SETSCI conference proceedings
SETSCI Conference Proceedings
9, 42-46, 2019

4th International Symposium on Innovative Approaches in Engineering and Natural Sciences
November 22-24, 2019, Samsun, Turkey

https://doi.org/10.36287/setsci.4.6.018
2687-5527/ © 2019 The Authors. Published by SETSCI

ISAS WINTER - 2019

TRIZ Yaklaşımı Kullanılarak Hava Araçlarındaki Mühimmat Bırakma Sistemlerinde Yenilikçi Çözüm Üretilmesi

Faik Fatih Korkmaz[1*], Mert Subran[1+], Ayşenur Hatipoğlu[1], Metin Orhan Kaya[2] ve Kemal Fidanboylu[1]
[1]*TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. Uludağ Üniversitesi Ar-Ge Merkezi, Bursa, Türkiye*
[2]*İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*
[*]*Sorumlu Yazar: faikfatih.korkmaz@tai.com.tr*
[+]*Sunucu: mert.subran@tai.com.tr*
Sunum / Bildiri Türü: Sözlü / Tam Metin

Özet – TRIZ, geçmiş problemlerin çözümlerini özetleyen ve gelecekteki problemlerin sistematik bir yöntem ile çözülmesine yardımcı olan, inovatif problem çözme tekniğidir. Günümüzde şirketlerin rekabet ortamında daha verimli, üretken olabilmeleri ve piyasada varlıklarını sürdürebilmeleri amacıyla sürekli değişime uyum sağlamaları, hızlı ürün tasarlamaları ve üretmeleri gerekmektedir. TRIZ, sunduğu araçlar sayesinde problemlere daha hızlı çözüm bulunmasına yardımcı olur. Altshuller tarafından 1946 yılında geliştirilmeye ve 1950'lerden itibaren Rusya'da kullanılmaya başlayan TRIZ, 1990'lı yılların başlarında diğer ülkelerde de öğrenilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde çeşitli alanlarda kullanılan TRIZ, havacılık problemlerinin çözümünde de uygulanmaktadır. Askeri hava araçlarında, mühimmat taşınması için çeşitli askı ekipmanları bulunur. Askı ekipmanları askeri hava aracında taşınan yükün araca bağlanmasına, hava aracında taşınmasına ve hava aracından bırakılmasına olanak sağlayan ekipmanlardır. Salan mekanizmaları, taşınan mühimmatların istendiği durumlarda askeri hava araçlarından güvenli bir şekilde ayrılmalarını sağlayan askı ekipmanlarıdır. Bu çalışmada, literatürde yayınlanmış olan patentler incelenerek salan mekanizmalarındaki belirli problemler Teknik Çelişkiler elde edilerek çözülecektir. TRIZ çözümleri mevcut patentlerle doğrulanarak yeni patent fikirlerinin nasıl elde edilebileceğine dair çözüm önerileri sunulacaktır.
Anahtar Kelimeler: *TRIZ, İnovasyon, Salan Mekanizması, Hava Aracı*

Deriving Innovative Solutions Using TRIZ Approach for Munition Release Systems in Aircraft

Abstract – TRIZ is an innovative problem solving technique that summarizes the solutions of past problems and helps to solve future problems in a systematic way. Nowadays, companies need to adapt to continuous change, design and manufacture fast products in order to be more efficient and productive in competitive environment and to survive in the market. TRIZ helps to solve problems faster with the tools that it offers. TRIZ, which was developed by Altshuller in 1946 and started to be used in Russia since 1950s, started to be learned and used in other countries in the early 1990s. TRIZ, which is used in various fields today, is also applied in the solution of aviation problems. Military aircrafts are usually equipped with pylons to carry munitions. Pylons are the equipment that allow the munitions carried in the military aircraft to be connected to, transported to and released from the military aircraft. The releasing mechanisms are hanger equipments which ensures that the munition carried can be safely separated from the military aircraft when required. In this study, the patents which were published in the literature about release mechanisms will be examined and certain problems in releasing mechanisms will be solved using Technical Contradictions. TRIZ solutions will be validated with existing patents and solutions for obtaining new patent ideas will be presented.

I. GİRİŞ

Günümüzde şirketlerin rekabet ortamında daha verimli, daha üretken olabilmeleri ve piyasada varlıklarını sürdürebilmeleri amacıyla sürekli değişime uyum sağlamaları, daha hızlı ürün tasarlamaları ve üretmeleri gerekmektedir. Modern toplumun bu istekleri ve gereksinimleri göz önüne alındığında, inovasyon önemli bir etken haline gelmiştir. Yaratıcı problem çözme becerisi, inovasyonun anahtarı olarak bilinir [1]. Bu sebeple Six Sigma, Beyin Fırtınası, Pareto Analizi, FMEA ve TRIZ gibi mühendislik alanında birçok problem çözme yöntemi geliştirilmiştir. Rus patent uzmanı Genrich Altshuller tarafından geliştirilen Yaratıcı Problem Çözme Teorisi (TRIZ), patentlerden yola çıkarak sunmuş olduğu sistematik yöntem ile daha kısa zamanda, daha az deneme yapılarak problemlerin çözümlenmesini sağlar.

Patentler yenilikçi yönleri ve uygulanabilirlikleri nedeniyle endüstriyel araştırmalar ve ürün geliştirilmesi için önemli bilgi kaynağıdır. Son yıllarda, inovasyon döngüsü kısaldıkça ve piyasa talebi daha değişken hale geldikçe patent analizi, teknoloji yönetiminde daha fazla önem kazanmıştır [2].

Bu çalışmada, hava araçlarında mühimmat taşınması sırasında kritik role sahip olan mühimmat bırakma sistemlerine ait mevcut patentlerdeki bazı problemlerin TRIZ ile incelenmesi, patentte bulunan çelişkilerin belirlenmesi, potansiyel diğer çözümlerin bulunması ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

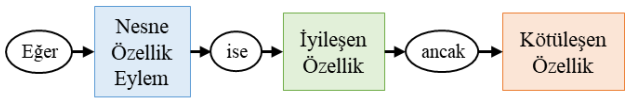
II. TRIZ YÖNTEMİ

TRIZ içinde çok sayıda yöntem barındıran sistematik fikir üretme tekniğidir. Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch kelimelerinin baş harflerinden oluşan TRIZ metodolojisi ilk kez Genrich Altshuller tarafından ortaya konulmuştur [3], [4]. Altshuller, 1946'da patent subayı olarak atandıktan sonra 200.000'in üzerinde patenti incelemiş ve bu patentlerin arasındaki temel fikirleri yenilikçi bir yolla kategorize ederek TRIZ'in ortaya çıkmasını sağlamıştır [5]. İncelediği patentlerin içinden yenilik içeren 40.000 patent arasındaki ortak noktaları tespit ederek 39x39'luk Altshuller Çelişki Matrisini ve 40 Buluş Prensiplerini geliştirmiştir [6], [7].

TRIZ, çok sayıda problem çözme ve teknoloji akımlarını öngörmeyi kolaylaştıran araçları içinde barındırır. Bu araçlar: 40 Buluş Prensibi, 39x39 Çelişki Matrisi, İdeallik, 9 Pencere Yaklaşımı, Teknik Sistemlerin Gelişimi, Kaynak Kullanımı, Kök Çelişki Analizi (*Root Conflict Analysis, RCA+*), Fonksiyonel Analiz, Cisim-Alan Prensibi (*Su-Field*), 76 Buluş Standartı, Minik Cüceler Topluluğu (*Little Smart People*), Bilimsel Etkiler (*Scientific Effect Database*), BZM Yöntemi (*Operator STC*), ARIZ (*Algorithm of Inventive Problem Solving*)'dir.

TRIZ yöntemi kullanarak buluş yapabilmek için buluşun temelinde yer alan, çelişkiler barındıran problemin tanımlanması ve çözülmesi gereklidir [6]. Bu çelişkiler, teknik ve fiziksel olarak ikiye ayrılırlar. Çelişkilerin tanımlarının detaylı bir şekilde yapılması problemin çözümünde önemli rol oynar.

Teknik çelişki cümlesi, problemin var olduğu sistem parametreleri değiştirildiğinde, sistemde bir veya birden fazla özellik iyileşirken aynı zamanda bir veya birden fazla özelliğin de kötüleştiğini gösteren ifadedir. Problemin çözümünde sistemin kötüleşen yönlerini minimize etmek veya ortadan kaldırmaya çalışırken, iyileşen yönleri ise maksimize etmek asıl amaçtır. Teknik çelişki cümlelerinin genel yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir [8], [9].



Şekil 1 Teknik çelişki cümlesi genel yapısı [8]

Teknik Çelişkiye örnek olarak; eğer bir yakıt tankı büyük ise bu durumda araç daha uzağa gidebilir (iyileşen özellik), ancak aracın ağırlığı artar (kötüleşen özellik) cümlesi verilebilir.

Fiziksel Çelişki, herhangi bir sistemdeki özelliğin zıt hallerinin aynı anda olmasının istenmesi durumunda ortaya çıkar. Bu tarz çelişkilerde yaygın yöntem, çelişkiye yenilikçi bir çözüm getirmek yerine uzlaşmacı bir çözüm getirmektir. Örneğin, şemsiyenin yağmurdan koruyabilmesi için büyük olması gerekir ama aynı zamanda kolay taşınabilmesi için de küçük olması gerekir [10]. Yenilik yapılmaksızın şemsiyeyi herhangi bir ölçüde yapmak bir uzlaşmacı çözümdür [6]. Fakat şemsiyeye uygulanacak iç içe geçme özelliği gibi bir yenilik ile bu çelişkinin üstesinden gelinmiş olunur.

Sistemdeki mevcut problemlerde var olan Teknik Çelişkilerden hareketle mühendislik parametreleri belirlenir. Bu parametreler kullanılarak Çelişki Matrisinin önerdiği Buluş Prensipleri probleme uyarlanarak çözüm yolu aranır. 39x39 Çelişki Matrisinde yer alan Mühendislik Parametreleri ve 40 Buluş Prensibi Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Mühendislik Parametreleri [6]

No	Mühendislik Parametresi
1	Hareketli nesnenin ağırlığı
2	Hareketsiz nesnenin ağırlığı
3	Hareketli nesnenin boyu
4	Hareketsiz nesnenin boyu
5	Hareketli nesnenin alanı
6	Hareketsiz nesnenin alanı
7	Hareketli nesnenin hacmi
8	Hareketsiz nesnenin hacmi
9	Hız
10	Kuvvet
11	Gerilim veya Basınç
12	Şekil
13	Sıkışma Sabitliği
14	Sağlamlık
15	Hareketli bir nesnenin eylem zamanı
16	Hareketsiz bir nesnenin eylem zamanı
17	Isı
18	Parlaklık
19	Hareketli bir nesnenin tükettiği enerji
20	Hareketsiz bir nesnenin tükettiği enerji
21	Güç
22	Enerji kaybı
23	Madde kaybı
24	Bilgi kaybı
25	Zaman kaybı
26	Madde miktarı
27	Güvenilirlik
28	Ölçüm doğruluğu
29	İmalat doğruluğu
30	Nesneyi etkileyen zararlı unsurlar
31	Nesnenin oluşturduğu zararlı unsurlar
32	Üretilebilirlik
33	Kullanılabilirlik
34	Onarılabilirlik
35	Uyarlanabilirlik
36	Cihazın karmaşıklığı
37	Kontrol karmaşıklığı
38	Otomasyon seviyesi
39	Kapasite/Verimlilik

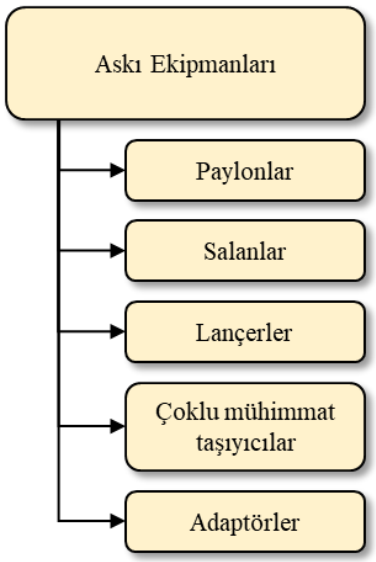
Tablo 2. 40 Buluş Prensibi [6]

No	Buluş Prensipleri
1	Parçalara Ayırma
2	Özütleme
3	Kısmi Kalite
4	Asimetri
5	Birleştirme
6	Evrensellik
7	İç-İçe Yerleştirme
8	Denge Ağırlığı
9	Ön Karşı Hareket
10	Önceden Yapma
11	Önceden Önlem Alma

12	Eşpotansiyellik
13	Tersten Yapma
14	Küresellik
15	Dinamiklik
16	Kısmi veya Aşırı Çalışma
17	Yeni Bir Boyuta Geçiş
18	Mekanik Titreşim
19	Periyodik Çalışma
20	Faydalı Çalışmanın Sürekliliği
21	Hızlı Davranma
22	Zararı Yarara Dönüştürme
23	Geri Besleme
24	Aracı
25	Self Servis
26	Kopyalama
27	Kullanıp Atma
28	Mekanik Sistemin değiştirilmesi
29	Pnömatik veya Hidrolik Yapı
30	Esnek Membranlar
31	Gözenekli Malzeme
32	Renk Değiştirme
33	Homojenlik
34	Parçaları Çıkarma
35	Özelliklerin Dönüştürülmesi
36	Aşama Geçişi
37	Termal Genleşme
38	Hızlandırılmış Oksitlenme
39	Atıl Ortam
40	Kompozit Malzemeler

III. Askı Ekipmanları

Askı ekipmanları, askeri hava araçlarında taşınan mühimmatların araca bağlanmalarına olanak sağlar [11]. Hava araçlarında farklı yükler; paylon, salan, lançer, çoklu mühimmat taşıyıcı ve adaptör sistemleri ile taşınırlar (Şekil 2) [12].



Şekil 2 Askı ekipmanları türleri

Salan mekanizması, hava araçlarında taşınan mühimmatların istenildiği durumda hava aracından güvenli şekilde ayrılmasını sağlar [13]. Salan mekanizmaları 3 kategoriye ayrılır. Bunlar; fırlatma kuvvetinin patlamalı yöntemle üretildiği piroteknik salanlar, yüksek basınçlı gazla üretildiği pnömatik salanlar ve elektromekanik tahrik sistemleri ile sağlandığı elektromekanik salanlardır [11], [14].

IV. Patentlerde Yer Alan Salan Mekanizması Problemlerinin Teknik Çelişki ile Çözülmesi

Salan mekanizmaları ile ilgili incelenen patentlerde karşılaşılan problemlerden bazıları bu başlık altında sıralanmış ve çelişki analizleri yapılmıştır.

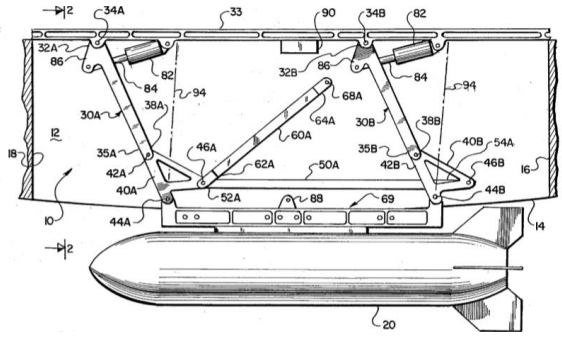
Mühimmat Uzaklaştırma Problemi: Mühimmat bırakılırken hava aracına zarar vermeden uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu işlemin mekanik bir itiş kolu vasıtasıyla gerçekleştirilmesi yaratıcılık gerektirmeyen pratik ve basit bir çözümdür. Bu mekanik itiş kolunun yeteri kadar uzun olması beklenir. Fakat bu durum seyir halindeki uçağın dengesini ve sürüklenmesini etkiler. Bırakma öncesi ve sonrasında meydana gelen sürükleme kuvvetini azaltmak için itki kolu mühimmat bırakılırken uzun, fakat hava aracı seyir halinde iken kısa olmalıdır [13], [15].

Mekanizmanın, hava aracının farklı manevralarına karşılık başarıyla çalışması ve sistemin dışındaki değişimlere olumlu yanıt vermesi istenmektedir. Bu, mühendislik parametrelerinden uyarlanabilirliğe (35) karşılık gelmektedir. Bunun için farklı mekanizma yapıları ve tahrik sistemleri kullanılabilir. Ancak sistem üzerine yerleştirilen her bileşen, cihaz karmaşıklığını (36) arttırmakta ve mekanizmanın daha yavaş çalışmasına neden olduğundan dolayı zaman kaybı (25) oluşturmaktadır. Uyarlanabilirliğin iyileştirilmesine karşılık cihaz karmaşıklığından ve zaman kaybından ödün verilmemesi istenmektedir. Bu iyileşen ve kötüleşen özelliklere karşılık Çelişki Matrisi kullanılarak elde edilen Buluş Prensipleri Tablo 3'te yer almaktadır.

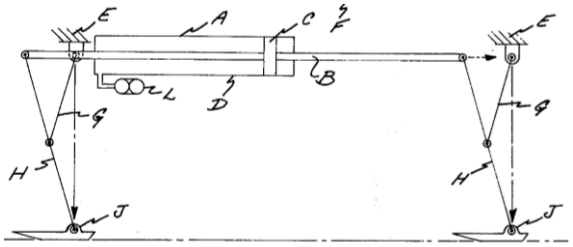
Tablo 3. Mühimmat uzaklaştırma problemindeki Teknik Çelişki için önerilen Buluş Prensipleri

Mühendislik parametreleri	**Buluş Prensipleri**
İyileşen Özellik: Uyarlanabilirlik (35)	• Özelliklerin Dönüştürülmesi (35) • Mekanik Sistemin Değiştirilmesi (28)
Kötüleşen Özellik: Zaman kaybı (25)	
İyileşen Özellik: Uyarlanabilirlik (35)	• Dinamiklik (15) • Hidrolik ve Pnömatik Yapılar (29) • Termal Genleşme (37) • Mekanik Sistemin Değiştirilmesi (28)
Kötüleşen Özellik: Cihaz karmaşıklığı (36)	

Mekanik Sistemin Değiştirilmesi (28) ile Hidrolik ve Pnömatik Yapılar (29) prensiplerinin uyarlanması birçok patentte görülmektedir [13], [16], [17], [18]. [17] numaralı referansta yer alan patentte bu işlem çift piston ile yapılırken (Şekil 3); [16] numaralı referansta yer alan patentte tek piston ile yapılmıştır (Şekil 4). İki salan mekanizmasında da mühimmatın farklı eksenlerdeki hareketleri kısıtlanmış ve mühimmat dikey yönde hareket etmeye zorlanmıştır.

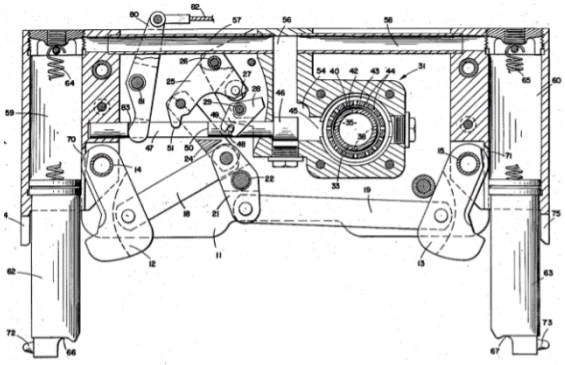


Şekil 3 Çift pistonlu mekanik sistem örneği [17]



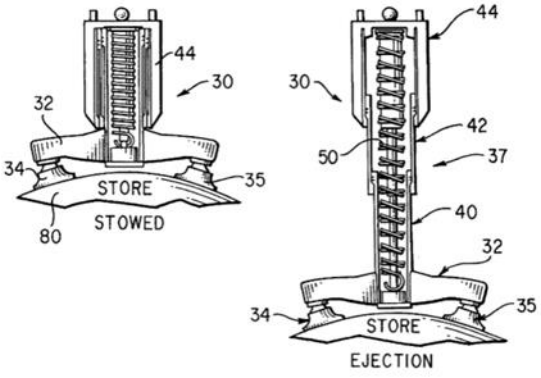
Şekil 4 Tek pistonlu mekanik sistem örneği [16]

Ayrıca, Özelliklerin Dönüştürülmesi (35) prensibi uyarlanarak mekanizma, patlamalı sistemler ile tahrik edilmiştir. Patlamalı kartuşların kullanıldığı bir çözüm örneği Şekil 5'da yer almaktadır.



Şekil 5 Patlamalı kartuşların kullanıldığı salan tasarımı örneği [18]

Akışkan basıncının kullanıldığı farklı bir mekanik sistem önerisi ise Şekil 6'de yer almaktadır.



Şekil 6 Teleskopik piston kullanılan salan mekanizması örneği [13]

Mühimmat uzaklaştırma probleminin çözümü için Dinamiklik (15) ve Termal Genleşme (37) buluş prensiplerini kullanan mevcut patent çözümleri bulunabileceği gibi yeni patent fikirleri de elde edilebilir.

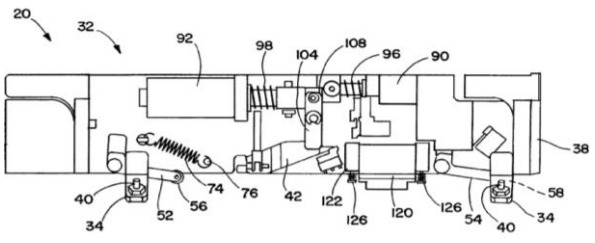
Kanca Problemi: Salan mekanizması ve mühimmat, hava aracının uçuşu sırasında dinamik yüklere maruz kalmaktadır. Hava aracının manevra yapması gerektiği durumlarda mühimmatın güvenilir bir şekilde taşınması ve bırakılması gerekir [15]. Taşıma ve bırakma işlemi için salan mekanizmasında kancalar kullanılmaktadır [16], [11], [19]. [16] numaralı referansta yer alan tasarımdaki kancanın (Şekil 4, J) dengede tutulması, ön gerilim verilmesi ve bırakma işlemi sonrası eski halini alması için yay kullanılmaktadır. Ancak, kullanılan yayların elastik sınırlarından dolayı hava aracının farklı manevralarında problemler oluşmaktadır [15].

Salan mekanizmasındaki kancaların hem kendi kendine kapanması hem de manevra sırasında kararlılığının bozulmaması istenmektedir. Salan mekanizmadaki kancaların, yay aracılığı ile eski halini alması mühendislik parametrelerinden otomasyon seviyesine (38) karşılık gelmektedir. Manevra sırasında yayların elastik sınırlar sebebiyle işlevsiz kalması nesnenin yapısal kararlılığı (13) parametresine karşılık gelmektedir. Eğer mekanizma kancasında yay kullanılır ise kancalar kendiliğinden kapanır, ancak bu durumda da mekanizma bazı durumlarda kararsız davranış gösterebilir. Bu Teknik Çelişki için önerilen Buluş Prensipleri Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Kanca problemindeki Teknik Çelişki için önerilen Buluş Prensipleri

Mühendislik parametreleri	**Buluş Prensipleri**
İyileşen Özellik: Nesnenin yapısal kararlılığı (13)	• Parçalara ayırma (1) • Denge ağırlığı (8) • Özelliklerin Dönüştürülmesi (35)
Kötüleşen Özellik: Otomasyon seviyesi (38)	

Denge Ağırlığı (8) prensibinin uyarlandığı bir çözüm örneği [14] numaralı referansta belirtilen patentte yer almaktadır (Şekil 7). Hafif mühimmatların taşınması için geliştirilmiş bir salan mekanizması için alınan bu patentte, birbirine zıt yönde yerleştirilmiş iki servo motor ile kanca açma-kapama mekanizması tahrik edilmektedir.



Şekil 7 Birbirine zıt yönde tahrik veren çift servo motorun kullanıldığı çözüm örneği [14]

Kanca problemi için Parçalara Ayırma (1) ve Özelliklerin Dönüştürülmesi (35) buluş prensiplerini kullanan mevcut patent çözümleri bulunabileceği gibi yeni patent fikirleri de elde edilebilir.

V. SONUÇ

Bu çalışmada, hava araçlarında faydalı yük taşınması sırasında kritik role sahip olan mühimmat bırakma sistemlerinden olan salan mekanizmalarına ait bazı patentler TRIZ ile incelenmiş, patentlerden çelişki ifadeleri elde edilmiş, potansiyel diğer çözümler bulunarak değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında, salan mekanizması ile ilgili 8 patent incelenmiştir. Bu inceleme neticesinde, salan mekanizmalarında meydana gelen problemler tespit edilmiştir. Bu problemler; yük bırakma sonrasında mühimmatın uçağa temas etmesi ve mekanizmaya ait kancalarda yer alan yayların manevra anlarında işlevsiz kalmasıdır.

İncelenen patentler neticesinde belirlenen problemler TRIZ çelişki cümlelerine çevrilerek, Altshuller tarafından geliştirilen 39x39 Çelişki Matrisinde yer alan Mühendislik Parametreleri ile eşleştirilmiştir. Mühendislik Parametrelerinin, Çelişki Matrisinin üzerinde kesiştirilmesi ile elde edilen Buluş Prensipleri kullanılarak problemlere çözümler önerilmiştir.

TEŞEKKÜR

Türk Uzay ve Havacılık Sanayii A.Ş., Teknoloji Yönetimi Müdürlüğü'ne yaptıkları katkılardan dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

[1] T. Bertoncelli, O. Mayer, and M. Lynass, "Creativity, Learning Techniques and TRIZ," *Procedia CIRP*, vol. 39, pp. 191-196, 2016.

[2] R. Tan and J. Ma, "Patent Analysis with Text Mining for TRIZ," presented at the 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, 2008.

[3] J. Terninko, *Systematic Innovation*. Boca Raton: CRC Press, 1998.

[4] S. Kapucu, "Yaratıcı Problem Çözme Metodolojisi TRIZ - Konferans Notları," presented at the Gaziantep Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Konferansı, 2013.

[5] M. O. Kaya, "TRIZ ile Yenilikçi Mühendislik Eğitimini Tasarlama," *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, vol. 1, no. 2, pp. 58-61, Ağustos 2018.

[6] G. Altshuller, *Innovation Algorithm TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity*. Worcester, MA: Technical Innovation Center, Inc., 1999.

[7] L. Chechurin, "TRIZ in Science. Reviewing Indexed Publications," *Procedia CIRP*, vol. 39, pp. 156-165, 2016.

[8] K. Rantanen and E. Domb, *Simplified TRIZ: New Problem Solving Applications for Technical and Bussiness Professionals*. USA: Auerbach Publications, 2018.

[9] Y. J. Kang, "The Method for Uncoupling Design by Contradiction Matrix of TRIZ, and Case Study," in *The Third International Conference on Axiomatic Design*, Seoul, 2004.

[10] L. Haines-Gadd, *TRIZ For Dummies*. West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd., The Atrium, Southern Gate, Chichester, 2016.

[11] B. Ronaldo, G. Benjamin, and G. Armando, "Assembly for carrying and ejecting stores," United States Patent 2006108478A1, May. 25, 2006.

[12] Aviation Ordnanceman: Naval Education and Training Professional Development and Technology Center, 2001. [Online]. Available: http://navybmr.com/study%20material/NAVEDTRA%2014313B/14313B_ch15.pdf.

[13] T. Jakubowski and J. K. Foster, "Constrained store release system," United States Patent 5904323A, May. 18, 1999.

[14] Z. Williamson, J. H. Koessler, P. A. Merens, T. A. Murphy, and D. E. Rossmeier, "Aircraft device deployment system with spring-driven mechanical linkage," United States Patent 2014048654A1, Feb. 20, 2014.

[15] A. R. Lardin, "Launcher for stores," United States Patent 3273459, Aug. 3, 1964.

[16] D. H. Herbert, "Aircraft supported launchable weapon release assembly," United States Patent 4008645 Feb. 22, 1977.

[17] J. B. Kalisz, "Aircraft stores vertical extention and retraction system," United States Patent 4600171, Jun. 15, 1986.

[18] J. C. Steinmetz and D. E. Holloway, "Release ejector," United States Patent 2822207, Feb. 4, 1958.

[19] J. Thaddeus and F. John, "Single hook ejector rack for miniature munitions," European Patent 0955236, Nov. 10, 1999.