseng, C.H. (2004). An Innovative Piston Retractor for Bicycle Hydraulic Disc Braking Systems, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Journal of Automobile Engineering*, 218(D3), 295-303.
- Moehrle, M. G. (2005). What is TRIZ? From Conceptual Basics to A Framework for Research. *Creativity and Innovation Management*, 14(1), 3-13.
- Moussa, F. Z. B., Rasovska, I., Dubois, S., De Guio, R., & Benmoussa, R. (2017). Reviewing The Use of The Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) in Green Supply Chain Problems. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2677-2692.
- Okun A., Lentz T.J., Schulte P. & Stayner L. (2001). Identifying High-Risk Small Business Industries for Occupational Safety and Health Interventions. *American Journal of Industrial Medicine*, 39(3), 301-311.
- Pala, S. (2005). *TRIZ: A New Framework for Innovation-Concepts and Cases Overview*, ICFAI University Press, p.196.
- Ruchti, B. & Livotov, P. (2001). TRIZ-Based Innovation Principles and A Process for Problem Solving in Business and Management. *The TRIZ Journal*, 1, 677-687.
- Stratton, R. & Mann, D. (2003). Systematic Innovation and The Underlying Principles Behind TRIZ and TOC. *Journal of Materials Processing Technology*, 139(1-3), 120-126.
- Terninko, J., Zusman, A. ve Zlotin, B. (1998). *Systematic Innovation: An Introduction to TRIZ (theory of inventive problem solving)*. CRC press.
- Tsai, C.C., Chang, C.Y. & Tseng, C.H. (2004). Optimal Design of Metal Seated Ball Valve Mechanism, *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 26, 249-255.
- Yamashina, H., Ito, T. & Kawada, H. (2002). Innovative Product Development Process by Integrating QFD and TRIZ. *International Journal of Production Research*, 40(5), 1031-1050.
- Yang, K. & Zhang, H. (2000). A Comparison of TRIZ and Axiomatic Design, *TRIZ Journal*, August 2000 issue, Erişim Adresi : www.triz-journal.com/a-comparison-of-triz-andaxiomatic-design/, Erişim Tarihi: 05.01.2014.
- Wang, F. K., Yeh, C. T. & Chu, T. P. (2016). Using The Design for Six Sigma Approach with TRIZ for New Product Development. *Computers & Industrial Engineering*, 98, 522-530.