

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TEKNOLOJİ VE BİLGİ YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
TEKNOLOJİ VE BİLGİ YÖNETİMİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS
PROGRAMI**

**SAVUNMA SANAYİ SEKTÖRÜNDE TEKNOLOJİ ÖLÇÜMÜ
MODEL ÖNERİSİ**

HAZIRLAYAN

DUYGU SEDA CİHAN GÜLHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. SERHAT ÇAKIR

ANKARA – 2025

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 05 / 02 / 2025

Öğrencinin Adı, Soyadı:Duygu Seda Cihan Gülhan

Öğrencinin Numarası:22320285

Anabilim Dalı:Teknoloji ve Bilgi Yönetimi

Programı: Teknoloji ve Bilgi Yönetimi

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı:Prof. Dr. Serhat Çakır

Tez Başlığı:Savunma Sanayi Sektöründe Teknoloji Ölçüm Modeli Önerisi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans/Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 89 sayfalık kısmına ilişkin, 05 / 02 / 2025 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 12'dir. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:.....

ONAY

Tarih: 05 / 02 / 2025

Öğrenci Danışmanı Unvan, Ad, Soyad, İmza:

Prof. Dr. Serhat Çakır

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her aşamasında engin bilgi birikimi, akademik rehberliği ve kıymetli yönlendirmeleriyle bana yol gösteren, sabrı ve destekleriyle sürecin her anında yanımda olan çok değerli tez danışmanım Prof. Dr. Serhat Çakır'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Kendisinin akademik disiplini, vizyoner bakış açısı ve teşvik edici tutumu, bu çalışmanın şekillenmesinde büyük rol oynamıştır.

Tez sürecinde ve hayatımın her anında sonsuz destekleriyle yanımda olan, sabrı, anlayışı ve motivasyonu bana güç veren sevgili eşim Nedim Gülhan'a şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, savunma sanayi sektöründeki çalışmalarına yönelik değerli katkıları, uzmanlık bilgileri ve kıymetli paylaşımlarıyla araştırmamın gelişimine büyük destek sağlayan Tankut Aslantaş ve Onur Keskinler'e teşekkürü borç bilirim. Kendi alanlarındaki derin tecrübeleri ve sağladıkları perspektif, bu çalışmanın kapsamını genişletmiş ve akademik niteliğini güçlendirmiştir.

Bu süreçte doğrudan veya dolaylı olarak emeği geçen, bilgi ve fikirleriyle katkı sağlayan meslektaşlarıma ve dostlarıma içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Duygu Seda CİHAN GÜLHAN, Savunma Sanayi Sektöründe Teknoloji Ölçümü Model Önerisi, Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Teknoloji ve Bilgi Yönetimi Tezli Yüksek Lisans, 2025

Bu çalışma, savunma sanayi sektöründe teknolojik gelişimin ölçülmesine yönelik genel kriterleri esas alan bir model önerisi sunmayı amaçlamaktadır. Günümüzün hızla değişen güvenlik ve savunma ortamında, teknolojik ilerlemelerin doğru bir şekilde değerlendirilmesi, stratejik karar alma süreçlerinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu doğrultuda, araştırmada sistematik literatür taraması yöntemi kullanılarak mevcut teknoloji ölçüm yaklaşımları incelenmiş ve savunma sanayi bağlamında görüşler incelenmiştir.

Literatürden elde edilen bulgular ışığında, savunma sanayi sektöründe teknoloji ölçümüne yönelik genel çerçevede uygulanabilir bir model oluşturulmuştur. Önerilen modelin değerlendirilmesi amacıyla sektörde faaliyet gösteren uzman ve paydaşlardan anket yoluyla veri toplanmış, bu veriler analiz yöntemleri ile incelenerek model belirlenmiştir. Analizler sonucunda, teknolojik gelişimi ölçmek için kabul görebilecek temel değişkenler ve performans göstergeleri belirlenmiş ve önerilen modelin sektöre uyarlanabilirliği ortaya konulmuştur.

Çalışmanın bulguları, savunma sanayi sektöründeki teknoloji seviyesinin ölçülmesine yönelik kriterlere dayalı bir yaklaşım sunmaktadır. Önerilen model, farklı ülkeler ve kurumlar tarafından genel teknoloji değerlendirme süreçlerine entegre edilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu yönüyle çalışma, savunma sanayiinde politika yapıcılar, strateji geliştiriciler ve sektör temsilcileri için yol gösterici bir kaynak niteliğindedir.

Anahtar Kelimeler: Savunma Projeleri, Teknoloji Hazırlık Seviyeleri, Olgunluk Modeli, Teknoloji Değerlendirme Yöntemi, Teknoloji Değerlendirme

ABSTRACT

Duygu Seda CİHAN GÜLHAN, Technology Measurement Model Proposal in Defense Industry Sector, Başkent University, Institute of Social Sciences, Technology and Knowledge Management Master's Degree with Thesis, 2025

This study aims to propose a model based on general criteria for measuring technological development in the defense industry sector. In today's rapidly changing security and defense environment, the accurate assessment of technological advances plays a critical role in strategic decision-making processes. Accordingly, the study examined existing technology measurement approaches using a systematic literature review method and examined the views in the context of the defense industry.

In the light of the findings obtained from the literature, a generally applicable model for technology measurement in the defense industry sector has been developed. In order to evaluate the proposed model, data was collected from experts and stakeholders operating in the sector through questionnaires, and the model was determined by analyzing these data with analysis methods. As a result of the analyses, basic variables and performance indicators that can be accepted to measure technological development were identified and the adaptability of the proposed model to the sector was revealed.

The findings of the study provide a criteria-based approach to measuring the level of technology in the defense industry sector. The proposed model is designed to be integrated into general technology assessment processes by different countries and institutions. In this respect, the study is a guiding resource for policy makers, strategy developers and sector representatives in the defense industry.

Keywords: Defense Projects, Technology Readiness Levels, Maturity Model, Technology Assessment Method, Technology Assessment

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TABLolar LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	4
2.1. Teknoloji Hazırlık Seviyesi Kavramı.....	4
2.2. TRL'nin Tarihçesi.....	7
2.3. TRL'nin Kullanım Amaçları.....	7
2.4. TRL'nin Kullanım Alanları.....	10
2.4.1. Türkiye'de TRL kullanımı.....	12
2.5. Savunma Sektörü Açısından TRL.....	14
2.5.1. Savunma sektöründe TRL uygulama örnekleri.....	18
2.6. TRL'ye Yapılan Eleştiriler.....	24
3. SAVUNMA SANAYİ SEKTÖRÜNDE TEKNOLOJİ ÖLÇÜMÜ MODEL ÖNERİSİ: SİSTEMATİK DERLEME.....	26
3.1. Yöntem.....	26
3.1.1. Araştırmanın amacı ve yöntemi.....	26
3.1.2. Araştırmanın sorusu.....	28
3.1.3. Veri toplama araçları.....	28
3.1.4. Veri toplama.....	31
3.2. Bulgular.....	31
4. VERİ ANALİZİ.....	38
5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	47
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	65
KAYNAKLAR.....	69

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. TRL Kullanım Alanları ve Açıklamalar.....	12
Tablo 3.1. Yıllara Göre Makale Sayıları.....	31
Tablo 3.2. Dillerine Göre Makale Sayıları.....	31
Tablo 3.3. Anahtar Kelimelere Göre Makale Sayıları.....	32
Tablo 3.4. Yazar veya Yazarların Savunma Sanayisi ile Teknoloji Arasındaki İlişkiye Bakış Açıları.....	32
Tablo 4.1. Anket Sonuçlarının Yüzdelik Dağılımı.....	38
Tablo 4.2. Açık Uçlu Soru ve Cevapları.....	40
Tablo 4.3. En Olumlu Cevap Alınan 3 Soru.....	45
Tablo 4.4. En Olumsuz Cevap Alınan 3 Soru.....	46
Tablo 4.5. En Olumlu ve Olumsuz Cevap Alınan 3 Soru.....	46
Tablo 5.1. Açık Uçlu Soruların Dağılımı.....	63
Tablo 6.1. TRL Seviyeleri ve Model Önerileri Tablosu.....	65

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. TRL Seviyeleri.....	6
Şekil 2.2. Future Combat Systems (FCS).....	20
Şekil 2.3. RAH-66 Projesi.....	22
Şekil 2.4. Kablolu İHA Sistemi.....	23
Şekil 3.1. PRISMA Modeli Uygulama Aşamaları.....	30

KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme
CPM	Kritik Yol Yöntemi
EMD	Mühendislik, Üretim ve Geliştirme
FCS	Future Combat Systems
GAO	Government Accountability Office
IoT	Nesnelerin İnterneti
İHA	İnsansız Hava Aracı
NASA	Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NATO	Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü
PERT	Program Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniğine
SAIC	Science Applications International Corporation
TRL	Technology Readiness Level
THS	Teknoloji Hazırlık Seviyeleri

1. GİRİŞ

Küreselleşme olgusu yenedünya düzeni bağlamında ortaya çıkmış ve bilgiyi küresel olarak elde etme ve kullanma becerisi hem askeri hem de ekonomik alanda uluslararası rekabeti etkileyen birincil faktör olarak yerini almıştır. Bilgiye artık geçmişte olduğundan daha kolay erişilebilmektedir, ancak bilgiyi anında bir işleve ve ekonomiye dönüştürmek için gelişmiş stratejik planlama ve daha yüksek yetkinliklere ihtiyaç vardır. Tehlikeleri önceden görebilme, rekabette bir adım önde olma ve karşı stratejiler oluşturma becerisi ulusların en önemli öncelikleri olarak ortaya çıkmıştır. Bu hedef doğrultusunda tüm dünya ülkelerinin temel savunma sanayi politikaları, hızla gelişen bilimsel bulguların ele alınmasını, tehditlerin analiz edilmesini, ihtiyaçlar doğrultusunda yeni teknolojilerin geliştirilmesini ve tehditlere karşı çözüm sağlayabilecek modellerin ortaya çıkarılmasını dikkate almaktadır (Westjohn, Arnold, Magnusson, Zdravkovic, & Zhou, 2009).

Yeni teknolojilerin yaratılmasında maddi ve manevi kaynakların verimli ve planlı kullanımı olgusu, yeni anlayışlara bağlı olarak teknoloji yönetimi biliminin en önemli çalışma alanı olarak ortaya çıkmıştır. Bu duruma yanıt olarak, teknoloji yöneticileri ve geliştiricileri arasında sürekli işbirliği ve iletişimi garanti altına almak için yeni araçlar ve çerçeveler oluşturulmaktadır. Teknoloji Hazırlık Seviyeleri (TRL),(Technology Readiness Level) (Teknoloji Hazırlık Seviyesi veya Teknoloji Olgunluk Seviyesi) kavramı, savunma sanayi sektöründe teknolojinin olgunluk seviyesini değerlendirmek için temel bir ölçüt olarak kullanılacaktır. Türkçe literatürde, TRL, Teknoloji Hazırlık Seviyesi veya Teknoloji Olgunluk Seviyesi olarak da ifade edilmektedir.),1990'lardan beri başta Amerika Birleşik Devletleri (ABD) olmak üzere çeşitli Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü (NATO) ülkelerinde kullanılmakta olan bu sistemlerden biridir. Teknolojinin olgunluğu ve sistem entegrasyonuna hazırlığı genellikle teknoloji yöneticileri ve geliştiricileri arasında ortak bir dil olarak kabul edilen teknoloji hazırlık seviyeleri kullanılarak ifade edilmektedir. Bu aynı zamanda gelecekte araştırma ve geliştirme projelerine ne kadar para yatırılacağına karar vermek ve askeri sistem programlarını hem zaman hem de maliyet açısından verimli bir şekilde planlamak için çok önemli bir kılavuzdur.

Mevcut araştırma kapsamında, literatür taraması sonucunda incelenen çalışmalarda teknoloji ve askeri sanayi sektörü arasındaki etkileşimin doğası tespit edilmiştir. Bu

bağlamda, teknolojik modellerin askeri sanayi sektörüne etkileri ve teknoloji hazırlık seviyesinin önemi hakkında bir fikir vermesi amaçlanmıştır. Bir teknolojinin gelişim aşamalarının bir göstergesi olan teknolojik hazırlık seviyesi, yeni geliştirilen teknolojilerin uygulanabilirliğini ve etkinliğini değerlendirmek için esastır. Bu nedenle TRL'nin yükseltilmesi, savunma sektöründe yeni fikirlerin başarılı bir şekilde benimsenmesini ve uygulanmasını garanti altına almak için dikkate alınmaktadır. Savunma sanayinin teknolojik olgunluğunu ilerleten eksiksiz bir modeli uygulamak için hangi kesin adımların atılabileceği yeni bir soru olarak ortaya çıkmıştır (Öztürk, 2022).

Teknolojik ilerlemelerin entegrasyonu, TRL'nin artırılması ve sektöre uygun teknolojik modellerin geliştirilmesi bu eylemlerin boyutlarından sadece birkaçıdır. Her ülkenin topografya, siyasi ve ekonomik sistemler gibi kendine has özellikleri söz konusudur. Bu da savunma ihtiyaçları ve teknolojisine farklı bir bakış açısı getirmekte ve her ülke için özel yaklaşımlar gerektirmektedir. Değerlendirilen çalışmalar çerçevesinde "hangi teknolojik modelin" veya "hangi yöntemlerin" uygun olabileceğinin değerlendirilmesi bu araştırmanın temel konularından biridir. Savunma sanayinde teknolojik olgunluğu geliştirmeye yönelik eylemler ve planlar, çeşitli ülkelerin özel talepleri ve koşulları dikkate alınarak belirlenmelidir. Bu yaklaşımlar teknolojik inovasyonu teşvik etmek, araştırma ve geliştirmeye yardımcı olmak ve küresel işbirliğini geliştirmek gibi konulara odaklanabilmesi bakımından önemlidir. Teknoloji modelleri tipik olarak kapsamlı bir araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) süreci yoluyla askeri sektöre entegre edilmektedir.

Bu aşamada yeni teknolojiler keşfedilebilir, geliştirilebilir ve uygulanabilir. Araştırma ve geliştirme harcamaları yeni fikirler üretmek ve mevcut teknolojiyi ilerletmek için gereklidir. Savunma sektöründe teknolojik olgunluk seviyesinin yükseltilmesi, Ar-Ge faaliyetlerine yapılan yatırımların artırılmasını gerektirmektedir. Uluslararası işbirlikleri ve ortak çalışmalar da savunma sektöründe teknolojinin ilerlemesini hızlandıran unsurlardan biridir. Bu ortaklıklar giderlerin azaltılması ve kaynak kullanımının optimize edilmesi için çok önemlidir. Eğitim ve insan kaynaklarının geliştirilmesi, savunma sanayinin artan teknolojik olgunluğuna katkıda bulunan temel faktörlerdir. Yetkin ve iyi donanımlı insan kaynakları, teknik atılımların etkin bir şekilde uygulanması için gereklidir. Bu nedenle, teknik modellerin askeri sanayiye entegrasyonunda önemli bir ilk adım, personelin sürekli eğitimi ve gelişimidir.

Dolayısıyla, savunma sanayinde teknolojik hazırlık seviyesini artıracak bir model oluşturmak için teknolojik modellerin sektöre entegrasyonu, TRL'nin önemi ve ülkelerin

Özel gereksinimleri dikkate alınarak kapsamlı ve esnek çözümler geliştirilmelidir. Bu fikirler ile savunma sektörü uzun vadede daha rekabetçi ve başarılı hale gelecektir. Savunma sanayinde teknolojik olgunluk seviyesinin artırılması için teknolojik inovasyonun teşvik edilmesi, Ar-Ge projelerinin finanse edilmesi, uluslararası iş birliğinin güçlendirilmesi ve nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesi gibi stratejiler büyük önem taşıyacaktır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Teknoloji Hazırlık Seviyesi Kavramı

Teknoloji hazırlık seviyesi, en genel ifadeyle bir teknolojik olgunluğun, düzeyinin belirlenmesidir. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) ilk olarak 1974 yılında teknoloji hazırlık seviyesi kavramını ortaya atmış ve 1990'larda daha da geliştirilmiştir. Teknik olgunluğa dayanan TRL, teknolojinin hazır olma durumunu 1'den 9'a kadar derecelendirmektedir (Dunbar, 2017). Bir projenin maliyeti ve uzunluğunun yanı sıra uygulanabilirliği de TRL'ler kullanılarak tahmin edilebilir. Örneğin ABD Savunma Bakanlığı'nda, 1'den 9'a kadar her sayının anlamsal bir karşılığı vardır ve belirli karar noktalarında bir dizi teknolojik hazırlık gereksinimine tabidir. Örnek olarak, kritik tasarım aşamasında gerekli olan hazırlık seviyesi 7, sistemin operasyonel bir ortamda gösterilebileceği bir hazırlık seviyesini ifade etmektedir. Savunma tedarik sisteminin Mühendislik, Üretim ve Geliştirme (EMD) aşamasına geçebilmek için TRL'nin en az 6 olması gerekmektedir (GAO, 2020). Gelişmiş sistem alımıyla ilişkili birincil risk, yetersiz teknolojik hazırlıktır. Araştırmalar, sistem geliştirme aşamasındaki yetersiz teknolojik hazırlığın masraflar ve süre gibi faktörler üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir (GAO, 2009).

Bir sistemin inşası için gerekli teknolojilerin ne derece mevcut olduğunun değerlendirilmesi, teknolojiye hazırlık değerlendirilmesi olarak ifade edilmektedir. Bu değerlendirme, sistemin yaşam döngüsü boyunca ve temel teknolojilerle ilişkili olarak gerçekleştirilmektedir. Teknoloji hazırlığı çeşitli kriterler ve birimler kullanılarak değerlendirilmektedir. Teknolojik hazırlık seviyeleri, karar vericilerin tedarik sürecinin bir sonraki aşamasına geçip geçmeyeceklerine karar vermelerine yardımcı olabilecek önemli bir ölçüttür (GAO, 2016). TRL'ler aracılığıyla bir teknolojinin olgunluğunun belirlenmesi, ürün geliştirme için karar verme sürecine yardımcı olmaktadır.

Bir teknolojinin henüz yeterince olgunlaşmamış olması durumunda, karar vericiler ya daha az sofistike ancak güvenilir bir teknoloji kullanmak için ürünün ihtiyaçlarını en aza indirmeye ya da teknoloji yeterince olgunlaşana kadar ürün geliştirmeyi ertelemeye karar verebilirler. GAO (2004)'ya göre, teknolojik kanıt düzeyi daha yüksek olan ürünlerin

hedeflerine ulaşma, öngörülemeyen sorunları en aza indirme ve program gecikmelerini ve maliyet aşımalarını önleme olasılığı daha yüksektir.

Geliştirme maliyetleri üzerindeki riski azalttıkları için daha yüksek TRL'ler tercih edilmektedir. Kavramsal aşamadan ilerledikçe, daha yerleşik teknolojiler program kayması olasılığını da azaltmaktadır. Çeşitli proje karar noktalarına tahsis edilen TRL seviyeleri bir başka proje kontrol stratejisi olarak hizmet etmektedir. Buna göre, teknoloji riskleri tamamen ortadan kaldırılamaz, ancak TRL'lerin kullanılması proje ilerledikçe olası sorun alanlarının belirlenmesine yardımcı olabilir. TRL'lerin kullanılması, proje ilerledikçe risklerin azaltılması daha pahalı hale geldiğinden, önemli ölçüde zaman ve maliyet tasarrufu sağlayabilir (Bissing, 2021, s. 5).

İlk olarak 1970'lerde NASA bünyesinde uygulanan teknolojiye hazırlık seviyesi kavramı, ilk kez 1989 yılında 7 puanlık bir ölçek olarak kamuya açık bir şekilde yayımlanmıştır. Buna göre, "düzgün bir şekilde planlanmış, eksiksiz bir şekilde yürütülen bir teknoloji araştırma ve geliştirme programı, kabul edilebilir risk seviyelerinde önemli ilerlemeler sağlayabilir" vaadi, "araştırmacıların ve görev planlayıcılarının amaçlanan ve gerçek hazırlık kanıtı arasındaki farklı algıları" olarak tanımlanan TRL'leri motive etmektedir. NASA her bir seviyeye ilişkin ilk kapsamlı açıklamaları ve geliştirilmiş 9 puanlık ölçeği 1995 yılında yayımlamıştır (Moorhouse, 2002).

Aşağıda gösterildiği gibi ölçek, en temel bilimsel haliyle bir teknolojiyle başlamakta ve operasyonel bir ortamda doğrulanmış bir teknolojiye doğru ilerlemektedir. Başka bir deyişle, genel bir teknoloji için seviyeler, çevre ve teknoloji montaj durumu da dâhil olmak üzere gösterim gereksinimini tanımlama açısından nihai işletim sistemine daha yakın bir şekilde karşılık gelmektedir. Günlük kullanımda, bir teknolojinin gelecekteki operasyona hazır olup olmadığı en iyi TRL ölçeği kullanılarak değerlendirilerek anlaşılmaktadır. Birçok farklı ölçekte çok çeşitli "teknoloji" tanımları vardır; ancak bunlardan en yaygın olanı NASA TRL topluluğu içinde olan bileşen-teknoloji unsurlarını içeren tanımlamadır. Yeni malzeme, boyut ya da çalışma prensiplerine sahip bir bileşenin (ya da bir gün bir bileşende somutlaşabilecek bir prensibin) olgunluğu TRL ölçeği kullanılarak değerlendirilebilir (Mankins, 2009, s. 1216-1220). NASA Teknoloji Hazırlık Seviyesi Ölçeği aşağıda açıklanmaktadır:

TRL 9: Başarılı görev operasyonları yoluyla "uçuşu kanıtlanmış" gerçek sistem.

TRL 8: Test ve gösterim (yer veya uçuş) yoluyla tamamlanmış ve "uçuş kalifikasyonuna sahip" gerçek sistem.

TRL 7: Bir hedef/uzay ortamında sistem prototipi gösterimi.

TRL 6: İlgili bir ortamda (yer veya uzay) sistem/alt sistem modeli veya prototip gösterimi.

TRL 5: İlgili ortamda bileşen ve/veya devre kartı doğrulaması.

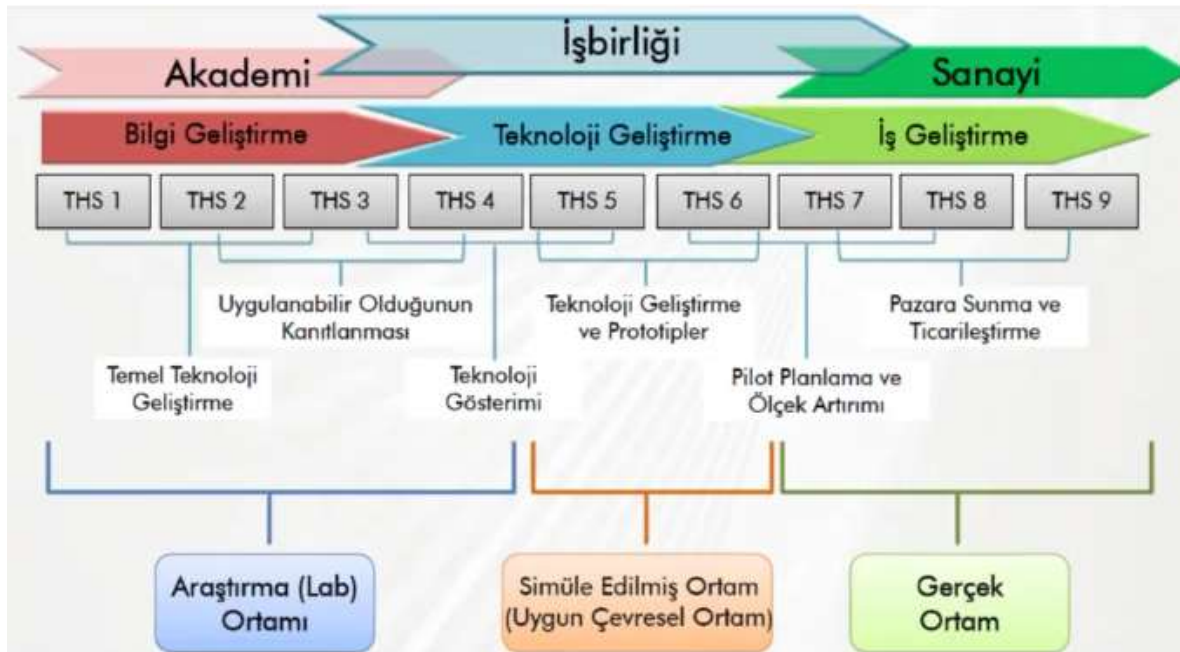
TRL 4: Laboratuvar ortamında bileşen ve/veya devre kartı doğrulaması.

TRL 3: Analitik ve deneysel kritik işlev ve/veya karakteristik kavram kanıtı.

TRL 2: Teknoloji kavramı ve/veya uygulaması formüle edilmiştir.

TRL 1: Temel ilkeler gözlemlenmiş ve raporlanmıştır.

TRL'lerin hükümet ve ticari uygulamaları NASA'nın orijinal 9 puanlık düzenlemesine oldukça benzemektedir. NASA'nın en güncel TRL dokümantasyonu, yukarıda ifade edilen TRL ölçeği de dâhil olmak üzere Sistem Mühendisliği El Kitabında kamuya açıktır (Mankins, 2009, s. 1216-1223). Dolayısıyla ölçekte bulunan seviyelere bakıldığında, en yüksek seviyenin TRL 9 olduğu görülmektedir. Aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere başlangıç aşamasından sonuç aşamasına kadar bir süreç söz konusudur (Tübitak, 2020).



Şekil 2.1. TRL Seviyeleri (PMO, 2021)

2.2. TRL'nin Tarihçesi

TRL, belirli bir teknolojinin olgunluğunun analizini sunan ve teknoloji olgunluğunun tek tip bir karşılaştırmasını sağlayan metodik bir değerlendirme çerçevesidir (Mankins, 1995). NASA, uzay teknolojisinin riskini ve hazır olma durumunu değerlendirmek için TRL'yi ilk olarak 1980'lerde kullanmıştır (Fernandez, 2010). GAO'nun avantajları nedeniyle önemli ABD savunma tedarik programlarında kullanılmasını önermesinin ardından 1999 yılından bu yana kullanılmaktadır. TRL'nin iki ana hedefi, teknolojik ilerleme için geniş bir dil sağlamak ve bir teknolojinin zaman içinde belirli bir anda nasıl geliştiğini göstermektir. TRL'yi belirlemek için üç teknoloji kategorisi değerlendirilmektedir bunlar; üretim, yazılım ve donanımdır. Buna göre, her seviye için ayrı ayrı olmak üzere toplam 90 sorudan oluşmaktadır. Bilbro bu soruları çalışmalardan elde edilen bilgilere dayanarak tasarlamıştır (Bilbro, 2006).

TRL'nin kullanımı ve anlaşılması kolaydır. Ayrıca bir projenin yaşam döngüsü boyunca durumu ve göreceli riski hakkında bilgi vermekte, teknolojilerin paydaşlar tarafından değerlendirilebileceği bir ontoloji sunmakta ve teknolojik risk hakkında yaklaşık bilgi sunarak risk yönetimine yardımcı olmaktadır (Fernandez, 2010). TRL birçok avantaj sunmasına rağmen birçok dezavantaja da sahiptir. Bu dezavantajlardan en önemlisi, sistem-sistem entegrasyonundan ziyade tek bir teknolojiye odaklanmasıdır (Cornford & Sarsfield, 2004).

Ortaya çıkışı her ne kadar savunma sektörü ile ilişkilendirilse de, günümüzde teknolojinin neredeyse hayatın her alanında kullanılması dolayısıyla gerek kullanım amaçları gerekse seviye farklılıkları ortaya çıkmıştır. Bu noktada belirtmek gerekir ki TRL, savunmadan eğitime, havacılıktan ihracata kadar birçok alanda kurumlar açısından gereklilik halini almıştır. Bu durum, karşılıklı bir geri besleme anlamına gelmektedir. Öyle ki kullanım alanları arttıkça, seviyelerde de önemli bir yükseliş söz konusu olmuştur. Günümüzde yapay zekanın kullanımı bunun en net örneklerinden birini oluşturmaktadır (Mankins, 1995).

2.3. TRL'nin Kullanım Amaçları

Teknolojilerin geçişini ve kaynak tahsisini anlamak amacıyla mucitler, mühendisler, yöneticiler, patent vekilleri ve diğer pek çok kişi teknolojik hazırlık seviyelerini değerli bir değerlendirme aracı olarak kullanmaktadır. Performans, dayanıklılık, güvenilirlik ve öngörülen ortamda işletim deneyimi için teknik olgunluk ölçütlerinin anlaşılması TRL'nin

temel amacıdır. Geliştirme riski, düşük teknoloji olgunluğu veya TRL'ler ile ilişkilidir. Genel olarak, teknolojiler daha önceki TRL seviyelerinde daha sonraki TRL seviyelerine kıyasla daha fazla risk göstermiştir. Bileşen, alt sistem veya sistem düzeyinde TRL atanabilir. Bu kapsamda bir teknolojinin bir sonraki olgunluk seviyesine geçmeye hazır olup olmadığını değerlendirmek için her seviyede test ve analitik kriterler belirlenmiştir. İnsan merkezli hazırlık seviyesi, entegrasyon ve sistem hazırlık seviyesi gibi oluşturulan çok sayıda TRL varyasyonunun içinde önemli bir yere sahiptir. Bunun sebebi ise teknolojiye yön verecek insan kaynağının önemidir (Garcia, Ganey, & Wilber, 2017).

Gerçekte, pek çok sistem mühendisliği metodolojisi öncelikle teknolojiye odaklanırsa ve bir insan hatası meydana gelene kadar insanların sistemdeki rolünü göz ardı edecektir. Bu kapsamda teknolojinin insanlar için uygunluğu TRL ölçeği tarafından dikkate alınmaz, ancak bu çok ciddi bir eksiklik olarak göze çarpmaktadır. İnsan performansını anlamada, kanıta dayalı hazır kullanılabilirlik ölçümlerinin olabileceği kadar etkin değildir. İnsanlar ve teknoloji arasındaki etkileşimi anlamak, özellikle de bir görevi sonlandırma veya bir can alma potansiyeline sahip karmaşık sistemlerde çok önemlidir. NASA, teknik, finansal ve program kısıtlamalarını etkileyebilecek risk değerlendirmesi için uzay aracı tasarımının teknolojik olgunluğunu değerlendirmek üzere metodolojik bir yaklaşım tanımlamanın bir yoluna ihtiyaç duymuş ve bu nedenle TRL geliştirilmiştir. Teknoloji ilk olarak NASA görevlerine dahil edildiğinde, ajans, görev uçuşuna hazır olma gibi teknolojinin olgunluğunu değerlendirmek için bir yola ihtiyaç duyduğunu fark etmiştir. Böylece, bir NASA araştırmacısı 1970'lerin ortasında bir TRL ölçeği oluşturmuş ve bu ölçek 1989 yılında resmi olarak tanımlanmıştır (Sadin, Povinelli, & Robert , 1989).

TRL ölçeği, yedi seviyeden dokuz seviyeye çıkarıldığı 1995 yılına kadar değiştirilmemiştir. Uzay sistemleri için TRL değerlendirme süreci NASA Sistem Mühendisliği el kitabı tarafından yönetilmektedir. Dolayısıyla söz konusu amaçlardan birinin, insan ile teknoloji bileşenlerini bir araya getirmek olduğu ifade edilebilir. Aşağıdaki şekilde görüleceği üzere, zaman içinde insan bileşeni; en etkili kaynaklardan biri olduğu için teknoloji kapsamında önemli kriterlerden biri olarak görülmeye başlanmıştır (Baki & Serdar, 2020).

Bazı kuruluşlar (Amerika Birleşik Devletleri'nde Savunma Bakanlığı ve Enerji Bakanlığı gibi), teknolojik değerlendirmeler için teknolojik hazırlık seviyelerini oluşturulmasından bu yana değiştirmiş ve özelleştirmiştir (See, Craft, & Morris, 2019). TRL'lerin uygulanmasının çok sayıda kullanım amacı bulunmaktadır. Herkesin teknolojinin

durumu hakkında ortak bir anlayışa sahip olmasını sağlamaktadır ve bu da iletişimi kolaylaştırmaktadır. TRL'ler, ürün geliştirmenin başlangıcından itibaren risk yönetiminin iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Yöneticiler, teknolojinin olgunluğunu bilerek müzakerelere daha iyi hazırlanabilmekte ve potansiyel riski yeterince anlayabilmektedir. İnovasyon ve araştırma ve geliştirme girişimleri hakkında karar vermek, çeşitli aşamaların net bir şekilde kavranmasıyla kolaylaşmaktadır. Teknoloji için finansman kararlarının alınması daha kolay hale gelmektedir ve insanların teknolojinin nasıl değiştiğini anlamaları daha kısa sürede gerçekleşmektedir. TRL'ler teknoloji bileşenlerinin test edilmesini ve doğrulanmasını teşvik etmesi bakımından önemlidir. TRL, teknoloji olgunluğuna ulaşmak için gerekli gelecekteki çaba düzeylerini tahmin etmek amacıyla teknik ilerlemeyi de ölçmektedir. TRL'nin teknoloji seviyelerinin olgunluğunu belirlemedeki birçok faydasına rağmen, teknoloji ile ilgili sorunlar ciddi kazaların nedenidir (Alvarenga, Melo, & Fonseca, 2014). İnsan hatası, nükleer endüstri başarısızlıklarının %90'ından fazlasına, kimya ve petrokimya endüstrisi başarısızlıklarının %80'inden fazlasına, deniz kazalarının %75'inden fazlasına, havacılık kazalarının %70'inden fazlasına ve içme suyu dağıtım ve hijyen başarısızlıklarının %75'inden fazlasına katkıda bulunan bir faktördür (Karthick, Robert, & Kumar, 2020). Ayrıca siber güvenlik risklerini ve zorluklarını en az %80 oranında artırmaktadır (O'Driscoll, 2024). Dolayısıyla kullanım amacı bakımından değerlendirildiğinde, insan ve teknoloji değişkenlerinin bir arada uyum içinde olmasını sağlaması, TRL'nin önemli kullanım amaçlarından biri olarak ön plana çıkmaktadır.

TRL ölçeği, kullanıcı mutluluğunu, kullanım kolaylığını, insan performansını ve insan desteği için teknolojik hazırlığı göz ardı etmektedir. Araştırmaya göre (See, Craft, & Morris, 2019), karar destek ve sistem analizi için TRL'yi kullanan sistemler, insan unsurunu tüm programlara tutarlı bir şekilde veya tam olarak entegre edememiştir. Yaygın olarak tanınan çok sayıda TRL çerçevesi mevcuttur (Garcia, Ganey, & Wilber, 2017). TRL, NASA gibi devlet kurumları tarafından bir programın veya ürünün yaşam döngüsü boyunca gerçekleşen çeşitli incelemeler için kullanılmaktadır (NASA, 2020). Teknolojinin insanlar için hazır olup olmadığını belirlemek için herhangi bir yönlendirme yoktur. Her yazılım ve proje, geliştirme döngüsünün tüm aşamalarından düzeltmeler içerebilir. TRL seviyelerinin işletmeler arasında farklı şekilde tanımlanmasına rağmen, şu anda çeşitli TRL seviyelerine nasıl ilerleneceğine ilişkin herhangi bir öneri bulunmamaktadır.

TRL değerlendirmesinin nasıl yapılacağını belirleyen herhangi bir gereklilik bulunmamaktadır. İyi tanımlanmış olmasına rağmen, yorumlama projeye bağlıdır.

Performans değerlendirmelerinin nasıl yapılacağı veya farklı seviyelere nasıl ulaşılacağı açıklanmamaktadır. Proje planlamasında bazen teknolojinin olgunluğunun değerlendirilmesine ilişkin planlama eksik kalmaktadır. Örneğin, teknolojinin araştırma ve geliştirilmesinin en önemli seviyesi olan TRL'nin ilk seviyesinde temel ilkeler gözlemlenmekte ve raporlanmaktadır. Bu kapsamda, kullanım amaçlarının eksiksiz bir şekilde yerine getirilebilmesi açısından daha çok araştırmaya ihtiyaç duyulduğu görölmektedir (See, Craft, & Morris, 2019).

2.4 TRL'nin Kullanım Alanları

Günümüzün son derece yenilikçi ürün ve sistemlerinin birçoğu yeni teknolojiler üzerine inşa edilmiştir. Bu teknolojiler zorlu ortamlarda çalışmayı mümkün kılabilmekte ve yepyeni ürün kategorilerinin ortaya çıkmasını sağlayacak radikal yeni ürünlerin piyasaya sürülmesine yol açabilmektedir. Bazıları, gelişmekte olan teknolojilerin 21. yüzyılın en zorlu küresel sorunlarına yönelik çözümlerin temelini oluşturacağına inanmaktadır (Groen & Walsh, 2013). Yeni teknolojilerin bu potansiyel avantajı göz önüne alındığında, teknolojik fikirlerin yeni bir ürün veya sisteme dahil edilebilecek bir bileşende somutlaştığı noktaya kadar hazır olma durumunu iletirmek için Ar-Ge ve teknoloji geliştirme faaliyetlerine önemli miktarda kaynak harcanmaktadır. Bu faaliyetler risklidir; yeni teknolojinin performansı, entegrasyonu ve güvenilirliği gibi konularda büyük bir belirsizlik söz konusudur (Hobday & Rush, 1999). Mühendislik yöneticileri, yalnızca teknolojinin kendisini geliştirmekle kalmayıp aynı zamanda teknolojiyi doğru zamanda bir projedeki ürünün geri kalanıyla entegre olmaya hazırlayan süreçleri de dikkatle planlamalıdır.

Teknoloji olgunlaşmadan yeni teknolojileri ürünlere entegre etme girişimlerinin proje maliyetinde ve programında artışa neden olduğu gösterilmiştir (Meier, 2008). “Bir teknolojinin araştırma ve teknoloji geliştirmeden bir ürün veya sistem geliştirme projesine geçmeye hazır olduğu nasıl anlaşılır?”, ve “Teknolojinin hazır olma durumunun ilerleyişi nasıl ölçülür?” sorularına karşın, 1970'lerde bu sorularla karşı karşıya kalan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi mühendisleri, teknoloji hazırlık seviyesi ölçeğini geliştirmiştir (Dunbar, 2017). TRL ölçeğinin kullanımı, başlangıcından bu yana NASA'nın ötesine geçmiştir ve artık sadece havacılık ve savunma projelerinde değil, enerji, ulaşım ve elektronik gibi sektörlerdeki projelerde de uygulanmaktadır. Uygulamadaki bu artışa rağmen, TRL uygulamasını anlamak ve tanımlamak için resmi olarak çok az araştırma yapılmıştır.

TRL'ler kullanıcılarına bir dizi fayda sağlamanın yanı sıra birçok alanda kullanılmaktadır. İlk TRL yayınında yazarlar TRL'lerin NASA genelinde teknoloji olgunluğuna ilişkin ortak bir anlayışa duyulan ihtiyaçtan kaynaklandığını belirtmektedir (Sadin, Povinelli, & Robert , 1989). Bu, riskin daha iyi iletilmesi ve değerlendirilmesi amacıyla disiplinler, kuruluşlar ve işlevler arasında kullanılacak standart bir dil aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. TRL değerlendirmesi mevcut proje yönetimi, sistem mühendisliği ve gözetim süreçlerini tamamlayıcı niteliktedir ve diğer değerlendirme ve planlama faaliyetlerini bilgilendirebilir. TRL değerlendirmeleri, gelişen bir teknolojinin ilerlemesini izlemek ve teknolojiyle ilgili belirli riskleri belirlemek ve yönetmek için kullanılabilir. TRL değerlendirmesi kendi başına riski ortadan kaldırmaz, ancak riski aydınlatmak için kullanılabilir. Aynı işlevi yerine getiren birden fazla alternatif teknoloji arasında seçim yaparken, TRL aracılığıyla değerlendirilen göreceli olgunlukları çok bilgilendirici olabilir. TRL, aynı kuruluştaki farklı gruplar arasında (örneğin, Ar-Ge ve projeler arasında) veya teknoloji tedarikçisi ile müşteri arasında bilgi alışverişini kolaylaştırabileceğinden, teknoloji devirleri sırasında da özellikle yararlıdır. ABD Savunma Bakanlığı çalışanları arasında yapılan bir anket çalışmasında, resmi bir teknoloji hazırlık değerlendirmesinde yer alan mühendislik faaliyetlerinin birçoğunun sistem kalitesi ve genel program performansı ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğu tespit edilmiştir (Azizian, Mazzuchi, Sarkani, & Rico, 2011).

Buna ek olarak, aşamalı seviyeler teknoloji yoğun sistem geliştirme için sistematik bir yaklaşım ve model sunmakta, TRL'ler ise kılavuz görevi görmektedir. Daha yüksek bir TRL'ye ulaşılmasıyla kanıtlandığı üzere, bir teknolojinin gösterilen olgunluğundaki ilerleme, ek kaynak yatırımını tetikleyebilir ve bu yatırımı teknolojinin hazır olma durumuna göre ölçeklendirebilir. Bazıları TRL'leri bilimden pazarlanabilir teknolojiye giden bir yol olarak görmekte ve teknolojinin somutlaşmış hali olarak giderek daha karmaşık hale gelen bir dizi fiziksel eserden bahsetmektedir (Moultrie, 2015). Buna göre; faydalı bir teknoloji hazırlık değerlendirmesi tekrarlanabilir bir süreç izler, yeterli kanıta dayanır ve proje yöneticileri, teknoloji geliştiricileri ve yönetim organları da dâhil olmak üzere ilgili tüm taraflar için faydalı olan güvenilir bir çıktı ile sonuçlanır.

Tablo 2.1. TRL Kullanım Alanları ve Açıklamalar

Kullanım Alanı	Açıklama
Savunma ve Askeri Teknolojiler	Yeni teknolojilerin ulusal güvenliğe katkısı amacı taşımaktadır.
Uzay Araştırmaları	Uzay görevleri söz konusu olduğunda güvenilirlik ve olgunluğun belirlenmesinde önemlidir.
Medikal Teknoloji	Sağıktaki uygulamaların verimliliğinde önemli etkindir.
Enerji Sektörü	Enerji verimliliğinin sağlanmasına katkı sağlamaktadır.
Otomotiv Endüstrisi	Güvenlik, performans ve donanım başta olmak üzere otomotiv sektöründe seviyenin belirlenmesinde önemli unsurdur.
İnşaat ve Altyapı	“Yapı” söz konusu olduğunda teknolojinin durumunu belirlemede kullanılmaktadır.
Diğer	“Gelişim” söz konusu olduğunda teknoloji kullanımının durumu açısından her sektör gelişmektedir, dolayısıyla kullanım alanları artmaktadır.

2.4.1. Türkiye’de TRL kullanımı

TRL’ler, özellikle Ar-Ge girişimleri ve en yeni teknolojilerin benimsenmesi söz konusu olduğunda Türkiye’de büyük önem taşımaktadır. Türkiye’nin yenilik yapma ve teknolojiyi kullanma kabiliyeti TRL sayesinde büyük ölçüde artmaktadır. Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye, başta savunma sanayi olmak üzere uluslararası alanda rekabetçi bir konuma gelebilmek adına teknolojik gelişmeleri her sektörde yakından takip etmektedir.

Türkiye son yıllarda çok sayıda yerli teknoloji oluşturmuş ve savunma sektöründe önemli ilerlemeler kaydetmiştir. TRL, savunma sektörü projelerinde bir teknolojinin sahaya hazır olup olmadığını ve operasyonel gereksinimlere uygunluğunu değerlendirmek için kullanılmaktadır. Örneğin Türkiye’nin milli insansız hava aracı (İHA) girişimlerinde, teknolojinin geliştirme ve test aşamalarında kullanılan önemli bir değerlendirme aracıdır. İHA projeleri laboratuvar testlerinden saha testlerine ve nihayetinde operasyonel konuşlandırmaya geçerken, TRL seviyelerine göre değerlendirilmektedir. Ayrıca TRL, savunma sektöründe hava, deniz ve kara araçları da dahil olmak üzere bir dizi platformda kullanılan sistemlerin teknolojik olgunluk derecesini değerlendirmek için sıklıkla kullanılmaktadır. Bu, projelerin başarıyla tamamlanmasını sağlamak ve teknolojik bileşenleri entegre ederken ortaya çıkan teknik zorlukların üstesinden gelmek için gereklidir (Miller, ve diğerleri, 2007).

Sağlık sektöründe, özellikle de biyoteknoloji ve tıbbi cihaz alanlarında yeni çözümler üretme ve bunları klinik uygulamaya hazırlama süreci için çok önemlidir. TRL bu bakımdan, Türkiye’de kurulan yerli tanı kiti ve tıbbi cihaz projelerindeki öğelerin güvenlik ve etkinliğini

değerlendirmek için kullanılan bir standart olma özelliği taşımaktadır. Sağlık teknolojilerinin oluşturulması ve klinik uygulamalara aktarılmasıyla ilgili araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin metodik olarak yürütülmesini mümkün kılmaktadır. Özellikle pandemi döneminde Türkiye'deki yerli aşı ve ilaç geliştirme projelerinde klinik deneyler öncesinde teknolojinin güvenlik ve etkinlik değerlendirmelerinde büyük önem taşımıştır. Ayrıca sağlık sektöründe kullanılan yazılım ve dijital sağlık çözümlerinin geliştirilmesinde teknolojinin hasta güvenliği ve veri güvenliğine uygunluğunu değerlendirmek için kullanılması, sağlık sisteminin etkinliğinin artırılması açısından oldukça önemlidir (Şimşir & Mete, 2021).

Enerji depolama sistemleri ve yenilenebilir enerji teknolojileri, TRL'lerin bir teknolojinin ticari kullanıma hazır olup olmadığını değerlendirmek için kullanıldığı alanlara iki örnektir. Türkiye'deki güneş ve rüzgâr enerjisi projelerinde teknolojik olgunluğu ölçmek ve yatırım tercihlerini yönlendirmek için kullanılması, TRL'lerin ülkemiz açısından önemini ortaya koymaktadır. TRL'ler, enerji sektöründe hem mevcut enerji altyapısının geliştirilmesi hem de yeni enerji üretim teknolojilerinin oluşturulması için çok önemli bir araçtır. Kriterleri, Türkiye'deki enerji verimliliği ve sürdürülebilir enerji projelerinde proje ilerlemesini ve potansiyel riskleri değerlendirmek için kullanılmaktadır (Aydoğdu, 2021).

TRL'ler, e-öğrenme, dijital öğrenme platformları ve eğitim teknolojileri gibi en yeni stratejilerin eğitim sistemine entegre edilmesi sürecini değerlendirmektedir. Türkiye'de uzaktan öğrenme platformlarının oluşturulması ve pandemi sırasında dağıtılması söz konusu olduğunda, TRL çok önemli bir değerlendirme kriteri olmuştur. Öğitmenlerin ve öğrencilerin dijital dönüşümü ve en yeni öğretim stratejilerinin benimsenmesini kolaylaştırmak için teknolojiyi ne kadar iyi kullandıklarını değerlendirmesi bakımından önemli bir araç olarak değerlendirilmiştir. Türkiye'de eğitim teknolojilerinin geliştirilmesi ve entegrasyonunda teknolojik çözümlerin ölçeklenebilirliği, kullanışlılığı ve güvenilirliği değerlendirilirken TRL adımları takip edilmektedir. Ayrıca, sanal ve artırılmış gerçeklik gibi gelişmekte olan teknolojilerin potansiyel avantajları ve öğretimsel faydası, geliştirme sürecinde TRL'ler kullanılarak değerlendirilmektedir (Seferoğlu, 2015).

Türkiye'nin Ar-Ge ve inovasyon ekosistemi, büyük ölçüde THS'nin savunma sektörü, sağlık, enerji, eğitim ve tarım gibi kritik sektörlerde etkin bir şekilde uygulanması sayesinde büyümektedir. Dolayısıyla daha fazla uygulama alanına yayılması ve daha kapsamlı değerlendirme standartlarıyla bütünleşmesi, Türkiye'de gelecekteki teknik ilerlemeyi hızlandıracaktır.

Türkiye'deki örnekler son dönemde çeşitli sektörlerde kendini göstermektedir. Örneğin, "HİSAR Hava Savunma Sistemleri" yerli hava savunma sistemleri için TRL değerlendirmeleri yapıldığını göstermektedir (Gündoğdu, 2023). Gerek Cumhurbaşkanlığı tarafından Türkiye'nin güvenlik konseptine ilişkin kamuoyuna yapılan açıklamalarda, gerekse bu açıklamaların hayata geçirilmesinde barış, huzur ve istikrarın tesis edilmesine yardımcı olmak amacıyla yürütülen askeri operasyonlarda TRL kullanımının önemi açıkça görülmektedir. Benzer bir örnek de "TOGG Elektrikli Araç Projesi" olarak gösterilebilir. Araç teknolojilerinin geliştirilmesinde TRL seviyeleri kullanılmış ve Türkiye'nin yerli elektrikli otomobil girişimlerinde teknoloji geliştirme aşamaları takip edilmiştir (Eroğlu, 2024).

2.5. Savunma Sektörü Açısından TRL

Gelişen savunma ekosisteminin ortasında, yeni ürün geliştirme süresinin kısalması, birim maliyetlerin artması, lojistik gereksinimlerin farklılaşması, yönetim süreçlerinin iyileşmesi, etik ve uyumluluğa verilen önemin artması, silah sistemleri için toplam sahip olma maliyetinin yüksek olması, tedarikçi yönetimini ön plana çıkaran dış kaynak kullanımının artması, karmaşık ve katı bürokratik yapı, ekonomik açıdan en avantajlı fiyat için daha fazla rekabet, özel sektörün gelişmeye devam etmesi ve savaş alanında artan rolü yer almaktadır. Risk odaklı bir yaklaşım, değişen ihtiyaçlara uyum sağlamak için daha yaygın bir mevcut yönetim stratejisi haline gelmektedir. Risk yönetimi, başarılı sonuçlar elde etmeyi kolaylaştırdığı ve kaynakların etkili, verimli ve yeterli kullanımına izin verdiği için tercih edilmektedir (Héder, 2017). Özellikle proje yönetimi yaklaşımlarında, uyum çalışmalarında ve yönetim sistemlerinde aranan bir unsur haline gelmiştir.

"Yaşam döngüsü yönetimi" modeli, savunma tedarik programlarının yönetiminde en sık kullanılan yöntemdir. Artan sistem maliyetleri, 40-60 yıllık tipik savunma sistemi ömrü ve tedarik maliyetlerinin diğer sistem maliyetlerine oranının azalması nedeniyle savunma sistemleri için bir yaşam döngüsü stratejisi gerekmektedir. İhtiyacın belirlenmesinden projenin tamamlanmasına kadar, proje yaşam döngüsünde birbirini izleyen, tekrar eden veya aynı anda gerçekleşebilen birden fazla aşama vardır. Bir projenin yaşam döngüsünün başlarında, maliyetler düşük, riskler önemli ve yapılması gereken ayarlamaların minimum mali etkisi olacaktır. Proje ilerledikçe risk azalır, ancak gerekli ayarlamaların ve düzeltmelerin maliyeti artmaya başlamaktadır (Project Management Institute, 2017, s. 549). Dolayısıyla projenin ilerleyen aşamalarında, başlangıçtan itibaren uygun olmayan risk yönetimi büyük maliyet artışlarına, performans sorunlarına ve gecikmelere neden olabilir

(Kwak & Smith, 2009, s. 813). Bu kapsamda, projenin başlangıç aşaması en önemli aşamadır ve iyi planlanması ve araştırılması gereklidir. Sistem henüz tasarım aşamasındayken bir sonraki aşamada ortaya çıkacak tüm masrafların göz önünde bulundurulması hayati önem taşır çünkü bu aşamada alınan kararlar daha sonraki aşamaların maliyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır.

Savunma tedarik girişimleri, mümkün olan en kısa sürede yüksek kaliteli, ekonomik, desteklenebilir ve etkili savunma ekipmanları üretmek için zaman, maliyet ve teknik performansı etkileyen bir dizi faktörü dengelemeyi amaçlamaktadır. Önceki araştırmalar, bir proje maliyet, performans ve zaman arasında bir dengeleme gerektirdiğinde değiştirilmesi gerekenin daha çok performans olduğunu göstermektedir (Cilli, Parnell, Cloutier, & Zigh, 2015, s. 587). Tedarik yaşam döngüsü süreci çeşitli aşamalar ve karar noktaları içermektedir. Karar vericiler bir sonraki aşamaya geçmeden önce, her aşamanın sonunda yer alan karar noktaları sayesinde önceden belirlenmiş kriterleri kullanarak bir önceki aşamayı değerlendirebilmektedir (Brown, 2010, s. 41). Gereksinimlerin tanımlanması, tasarım ve geliştirme, üretim veya yapım, işletme ve idame ve envanterden çıkarma aşamaları tipik bir yaşam döngüsü yönetim sürecini oluşturmaktadır.

Tedarik sürecinin resmi başlangıcı, bir ürün geliştirme seçimidir. Kullanıcının kabiliyet gereksinimlerini karşılayacak en uygun sistemler bu aşamada değerlendirilmekte ve buluş, teknolojik geliştirme veya hazır çözümler yoluyla geliştirilenler gibi alternatif sistemler de analiz edilmektedir. Teknolojik gelişim için sonraki aşamalara rehberlik edecek bir plana karar verilmektedir. Kapasite ihtiyacına uygun bir cevap bulunması bu aşamanın tamamlandığını göstermektedir. İnceleme aşamasında maliyet ve kaynak tahminleri yapılmakta ve çözüm önerisi yasal olarak yetkili makam tarafından kabul edilmektedir. Bu aşamayı takip eden "Teknoloji Geliştirme" aşamasında ön tasarımın tamamlanması, hangi teknoloji setinin tüm sisteme entegre edilmesi gerektiğinin belirlenmesi ve teknoloji riskinin azaltılması amaçlanmaktadır (Brown, 2010, s. 44).

Prototipler, teknik riski azaltmak, tasarımları ve maliyet tahminlerini doğrulamak, üretim prosedürlerini değerlendirmek ve “spesifikasyonları” netleştirmek amacıyla oluşturulmaktadır. Maliyet etkin bir alternatif ya da askeri açıdan değerli bir kapasite artırımı olması koşuluyla, çözüm için bir ön tasarım değerlendirmesi yapıldıktan sonra proje teknolojik geliştirme aşamasını sonlandırmaktadır. Ürün geliştirme projelerinin süresinin önceki geliştirme girişimlerine kıyasla iki ya da üç kat arttığı belirtilmektedir (Cilli, Parnell,

Cloutier, & Zigh, 2015, s. 586). Bunun başlıca nedeni, sistemlerin kullanıcı taleplerini karşılamak için daha karmaşık hale gelmesidir.

Sistemin tedarik stratejisi, bir sonraki aşama için sözleşme türü ve mühendislik ve üretim aşamalarına geçiş bu dönemde değerlendirilmektedir. Hedeflenen teknoloji olgunluk seviyesine ulaşılması ve kabiliyet geliştirme kararının onaylanması, "Mühendislik ve Üretim Geliştirme" aşamasına geçmek için birincil gerekliliklerdir. Teknoloji hazırlığı önemlidir çünkü araştırmalara göre ürün geliştirme çabalarının %40'ı başarısız olmakta ve son derece yaratıcı projelerin sadece %30'u başarılı olmaktadır (Markham & Lee, 2013). Bu aşamanın hedefleri, birlikte çalışabilir sistemler tasarlamak, lojistik çeşitliliği sınırlamak, tam sistem entegrasyonunu sağlamak, sürdürülebilir ve uygun maliyetli bir üretim süreci oluşturmak ve bir sistem veya kapasite artışı sağlamaktır. Bu aşamadaki faaliyetler kilit performans göstergeleri tarafından yönlendirilmektedir. Bu aşamadaki en önemli görev tasarımın olgunluğunu değerlendirmektedir ve kritik tasarım incelemesi olarak ifade edilmektedir. Sistem güvenilirliği tahminleri, üretilen güvenilirlik oranlarından türetilmekte ve donanım/yazılım kusurları, geliştirme testleri, üretim fizibilitesi ve önemli üretim prosedürleri için düzeltici önlemler alınmaktadır (Brown, 2010, s. 46).

Düşük ölçekli ilk üretimle devam etme ve ilk üretimden muaf sistemlerin satın alınması kararı gözden geçirme noktasında alınmaktadır. Kullanıcıya ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir sistem sunmak "Üretim ve Devreye Alma" aşamasının hedefidir. Üretilen ürünler, envantere alınmadan önce kalite gerekliliklerini karşıladıklarından emin olmak için planlı bir kabul testinden geçirilmektedir. Ürünün yeterince güvenilir olduğunu ve maliyet ve kalite standartları dâhilinde verimli bir hızda üretilebileceğini garanti etmek için, bu adımda üretim işlemleri istatistiksel kontrol altında tutulmaktadır. Üretim, üretilcek sayılara bağlı olarak on yıl veya daha uzun sürebilir (GAO, 2016, s. 22). Hem gelişimsel test ve değerlendirme hem de operasyonel değerlendirmedeki tatmin edici performansa bağlı olan operasyonel test ve değerlendirme, sistemin bu aşamaya geçiş için etkinliğini ve uygunluğunu belirlemektedir. Bu aşama için seçim kriterleri arasında birlikte çalışabilirlik, operasyonel desteklenebilirlik ve yaşam döngüsü boyunca finanse edilebilirlik yer almaktadır (Brown, 2010, s. 48).

Sistemin büyük miktarlarda üretilmesine karar verilmesinin ardından, operasyonel kullanım için kullanıcıya sevk edilmektedir. Sistemin başlangıçta çalışabilir olduğundan emin olmak için operasyonel testler olarak bilinen testler gerçekleştirilmektedir. Sistem kullanıcıya teslim edildikten sonra "İşletim ve Destek" aşaması başlamaktadır. Bu aşamada,

tüm lojistik destek bileşenlerinin (tedarik, bakım, eğitim, teknik veri ve destek ekipmanları) tam operasyonel kabiliyete ulaşmış olması ile birlikte operasyonel hazırlık değerlendirilmektedir. Herhangi bir sorunlu alan ortadan kaldırılmakta ve üretim hattına girdi sağlanmaktadır. Araştırmalar, işletme ve destek maliyetinin, ortalama kullanım ömrü 30 yılı aşan sistemlerin toplam yaşam döngüsü maliyetinin yüzde 55 ila 70'ini oluşturduğunu göstermektedir (Jones, White , Ryan , & Ritschel, 2014, s. 459). Sistemin yaşam döngüsü, hizmetten çıkarma veya envanterden çıkarma aşamasıyla sona ermektedir. Sistemin yaşam döngüsünün başlarında bir hizmetten çıkarma stratejisi oluşturulmalı ve çevresel, güvenlik ve sağlık kaygıları göz önünde bulundurularak arıza sorumluluğu azaltılmalıdır (Brown, 2010, s. 48).

Teknolojik risk, geliştirilmekte olan bir teknoloji başarısız olduğunda, geciktiğinde veya elde edilmesi beklenenden daha pahalıya mal olduğunda ortaya çıkmaktadır. Gereksinimlerin zaman içinde değişmesine izin vererek ve teknoloji olgunluğunu değerlendirmek için yalnızca olgun teknolojiler (TRL) üreterek, evrimsel tedarik gereksinimleri ve teknolojik riskleri yönetmektedir. Ordu, karşıt araçların dinamik doğası nedeniyle tamamen yeni bir çözüm yaratamaz. Evrimsel tedarik stratejisi kapsamında, spiral ve aşamalı tedarik prosedürleri vurgulanmaktadır. Bu model kapsamında gerekli işletim yetkinliği kullanıcıya aşamalı olarak gösterilmektedir. Amaç, kullanıcıya kapasiteye mümkün olan en kısa sürede ve kademeli olarak erişim sağlamak ve aynı zamanda gelecekteki potansiyel geliştirmeleri hesaba katmaktır (Sylvester & Ferrara, 2003, s. 5).

Üretim tehlikeleri ancak tasarım ve planlama aşamalarında öngörülebilirse etkin bir şekilde yönetilebilir. Ülkenin endüstriyel altyapısı ve teknolojik düzeyi analiz edilirken üretim talepleri de dikkate alınmalıdır. Bakım kapasitesi ve sistemlerin envanterden çıkarılmasının çevre üzerindeki etkileri gibi altyapı gereksinimlerinin tüm yönlerine bakılmalıdır. Aşağıda üretim risklerini tanımak ve uygun karşı önlemleri uygulamak için gereken eylemler sıralanmaktadır (GAO, 2016):

- Sistemin tasarım kararlılığını, olgunluğunu ve üretime hazır olup olmadığını değerlendirmek,
- Sistemin istenen olgunluk derecesine ulaşmak için gereken kaynaklara sahip olup olmadığını değerlendirmek,
- Kullanılacak bileşenler ve malzemeler üzerinde bir risk değerlendirmesi yapmak,
- Üretim hattını, hedeflenen kalite sınırlamaları içinde kalarak sürekli olarak aynı hassasiyet ve kalitede ürünler ürettiğinden emin olmak için değerlendirmek,

- Kalite kontrolünü ve sürekli iyileştirmeyi garanti altına almak için risk analizleri yapmak,
- Üretim çabalarına yardımcı olmak için gerekli sayı ve becerilere sahip personelin mevcudiyetini değerlendirmek,
- Ana yükleniciler ve alt yükleniciler de dâhil olmak üzere tüm üretim ve bakım tesislerinin kapasitelerini ve yetkinliklerini incelemek,
- Konsepti işlevsel ve uyumlu bir sisteme dönüştürmek için gereken tüm bileşenleri düzenlemek.

Görüldüğü üzere, savunma sektörü açısından bakıldığında, herhangi bir ürün geliştirmek yüksek maliyetlidir ve bu maliyetler kamu kaynakları tarafından karşılanmaktadır. Dolayısıyla TRL, kamu kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması açısından da önemli bir araç olarak dikkat çekmektedir ve bütüncül yönleriyle ön plana çıkmaktadır.

2.5.1. Savunma sektöründe TRL uygulama örnekleri

Savunma girişimleri tipik olarak yüksek düzeyde belirsizlik, yüksek harcamalar ve karmaşık bir yasal ortam içermektedir (Becz, ve diğerleri, 2010). Örneğin, aya ilk insanı indirmek ve en yeni araçları, malzemeleri ve yazılımları kullanmak gibi iddialı çabalar doğası gereği öngörülemezdir. Proje başarısı etkilenebilir ve bazı durumlarda projenin sonlandırılması bu belirsizliğin yanlış yönetilmesinden kaynaklanabilir. Papke-Shields ve diğerlerine göre, "demir üçgen" -maliyet, performans ve zaman/süre- proje yönetimi literatüründe bir projenin başarısını belirlemek için en sık kullanılan istatistiktir (Papke-Shields, Beise, & Quan, 2010). Bazı yazarlar proje başarısını sadece iş kapsamının zamanında, bütçe dâhilinde ve yüksek kalitede tamamlanması olarak değil; aynı zamanda projenin çıktıları, sonuçları ve etkilerinin yanı sıra çeşitli paydaşlar tarafından farklı zaman dilimlerinde belirlenen hedeflere ne ölçüde ulaşıldığı olarak tanımlamaktadır (Turner & Zolin, 2012, s. 2).

Önemli taahhütleri üstlenmek ve son derece zor prosedürleri uygulamak için gerekli astronomik masrafları karşılayabilecek araçlara, iradeye, zamana ve dayanıklılığa sahip olan kamu kurumları savunma girişimlerini başlatanlardır. Gerekli tüm kaynaklar yatırılmış ve milyarlarca dolar harcanmış olsa bile bazı girişimler başarısızlığa uğramakta ve tüm çabalar boşa gitmektedir. Buradaki temel mesele, bir savunma projesinin gerekli tüm insan gücüne, kaynaklara ve yeteneklere sahip olmasına rağmen nasıl başarısız olabileceğidir. Bu nedenle,

savunma projelerinin geliştirilmesinde dünya lideri olan Amerika Birleşik Devletleri'nde dahi milyarlarca dolar harcanmasına rağmen iptal edilen projeler söz konusudur.

Savunma programlarıyla ilgili deneyimler, bu girişimlerde başarısızlık olasılığını azaltmak ve başarı olasılığını artırmak için bilgiye dayalı bir karar verme sürecinin kullanılması gerektiğini göstermiştir. Bilgiye dayalı karar verme, bu çerçevede karar vermeyi ve önemli proje taahhütlerinde bulunmadan önce yeterli bilgi edinmeyi ifade etmektedir. Projenin başlangıcında erişilebilir olan kaynaklar, her şeyden önce kullanıcının ihtiyaçlarına uygun olmalıdır. Kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamak için gereken teknolojinin olgunluğu bunu ölçmenin en basit yoludur. İkinci olarak, ürün tasarımının istikrarlı olması ve sistem geliştirme sürecinin ortasına kadar performans gereksinimlerini karşılayabileceğini gösterebilmesi gereklidir. Bu karar, genellikle programın üretime hazır prototipler üretmeye başlamaya ne zaman hazır olduğunu gösteren kritik tasarım incelemesi kullanılarak verilebilir. Üçüncü olarak, üretime geçme kararı verildiğinde ürünün proje, kalite ve maliyet parametreleri dâhilinde güvenilir ve üretilebilir olduğunun kanıtlanmış olması gereklidir. Ayrıca, gerçekçi ortamlarda yapılan testler tasarımın amaçlandığı gibi çalıştığını göstermelidir (GAO, 2020). Savunma sanayi açısından TRL uygulama örnekleri, aslında TRL uygulanmasının “gerekliliğini” göstermektedir.

Future Combat Systems (FCS): FCS, mevcut muharebe sistemlerini güncellemeyi ve çok sayıda sistemi merkezi bir iletişim ağı üzerinden birbirine bağlayarak geleceğin muharebe konseptlerini dönüştürmeyi amaçlayan 200 milyar dolarlık bir savunma projesidir. Proje kapsamında oluşturulan tugaylar teknoloji, program konsepti, endüstri katılımı ve tedarik stratejisi açısından önemli bir ilerlemeye işaret etmektedir. Tugaylar, sofistike sensörlere ve gelişmiş durumsal farkındalığa sahip daha hafif ve mobil sistemlerden oluşmuştur. Kapsamlı bir iletişim ve bilgi ağıyla birbirine bağlı 14 insanlı ve insansız sistemi içeren bu programın ordunun birincil araştırma, geliştirme ve tedarik çabası olması amaçlanmıştır. M-1 Abrams tankı ve M-2 Bradley savaş aracı gibi mevcut sistemlerin FCS ile değiştirilmesi amaçlanmıştır. Orduyu daha hafif, daha modüler ve en önemlisi daha hızlı konuşlandırılabilir hale getirmek amacıyla 1999 yılında başlatılan girişime göre bir tugay dört günde, bir tümen beş günde ve beş tümen otuz günde bir yerden başka bir yere konuşlandırılabilir (Feickert, 2009).

Hedef Gücünü Destekleyen Geleceğin Muharebe Sistemleri



Şekil 2.2. Future Combat Systems (FCS) (Küçükçelebi & Yıldız, 2020)

Nardulli ve McNaugher'e göre, ilk donanımlı FCS biriminin 2011 yılında hizmete girmesi ve kuvvetin bir bütün olarak 2032 yılına kadar bir dönüşüm geçirmesi planlanmıştır (Nardulli & McNaughe, 2002, s. 106). 2003 yılında proje, yeterli teknolojik olgunluğa sahip olmamasına rağmen sistem geliştirme aşamasına geçmiş ve Boeing ve Science Applications International Corporation (SAIC) ana yüklenici olarak seçilmiştir. Boeing ve SAIC, farklı platformlar için yazılım ve donanım oluşturmak ve üretmek üzere Ağustos 2004'te yirmi bir şirketle anlaşma imzalamıştır. FCS projesi, belirsiz ve aşırı iddialı gereksinimler, teknolojik olgunluk eksikliği ve sonraki yıllarda projenin ilerlemesini engelleyen öngörülemeyen tehlikelerin bir araya gelmesi nedeniyle 23 Haziran 2009 tarihinde iptal edilmiştir (RAND, 2012, s. 2).

Projenin başlarında karşılaşılan teknolojik zorluklar belirgin hale gelmiştir. 2006'daki kritik tasarım incelemesine kadar amaç, kritik teknolojileri geliştirmeye devam etmek, bazı teknolojiler gerekli seviyeye ulaşmadığında gereksinimleri değiştirmek için kullanıcılarla birlikte çalışmak ve daha sonra teknolojik gelişmelere ayak uydurarak bu teknolojileri

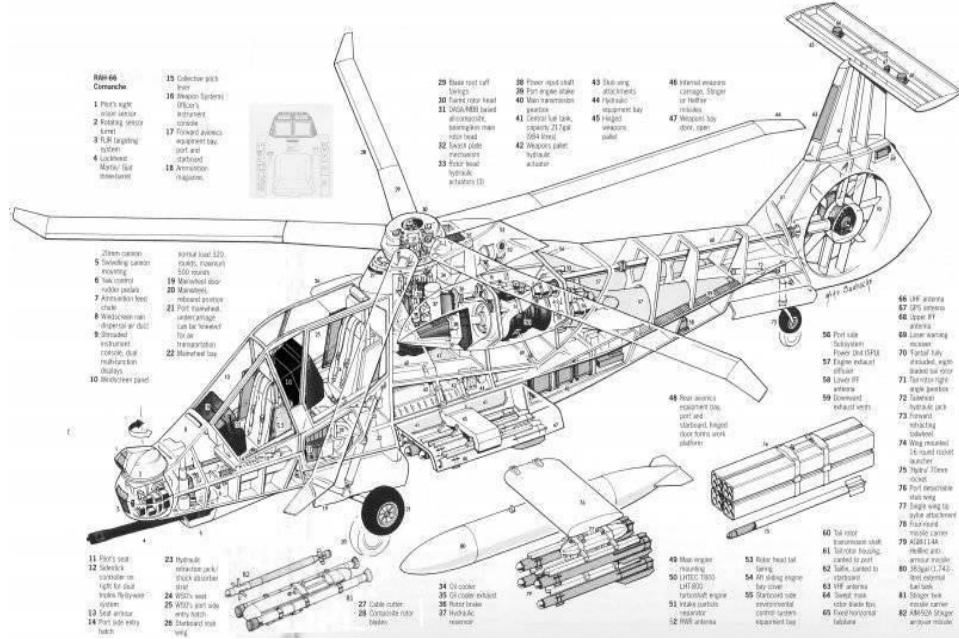
projenin ilerleyen aşamalarında yeniden değerlendirmek olmuştur. Projenin önündeki en büyük engel, hafif ve küçük sistemlerle konuşturılabilirlik gereksinimlerini karşılamaya çalışırken bir yandan da beka ve ölümcüllükle ilgili sorunlar yaşamaktır. Teknoloji ekibi gerekli olan otuz bir teknolojiyi belirlemiş ve bu teknolojilerin sağlanmaması halinde sistemin etkinliğinin zarar göreceği konusunda uyarıda bulunmuştur. Otuz bir temel teknolojiye yedisi TRL 6'da, onu TRL 5'te, onu TRL 6'da ve dördü TRL 5'in altında kalmıştır. Ayrıca, bağımsız teknoloji değerlendirmeleri risk azaltma tekniklerinin makul olduğunu ve TRL seviyelerinin seviye 1 için uygun olduğunu göstermiştir. Ordu, TRL'lerin projeye girişi desteklediği sonucuna varmış olsa da, teknolojilerin çoğu, en iyi uygulamalar normlarına göre olgunlaşmamış olarak kabul edilen TRL seviyelerinde kalması sonucunda proje başarısızlıkla sonuçlanmıştır (GAO, 2003, s. 21).

Saldırı ve keşif helikopteri RAH-66 Comanche: 1984 yılında başlayan RAH-66 Comanche projesi, gizli teknoloji kullanan yeni nesil silahlı keşif ve saldırı helikopterleridir. Özellikle bu amaç için oluşturulmuş ilk helikopterdir. Comanche'nin görevi, düşman hava sahasına girerek tüm savaş alanını keşfetmektir. Çeşitli hedefleri vurmaya yetecek kadar silahla donatılmıştır ve dijital savaş alanında liderliği ele geçirmek için yüksek kapasiteli bilgisayarlar ve iletişim ekipmanlarıyla donatılmıştır. F-22 Raptor'dan daha fazla yazılım hattına sahip olan Comanche, bazıları tarafından dünyanın en sofistike savaş helikopteri olarak adlandırılmıştır (Loeb, 2002, s. 2). Comanche projesinin amacı, ordunun mevcut hafif helikopter gücündeki ciddi kusurları ele alırken muharebe etkinliğini ve beka kabiliyetini önemli ölçüde artırmak şeklinde belirlenmiştir.

Comanche düşük maliyetli, hafif, yüksek teknolojiye sahip, hava muharebe yetenekleri olan ve aynı zamanda silahlı keşif yapabilen bir helikopter olarak tasarlanmıştır. Sistemin "gizlilik" teknolojisi en önemli bileşenini oluşturmuştur. Boeing ve Sikorsky, Comanche'ye gizlilik kabiliyeti kazandırmak için çeşitli strateji ve taktikler uygulamıştır. Uçak, radar kesitini ve tespit edilebilirliğini azaltmak için kızılötesi bastırıcı boya ve radar emici malzemelerle tasarlanmıştır. ABD Ordusu ve Boeing-Sikorsky, Nisan 1991'de altı Comanche prototipi inşa etmek için 2,8 milyar dolarlık bir anlaşma yapmıştır (Galindo, 2000).

Sistemin başlangıçtaki hedefi daha uygun fiyatlı ve verimli bir helikopter oluşturmak olsa da, 1992'de projeye ilişkin yapılan ilk değerlendirmede, projenin başlangıcı ile 1992 arasında birim maliyetin %40 arttığı, Comanche için bakım gereksinimlerinin olduğundan az tahmin edildiği, sistemin bazı temel bileşenlerinde teknik risklerin devam ettiği, görev

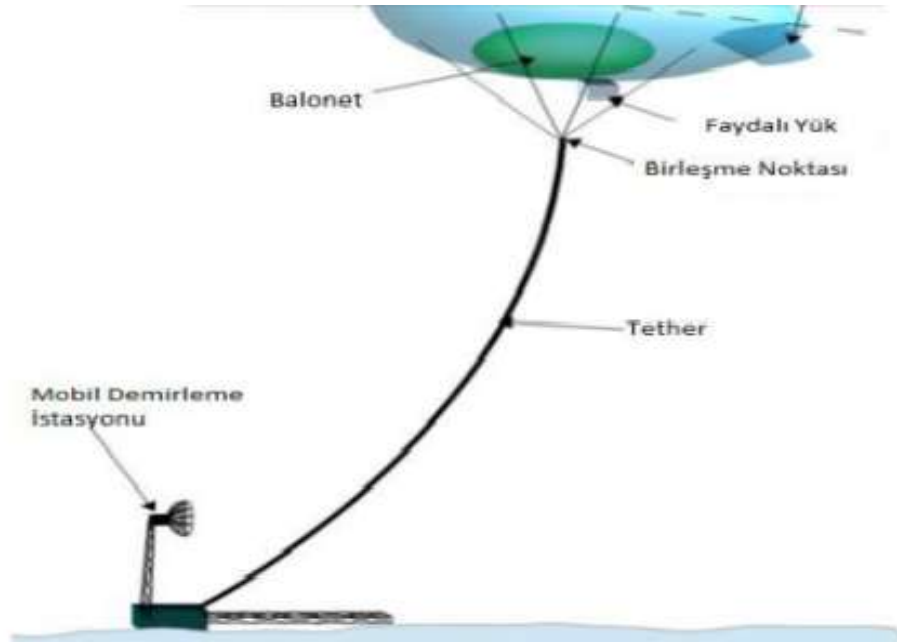
ekipman paketi gibi kritik yazılımların hala geliştirme aşamasında olduğu ve ordunun tehdit algısındaki değişimlerin proje gereksinimlerinde yol açtığı değişikliklerin proje için ciddi riskler oluşturabileceği belirtilmiştir. Değerlendirme aynı zamanda teknolojik hazırlık seviyesinin yetersiz olduğunu vurgulamış ve "kavramsal olarak mümkün olsa da, en son araç üstü test teknolojisinin donanım ile tam bir başarı elde etmek için yeterince olgun olmadığına dair çok sayıda kanıt vardır" sonucuna varmıştır (GAO, 1992, s. 3).



Şekil 2.3. RAH-66 Projesi (TopWar, 2014)

Proje 1993 ve 1994 yıllarında ciddi finansman kesintilerine uğramış, ancak yeniden organize edilmiş ve 1996 yılında ilk uçuş testini gerçekleştirmiştir. Projenin başlangıcında motor TRL 5, rotor TRL 5, ileriye dönük kızılötesi TRL 3, kaska monteli ekran TRL 3 ve entegre aviyonik TRL 3 önemli sistemler için teknolojik hazırlık seviyelerini oluşturmuştur (GAO, 2016, s. 29). Soğuk Savaş'ın daimi savunma duruşunun ortasında, gizlilik donanımlı helikopter vazgeçilmez bir araç olarak görülmüştür, ancak teknolojik kapasiteye sahip jeopolitik bir tehdidin yokluğunda, Comanche bir çözümünden çok bir zorluk yığını gibi görünmeye başlamıştır. Her ne kadar türünün ilk örneği platformlarda olduğu gibi büyük maliyet aşırımları ve teknoloji sorunları olsa da, tasarlanan yetenekler zamanlarının çok ötesinde olmuştur. Sistem tarafından belirlenen ağırlık hedeflerine ulaşamamıştır. Hatta bazıları sistemin ağırlığı nedeniyle görünmez uçağın öngörülen silah yüküyle yerden kalkıp kalkamayacağını bile sorgulamıştır. Projenin 2000 yılına kadar olan yolculuğu, teknolojik olgunluk eksikliği ve kesintili bütçeler olarak özetlenebilir.

Kablolu İHA Sistemleri: Radar, elektro-optik ve kamera sistemleri günümüzde önemli ölçüde gelişmiştir. Bu gelişmelerin bir sonucu olarak, bu sistemler artık keşif ve gözetleme operasyonlarının temelini oluşturmaktadır. İnsansız Hava Aracı günümüzde mevcut en etkin keşif ve gözetleme tekniklerinden biridir. İHA sistemleri artık askeri ve savunma sektörlerinin yanı sıra sivil ortamlarda da kullanılmaktadır (Bajoria, Mahto, Boppana, & Pant, 2017). Ancak zaman geçtikçe, bir dizi İHA sistemi kullanım kısıtlaması belirli uygulama alanlarında sorunlara neden olmaya başlamıştır. Bu kısıtlamaların en önemlileri arasında kısa uçuş süreleri ve zayıf kargo yetenekleri yer almaktadır. Kablolu İHA sistemleri ve modelleri bu soruna bir çözüm olarak geliştirilmektedir. Bu İHA'lar gözlem ve keşif için ihtiyaç duyulan faydalı yükler ile gerekli yüksekliklere ulaşabilmektedir.



Şekil 2.4. Kablolu İHA Sistemi (Küçükoğlu, 2023)

Son yıllarda kablolu İHA sistemleri dünya çapında daha yaygın hale gelmiştir. Özellikle askeri tesislerde, taşıdıkları kameralar ve diğer ekipmanlar nedeniyle güvenlik amacıyla kullanılabilmektedir. Askeri bölgelerde potansiyel tehditlere karşı ekstra güvenlik önlemi olarak polis araçlarına monte edilmektedirler. Bağlı aerostat cihazları ise daha yüksek irtifalarda uzun süreler boyunca havada kalabilmektedir (Pant, Komerath, & Kar, 2011).

Gelişmiş ülkelerin çoğu, sınırlar boyunca ve potansiyel terörist saldırı bölgelerinde izleme ve keşif için düzenli olarak kablolu aerostat sistemleri kullanmaktadır. Bazı Türk şirketleri 2015 yılından bu yana bu sistemleri geliştirmeye başlamıştır. Bunun temel nedeni,

sistemin sürekli güç sağlamak için bir kablo kullanması ve kullanıcıyı kısa uçuş süreleriyle uğraşmaktan kurtarmasıdır. Ayrıca, sistem verileri kablo üzerinden ilettiği için taşınan verilerin karıştırılması ve/veya engellenmesi büyük ölçüde önlenmektedir. Uzun menzilli, uzun havadan kablolu İHA sistemleri, kritik tesis güvenliği, sınır güvenliği, iletişim, keşif ve gözetleme, arama ve kurtarma ve daha fazlası dahil olmak üzere çeşitli uygulamalar için standart döner kanatlı veya sabit kanatlı İHA'lardan daha iyi performans göstermektedir. Faydalı yük kapasitesi ve uzun uçuş süresi, kablolu İHA sistemlerini uygulama için daha avantajlı hale getirirken, yerde belirli bir noktaya sabitlenmeleri nedeniyle sınırlı operasyonel alanları bir dezavantaj gibi görünebilir. Ancak TRL uygulama örneği olarak değerlendirildiğinde söz konusu araçların özellikle Türkiye gibi ülkelerde “vazgeçilmez bir ihtiyaç” olarak değerlendirilmesi, bundan dolayı TRL’lerin önemi ortaya çıkmaktadır (Pant, Komerath, & Kar, 2011). Nitekim Türkiye, İHA ihraç edebilecek kapasiteye ulaşmıştır, bu da TRL kullanımının etkinliğini göstermektedir.

2.6. TRL’ye Yapılan Eleştiriler

TRL uygulamaları savunma sektöründe yaygınlaştıkça, çeşitli programlardaki çok sayıda yönetici bunları denemiş ve değerlendirmiştir. TRL, teknoloji yönetimi ve risk yönetiminde kullanımı nedeniyle yaygın olarak övülmesine rağmen, literatürde kusurları nedeniyle çok fazla eleştiri almıştır. Sistem mühendisliği ile yakından ilgili olan TRL sistemi, büyüdükçe kapsamlı bir yol haritası sunamaması ve teknolojik eskime gibi önemli bir risk faktörünü göz ardı etmesi nedeniyle eleştirilmektedir (Valerdi & Kohl, 2004; Sauser, Ramirez-Marquez, Verma, & Gove, 2006).

Valerdi ve Kohl, TRL’yi bir risk yönetimi aracı olarak daha pragmatik bir bakış açısıyla ele almışlardır. Teknoloji hazırlığı arttıkça, bununla ilişkili tehlikelerin giderek azaldığı yaygın olarak kabul edilmektedir. Valerdi ve Kohl, TRL’nin önemli bir zayıflığını ele alan bir risk yönetimi aracı yöntemi oluşturmak için bunun ötesine geçmelerine rağmen, bu bakış açısına katılmaktadırlar. Proje yöneticilerine, teknoloji ilerledikçe ortaya çıkması beklenen tehlikeler konusunda TRL tarafından yeterince rehberlik edilmemektedir (Valerdi & Kohl, 2004). Örneğin, bir teknoloji ilerledikçe aradan zaman geçebilir ve başka teknolojiler ortaya çıkabilir. Buna göre, TRL, proje yöneticisini eskime veya geliştirilmekte olan teknolojinin modasının geçmesi riskine karşı uyarmaması bakımından dezavantajlı durumda olabilmektedir.

Cornfold ve Sarsfield'e göre, dil ve kültürün önemi bazen büyük ölçüde göz ardı edilmektedir ve günümüzde kullanılan TRL değerlendirme yöntemleri öncelikle nitelikseldir (Cornford & Sarsfield, 2004). Olechowski ve diğerleri TRL'ye yönelik itirazlarını üç ana kategoride toplamıştır (Olechowski, Eppinger, & Joglekar, 2015). Bunlar, değerlendirmenin geçerliliği, planlama ve gözden geçirme ve sistem karmaşıklığıdır. Sistem karmaşıklığı, TRL değerlendirmelerinin onlarca hatta yüzlerce teknolojinin olgunluğunu değerlendirmesinin bir sonucudur ve bu da önemli miktarda zaman ve çaba gerektirmektedir. Ayrıca, değerlendirme alt sistem bazında yapılırken, sonuçların sistem bazında takip edilmesi ve bunun da entegrasyon sorunlarına neden olması anlamına gelmektedir. Teknolojik hazırlık düzeyindeki ilerlemelere dayalı olarak sistem geliştirme sürecinde yapılan seçimler, planlama ve gözden geçirmenin ima ettiği sorun alanının içindedir. TRL'nin şirketin mevcut iş prosedürlerine entegrasyonunun olmaması bu sorunlara yansımaktadır. Ek bir eleştiri de TRL değerlendirmelerinin, anlık görüntülere benzer şekilde, sürecin mevcut büyüme durumunu tasvir etmekte başarısız olduğunu öne sürmektedir. Değerlendirmenin geçerliliğine yönelik eleştirilerde esasen sürecin tarafsızlığı vurgulanmaktadır. Özellikle karmaşık sistemlerde hangi hazırlık seviyesine ulaşıldığını değerlendirmek son derece zordur. Bu gibi durumlarda, birincil faktör değerlendiricinin prosedüre ilişkin olumlu ya da kötümser görüşü olabilir (Olechowski, Eppinger, & Joglekar, 2015).

Bir diğer eleştiri ise süreçler, metodolojiler, algoritmalar ve yazılım mimarileri gibi donanım ve yazılımla tam olarak örtüşmeyen teknolojilerin TRL yaklaşımıyla kullanılamayacağıdır (Graettinger, Garcia, Sivi, Schenk, & Syckle, 2002). Bir başka görüş ise TRL sisteminin modelleme ve simülasyonla ilgili teknolojiler için yetersiz olduğu yönündedir (Clay, Marburger, Shneider, & Trucano, 2006). TRL yaklaşımında yazılım geliştirme yaşam döngüsü ve geliştirme tekniğine ilişkin yeterli açıklığın bulunmaması, TRL'nin yazılım teknolojilerindeki en önemli ve cazip olmayan özelliklerinden biridir. Yazılım sürekli gelişen bir teknolojidir ve olgunlaşmasına rağmen büyük değişiklikler sorun olarak görülmemektedir. Ancak TRL, yazılım geliştikçe değişikliklerin sıklığının azalacağını ve geliştiricinin değişikliklerin ne zaman ve nasıl yapılacağı konusundaki kontrolünü kaybedeceğini ileri sürmektedir (Smith, 2005).

3. SAVUNMA SANAYİ SEKTÖRÜNDE TEKNOLOJİ ÖLÇÜMÜ MODEL ÖNERİSİ: SİSTEMATİK DERLEME

3.1. Yöntem

3.1.1. Araştırmanın amacı ve yöntemi

Tarihin başlangıcından bu yana insanların en temel ihtiyaçlarından biri savunma ve güvenlik olmuştur. İnsanlar o kadar uzun süre bir arada yaşamışlardır ki, artık güvenlik ve savunma da dâhil olmak üzere temel gereksinimlerini bir otoritenin sağlaması gerekmiştir. Bu otoritenin sağlanması için toplumsal sözleşmelerden doğan devlet kavramı, günümüze kadar varlığını çeşitli şekillerde devam ettirmiştir. Toplumsal düzeni ve güvenliği sağlamak, olası risk ve tehlikelere karşı çeşitli önlemler almak devletin sorumluluğundadır. Ayrıca devlet, ulusun hem iç hem de dış güvenliğini garanti altına alma ve ulusu dış tehditlere karşı savunma ve koruma sorumluluğunu taşımaktadır.

Günümüzde bir devletin hem siyasetteki hem de ekonomideki etkisini belirleyen en önemli faktörlerden biri savunma sektörüdür. Devletler, ulusal egemenliklerini korumak ve hedeflerine ulaşmak için ulusal güç unsurlarını akıllıca kullanmakta ve bu konuda önemli politikalar oluşturmaktadır. Güçlü ve caydırıcı silahlı kuvvetler ya da güçlü bir savunma sanayi ile ülkeler kendi güvenliklerini sağlayabilmek için sürekli olarak çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Burada belirtilmesi gereken unsur, “savunma” kapsamında caydırıcılıktır (Zhussipbek, 2009, s. 73). Başka bir ifadeyle, savunma sektörü olası tehditlere karşı gerçekleştirilen faaliyetler olarak ön plana çıkmaktadır.

Ancak savunma sanayi yalnızca ulusal bütünlüğü korumak açısından değil, aynı zamanda ekonomik açıdan da önemlidir. Bu kapsamda, diğer sektörlerle göre daha geniş kapsamlı olduğundan ve daha fazla iş imkânı sunduğundan ülkelerin ekonomik olarak da refaha kavuşabilmesi, sanayi sektörünün ayrıcalığını göstermektedir (Giray, 2004, s. 182). Ayrıca, savunma sektörü ile en yeni ekipman ve bilimsel teknikleri kullanarak bilim ve teknolojiyi ülke adına geliştirmek de mümkündür. Dolayısıyla savunma sanayi, devletlerin egemenliklerini savunmak için her türlü tehdit ve tehlikeye karşı sürekli hazırlıklı olmalarını garanti eden kapsamlı bir alan olarak özetlenebilir. Bu alan, bir ulusun ulusal güvenliği için çok önemlidir ve çok belirleyicidir.

Günümüzde bireyler, şirketler ve uluslar için rekabet avantajını sürdürmek her geçen gün daha fazla teknolojinin ilerlemesine ve dönüşümüne bağlı hale gelmektedir. Günümüz ortamında başarı için teknoloji ve bilgiye erişmek, bunları etkin bir şekilde nasıl kullanacağını anlamak, yaşam boyu öğrenme ve adaptasyon için kapasite yaratmak ve bunların sürdürülebilir olmasını sağlamak gerekmektedir. Bir ulusun bilgi ve teknolojiyle başa çıkma becerisi, ekonomik olarak genişleme ve rekabet üstünlüğünü koruma becerisini doğrudan etkilemektedir. Buna bağlı olarak, ulusların hali hazırda mevcut olan teknolojileri kullanmaktan daha fazlasını yapmaları gereklidir; aynı zamanda yeni teknolojiler yaratma ve uygulama kapasitelerini de güçlendirmeleri vazgeçilmez bir ihtiyaçtır (Küçükoğlu, 2023, s. 16). Her ne kadar küreselleşme ve modernleşme yaşansa da savaş, günümüz koşullarında kaçınılmaz bir gerçeklik olarak dikkat çekmektedir. Bu sürece dâhil olan tek kuruluş devletler değildir; şirketler ve bireyler de uyum sağlama ve öğrenme yeteneklerini sürekli olarak geliştirmelidir. İçinde bulunduğumuz hızlı teknolojik ilerleme döneminde, bir ulus sadece anlık taleplerini karşılamayı göze alamaz, çünkü yeterli değildir.

Gelecekteki talepleri karşılamak, kıt kaynakların kullanımını en üst düzeye çıkarmak ve rekabet gücünü artırmak için teknoloji seçimi stratejik bir vizyon gerektirmektedir. Teknoloji seçim sürecinde dikkate alınması gereken en önemli unsurlardan biri kıt kaynakların verimli kullanılmasıdır. Bir ülkenin öncelikleri ve ihtiyaçları doğrultusunda teknoloji seçimleri yapmak, sınırlı kaynaklarının mümkün olan en iyi şekilde kullanılmasını garanti etmektedir. Bu da mali kaynakların ve insan kaynaklarının uygun şekilde tahsis edilmesini gerektirmektedir. Doğru teknolojilerin seçilmesi ve bunlara doğru yatırımların yapılması, kaynakların kıt olduğu durumlarda bir ülkenin kalkınmasında çok önemli adımlardır. Uygun teknolojinin seçilmesi, ekonomik büyümeyi teşvik etmenin yanı sıra rekabet avantajının sürdürülmesi için de gereklidir. Yatırım kararları alınırken mevcut ihtiyaçların yanı sıra gelecekteki talepler de göz önünde bulundurulmalıdır. Bir ülkenin kalkınma hedeflerine ulaşabilmesi için yatırımların uzun vadeli bir perspektife sahip olması önemlidir. Bu da kıt kaynakların hem bugün hem de gelecek için kullanılması anlamına gelmektedir.

Mevcut araştırmanın önemi, günümüz rekabet ve savaş koşullarında teknolojiden faydalanmanın gerekliliğini, konu hakkında yapılan çalışmalardan çıkan sonuçları göstermesiyle açıklanabilir. Bu kapsamda sistematik derleme yöntemi ile savunma sanayi sektöründe teknoloji kullanımına ilişkin literatür çeşitli değişkenler açısından incelemiş ve analiz etmiştir. Sistematik derleme, belirli araştırma sorularına yanıt elde etmek için, bu

konularla ilgili makalelerin önceden belirlenmiş ölçütlere göre tanımlanmasını, kategorize edilmesini ve sentezlenmesini içeren bir araştırma sürecidir (Yılmaz, 2021). Sistematik bir derlemede, bir konu hakkında yapılan araştırmalara dayanarak belirli sonuçlara varmak ve bu konuda kavramsal bilgi toplamak mümkün olmaktadır (Hanley & Cutts, 2013). Çalışılan konuyla ilgili kapsamlı bir literatür taraması, sistematik bir incelemeye dahil edilecek çalışmaların kapsamını belirlemeye yönelik ilk adımdır ve daha sonra farklı dahil etme ve hariç tutma kriterlerine göre daraltılmaktadır (Karaçam, 2013).

3.1.2. Araştırmanın sorusu

Teknolojik modeller savunma sanayi sektörü açısından neyi ifade etmektedir?

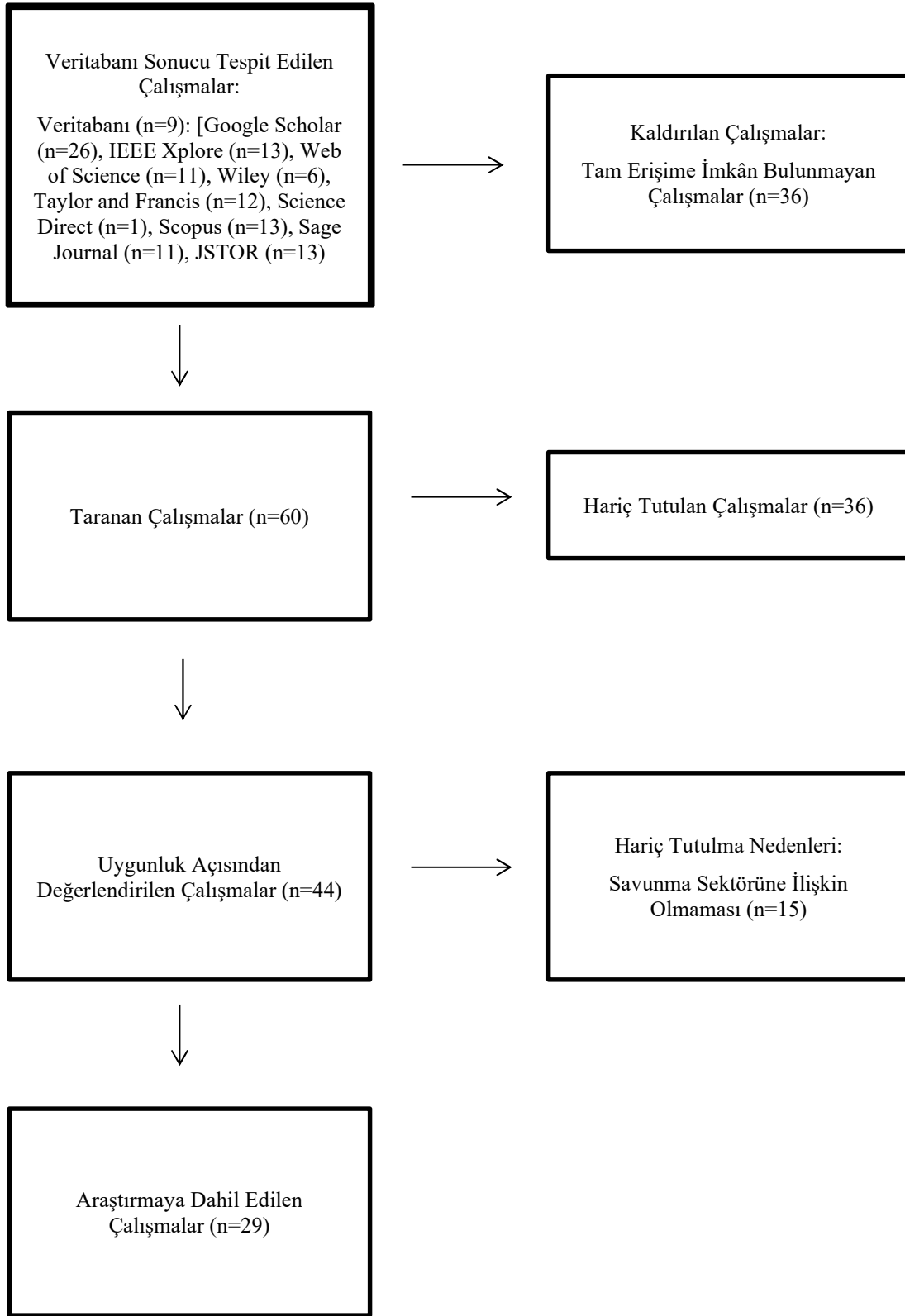
Mevcut araştırmadan yola çıkarak, analiz edilen çalışmalarda savunma sanayi sektörü ve teknoloji arasındaki ilişkinin ne olduğu saptanmaya çalışılmış, bu kapsamda; her şeyden önce teknolojik modellerin savunma sanayi sektörü açısından neyi ifade ettiği ve teknoloji hazırlık düzeyinin neden önemli olduğu sorusuna cevap aranmıştır. Dolayısıyla, savunma sektöründe teknolojik olgunluk seviyesini yükselten kapsamlı bir model ortaya koymak için hangi özel eylemler yapılabileceğine ilişkin yeni bir soru ortaya çıkmıştır. Her ülkenin coğrafyası, siyasal kültürü ve ekonomisi başta olmak üzere birçok özelliği değişiklik göstermektedir. Bu durum, savunma gereksinimine bakışını şekillendirmektedir. Mevcut araştırmanın bu anlamda en temel sorularından biri de “hangi teknolojik modelin” veya “hangi yöntemlerin” uygun olabileceğinin, ele alınan çalışmalar kapsamında değerlendirilmesi olmuştur.

3.1.3. Veri toplama araçları

Mevcut araştırmada, Google Scholar, IEEE Xplore, Web of Science, Wiley, Taylor and Francis, Science Direct, Scopus, Sage Journal ve JSTOR dâhil olmak üzere dünya çapında savunma sanayi sektörü ve teknolojik modeller üzerine yapılan çalışmalar için uluslararası veri tabanları taranmıştır. Teknolojinin gelişimi özellikle son yıllarda başta yapay zekâ olmak üzere çeşitli açılardan geliştiği için son beş yıldaki çalışmalar ve henüz içinde bulunduğumuz yıl tamamlanmadığı için bu yıl yapılan çalışmalar da dâhil edilmiştir. Başka bir ifadeyle, 2019 ile 2024 yılları arasındaki aralık belirlenmiştir. Tarama sürecinde İngilizce veya Türkçe yazılmış ve başlığında veya özetinde “Defense Industry (Savunma Sanayi)”, “Technology Readiness Levels”, “Maturity Model”, “Improvement”, “Teknoloji Hazırlık Seviyesi Modeli”, “Savunma Projeleri”, “Teknoloji Yönetimi”, “Technology Assessment Method”, “Teknoloji Değerlendirme” terimleri geçen çalışmalar seçilmiştir.

Tarama sonucunda oldukça fazla kaynağa ulaşılmıştır ancak mevcut araştırmanın temelini savunma ve savunma sektörü oluşturduğu için (en temel dışlama kriteri), söz konusu kavramları içermeyen çalışmalar dahil edilmemiştir. Bilimsel hakemli bir yayında yayınlanmış bir makale olması, İngilizce veya Türkçe olması ve tam metin erişimine sahip olması gibi uygunluk koşulları nedeniyle, mevcut sayı 66'a indirilmiştir. Dahil etme kriterlerinin son adımı, makalelerin içeriğinde “savunma sektöründe teknolojik model” bulunması olmuştur. Sonuç olarak, sistematik derleme 29 çalışma içermiştir.

Yeni ve kısıtlı bir alanda az sayıda araştırmaya sistematik derleme çalışmasıyla erişilebilmesi mümkündür. Başka bir ifadeyle, sistematik derlemede az sayıda çalışmanın olması, güvenilirliği artıran unsurlardan biridir (Slyer, 2016). Karaçam'a göre bir sistematik derleme çalışması en az iki çalışmayı içermelidir (Karaçam, 2013). Bununla birlikte, dahil edilmeye uygun çalışma bulunmadığı durumlarda sıfır çalışma içeren sistematik derleme çalışmaları da oldukça yaygındır (Yaffe, Montgomery, Hopewell, & Shepard, 2012). Savunma her ne kadar insanlık tarihi kadar eski bir konu olsa da teknolojik modellerin kullanılması, alanın yeniliği ve sınırlılıkları anlamına gelmektedir. Bu durum göz önüne alındığında, 66 araştırmadan 29 yayının incelemeye dahil edilmesi makul bir durum olarak yorumlanabilir. Mevcut araştırmada, metodik ve verimli bir yaklaşım sağlamak için PRISMA paradigması uygulanmıştır (Page, ve diğerleri, 2021). Aşağıdaki şekilde, bu şekilde üretilen PRISMA modeli uygulama adımlarını gösterilmektedir.



Şekil 3.1. PRISMA Modeli Uygulama Aşamaları

3.1.4. Veri toplama

Mevcut araştırmada kullanılan veri analiz yöntemi, sistematik derlemenin doğası gereği uygun olan ve aynı konudaki farklı çalışmaların belirli bir sırayla eğilimlerine bakmak için kullanılan betimsel içerik analizidir (Bellibaş & Gümüş, 2018). Araştırmaya dayanarak, yirmi dokuz çalışma betimsel içerik analizi kullanılarak değerdendirilmiştir. Excel uygulamasında, her çalışma belirlenen kategorilere göre sınıflandırılmıştır. Bu kategoriler yıl, çalışmanın dili, ülke, veri analiz teknikleri, teknoloji hazırlık düzeyi ve teknolojik olgunluğa duyulan ihtiyacın gerekçeleri ve terimlerin açıklamalarıdır.

3.2. Bulgular

Mevcut sistematik derleme çalışmasından elde edilen tablolar ve söz konusu tablolara ilişkin açıklamalar aşağıda yer almaktadır.

Tablo 3.1. Yıllara Göre Makale Sayıları

Yıl	Makale Sayısı
2019	3
2020	5
2021	7
2022	6
2023	2
2024	6

Yıllara göre makale sayılarına bakıldığında, en fazla çalışmanın 2021 ve 2022 yılında gerçekleştirildiği görölmektedir. Son yıllarda teknolojinin gelişimi ve savunmanın önemi düşünöldüğünde, konu hakkındaki çalışmaların ulusal ve uluslararası alanda artacağını belirtmek mümkündür.

Tablo 3.2. Dillerine Göre Makale Sayıları

Dil	Makale Sayısı
İngilizce	16
Türkçe	13

Mevcut araştırma kapsamında ele alınan çalışmalarda, İngilizce ve Türkçe oranının birbirine yakın olduğu görölmektedir. Türkiye’de konu hakkında yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır, bunun sebeplerinin başında ise Türkiye’nin savunma sanayi sektöründe milli bir yaklaşım sergileme amacı gelmektedir.

Tablo 3.3. Anahtar Kelimelere Göre Makale Sayıları

Anahtar Kelime	Makale Sayısı
Defense Industry (Savunma Sanayi)	29
Technology Readiness Levels	11
Maturity Model	5
Improvement	4
Teknoloji Hazırlık Seviyesi Modeli	7
Savunma Projeleri	4
Teknoloji Yönetimi	5
Technology Assessment Method	2
Teknoloji Değerlendirme	3

Teknoloji ve savunma söz konusu olduğunda ekonomik, politik ve kültürel boyutlardan bahsedebilmek mümkündür. Tabloda, anahtar kelimelere göre çalışmaların bir sınıflandırılması söz konusudur. Belirtmek gerekir ki “Defense Industry (Savunma Sanayi)” anahtar kelimeleri mevcut araştırmanın temelini oluşturmaktadır. Başka bir ifadeyle, ele alınan çalışmaların en temel dışlama ve dahil etme kriteri söz konusu kavramdır. Dolayısıyla yukarıdaki tabloda, anahtar kelimeler toplandığı zaman karşılarında, mevcut araştırma kapsamında ele alınan makale sayısından daha fazla bir sayı çıkmaktadır. Bu durum, bir anlamda, belirlenen anahtar kelimelerin birbirleriyle ilişkili olmasını da açıklamaktadır.

Tablo 3.4. Yazar veya Yazarların Savunma Sanayisi ile Teknoloji Arasındaki İlişkiye Bakış Açıları

Yazar(lar)	Bakış Açıları
(Pendleton, 2019)	Modern orduların operasyonel başarısı ve hazır olma durumu, teknoloji ve savunma sektörü arasındaki etkileşimden doğrudan etkilenmektedir. Yeni güvenlik ortamında başarı için, 2018 Ulusal Savunma Stratejisi'ne göre, tüm çatışma yelpazesi boyunca hazır olma durumunun yeniden tesis edilmesi ve sürdürülmesi esastır. Bu bağlamda, askeri hazırlığı iyileştirmek ve büyük muharebe operasyonlarına hazır olmayı garanti altına almak için çok sayıda girişimde bulunulmuştur. Personel, teçhizat ve eğitim, bu girişimlerin iyileştirmelerin yanı sıra zorlukları da beraberinde getirdiği alanlar arasındadır.
(İslam, 2019)	Savunma sektörü ve teknoloji arasındaki ilişki, geçmişte, günümüzde ve gelecekte askeri yeteneklerin ilerlemesine doğrudan yansımaktadır. Ayrıca, askeri gücün temel ilkelerini anlamak, savunma sektörünün gelişimini ve teknolojik ilerlemelerini anlamak için gereklidir.
(İrfan, Bura, & Yansyah, 2019)	Savunma sektöründe, sağlam bir temel oluşturmak, sürdürülebilirliği garanti altına almak ve ulusal çöküşü önlemek için kendi kendine yeterlilik esastır. Bu bağlamda, Güney Kore ve Endonezya arasında 2009 yılında imzalanan ortak geliştirme işbirliği anlaşması, 4.5 nesil savaş uçağının geliştirilmesi konusunda önemli bir örnek teşkil etmektedir. Teknoloji satın almak, askeri sanayinin büyümesi için temel ön koşullardan biridir. Ancak bu yaklaşım sıklıkla önemli sorunlara yol açmaktadır. Kimi zaman Kritik Teknoloji Unsurları olarak da adlandırılan ve teknolojinin ilerlemesi için hayati önem taşıyan temel teknolojilerin lisanslarının alınması özellikle karşılaşılan güçlükler arasındadır. Havacılığın pek çok alanında kullanılan ana teknolojilerden biri savaş uçağı simülatörüdür. Savaş uçağı teknolojisinin ilerlemesine bu teknoloji büyük ölçüde yardımcı olmaktadır.
(Küçükçelebi & Yıldız, 2020)	Geçtiğimiz birkaç yıl içinde, İnsansız Hava Aracı (İHA) sistemleri hem askeri hem de sivil uygulamalarda keskin bir artış göstermiştir. Gelişen teknoloji sayesinde İHA'lar çeşitli uygulamalarda giderek daha kullanışlı hale gelmektedir. İHA'lar diğer dezavantajlarının yanı sıra yalnızca küçük faydalı yükler taşıyabilir ve sınırlı uçuş sürelerine sahiptir. Bu cihazlar askeri operasyonlarda, özellikle de keşif ve gözetleme

	görevlerinde önemli faydalar sağlamaktadır. Sürekli olarak yüksek irtifalarda görev yapabilme kapasiteleri, düşman hareketlerinin izlenmesi ve hayati önem taşıyan bölgelerin sürekli olarak gözetlenmesi gibi görevlerde kullanılmaktadır.
(Harrison, ve diğerleri, 2020)	Çağdaş orduların etkinliği ve hazırlığı, teknoloji ile savunma sektörü arasındaki bağlantıdan doğrudan etkilenmektedir. Savunma sanayinin birçok sektörü büyük ölçüde teknolojik gelişmelere bağlıdır ve bu ilişki birçok farklı açıdan incelenebilir. Teknik ilerlemeler ve yenilikler savunma sektörünü her zaman etkilemektedir. Bir ulus kendi teknolojik altyapısını kurduğunda ve kritik askeri ihtiyaçlarını kendi başına karşılayabildiğinde, savunma sektöründe kendi kendine yeterli olduğu ifade edilebilir. Savunma teknolojisi harcamaları, bir bütün olarak teknoloji endüstrisinin ilerlemesine, ekonomik büyümeye ve askeri kabiliyete yardımcı olmaktadır. Ülkeler, uluslararası savunma sanayi işbirliği yoluyla teknolojik uzmanlık ve kaynak alışverişinde bulunarak savunma yeteneklerini geliştirebilirler. Askeri planlar ve güvenlik direktifleri en ileri savunma teknolojileri ile desteklenmektedir. Modern savunma planları büyük veri analitiği, yapay zekâ ve siber güvenlik gibi yeni teknolojiler etrafında şekillenmektedir.
(Dixit, Chinnam, & Singh, 2020)	Diğer sektörlerle kıyaslandığında, teknoloji ve savunma sektörü arasındaki ilişki gözle görülür şekilde farklıdır. Bu farklılıklar üretim sayıları, üretim programları ve platform ömürleri de dâhil olmak üzere bir dizi alanda ortaya çıkmaktadır. Savunma sektöründeki platformlar birkaç yıl içinde geliştirilebilir ve uzun yıllar boyunca operasyonel kalabilir. Bu uzun kullanım sürelerine uyum sağlamak için platformların sık sık güncellenmesi gerekir. Ticari sektörde maliyet sıklıkla göz önünde bulundurulmuş önemli bir husus iken, savunma sektöründe ana husus değildir. Üretilebilirlik tasarımı söz konusu olduğunda, sistem performansı ve güvenilirlik maliyetten daha önemlidir. Teknoloji ve savunma sanayi, sektörün karşılaştığı özel ihtiyaçlar ve zorluklar nedeniyle karmaşık ve dinamik bir etkileşime sahiptir. Savunma sektörünün yaşayabilir ve etkili kalabilmesi için, malzeme hazırlığı ve teknik atılımlar hakkında zamanında ve kesin kararlar alınması şarttır.
(Baki & Serdar, 2020)	Savunma endüstri, Endüstri 4.0 teknolojisinin benimsenmesinin bir sonucu olarak büyük bir değişim geçirmektedir. İşletmelerin teknolojik gelişmelere uyum sağlayabilmeleri ve rekabetçi kalabilmeleri için belirli olgunluk modellerini ve tekniklerini benimsemeleri gerekmektedir. "Endüstri 4.0" terimi, yeni teknolojilerin nasıl entegre edildiğini tanımlamaktadır. Bu teknolojiler üretim prosedürlerini kolaylaştırmakta ve üretkenliği artırarak savunma sektörünün dijital dönüşümünü hızlandırmaktadır. İşletmeler Endüstri 4.0 teknolojisine geçerken, olgunluk modelleri çok önemlidir. Bu modeller bir şirketin mevcut durumunu değerlendirir ve dijital dönüşümün mevcut aşamasını belirler. Savunma sektöründeki olgunluk modelleri kullanılarak, bir şirketin dijital dönüşüm sürecindeki konumu tespit edilebilir. Bu modeller, şirketlerin olgunluk derecelerini belirleyerek dijital dönüşüm planlarını optimize etmelerine yardımcı olmaktadır.
(Cheng, ve diğerleri, 2020)	Savunma sektörü, hayati tesisleri korumak ve gelişen teknolojilere ayak uydurmak için sürekli değişmelidir. Endüstriyel kontrol sistemleri, Endüstri 4.0 ve Endüstriyel İnternet'in bir sonucu olarak değişim kaçınılmazdır. Bu değişimin etkileri, nükleer enerji için endüstriyel kontrol sistemleri gibi güvenlik gereksinimlerinin yüksek olduğu alanlarda özellikle belirgindir. Savunma sektörü, nükleer enerji gibi hayati altyapılarda kullanılan endüstriyel kontrol sistemlerinin güvenliğine büyük önem vermektedir. Bu sistemlerin sıkı güvenlik gereksinimleri vardır, bu nedenle sürekli olarak güncellenmekte ve geliştirilmektedirler. Geleneksel güvenlik teknikleri, bilinen saldırılara karşı koruma sağlamakla sınırlı olduğundan, yeni tehditlere karşı koymak için yeterli olmayabilir. Bu nedenle yaratıcı savunma taktiklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Güvenlik seviyesini yükseltmek için tasarlanan sistemlerin etkinliği laboratuvar simülasyonları kullanılarak test edilir. Bu simülasyonlar yeni güvenlik önlemlerinin uygulanabilirliğini değerlendirmek için gereklidir. Güvenlik çözümlerinin uygulanma şekli büyük ölçüde sistem mimarisine bağlıdır. Taklit nesne depolama sistemleri gibi çözümleri sistem mimarisine dâhil etmek mümkündür. Savunma sektörü teknik gelişmelere hızla ayak uydurmalı ve bunları kendi gereksinimlerine uyacak şekilde değiştirmelidir. Bu, mevcut sistemlerin güvenliğini artırmanın yanı sıra ortaya çıkan tehditlere karşı savunma yapmak için de gereklidir.
(Lee, 2021)	Çağdaş askeri taktik ve operasyonlarda, savunma sektörü ile teknoloji arasındaki etkileşim giderek daha önemli hale gelmektedir. Özellikle, savaş farkındalığını

	artırarak, savunmada yapay zekâ teknolojisinin uygulanması stratejik avantajlar sunmaktadır. Sıralı bir şekilde bir araya getirilen YZ algoritmaları savaş farkındalığını artırabilir. Yapay Zekâ, bilgi operasyonları, siber operasyonlar, komuta ve kontrol, yarı otonom ve otonom araçlar ve otonom silah sistemleri dâhil olmak üzere geniş bir askeri uygulama yelpazesine sahiptir. Teknolojideki ilerlemelerin ve bunların operasyonel faydalarının hızlı bir şekilde benimsenmesi için askeri sektör tarafından stratejik stratejiler oluşturulmalıdır. Savaş alanında üstünlük elde etmek için yapay zekânın savunma sistemlerine dâhil edilmesi gerekmektedir. Yapay zekâ gibi son teknolojilerin savunma sistemlerine dâhil edilmesi, savunma sektörü ile teknoloji arasındaki bağı daha da güçlendirmektedir. Bu ortaklık, askeri operasyonlarda stratejik avantajlar sunmakta ve savunma sektörünün verimliliğini artırmaktadır.
(Bissing, 2021)	Teknoloji ve savunma sanayi arasındaki bağlantının önemli bir yönünü anlamak için, teknoloji hazırlık seviyelerinin sektördeki maliyet artışı üzerindeki etkisini analiz etmek zorunludur. Daha yerleşik teknolojilerin kullanılması, maliyet artışını kontrol etmek için savunma sanayii girişimlerinde kilit bir yaklaşım olabilir. TRL seviyelerinin ve diğer önemli faktörlerin kapsamlı bir şekilde incelenmesi, savunma sektöründeki teknoloji yönetimi ve yatırım seçimleri için önemli bilgiler sağlayabilir. Savunma sanayisi ve teknolojinin dinamik etkileşimi, girişimlerin başarısı ve uygulanabilirliği için çok önemlidir. Farklı teknolojik olgunluk seviyelerinin zamanlama ve maliyetleri nasıl etkilediğinin daha iyi anlaşılması, stratejik planlama ve savunma proje yönetiminin iyileştirilmesine yardımcı olur.
(Martínez-Plumed, Gómez, & Hernández-Orallo, 2021)	Askeri güç, teknolojik hâkimiyetten büyük ölçüde etkilendiği için savunma sektörü ile teknoloji arasında yakın bir bağ vardır. Yenilikçi teknolojiler savunma sistemlerinin güvenilirliğini artırma, operasyonel verimliliği en üst düzeye çıkarma ve askeri taktiklere yeni kabiliyetler kazandırma potansiyeline sahiptir. Savunma sektöründe teknoloji gelişimi sıklıkla TRL gibi değerlendirme araçlarıyla denetlenir. Bir teknolojinin TRL'si onun olgunluk seviyesini ve kullanıma uygunluğunu gösterir. TRL seviyesi yüksek teknolojiler askeri operasyonlarda başarıyla kullanılabilir ve genellikle daha güvenilirdir. Düşük TRL seviyesine sahip teknolojiler daha yüksek entegrasyon maliyetlerine ve tehlikelere sahipken, yüksek TRL seviyesine sahip olanlar sıklıkla uzun vadeli maliyet düşüşleri sağlayabilir. Teknoloji ve savunma sektörü arasında stratejik bir ilişki vardır ve TRL değerlendirmeleri gibi yöntemler teknoloji geliştirme yönetimini desteklemek için kullanılmalıdır. Bu strateji askeri operasyonların güvenilirliğini artırır ve savunma sektöründe en son teknolojilerin verimli bir şekilde uygulanmasını garanti eder.
(Hus'ak, Barto's, Sokol, & Gajdo's, 2021)	Savunma sektöründe reaktif stratejilerden proaktif stratejilere geçiş esastır. Savunma sektöründe, tahmine dayalı analiz maliyet etkinliğini artırabilir. Proaktif savunma taktikleri ve erken teşhis, saldırıların etkisini azaltabilir ve sonuçta para tasarrufu sağlayabilir. Ayrıca, savunma sistemlerinin etkinliği, tahmine dayalı yaklaşımların büyük doğruluğu ve erişilebilirliği ile artmaktadır. Tahmine dayalı analiz, savunma sektöründe stratejik planlamaya dâhil edilmelidir. Bu sayede askeri sistemler gelişen operasyonel ihtiyaçları karşılamak üzere sürekli olarak iyileştirilir ve güncellenir. Ayrıca, bu teknikler kullanılarak savunma sektörü daha uyumlu ve yeni zorluklara hazır hale getirilebilir. Savunma sanayinin teknoloji ile ilişkisini optimize etmek için proaktif savunma planları, maliyet-etkinlik analizi, stratejik planlama ve teknoloji hazırlık seviyelerinin değerlendirilmesi gerekmektedir.
(Krelina, 2021)	Kuantum teknolojisi alanı, çok çeşitli insan çabaları üzerinde büyük bir bozulma ve etki potansiyeline sahip genç bir alandır. Kuantum teknolojileri, savunma sanayi ve teknoloji arasındaki bağlantıda benzersizdir çünkü askeri, hükümet, savunma ve güvenlik sektörleri için çok önemli olan birden fazla uygulamaya sahiptir. "Kuantum savaşı" fikri ve buna bağlı olarak yeni askeri doktrinlere, planlara, stratejilere ve etige duyulan ihtiyaç, ordunun verimliliği ve hassasiyeti artırmak için kuantum teknolojilerini kullanmasından kaynaklanmıştır. Kuantum teknolojisinin kara, hava, uzay, elektronik, siber ve sualtı muharebelerinin yanı sıra İSTAR (istihbarat, gözetleme, hedef edinme ve keşif) alanlarında da belirli askeri uygulamaları bulunmaktadır.
(Topcu & Korkmaz, 2021)	Risk temelli yaklaşımların savunma tedarik programları için gerekli olduğu vurgulanmalıdır. Bu stratejinin benimsenmesi, hem iç hem de dış nedenlerden

	kaynaklanan değişikliklere uyum sağlamak için gereklidir. Bu durum, teknoloji ve savunma sanayi ilişkisinde güncel proje yönetim tekniklerinden birini göstermektedir. Bunlar, sistem mühendisliği yaklaşımının kullanılması, bilgiye dayalı ve evrimsel tedarik yöntemlerinin benimsenmesi, karar vericilere gerekli bilgilerin sağlanması ve risk yönetimi yaklaşımının kullanılmasını içermektedir. Teknolojinin hızla ilerlemesi ve değişmesi savunma sektörünü doğrudan etkilemektedir. Teknoloji entegrasyonu, savunma tedarik projelerinin etkinliğini artırabilir ve yeni askeri yeteneklerin yaratılmasını kolaylaştırabilir.
(Kestane, 2021)	Savunma sanayisi ile teknoloji arasındaki bağlantı değerlendirilirken teknolojinin savunma projelerinde nasıl kullanıldığı ve bu kullanımın proje yönetimini nasıl etkilediği göz önünde bulundurulmalıdır. Teknolojinin savunma sektöründe kullanımı riskleri azaltma, operasyonel etkinliği artırma ve daha etkili proje yönetimi sağlama kabiliyetine sahiptir. Dolayısıyla, teknolojinin savunma sektörüne stratejik bir avantaj sağladığı ve bu avantajın gelecekte daha da artacağı sonucuna varılabilir.
(şener, Gökalp, & Eren, 2022)	Savunma sektöründe dijital dönüşüm çok önemlidir. Dijital dönüşüm, bir kuruluşun mevcut dijital dönüşüm durumunu değerlendirmek, diğer kuruluşlarla karşılaştırmak, iyi yönetmek ve verimliliği artırmak için çok önemlidir. Savunma sanayisi bu dönüşümden karar alma hızının artması, operasyonel verimliliğin artması ve en yeni teknolojilerin daha hızlı entegrasyonu gibi pek çok kazanım elde edecektir. Mevcut olgunluk modellerinin incelenmesi, dijital dönüşümün söz konusu sektörde nasıl uygulandığını anlamak için çok önemlidir. Bu modeller strateji, bilgi teknolojileri, insan kaynakları, veri yönetimi ve prosedürler de dâhil olmak üzere dijital dönüşümle ilgili bir dizi faktörü değerlendirerek bir işletmenin dijital dönüşüm kapasitesinin nicel bir değerlendirmesini sunar. Bu modellerin savunma sektöründe uygulanması, kuruluşlara dijital dönüşüm yoluna girerken nereden başlamaları ve hangi adımları atmaları gerektiği konusunda fikir verebilir. Savunma sektöründe strateji, bilgi teknolojileri, insan kaynakları, veri yönetimi ve süreçler gibi faktörleri göz önünde bulundururken kapsamlı bir yaklaşım benimsemek çok önemlidir.
(Korkmaz, 2022)	Savunma tedarik girişimleri, değişen tehditlere karşı koyarken kullanıcı taleplerini karşılamak için entegre edilmesi ve yeni veya denenmemiş teknolojiyi kullanması gereken ayrı, birbirine bağlı bileşenlerden oluşan karmaşık girişimlerdir. Bu girişimler, ulusal güvenlik stratejisinin temel bileşenleri olduklarından, ülkenin savunma hedeflerini ilerletecek şekilde yürütülmelidir. Savunma tedarik programlarını diğerlerinden ayıran başlıca özellikler, kamu finansmanına büyük ölçüde bağımlı olmaları ve başarısızlık potansiyeli yüksek girişimlere yatırım yapmalarıdır. Savunma tedarikine ilişkin projeler, teknolojik açıdan gelişmiş buluşlar ve entegre bileşenler içerdiklerinden son derece karmaşık ve risklidir. Bu projelerin başarılı bir şekilde yönetilebilmesi için proje yönetim sistemlerinin düzgün bir şekilde kurulması gerekmektedir. Paydaş yönetimi, risk yönetimi ve entegrasyon yönetimi bu tekniklerin öne çıkan bileşenleridir.
(Yamin & Katt, 2022)	Dünya genelinde siber güvenlik alanında beceri eksikliği olduğu bilinmektedir. Siber alanlar bu soruna bir çözüm olarak geliştirilmiştir. Bu alanlarda siber güvenlik tatbikatları için bir platform bulunmaktadır. Ancak, farklı kişiler senaryo modelleme, altyapı hazırlama, deneme sürüşleri, uygulama ve değerlendirme için farklı beceri setlerine sahip olduğundan, bu tür tatbikatları gerçekleştirmek zor bir prosedürdür. Bu, zaman ve kaynak açısından son derece verimsiz, karmaşık bir süreçtir. Ayrıca, mevcut siber uzaylarda geliştirilen tatbikat altyapısı, değişen gereksinimlere veya gerçek dünya sistemlerinin dinamik ortamına uyum sağlayacak kadar esnek değildir. Bu sorunları ele almak için siber güvenlik tatbikat yaşam döngüsündeki çok sayıda süreci otomatikleştirebilecek bir sistemin geliştirilmesi gerekmektedir. Siber güvenlik alanındaki beceri açığını kapatmak ve siber güvenlik tatbikatlarının etkinliğini artırmak için askeri sanayi sektörü ve teknoloji birlikte çalışmalıdır.
(Desticioğlu , 2022)	Proje yönetimi prosedürlerinde en son tekniklerin uygulanması, savunma sanayi ile teknoloji arasında yakın bir bağ oluşturmuştur. Bu teknolojiler ulusal güvenliğin korunması, kaynakların verimli bir şekilde tahsis edilmesi ve savunma projelerinin etkin bir şekilde planlanması için gereklidir. Teknoloji, savunma sektöründe kullanılan ve kaynak tahsisi, zamanlama, planlama, zaman ve maliyet tahminleri ile kontrol faaliyetlerini içeren proje yönetimi prosedürlerini desteklemektedir. Bu projelerde Kritik Yol Yöntemi (CPM) ve Program Değerlendirme ve Gözden

	Geçirme Tekniğine (PERT) ek olarak Gantt şemaları, bulanık PERT ve bulanık CPM kullanılmaktadır.
(Zutin, ve diğerleri, 2022)	Yapay zekâ, büyük veri analitiği, nesnelerin interneti ve siber-fiziksel sistemler gibi I4.0 teknolojilerinin üretim süreçlerine dâhil edilmesi, savunma sektörünün daha üretken, çevik ve esnek olmasına yardımcı oluyor. Bu bağlamda sektör artık daha rekabetçi nitelik kazanmıştır. Savunma sanayinin I4.0 teknolojilerini daha yaygın bir şekilde kullanabilmesi için yeni araştırma alanlarına ve teknolojik ilerlemelere ihtiyaç vardır. Bu da yeni çözümlerin yaratılması ve sektörde hâlihazırda kullanılan teknolojilerin geliştirilmesi için fırsatlar sunmaktadır.
(Metcalf, Schendt, & Vera, 2022)	Çoğu insan teknoloji ve savunma sanayi arasında karşılıklı fayda sağlayan ve işbirliğine dayalı bir bağ olduğuna inanmaktadır. Savunma sektörü yeni teknolojiler ortaya çıktıkça bunları adapte eder ve sorunları çözmek için her zaman yaratıcı yollar arar. Savunma sektörü teknolojiyi askeri operasyonları, silah sistemlerini, iletişim ağlarını ve güvenlik önlemlerini daha etkin ve verimli bir şekilde yürütmek için kullanır. Bu bağlamda, sanayi sektörü ile teknoloji arasında inovasyon, güvenlik, operasyonel etkinlik ve stratejik avantaj gibi alanlarda karşılıklı bir etkileşim söz konusudur.
(Korkmaz, 2023)	Savunma girişimleri sıklıkla pahalı ve sofistike teknolojilere dayanır. Son teknoloji savunma sistemleri oluştururken, öncü uluslar yeterli teknolojiye sahip olmama riskiyle karşı karşıya kalırlar. Savunma projelerinin iptali, proje başarısı ile teknolojik hazırlık durumu arasındaki karmaşık bağlantının bir göstergesidir. Teknolojik olgunluk derecesi ve proje kriterlerini karşılama derecesi, projenin başarı olasılığını belirlemede kritik faktörlerdir.
(Sirait, Alrasyid, & Soraya, 2023)	Teknolojik gelişmeler ışığında savunma sanayinin dijitalleşmesi gereklidir. Özellikle, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve veri odaklı üretim gibi teknolojilerin kullanımı sayesinde savunma ve güvenlik ekipmanlarının üretimi sürdürülebilir, etkili ve verimli bir şekilde yapılabilir. IoT'nin savunma sanayindeki potansiyeli ve gelişimi, Endonezya gibi ülkelerde benimsenmesinin önündeki engeller ve veri sızıntısı gibi sorunlardan etkilenebilir. Bu bağlamda, savunma sanayi sektörü teknolojinin (örneğin IoT) kullanımından artan yerel içerik, güçlendirilmiş savunma ve güvenlik ekipmanları, kolaylaştırılmış üretim süreçleri ve sahada kullanılan silah veya araçlardan elde edilen verilerden yararlanan ürün geliştirme süreçleri gibi çeşitli şekillerde faydalanmaktadır.
(Bilgiç, Güzel, & Mükerrrem , 2024)	Mühendislik ve ileri malzeme bilimi alanındaki teknoloji uygulamaları savunma sektörüyle yakından ilişkilidir. Örneğin, balistik koruma sağlamak için araç ve vücut zırhı sistemleri bor karbür (B4C) gibi yüksek performanslı malzemeler kullanılmaktadır. Yüksek sertlik, düşük yoğunluk ve kırılma tokluğu, bu malzemelerin silahlı kuvvetlerin kendilerini savunma becerilerini geliştiren temel özelliklerinden bazılarıdır. Teknoloji, savunma sektöründe kullanılan malzemelerin sürekli olarak optimize edilmesini ve geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Bor karbür gibi malzemelerin fizikokimyasal özelliklerinin anlaşılması ve geliştirilmesi sayesinde daha verimli savunma ve askeri donanımların tasarlanması mümkün olmaktadır. Dolayısıyla, askeri operasyonlar daha başarılı bir şekilde yürütülmekte ve savunma sanayinin güvenlik standartları yükseltilmektedir.
(Tezcan & Eren, 2024)	Güçlü bir proje ekibinin oluşturulması, pahalı ve yüksek değerli projeler olan savunma sektörü projelerinin başarısı için çok önemlidir. Teknoloji, birçok projenin yönetimi ve yürütülmesi için gereklidir. Örneğin, proje ekip lideri seçim süreçlerinde, adayları değerlendirmek ve en iyi lideri seçmek için teknolojik yaklaşımlar ve analitik araçlar kullanılmaktadır.
(Sağbaş, Erdoğan, Uğural, & Kara, 2024)	Teknolojinin ne kadar hızlı geliştiğinden ve değiştiğinden güçlü bir şekilde etkilenen sektörlerden biri de savunma sanayidir. Teknoloji sürekli değiştiği için askeri doktrinler, organizasyonlar, taktikler ve teknolojiler de değişmek zorundadır. Savunma sektörünün dijital dönüşümünü sağlayan temel bileşenlerden biri de teknolojidir. Askeri yapılar modern teknoloji sayesinde daha etkin ve verimli çalışabilmekte, bu da yeni yetkinliklerin kazanılmasını mümkün kılmaktadır. Örneğin, büyük veri analitiği, otomasyon, siber güvenlik ve yapay zekâ askeri operasyonların yönetimi, planlanması ve yürütülmesi için hayati önem taşımaktadır.
(Köken & Gültekin, 2024)	Savunma sektörü, kendine özgü gereksinimlerini karşılamak için teknolojinin en son uygulamalarını sürekli olarak değiştirmekte ve bunlardan çok şey kazanmaktadır. Savunma sanayi teknolojisindeki ilerlemeler, insansız hava araçları (İHA'lar) gibi

	amaca yönelik sistemlere yansımaktadır. Bu sistemlerin yeteneklerini ve performanslarını en üst düzeye çıkarmak amacıyla test etmek ve doğrulamak için gelişmiş simülasyon programları kullanılmaktadır. Teknoloji, yeni sistemlerin ve ürünlerin geliştirilmesini ve uygulanmasını hızlandırarak savunma sektöründe çok önemli bir rol oynamaktadır. İHA'lar, askeri endüstrinin güvenlik gereksinimlerini karşılamasına ve rekabetçi kalmasına yardımcı olan teknoloji odaklı ürünlere bir örnektir.
(Aladağlı & Beğenirbaş, 2024)	Savunma sektörü, yüksek performanslı, hızlı ve uygun maliyetli sonuçlar üretmek için daha küçük birimler kullanma hedefine ulaşmak için her zaman yeni ve yaratıcı yollar aramaktadır. Bu hedeflere ulaşmak için entegre proje ekipleri (IPT'ler) ve savunma tedarik stratejileri oluşturulmaktadır. Tedarik süreçlerinde bütünlüğü korumak ve daha fazla işbirliğini teşvik etmek için, IPT'ler farklı beceri ve disiplinlere sahip ekipleri bir araya getirmek üzere tasarlanmıştır. Bu yaklaşımla tedarik süreci daha üretken ve verimli hale gelirken zaman ve para tasarrufu da sağlanmaktadır.
(Yfanti & Sakkas, 2024)	Savunma sektörü, teknolojik hazırlık seviyeleri gibi araçları kullanarak yeni teknolojilerin yaratılmasına ve benimsenmesine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Yeni teknolojilerin olgunluk seviyeleri, teknolojinin hangi gelişim aşamasında olduğunu (ilk konseptten pazara sunulmasına kadar) temsil eden Teknoloji Güvenilirlik Seviyelendirme (TRL) yaklaşımı kullanılarak belirlenir. Ancak bazen bu geleneksel yöntem, inovasyon girişimlerinin gerçek olgunluk durumlarına yeterince dikkat çekememekte veya bu teknolojilerin gelişimini daha yüksek TRL'lere taşımak için uygulanabilir öneriler sunamamaktadır. Teknoloji ve savunma sanayi sektörü arasındaki ilişki, teknoloji geliştirme süreçlerinde inovasyonun nasıl teşvik edilebileceğini ve bunları yönetmek için kullanılan araçların ne kadar etkili olduğunu etkiler. TRL'ler gibi standartlaştırılmış yöntemler savunma teknolojisinin verimli ve zamanında geliştirilmesi için gerekli olsa da, bunların değiştirilmesi gereken durumlar da vardır.

4. VERİ ANALİZİ

Savunma sanayi konusunda ülkemizdeki gelişmeler, özellikle son yıllarda oldukça “umut verici” olarak değerlendirilebilir. Ancak, toplumun da konu hakkında bilinçli olması, hem işbirliği bağlamında hem de bütüncül bir “gelişim” bakımından en temel gereksinimler arasındadır. Aşağıdaki tabloda, anket sorularına verilen cevapların yüzdelik dağılımı görülmektedir.

Tablo 4.1. Anket Sonuçlarının Yüzdelik Dağılımı

Sorular	Kesinlikle Katılmıyorum (%)	Katılmıyorum (%)	Kararsızım (%)	Katılıyorum (%)	Kesinlikle Katılıyorum (%)
1.Savunma sanayii projelerinde TRL seviyelerinin belirlenmesi sürecinde yeterince şeffaflık vardır.	3,16%	21,05%	28,42%	44,21%	3,16%
2. Projelerde TRL seviyelerinin belirlenmesinde kullanılan metodolojiler günceldir.	1,05%	16,84%	20,00%	50,53%	11,58%
3. Savunma sanayii projelerinde TRL değerlendirmeleri, teknolojik yeniliklerin hızına uyum sağlayamıyor.	4,21%	29,47%	28,42%	33,68%	4,21%
4. TRL değerlendirmeleri sırasında potansiyel operasyonel riskleri dikkate alınıyor.	2,11%	15,79%	23,16%	50,53%	8,42%
5. Savunma teknolojilerinin özgünlüğü, TRL değerlendirmelerinde yeterince göz önüne alınmıyor.	8,42%	35,79%	16,84%	36,84%	2,11%
6. TRL değerlendirmelerinde ilgili teknolojinin farklı aşamalarında karşılaşılan teknik zorlukları doğru bir şekilde yansıtıyor.	3,16%	15,79%	22,11%	51,58%	7,37%
7. TRL değerlendirmeleri, sistemi oluşturan ve entegre edilen alt teknolojiler yeterince dikkate alınıyor.	2,11%	21,05%	16,84%	48,42%	11,58%
8. TRL belirleme süreci, savunma sanayii ihtiyaç ve zorluklarını yansıtacak şeklindedir.	2,11%	10,53%	21,05%	55,79%	10,53%
9. Savunma sanayii, TRL seviyelerinin belirlenmesi için yeterli sektörel uzmanlık mevcut değildir.	14,74%	41,05%	17,89%	23,16%	3,16%

10. TRL seviyeleri, gerçek kullanım koşullarında, yeterince dikkate alınarak belirleniyor.	2,11%	16,84%	24,21%	47,37%	9,47%
11. TRL seviyeleri, operasyonel senaryoları dikkate alarak belirleniyor.	1,05%	11,58%	20,00%	54,74%	12,63%
12. TRL değerlendirmeleri, projelerin maliyet etkinliği ve bütçe kullanımını yeterince değerlendiriyor.	2,11%	21,05%	24,21%	45,26%	7,37%
13. Savunma sanayinde TRL seviyelerinin belirlenmesinde, uluslararası standartlar ve uygulamalar yeterince dikkate alınıyor.	2,11%	17,89%	18,95%	47,37%	13,68%
14. TRL değerlendirme süreci, savunma projelerinde teknolojik gelişmelerin ticarileştirme potansiyelini doğru bir şekilde değerlendiriyor.	2,11%	13,68%	27,37%	47,37%	9,47%
15. TRL belirleme sürecinde, projelerin uzun vadeli stratejik önemi ve sürdürülebilirliği yeterince dikkate alınıyor.	3,16%	18,95%	23,16%	44,21%	10,53%
16. TRL değerlendirmeleri, kullanıcı ihtiyaçlarını ve geri bildirimlerini yeterince dikkate alıyor.	4,21%	20,00%	31,58%	33,68%	10,53%
17. TRL değerlendirmeleri, savunma sanayii projelerindeki etik konularını içeriyor.	2,11%	22,11%	26,32%	40,00%	9,47%
18. TRL seviyelerinin belirlenmesinde sektördeki yeni eğilimler dikkate alınıyor.	2,11%	14,74%	17,89%	51,58%	13,68%
19. TRL değerlendirmeleri, projelerin uluslararası iş birliği ve ortaklık potansiyelini içeriyor.	3,16%	15,79%	26,32%	41,05%	13,68%
20. TRL değerlendirmeleri, savunma sanayii projelerinin gelecekteki (dijital dönüşüm) teknolojik ihtiyaçlarını öngörüyor.	5,26%	13,68%	18,95%	46,32%	15,79%
21. TRL seviyelerinin belirlenmesinde ulusal savunma sanayi stratejileri dikkate alınıyor.	2,11%	8,42%	13,68%	58,95%	16,84%

Katılımcılarımızın TRL değerlendirme süreçlerine dair deneyim ve önerilerini öğrenmek amacıyla aşağıdaki açık uçlu soruya verdikleri yanıtlar da değerlendirmeye alınmıştır.

“22. Savunma sanayii projelerindeki TRL değerlendirme süreçleri hakkında deneyimleriniz veya gözlemleriniz ışığında, bu süreçlerin geliştirilmesi için önerileriniz nedir?” sorusuna verilen cevaplar aşağıda yer alan tabloda yer almaktadır.

Tablo 4.2. Açık Uçlu Soru ve Cevapları

Katılımcı No	Yanıtlar
1	Yok.
2	Makina öğrenmesi kullanılabilir.
3	Geliştirilmeli.
4	Sürekli iyileştirme ve paydaş geri bildirimleri gibi toplam kalite yönetimi hususları da dikkate alınmalıdır.
6	Üniversitelerle daha çok iş birliği yapılmalı.
7	THS’lerin yeterince açık olduğu kanaatindeyim.
8	Daha dikkatli ve özverili çalışma.
9	Herhangi bir önerim yok.
10	Muadil çalışmalarda muadilden fazla isteklerin olmadı ve bunun süreçlere eklenmemesi. Teknik ekibe baskının azaltılması.
11	Teknolojik gelişmeler Kuzey Amerika ve Avrupa ile eş zamanlı olarak daha etkin bir biçimde takip edilerek daha verimli bir süreç yönetimine gidilebilir. Bunun yanı sıra, projeler uygulama öncesi ve sonrasında teknolojik yatkınlıklar göz önüne alınarak durum değerlendirmesi şeklinde bir değerlendirmeye tabi tutulabilir.
12	Daha etkin ve verimli sonuçlar alınabilmesi için güncel başlıklar üzerinden ve yetkin personeller ile çalışmaların sürdürülmesi sağlanmalıdır.
13	Yapay zekâ çalışmalarının etkinliği artırılmalı, rubrikler detaylandırılmalı.
14	Sistematik ve düzenli incelemeler yapılmalıdır, sürekli iyileştirmeye odaklanılmalı ve feedback mekanizmaları aktif tutulmalıdır.
15	Bir önerim yok.
16	Yapay zekâ ve kodlama alanında hâkimiyet kurulup bağımsız özerk okulların kurulup çocukluktan yetiştirilmeleri gerekiyor.
17	Ek bir değerlendirmem yok.
18	Firmalar arasında ortak bir dil yaratarak mevcut durumun analiz edilmesini kolaylaştıracak iyileştirmeler planlanmalı.
19	Günümüz teknolojisine ayak uydurmak, daha da üstüne çıkmak gerekir.
20	Yeni teknolojilerin kullanılması ve gerçek ortam verileriyle çalışılması önemli bir konu. Uluslararası standartların uygulaması bir standart olabilir ama her ülkenin kendi içindeki dinamikleri de unutulmamalıdır.
21	Yapay zekadan faydalanılabilir.
22	Güncel teknolojik ve stratejik gelişmeler ışığında TRL seviyeleri belirlenmelidir.
23	İyi niyetli girişimleri kabul etsek bile hala profesyonel seviyede bir iş yapılamıyor. Güncel dünyayı iyi takip etmeli.
24	Herhangi bir şeye ihtiyaç duyulmuyor.

25	Ulusal sanayi stratejilerinin dikkate alındığında ve yatırım araçlarının doğru kullanımının bile çok büyük etkisi olacağına inanıyorum.
26	Daha fazla uluslararası çalışma gözlemlenmeli. Geride kaldığımız yıllar telafi edilmeli.
27	TRL belirleme süreçleri genelde istek doğrultusunda üzerine düşünülen bir konu ve karşı taraftaki kişi veya kurumun kafasındaki standartlara göre bir şeyler ifade etmektedir. Proje başvurularında özellikle TÜBİTAK ve uluslararası fonlarda bu sürece önem verildiği görünmekte ama üreten taraf için doldurulan bir ek olarak görünmekte çoğunlukla.
28	Özgünlüğümüzü korumalı daha fazla çalışmalıyız.
29	TÜBİTAK SAGE ASELSAN ROKETSAN HAVELSAN BAYKAR ve ASSAN gibi savunma sanayii için çalışan kurum ve vakıflar için önemli olduğunu düşünüyorum.
30	Bu konuda bir önerim yok.
31	Süreçlerin genel olarak ASELSAN TUSAŞ gibi kurumsal ve üst kademe firmalara uyarlanarak hazırlandığını düşünüyorum, alt tedarikçiler göz ardı ediliyor, alt tedarikçilerinde sisteme dahil edilerek, onların kendi süreçlerinin de araştırmalara konu olması ve incelenmesi, geliştirilmesi gerektiğini düşünüyorum.
32	Süreçte uzmanlaşmış kişilerin önerileri ve risk olarak değerlendirilebilecek tüm hususların dikkate alınması gerekmektedir.
33	Daha çok mühendis yetiştirerek yeni teknoloji silahlar üretmek.
34	TRL değerlendirme süreçlerini daha güncel teknolojiler ile olması lazımdır.
35	Web sitesinde kamuyu aydınlatıcı bilgi.
36	Çok daha dikkatli bir şekilde süreç ele alınmalı.
37	Çok çalışarak hiçbir ülkede olmayan teknolojik ürünler üretmek.
38	Savunma sanayii projelerinde TRL değerlendirmesi önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, bazı durumlarda bu süreçte bazı zorluklar yaşanabiliyor. Deneyimlerim ve gözlemlerime dayanarak, TRL değerlendirme süreçlerinin geliştirilmesi için ; -Projenin başlangıcında net hedefler belirlenmeli ve belirlenen hedeflere göre TRL seviyeleri saptanmalıdır. -TRL seviyeleri ve kriterleri açık ve net olmalıdır. Bu kriterler projenin aşamalarına göre belirlenmeli ve bu çerçevede bir yol haritası oluştur. -TRL değerlendirmesi, takım çalışmasının bir parçası olmalıdır. Yani, değerlendirme ekibindeki herkesin görüşleri ve değerlendirmeleri dinlenmeli ve bu süreçte şeffaflık ön planda tutulmalıdır.
39	Ticarileştirme süreçleri ve uluslararası pazar başarısı geliştirilmesi ve önem verilmesi gereken dinamik bir alan. Savunma sanayinde bu kısım geri planda ve üretim süreci, teknik süreçlerin gerisinde kalıyor. Bu temeldeki uzmanlık zincirin bir parçası.
40	Savunma sanayinde çalışan personellerden tecrübe aktarımı yapılarak gelişime katkı sağlanabilir.
41	Bir önerim yok.
42	Tüm proje süreçlerinde yapılan değerlendirmeler ışığında hareket edecek olursak, TRL değerlendirmeleri gerek projenin hayat yolculuğunun belirlenmesinde gerekse mevcut projenin en iyi veya en ağır bastığı yönde hareket etmesini mümkün kılarak, amaca uygun yatırımın ya da teknik desteğin alınmasına olanak sağlıyor. Ancak, özellikle son dönemlerde hem sektörün içinde hem de etraftaki meslektaşlarımızdan duyduklarımızdan yola çıkarak, sektörde tamamen bir tek düzelik geldiğini ve bu tek düzeliğin aslında belirli savunma sanayi projelerinin farklı versiyonlarına yoğunlaştığını görüyor veya işitiyoruz. Bu da TRL süreçlerinin her ne kadar titizlik ile yürütülse de, aslında kendini tekrar süreçlerine girme potansiyelini de beraberinde getiriyor. Her ne kadar bu kendini tekrar süreci savunma sanayi projelerinde kritik bir nokta olsa da, özgün ve farklı bakış açılarına sahip projelerde de TRL çalışmaları kritik noktanın belirlenmesinde ve projelerin hayata geçmesine olanak sağlıyor.
43	Değerlendirme süreçlerinin yapıcı dönütlerle yapılması, değerlendirme aşamasından çok sayıda uzmandan görüş almak ve tek bir bakış açısıyla değerlendirilmemesi gerekiyor. Projelerin hitap ettiği teknik ve teknolojik altyapının farklılaşmasına göre değerlendirme süreci de bu farklılığa

	hazır ve kabul edici olmalıdır. Proje yapımcıları belli bir alanda ve alt yapıya sıkıştırmamak gerekiyor.
44	Sektörel uzmanlığın ve kapasite gelişiminin desteklenmesi.
45	TRL değerlendirme süreçlerinde uluslararası gelişmeler ve yenilikler daha fazla dikkate alınmalıdır.
46	TRL süreçlerinde genel olarak prototip ve test aşamalarında yaşanan gecikmeler bir projenin ilerleyişini olumsuz etkiliyor. Bence test altyapısı için daha fazla kaynak ve destek sağlanması gerekli.
47	Süreçlerde planlanan takvim bazı durumlarda gerçekten uzak oluyor. Bu tarz entegrasyonlar için daha doğru takvim belirlenmeli. Geri bildirimler daha çok dikkate alınmalı ve dünyadaki gelişen teknoloji daha yakından takip edilerek daha hızlı adaptasyon sağlanmalı.
48	Daha katılımcı olmalı.
49	Bir önerim yok.
50	Dünya çapında geçerli olan kurallara göre değerlendirme ve testlerin yapılması.
51	Temel ilkeler ışığında analitik ve tecrübeye dayalı olarak yapılmalı bence.
52	Sistem/alt sistem modeli ya da prototipi, uygun olarak belli bir disiplinde gerçekleşmesi gerekir.
53	Net ve tutarlı TRL kriterleri oluşturulmalı.
54	Tam ölçekte karşılaşılabilecek olası tüm gerçek problemlerin, uygun çevresel ortam şartlarında temsili model veya prototipe uygulanmalı.
55	Şu an bu konuda bir fikrim yok.
56	Savunma sanayisinde iyiyiz ama daha iyi olabilmek için daha yeni projelere ihtiyacımız var.
57	Tam ölçekte karşılaşılabilecek olası tüm gerçek problemlerin, uygun çevresel ortam şartlarında temsili model veya prototipe uygulandığı aşamada yapılmalı temel ilkelere ve uluslararası ilkelere göre maliyet hesabı yapılarak yapılmalı.
58	Etik güvenlik önlemlerinin geliştirilmesi, gelişmiş teknoloji trendlerine ayak durma, orta vadeli veya uzun vadeli stratejik hedefler ve sürdürülebilirliğe uyum ve değişim sağlamak.
59	Daha spesifik projelendirmeler yapılması.
60	Proje gereksinimleri ve analizleri yapıldıktan sonra bütçe tahminleri projenin başarılı olması için dış baskılara maruz kalmadan daha isabetli yapılmalı.
61	Proje ihtiyaçları ve tasarımları daha profesyonel ekipler tarafından yapılmalı.
62	Söz konusu çalışmaların, herhangi bir alandaki yetkinliği/kabiliyeti belirleyebilmek adına doğru sonuç vermesi için ilgili alanda çalışan tüm şirketlere erişmesi gerekir. Çalışmaların sadece büyük ölçekli şirketlerle yapılmasının yanıltıcı sonuçlar doğurabileceği değerlendirilmektedir.
63	TRL değerlendirmelerinden önce projelerin yetkinlik seviyeleri yüksek personeller tarafından yürütülmesi önceliklendirilmelidir.
64	Bir önerim yok.
65	Eğitim.
66	Savunma sanayii projelerinde teknoloji hazırlık seviyesi (TECHNOLOGY READINESS LEVEL - TRL) değerlendirme süreçleri, teknolojinin geliştirilme aşamalarını ve operasyonel ortamlara entegrasyonunu değerlendirmek için kritik öneme sahiptir. TRL değerlendirme süreçlerinin geliştirilmesi, projelerin başarısını artırabilir ve riskleri minimize edebilir. İşte bu süreçlerin geliştirilmesi için bazı öneriler: Standartlaştırılmış değerlendirme kriterleri: TRL seviyeleri için belirlenmiş açık ve tutarlı kriterler, değerlendirme sürecinin objektif olmasını sağlar. Savunma sanayii projelerinde, tüm paydaşların aynı kriterleri anlaması ve uygulaması için bu standartların güncellenmesi ve düzenli olarak eğitimlerin verilmesi önemlidir. Kapsamlı eğitim programları:

trl değerlendirme süreçlerine dahil olan tüm personelin, değerlendirme kriterleri ve yöntemleri hakkında detaylı bilgi sahibi olması gerekmektedir. Düzenli eğitim programları ve sertifikasyon süreçleri, bu alandaki bilgi birikimini artırabilir.

İleri analitik araçlar ve yazılımlar:

TRL değerlendirme süreçlerinde ileri analitik araçların ve yazılımların kullanılması, veri analizi ve raporlama süreçlerini daha etkin hale getirebilir. Bu araçlar, projelerin durumunu gerçek zamanlı izlemeyi ve riskleri proaktif bir şekilde yönetmeyi kolaylaştırır.

Erken ve sürekli geri bildirim:

TRL seviyelerinin her aşamasında düzenli geri bildirim mekanizmaları oluşturulmalıdır. Erken geri bildirim, sorunların erken tespit edilmesine ve çözülmesine olanak tanır. Sürekli geri bildirim ise proje ilerledikçe yapılan hatalardan öğrenmeyi ve süreçlerin iyileştirilmesini sağlar.

Çapraz fonksiyonel takımlar:

TRL değerlendirme süreçlerine farklı disiplinlerden ve uzmanlık alanlarından üyelerin dahil edilmesi, daha kapsamlı ve çok yönlü bir değerlendirme sağlar. Bu, teknolojinin çeşitli açılardan değerlendirildiği ve olası sorunların daha geniş bir perspektifle ele alındığı anlamına gelir.

Proje yönetim metodolojilerinin entegrasyonu:

Agile, Scrum gibi modern proje yönetim metodolojilerinin TRL değerlendirme süreçlerine entegrasyonu, esnekliği ve adaptasyonu artırabilir. Bu metodolojiler, projelerin dinamik gereksinimlere ve değişen koşullara daha hızlı yanıt vermesini sağlar.

Simülasyon ve prototipleme:

TRL seviyelerinin değerlendirilmesi sürecinde simülasyon ve prototipleme tekniklerinin daha yoğun kullanılması, teknolojinin gerçek dünya koşullarında nasıl performans göstereceği hakkında değerli bilgiler sağlayabilir. Bu, teorik değerlendirmelerden daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar.

Dış denetimler ve bağımsız değerlendirmeler:

TRL değerlendirme süreçlerinin dış denetimler ve bağımsız değerlendirmeler ile desteklenmesi, objektifliğin ve tarafsızlığın sağlanmasına yardımcı olur. Bu, değerlendirme süreçlerine yeni bakış açıları kazandırarak iyileştirme alanlarını belirlemeye yardımcı olabilir.

bu öneriler, TRL değerlendirme süreçlerinin daha etkin, verimli ve güvenilir hale gelmesine katkıda bulunabilir. Bu süreçlerin sürekli olarak gözden geçirilmesi ve iyileştirilmesi, savunma sanayii projelerinin başarılı bir şekilde tamamlanmasını ve operasyonel ortamlara entegrasyonunu destekler.

67	Teknik analizler detaylandırılmalıdır.
68	TRL değerlendirmeleri, daha fazla gelecek teknolojik içerikleri barındırmalı ve dijital dönüşüm ihtiyaçlarına uygun belirlenmelidir.
69	Savunma sanayi alanında daha farkındalık yaratabilir. Gelişim sürecinde danışman şirketlerden domain sağlayabilir.
70	Deneyimim yok.
71	Geliştirilen teknolojinin olgunluğunun değerlendirilmesi adına olgunluk seviyelerini tutarlı bir şekilde karşılaştırmak gerekir.
72	Bir önerim bulunmuyor.
73	Savunma sanayii projelerinde TRL değerlendirme süreçleri yaygın ve standartlara uygun olarak yürütülmemektedir.
74	İlave önerim yok.
75	Havacılık sertifikasyon süreçlerinin TRL 6'dan itibaren sürece dahil edildiğinde TRL 9'a kadar ilerletilecek ortak bir ürün geliştirmeden bahsedilebilir. Aksi durumda sadece ilgili ARGE faaliyetinin 1-2 TRL'inde operasyona getirilmemiş bir araştırma yapılmış olmaktadır.
76	Kavramsal tanımların ve metot detaylarının sektör profesyonellerinin görüşleri doğrultusunda ortak dil haline getirilmesi.

77	Türkiye’de bu alanda hem akademik hem de sanayiye yönelik örnek çalışmaların derlendiği ve ihtiyaçlara yönelik bir düzenleme yapılması gerekmektedir.
78	Literatürden faydalanarak yeni modeller geliştirilmeli.
79	SSB’nin yayınlamış olduğu THS kılavuzunun güncellenmesi önerilmektedir.
80	Türkiye’de milli bir THS metodolojisi geliştirilmesine yönelik çeşitli girişimler olmuştur. Halihazırda NASA tarafından geliştirilmiş olan metodoloji sektörde yaygın şekilde kullanılıyor. Buna ilişkin SSM (SSB) tarafından 2015 yılında yayınlanan kılavuz, ana referans doküman niteliğinde. NASA’nın THS yaklaşımı, bu kurumun havacılık - uzay programları için hazırlanmıştı. Dolayısıyla zaman ilerledikçe ve teknoloji geliştikçe, güncellenmesi ya da modifiye edilmesi ihtiyacı doğdu. Nitekim Avrupa Birliği, biraz da "Avrupa milliyetçiliği" motivasyonu ile kendi versiyonunu geliştirmişti. buradan hareketle, milli ya da özgün bir THS metodolojisi geliştirirken tamamen yeni, devrimsel bir sistem değil; birikimli (incremental) bir perspektif ile, yaygın şekilde kullanılmakta olan (dolayısıyla kalıplaşmış) bir sistemin eksik/aksak yanlarını düzelter bir revizyon ya da reform daha uygun olacaktır diye düşünüyorum.
81	Gözlemlerime göre savunma sanayii süreçlerinde farklı TRL değerlendirme setleri kullanılmaktadır. Bu değerlendirme setlerinin tüm savunma sanayii firmaları için ortaklaştırılmasının büyük bir önem taşıdığına inanmaktayım bu yüzden TRL hesaplamasında standart bir prosedür getirilmesini önermekteyim.
82	Teknoloji hazırlık seviyeleri belirlenirken, hizmet ettiği ve edeceği projelerin belirlenerek, katma değeri yüksek TRL’lerin seçilmesi ve bunun sürdürülebilir olmasına dikkat edilmesi gerekiyor. (İki anket katılımcısı aynı yanıtı verdi.)
83	TRL hakkında bilgi sahibi olan uzman sayısı çok az, sektörde uygulanabilirlik örnekleri çok az.

Savunma ve teknoloji arasındaki ilişki incelendiğinde, özellikle Türkiye gibi ülkelerde girişimler vazgeçilmez bir ihtiyaçtır. Bu bağlamda, sorulara verilen yanıtlar incelendiğinde; katılımcıların TRL konusunda ulusal savunma stratejilerine önem verildiğine ilişkin inançları, olası operasyon senaryolarına göre belirlendiği görüşü ve “sürecin” hem ihtiyaç hem de zorlukları yansıttığını belirttikleri görülmektedir.

Ulusal savunma sanayi stratejileri, ülkelerin ulusal bütünlüklerinin temel dinamiklerinden birini oluşturmaktadır. Kuşkusuz bu konudaki “birlik”, yalnızca savunma sanayi bakımından değil, aynı zamanda politik, sosyal ve birliğe ilişkin toplumsal değerlerle de yakından ilişkilidir. Katılımcıların, söz konusu soruya ilişkin cevaplarına göre, her dört katılımcıdan üçünün; yani büyük bir çoğunluğunun olumlu bir cevap verdiği görülmektedir.

Türkiye’nin bulunduğu konum itibarıyla jeostratejik hedefleri, her şeyden önce ülkenin toprak bütünlüğü açısından gereklidir. Orta Doğu gibi bir bölgeye komşu olan Türkiye, aynı zamanda küresel bağlamda en stratejik konumlardan birinde bulunmaktadır. Bu kapsamda olası operasyonel senaryolar, her türlü strateji geliştirilirken dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla, konu hakkında TRL seviyelerinin de operasyonel senaryoların göz önüne alınarak belirlenmesi önemlidir. Söz konusu soruya ilişkin cevaplar bakımından,

katılımcıların yarısından fazlasının, bu durumun dikkate alındığına ilişkin inançları görülmektedir.

TRL belirleme bir süreç şeklinde ilerlemektedir. Türkiye'nin söz konusu süreçteki niteliği, “emekleme” aşamasını çoktan geçmiş durumdadır ancak savunma söz konusu olduğunda ihtiyaç ve zorluklar, diğer sektörlerle göre daha fazladır. Çünkü sürekli değişen dinamikler, ihtiyaçların da değişmesi anlamına gelmektedir. Bu kapsamda TRL belirleme sürecine ilişkin katılımcıların verdikleri yanıtların oldukça olumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 4.3. En Olumlu Cevap Alınan 3 Soru

Sorular	Kesinlikle Katılmıyorum (%)	Katılmıyorum (%)	Kararsızım (%)	Katılıyorum (%)	Kesinlikle Katılıyorum (%)
21. TRL seviyelerinin belirlenmesinde ulusal savunma sanayi stratejileri dikkate alınıyor.	2.11%	8.42%	13.68%	58.95%	16.84%
11. TRL seviyeleri operasyonel senaryoları dikkate alarak belirleniyor.	1.05%	11.58%	20.0%	54.74%	12.63%
8. TRL belirleme süreci savunma sanayii ihtiyaç ve zorluklarını yansıtabilecektir.	2.11%	10.53%	21.05%	55.79%	10.53%

Katılımcıların verdikleri cevaplara göre, aslında olumsuz olanlarının da olumlu olanlarla uyduğu görülmektedir. Şöyle ki, savunma teknolojilerinin özgün olması gereklidir. Buna ilişkin sorulan soruda, katılımcıların çoğunlukla “katılmadıklarını” ifade ettikleri görülmektedir. Aşağıdaki tablo incelendiğinde, özgünlüğün dikkate alınmadığına ilişkin ifadeye katılmayan ve kesinlikle katılmayanların oranı yüzde 44’ün üzerindedir.

Benzer şekilde, sektörel uzmanlık konusunda da belirli bir birikim gerektiği görüşü doğrultusunda sorulan “olumsuz” ifadeye katılmayanların oranı yüzde 40’ın üzerindedir.

Savunma projeleri, teknoloji ile iş birliği içinde geliştirilmelidir. Nitekim bu durum, her teknolojik yenilikte yeni bir süreç anlamına gelmektedir. Dolayısıyla bu “hıza” uyum sağlanmalıdır. Katılımcıların söz konusu ifadeye ilişkin yanıtlarından görüldüğü kadarıyla olumsuz cevap oranı yüksektir. Bu da, aslında bu ifadeye katılmadıkları, hıza uyum sağlanabildiğine inandıklarını göstermektedir.

Tablo 4.4. En Olumsuz Cevap Alınan 3 Soru

Sorular	Kesinlikle Katılmıyorum (%)	Katılmıyorum (%)	Kararsızım (%)	Katılıyorum (%)	Kesinlikle Katılıyorum (%)
5. Savunma teknolojilerinin özgünlüğü TRL değerlendirmelerinde yeterince göz önüne alınmıyor.	8.42%	35.79%	16.84%	36.84%	2.11%
9. Savunma sanayii TRL seviyelerinin belirlenmesi için yeterli sektörel uzmanlık mevcut değildir.	1.47%	41.05%	17.89%	23.16%	3.16%
3. Savunma sanayii projelerinde TRL değerlendirmeleri teknolojik yeniliklerin hızına uyum sağlayamıyor.	4.21%	29.47%	28.42%	33.68%	4.21%

Yukarıda, en olumlu cevap ve en olumsuz cevap alınan üçer soru incelendiğinde, temelde bir uyum görülmektedir. Katılımcılara verilen ifadeler, olumsuz yönde verilmiş olsa da yanıtlarda bir tutarlılık söz konusudur. Bu kapsamda, bir bütünlükten bahsetmek mümkündür. Söz konusu ifadeler Tablo 9.'da bir arada görülmektedir.

Tablo 4.5. En Olumlu ve Olumsuz Cevap Alınan 3 Soru

En Olumlu Cevaplananlar	En Olumsuz Cevaplananlar
21. TRL seviyelerinin belirlenmesinde ulusal savunma sanayi stratejileri dikkate alınmıyor.	5. Savunma teknolojilerinin özgünlüğü TRL değerlendirmelerinde yeterince göz önüne alınmıyor.
11. TRL seviyeleri operasyonel senaryoları dikkate alarak belirleniyor.	9. Savunma sanayii TRL seviyelerinin belirlenmesi için yeterli sektörel uzmanlık mevcut değildir.
8. TRL belirleme süreci savunma sanayii ihtiyaç ve zorluklarını yansıtacak şeklindedir.	3. Savunma sanayii projelerinde TRL değerlendirmeleri teknolojik yeniliklerin hızına uyum sağlayamıyor.

5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Teknolojinin savunma sektöründeki rolü, askeri yeteneklerin ilerlemesi açısından kritik öneme sahiptir. İlerleyen teknolojiler, savunma sistemlerinin güvenilirliğini artırma, operasyonel verimliliği maksimize etme ve askeri taktiklere yeni yetenekler kazandırma potansiyeline sahiptir (Baki & Serdar, 2020; Bissing, 2021; Harrison, ve diğerleri, 2020). Özellikle yapay zeka, büyük veri analitiği, siber güvenlik ve kuantum teknolojileri gibi yenilikler, modern savunma stratejilerinde önemli bir rol oynamaktadır (Kestane, 2021; Korkmaz, 2023). Bu teknolojiler, askeri operasyonlarda stratejik avantajlar sağlamakta ve savunma sektörünün verimliliğini artırmaktadır.

Belirtmek gerekir ki, katılımcıların verdikleri yanıtlarda özgünlük “ihtiyacı” öne çıkmaktadır. Türkiye, eşsiz bir konumda bulunması dolayısıyla savunma ihtiyaçları da buna göre şekillenmektedir. Dolayısıyla amaçların ve hedeflerin belirlenmesi, mevcut durum analizi ile birleştirilerek paydaş katılımıyla şeffaf bir biçimde “insan” odaklı bir yönetim oluşturulmalıdır. TRL konusunda bir süreçten bahsedildiği unutulmamalıdır. Bu sebeple geri bildirimlerin dikkate alınması, aynı zamanda savunma başarısı açısından da ciddi bir ihtiyaçtır.

Savunma sanayisinde teknoloji yönetimi, teknolojinin savunma projelerinde nasıl kullanıldığını ve bu kullanımın proje yönetimini nasıl etkilediğini değerlendirmeyi gerektirmektedir. Teknolojinin savunma sektöründeki kullanımı, riskleri azaltma, operasyonel etkinliği artırma ve daha etkili proje yönetimi sağlama kabiliyetine sahiptir. Bu nedenle, teknoloji entegrasyonu ve yönetimi, savunma tedarik projelerinin etkinliğini artırabilir ve yeni askeri yeteneklerin yaratılmasını kolaylaştırabilir (Pendleton, 2019; Lee, 2021; Şener, Gökalp, & Eren, 2022). Savunma sektöründe dijital dönüşüm, bir kuruluşun mevcut dijital durumunu değerlendirme, diğer kuruluşlarla karşılaştırma, yönetme ve verimliliği artırma açısından büyük önem taşımaktadır. Bu dönüşüm, karar alma hızının artması, operasyonel verimliliğin artması ve en yeni teknolojilerin daha hızlı entegrasyonu gibi pek çok avantaj sağlamaktadır. Dijital dönüşüm stratejileri, savunma sektöründe bilgi teknolojileri, insan kaynakları yönetimi, veri yönetimi ve süreçler gibi faktörleri göz önünde bulundurarak kapsamlı bir yaklaşım benimsemelidir (Zutin, ve diğerleri, 2022; Yfanti & Sakkas, 2024).

Teknoloji entegrasyonu, savunma sistemlerinin operasyonel verimliliğini artırmak için kritik öneme sahiptir. Örneğin, yapay zeka ve büyük veri analitiği gibi teknolojiler, askeri operasyonlarda karar verme süreçlerini optimize ederek operasyonel etkinliği artırabilir (Korkmaz, 2023; Aladağlı & Beğenirbaş, 2024). Bu teknolojiler, askeri birimlerin daha hızlı, daha hassas ve daha doğru kararlar almasını sağlar, bu da savaş alanında üstünlük elde etmelerine yardımcı olabilir. Yeni teknolojilerin savunma sektörüne entegrasyonu, personel eğitimi ve sistem uygulaması süreçlerinde belirli zorluklar ve gereksinimler ortaya çıkarmaktadır. Özellikle karmaşık sistemlerin ve teknolojilerin eğitimi, sürekli olarak güncellenen bilgi ve beceri gerektirmektedir. Bu nedenle, savunma sektöründe teknoloji entegrasyonu ve eğitim süreçleri, teknolojinin etkin ve güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlamak için büyük öneme sahiptir.

Her bir ifadeye ilişkin özel değerlendirme sunmak gerekirse;

"1. Savunma sanayii projelerinde TRL seviyelerinin belirlenmesi sürecinde yeterince şeffaflık vardır" ifadesine verilen cevaplar arasında **"Katılıyorum"** seçeneği %44,21 ile en yüksek oranı oluşturmuştur. Bu, katılımcıların önemli bir kısmının TRL (Teknoloji Hazırlık Seviyesi) süreçlerinde belirli bir şeffaflık bulunduğuna inandığını göstermektedir. Ancak, bu oran yüksek bir kesinlik ifade etmekten uzaktır. Zira **"Kesinlikle Katılıyorum"** seçeneğini işaretleyenlerin oranı %3,16 gibi oldukça düşük bir seviyededir. Öte yandan, ifadenin şeffaflık boyutuna dair olumsuz görüş bildirenler de dikkat çekicidir. **"Katılmıyorum"** ve **"Kesinlikle Katılmıyorum"** seçeneklerini tercih edenlerin toplamı %24,21 düzeyindedir. Bu, katılımcıların dörtte birine yakınının süreçlerde şeffaflık eksikliği algısına sahip olduğunu göstermektedir. Buna karşın, %28,42 oranında bir katılımcı **"Kararsızım"** seçeneğini işaretlemiştir. Bu oran, TRL seviyelerinin belirlenmesi süreçlerinde algılanan şeffaflığın katılımcılar arasında net bir fikir birliği oluşturmadığını, sürecin açıklığına dair belirsizliklerin devam ettiğini göstermektedir. Sonuç olarak, bulgular TRL seviyelerinin belirlenmesi süreçlerinin şeffaflığını artırmaya yönelik iyileştirme çalışmalarının gerektiğine işaret etmektedir. Süreçlerin daha açık bir şekilde tanımlanması, bilgi paylaşımının etkinleştirilmesi ve paydaşların bu konuda daha güçlü bir güven algısına sahip olmalarını sağlayacak mekanizmaların geliştirilmesi önem arz etmektedir.

"2. Projelerde TRL seviyelerinin belirlenmesinde kullanılan metodolojiler günceldir" ifadesine verilen cevaplar arasında **"Katılıyorum"** seçeneği %50,53 ile en yüksek oranı oluşturmuştur. Buna ek olarak, **"Kesinlikle Katılıyorum"** seçeneğinin %11,58 oranında işaretlenmiş olması, katılımcıların önemli bir kısmının bu konuda olumlu bir algıya sahip

olduğunu göstermektedir. Bu iki seçeneğin toplamı %62,11 olup, çoğunluğun kullanılan metodolojilerin güncelliğini kabul ettiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, ifadenin güncellik boyutuna yönelik olumsuz görüşler de dikkat çekmektedir. "**Katılmıyorum**" ve "**Kesinlikle Katılmıyorum**" seçeneklerini işaretleyenlerin toplam oranı %17,89'dur. Bu oran, bazı katılımcıların mevcut metodolojilerin güncelliği konusunda şüphe duyduklarını veya olumsuz bir değerlendirmede bulunduklarını göstermektedir. Öte yandan, %20 oranında bir katılımcı "**Kararsızım**" seçeneğini işaretlemiştir. Bu, katılımcılar arasında kullanılan metodolojilerin güncelliği hakkında yeterli bilgiye veya net bir fikre sahip olmayanların da bulunduğu işaret etmektedir. Sonuç olarak, genel olarak katılımcılar TRL seviyelerinin belirlenmesinde kullanılan metodolojilerin güncel olduğu kanaatindedir. Ancak, azımsanamayacak bir kesim ya bu görüşe katılmamakta ya da kararsız kalmaktadır. Bu durum, kullanılan metodolojilerin güncelliğinin daha fazla şeffaflıkla ortaya konulması ve gerektiğinde yenilikçi yaklaşımlarla desteklenmesi gerektiğine işaret etmektedir.

"3. Savunma sanayii projelerinde TRL değerlendirmeleri, teknolojik yeniliklerin hızına uyum sağlayamıyor" ifadesine verilen cevapların dağılımında dikkate değer bir çeşitlilik olduğu görülmektedir. Katılımcıların %33,68'i "**Katılıyorum**" ve %4,21'i "**Kesinlikle Katılıyorum**" seçeneğini işaretleyerek toplamda %37,89 oranında bir destekle TRL (Teknoloji Hazırlık Seviyesi) değerlendirmelerinin teknolojik yeniliklere uyum sağlamakta yetersiz olduğunu belirtmiştir. Bu oran, algılanan uyum eksikliği konusunda kayda değer bir görüş birliği olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, katılımcıların %29,47'si "**Katılmıyorum**" ve %4,21'i "**Kesinlikle Katılmıyorum**" seçeneğini işaretleyerek toplamda %33,68 oranında bir karşıt görüş ifade etmiştir. Bu oran, bazı katılımcıların TRL değerlendirmelerinin teknolojik yeniliklere yeterince uyum sağladığına inandığını ortaya koymaktadır. Öte yandan, %28,42 oranında bir katılımcı "**Kararsızım**" seçeneğini tercih etmiştir. Bu durum, katılımcıların yaklaşık üçte birinin bu konuda net bir fikir beyan etmekte zorlandığını veya yeterli bilgiye sahip olmadığını göstermektedir. Sonuç olarak, bulgular, TRL değerlendirmelerinin teknolojik yeniliklerin hızına uyum sağlama kapasitesine ilişkin görüşlerin homojen olmadığını ortaya koymaktadır. Katılımcıların bir kısmı değerlendirmelerde uyum eksikliği olduğunu ifade ederken, diğer bir kısmı bunun tam aksini savunmaktadır. Ancak yüksek kararsızlık oranı, bu konunun daha fazla araştırma ve iletişim ile ele alınması gerektiğine işaret etmektedir. Özellikle TRL süreçlerinin yenilik hızına adaptasyon kapasitesinin daha şeffaf bir şekilde incelenmesi ve iyileştirilmesi gerekliliği ön plana çıkmaktadır.

"4. TRL değerlendirmeleri sırasında potansiyel operasyonel riskleri dikkate alınıyor" ifadesine verilen cevaplar arasında "**Katılıyorum**" seçeneği %50,53 ile en yüksek oranı oluşturmuştur. Buna ek olarak, "**Kesinlikle Katılıyorum**" seçeneğinin %8,42 oranında tercih edilmesi, toplamda %58,95 oranında bir katılımcı grubunun operasyonel risklerin TRL değerlendirmelerinde dikkate alındığına dair olumlu bir algıya sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, %15,79 oranında "**Katılmıyorum**" ve %2,11 oranında "**Kesinlikle Katılmıyorum**" seçeneğini işaretleyen katılımcılar, toplamda %17,90'lık bir oranla bu algıya katılmadıklarını belirtmişlerdir. Bu, bazı katılımcıların TRL değerlendirme süreçlerinde operasyonel risklerin yeterince dikkate alınmadığını düşündüklerini ortaya koymaktadır. "**Kararsızım**" seçeneğini işaretleyenlerin oranı %23,16'dır. Bu durum, neredeyse dörtte bir oranında katılımcının TRL süreçlerinde operasyonel risklerin ele alınma düzeyine dair net bir kanaat oluşturmadığını göstermektedir. Sonuç olarak, genel eğilim TRL değerlendirme süreçlerinde operasyonel risklerin dikkate alındığı yönünde olsa da, bu konuda görüş birliğinin tam olarak sağlanamadığı grlmektedir. Olumlu algıya sahip katılımcıların oranı yüksek olsa da, karşıt görüşler ve kararsızlık oranları dikkate alındığında, operasyonel risklerin değerlendirme süreçlerine entegrasyonunun daha açık bir şekilde tanımlanması ve bu konuda paydaşlar arasında farkındalığın artırılması önem arz etmektedir. Bu tür bir yaklaşım, TRL süreçlerinin daha güvenilir ve etkin bir yapıya kavuşmasına katkı sağlayabilir.

"5. Savunma teknolojilerinin zgnlğ, TRL değerlendirmelerinde yeterince göz önüne alınmıyor" ifadesine yönelik katılımcıların görüşlerinin dengeli bir dağılım gösterdiği grlmektedir. **Olumlu görüş** bildiren katılımcılar arasında "**Katılıyorum**" seçeneği %36,84 ile en yüksek orana sahiptir. Ayrıca, "**Kesinlikle Katılıyorum**" seçeneğinin %2,11 oranında tercih edilmesiyle birlikte toplamda %38,95'lik bir kesim, TRL değerlendirmelerinde savunma teknolojilerinin özgünlüğünün yeterince dikkate alınmadığı yönünde görüş belirtmiştir. Bu oran, değerlendirme süreçlerine yönelik eleştirilerin dikkate alınması gerektiğine işaret etmektedir. Öte yandan, "**Katılmıyorum**" seçeneği %35,79, "**Kesinlikle Katılmıyorum**" seçeneği ise %8,42 oranında tercih edilmiştir. Bu oranların toplamı %44,21 olup, değerlendirme süreçlerinin savunma teknolojilerinin özgünlüğünün yeterince göz önünde bulundurduğunu düşünen katılımcıların da kayda değer bir ağırlığa sahip olduğunu göstermektedir. "**Kararsızım**" seçeneğinin %16,84 oranında tercih edilmesi, katılımcıların bir kısmının bu konuda net bir görüşe sahip olmadığını veya yeterli bilgiye ulaşamadığını göstermektedir. Sonuç olarak, TRL değerlendirmelerinde savunma

teknolojilerinin özgünlüğünün dikkate alınma düzeyi konusunda katılımcıların görüşlerinin oldukça farklılaştığı gözlemlenmektedir. Olumsuz görüşlerin %38,95'lik oranı, değerlendirme süreçlerinin daha şeffaf ve özgünlük boyutunu daha iyi açıklayan bir yapıya kavuşturulmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu tür bir iyileştirme, hem sürece dair güveni artırabilir hem de daha özgün ve yenilikçi teknolojilerin desteklenmesine olanak tanıyabilir.

"6. TRL değerlendirmelerinde ilgili teknolojinin farklı aşamalarında karşılaşılan teknik zorlukları doğru bir şekilde yansıtıyor" ifadesine verilen cevapların ağırlıklı olarak olumlu bir yönde olduğu görülmektedir. **Olumlu görüş** bildiren katılımcılar arasında, **"Katılıyorum"** seçeneği %51,58 ile en yüksek orana sahiptir. Ayrıca, **"Kesinlikle Katılıyorum"** seçeneği %7,37 oranında tercih edilmiştir. Bu iki seçeneğin toplamı %58,95 olup, katılımcıların büyük bir kısmının TRL (Teknoloji Hazırlık Seviyesi) değerlendirmelerinin teknik zorlukları doğru bir şekilde yansıttığını düşündüğünü ortaya koymaktadır. Öte yandan, **olumsuz görüş** bildiren katılımcılar arasında **"Katılmıyorum"** seçeneği %15,79, **"Kesinlikle Katılmıyorum"** seçeneği ise %3,16 oranında tercih edilmiştir. Bu oranların toplamı %18,95 olup, değerlendirme süreçlerinin teknik zorlukları doğru bir şekilde yansıtmadığına inanan katılımcıların da azımsanmayacak bir düzeyde olduğu görülmektedir. Ayrıca, **"Kararsızım"** seçeneği %22,11 oranında tercih edilmiştir. Bu, katılımcıların yaklaşık dörtte birinin değerlendirme süreçlerinin teknik zorlukları yansıtma kapasitesine ilişkin net bir görüşe sahip olmadığını göstermektedir. Sonuç olarak, TRL değerlendirmelerinin teknik zorlukları doğru bir şekilde yansıttığı algısının genel olarak olumlu olduğu söylenebilir. Ancak, olumsuz görüşlerin ve kararsızlık oranının toplamda %41,06 gibi kayda değer bir düzeye ulaşması, bu süreçlerin etkinliğinin daha ayrıntılı incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Değerlendirme kriterlerinin daha somut ve açık bir şekilde ifade edilmesi, sürecin güvenilirliğini ve paydaşlar arasındaki kabulünü artırabilir.

"7. TRL değerlendirmeleri, sistemi oluşturan ve entegre edilen alt teknolojiler yeterince dikkate alınmıyor" ifadesine verilen cevapların çoğunlukla olumlu olduğu gözlemlenmektedir. **Olumlu görüş** bildiren katılımcılar arasında **"Katılıyorum"** seçeneği %48,42 ile en yüksek orana sahiptir. Buna ek olarak, **"Kesinlikle Katılıyorum"** seçeneği %11,58 oranında tercih edilmiştir. Bu iki seçeneğin toplamı %60 olup, katılımcıların çoğunluğunun TRL (Teknoloji Hazırlık Seviyesi) değerlendirmelerinde alt teknolojilerin yeterince dikkate alındığına dair olumlu bir algıya sahip olduğunu göstermektedir. **Olumsuz**

görüş bildiren katılımcılar arasında "**Katılmıyorum**" seçeneği %21,05, "**Kesinlikle Katılmıyorum**" seçeneği ise %2,11 oranında tercih edilmiştir. Bu oranların toplamı %23,16 olup, değerlendirme süreçlerinin alt teknolojileri yeterince dikkate almadığını düşünen katılımcıların da dikkate değer bir azınlık olduğunu ortaya koymaktadır. "**Kararsızım**" seçeneği %16,84 oranında tercih edilmiştir. Bu, katılımcıların bir kısmının bu konuda net bir görüş belirtmekten kaçındığını veya değerlendirme süreçlerine ilişkin bilgi eksikliği yaşadığını göstermektedir. Sonuç olarak, TRL değerlendirmelerinin alt teknolojileri yeterince dikkate aldığı yönünde genel bir olumlu algı bulunmaktadır. Ancak, olumsuz görüşlerin toplam oranı ve kararsızlık oranı, sürecin bazı katılımcılar için yeterince şeffaf veya ikna edici olmadığını düşündürmektedir. Bu durum, TRL süreçlerinde alt teknolojilere yönelik analizlerin daha açık bir şekilde sunulması ve bu hususta paydaşların bilgilendirilmesinin önemini vurgulamaktadır. Böyle bir yaklaşım, sürecin bütüncüllüğünü ve güvenilirliğini artırabilir.

"8. TRL belirleme süreci, savunma sanayii ihtiyaç ve zorluklarını yansıtacak şeklindedir" ifadesine verilen cevapların genel olarak olumlu bir eğilim gösterdiği görülmektedir. **Olumlu görüş** bildiren katılımcılar arasında "**Katılıyorum**" seçeneği %55,79 ile en yüksek orana sahiptir. Buna ek olarak, "**Kesinlikle Katılıyorum**" seçeneği %10,53 oranında tercih edilmiştir. Bu iki seçeneğin toplamı %66,32 olup, TRL (Teknoloji Hazırlık Seviyesi) belirleme sürecinin savunma sanayiine özgü ihtiyaç ve zorlukları yansıttığı algısının yaygın olduğunu göstermektedir. **Olumsuz görüş** bildiren katılımcılar arasında "**Katılmıyorum**" seçeneği %10,53 ve "**Kesinlikle Katılmıyorum**" seçeneği %2,11 oranında tercih edilmiştir. Toplamda %12,64 oranındaki bu grup, TRL sürecinin savunma sanayii ihtiyaç ve zorluklarını yansıtmakta yeterli olmadığını ifade etmektedir. "**Kararsızım**" seçeneği %21,05 oranında tercih edilmiştir. Bu, katılımcıların yaklaşık beşte birinin bu konuda net bir görüşe sahip olmadığını ya da süreçle ilgili bilgi eksikliği yaşadığını göstermektedir. Sonuç olarak, bulgular TRL belirleme sürecinin savunma sanayii ihtiyaç ve zorluklarını yansıttığına dair güçlü bir olumlu algıya işaret etmektedir. Ancak, olumsuz görüşler ve kararsızlık oranı, bu sürecin daha fazla şeffaflık ve iletişimle desteklenmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle süreç kriterlerinin daha somut hale getirilmesi, paydaşlar arasındaki güveni artırarak TRL uygulamalarının etkinliğini güçlendirebilir.

"9. Savunma sanayii, TRL seviyelerinin belirlenmesi için yeterli sektörel uzmanlık mevcut değildir" ifadesine verilen cevapların ağırlıklı olarak olumsuz olduğu

gözlemlenmektedir. **Olumsuz görüş** bildiren katılımcılar arasında **"Katılmıyorum"** seçeneği %41,05 ile en yüksek orana sahiptir. Buna ek olarak, **"Kesinlikle Katılmıyorum"** seçeneği %14,74 oranında tercih edilmiştir. Bu iki seçeneğin toplamı %55,79 olup, katılımcıların çoğunluğunun savunma sanayii içinde TRL seviyelerinin belirlenmesi için yeterli sektörel uzmanlığın mevcut olduğu yönünde bir algıya sahip olduğunu göstermektedir. **Olumlu görüş** bildiren katılımcılar arasında **"Katılıyorum"** seçeneği %23,16, **"Kesinlikle Katılıyorum"** seçeneği ise %3,16 oranında tercih edilmiştir. Toplamda %26,32'lik bir kesim, sektörde TRL seviyelerinin belirlenmesi için yeterli uzmanlığın bulunmadığını düşündüğünü ifade etmektedir. **"Kararsızım"** seçeneğinin %17,89 oranında tercih edilmesi, katılımcıların bir kısmının bu konuda net bir görüşe sahip olmadığını veya sektörel uzmanlık düzeyine ilişkin belirsizlik yaşadığını göstermektedir. Sonuç olarak, TRL seviyelerinin belirlenmesinde savunma sanayiinin yeterli sektörel uzmanlığa sahip olduğuna dair genel bir kanaatin mevcut olduğu söylenebilir. Ancak, %26,32'lik olumlu görüş ve %17,89'luk kararsızlık oranı, bazı katılımcılar için sektörel uzmanlık düzeyinin yetersiz olduğu algısının veya bu konuda bilgi eksikliğinin bulunduğunu işaret etmektedir. Bu durum, sektörel uzmanlık seviyesinin artırılması ve bu konunun daha fazla şeffaflık ve iletişimle ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu tür bir yaklaşım, TRL süreçlerinin daha etkin bir şekilde uygulanmasına ve sektör içindeki uzmanlık algısının güçlendirilmesine katkı sağlayabilir.

"10. TRL seviyeleri, gerçek kullanım koşullarında yeterince dikkate alınarak belirleniyor" ifadesine verilen cevapların ağırlıklı olarak olumlu olduğu görülmektedir. **Olumlu görüş** bildiren katılımcılar arasında, **"Katılıyorum"** seçeneği %47,37 ile en yüksek orana sahiptir. Buna ek olarak, **"Kesinlikle Katılıyorum"** seçeneği %9,47 oranında tercih edilmiştir. Bu iki seçeneğin toplamı %56,84 olup, katılımcıların çoğunluğunun TRL (Teknoloji Hazırlık Seviyesi) belirleme sürecinde gerçek kullanım koşullarının yeterince dikkate alındığına dair olumlu bir algıya sahip olduğunu göstermektedir. **Olumsuz görüş** bildiren katılımcılar arasında **"Katılmıyorum"** seçeneği %16,84 ve **"Kesinlikle Katılmıyorum"** seçeneği %2,11 oranında tercih edilmiştir. Toplamda %18,95'lik bu oran, gerçek kullanım koşullarının dikkate alınmadığını düşünen bir azınlık olduğunu ortaya koymaktadır. **"Kararsızım"** seçeneği %24,21 oranında tercih edilmiştir. Bu oran, katılımcıların yaklaşık dörtte birinin bu konuda net bir görüşe sahip olmadığını ya da süreçle ilgili bilgi eksikliği yaşadığını göstermektedir. Sonuç olarak, bulgular TRL seviyelerinin belirlenmesi sürecinde gerçek kullanım koşullarının dikkate alındığı yönünde genel bir

olumlu algıya işaret etmektedir. Ancak, olumsuz görüşlerin ve kararsızlık oranının toplamda %43,16 gibi dikkate değer bir düzeyde olması, bu sürecin daha şeffaf ve somut kriterlere dayandırılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Özellikle TRL süreçlerinde gerçek kullanım koşullarının ele alınma biçiminin daha açık ve anlaşılır bir şekilde ifade edilmesi, bu konudaki olumsuz algıların azaltılmasına ve süreç güvenilirliğinin artırılmasına katkı sağlayabilir.

“11. TRL seviyeleri, operasyonel senaryoları dikkate alarak belirleniyor” ifadesine verilen cevapların genel olarak olumlu bir eğilim gösterdiği söylenebilir. **Olumlu görüş** bildiren katılımcılar arasında, **"Katılıyorum"** seçeneği %54,74 ile en yüksek orana sahiptir. Buna ek olarak, **"Kesinlikle Katılıyorum"** seçeneği %12,63 oranında tercih edilmiştir. Bu iki seçeneğin toplamı %67,37 olup, katılımcıların büyük bir kısmı TRL (Teknoloji Hazırlık Seviyesi) belirleme sürecinde operasyonel senaryoların dikkate alındığını düşünmektedir. **Olumsuz görüş** bildiren katılımcılar arasında, **"Katılmıyorum"** seçeneği %11,58 ve **"Kesinlikle Katılmıyorum"** seçeneği %1,05 oranında tercih edilmiştir. Bu oranların toplamı %12,63 olup, katılımcıların yalnızca küçük bir kısmı, TRL seviyelerinin operasyonel senaryoları dikkate almadığını ifade etmektedir. **"Kararsızım"** seçeneği ise %20,00 oranında tercih edilmiştir. Bu oran, katılımcıların bir kısmının bu konuda net bir görüş belirlemekten kaçındığını veya süreçle ilgili belirsizlik yaşadığını göstermektedir. Sonuç olarak, TRL seviyelerinin belirlenmesinde operasyonel senaryoların dikkate alındığına dair genel bir olumlu görüş hâkimdir. Katılımcıların yaklaşık üçte ikisi, bu sürecin operasyonel senaryolara dayalı olarak yapıldığını belirtmiştir. Ancak, kararsızlık oranının %20,00 ve olumsuz görüşlerin toplamda %12,63 olması, süreçle ilgili şeffaflık ve bilgilendirme eksikliklerinin giderilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. TRL süreçlerinin daha açık ve anlaşılır hale getirilmesi, katılımcıların kararlarını daha sağlam temellere dayandırmalarına yardımcı olabilir.

“12. TRL değerlendirmeleri, projelerin maliyet etkinliği ve bütçe kullanımını yeterince değerlendiriyor” ifadesine verilen cevapların genel olarak karışık bir eğilim gösterdiği söylenebilir. **Olumlu görüş** bildiren katılımcılar arasında **"Katılıyorum"** seçeneği %45,26 ile en yüksek orana sahiptir. Buna ek olarak, **"Kesinlikle Katılıyorum"** seçeneği %7,37 oranında tercih edilmiştir. Bu iki seçeneğin toplamı %52,63 olup, katılımcıların yaklaşık yarısı TRL değerlendirmelerinin projelerin maliyet etkinliği ve bütçe kullanımını yeterince değerlendirdiğini düşünmektedir. **Olumsuz görüş** bildiren katılımcılar arasında, **"Katılmıyorum"** seçeneği %21,05 ve **"Kesinlikle Katılmıyorum"** seçeneği %2,11

oranında tercih edilmiştir. Bu iki seçeneğin toplamı %23,16 olup, katılımcıların bir kısmı, TRL değerlendirmelerinin maliyet etkinliği ve bütçe kullanımını yetersiz bir şekilde değerlendirdiğini ifade etmektedir. "**Kararsızım**" seçeneği %24,21 oranında tercih edilmiştir. Bu oran, katılımcıların bir çeyreğinin bu konuda net bir görüş belirlemediğini ya da süreçle ilgili bilgi eksikliği yaşadığını göstermektedir. Sonuç olarak, TRL değerlendirmelerinin projelerin maliyet etkinliği ve bütçe kullanımını değerlendirdiğine dair güçlü bir olumlu algı olsa da, olumsuz görüşlerin ve kararsızlık oranlarının dikkate değer bir seviyede olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, TRL süreçlerinin maliyet analizleri ve bütçe yönetimi açısından daha kapsamlı bir şekilde ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. TRL değerlendirmeleri sırasında maliyet etkinliği ve bütçe kullanımına dair daha şeffaf ve somut kriterlerin belirlenmesi, sürecin güvenilirliğini artırabilir ve olumsuz algıları azaltabilir.

"13. Savunma sanayinde TRL seviyelerinin belirlenmesinde, uluslararası standartlar ve uygulamalar yeterince dikkate alınıyor" ifadesine verilen cevaplar genel olarak olumlu bir görüşü yansıtmaktadır. **Olumlu görüş** bildiren katılımcılar arasında, "**Katılıyorum**" seçeneği %47,37 ile en yüksek orana sahiptir. Buna ek olarak, "**Kesinlikle Katılıyorum**" seçeneği %13,68 oranında tercih edilmiştir. Bu iki seçeneğin toplamı %61,05 olup, katılımcıların büyük bir kısmı, savunma sanayinde TRL seviyelerinin belirlenmesinde uluslararası standartlar ve uygulamaların yeterince dikkate alındığını düşünmektedir. **Olumsuz görüş** bildiren katılımcılar arasında, "**Katılmıyorum**" seçeneği %17,89 ve "**Kesinlikle Katılmıyorum**" seçeneği %2,11 oranında tercih edilmiştir. Bu oranların toplamı %20,00 olup, katılımcıların bir kısmı, uluslararası standartların ve uygulamaların TRL seviyelerinin belirlenmesinde yeterince dikkate alınmadığını düşünmektedir. "**Kararsızım**" seçeneği %18,95 oranında tercih edilmiştir. Bu oran, katılımcıların bir kısmının bu konuda net bir görüş belirtmekten çekindiğini veya bu alandaki uygulamalarla ilgili bilgi eksikliği yaşadığını göstermektedir. Sonuç olarak, savunma sanayinde TRL seviyelerinin belirlenmesinde uluslararası standartların ve uygulamaların dikkate alındığına dair genel bir olumlu algı hakimdir. Katılımcıların çoğunluğu, bu süreçte uluslararası uygulamaların yeterince yer bulduğunu düşünmektedir. Ancak, %20'lik olumsuz görüş oranı ve %18,95'lik kararsızlık oranı, bu konuda daha fazla şeffaflık ve bilgi paylaşımı yapılmasının önemli olduğunu göstermektedir. Bu durum, uluslararası standartların ve uygulamaların daha etkin bir şekilde benimsenmesi ve katılımcılar arasında daha geniş bir mutabakat sağlanması adına daha fazla çalışmanın yapılması gerektiğini işaret etmektedir.

“14. TRL değerlendirme süreci, savunma projelerinde teknolojik gelişmelerin ticarileştirme potansiyelini doğru bir şekilde değerlendiriyor” ifadesine verilen cevaplar, genel olarak olumlu bir eğilim göstermektedir, ancak aynı zamanda belirli düzeyde belirsizlik ve kararsızlık da gözlemlenmektedir. **Olumlu görüş** bildiren katılımcılar arasında, **"Katılıyorum"** seçeneği %47,37 ile en yüksek orana sahiptir. Buna ek olarak, **"Kesinlikle Katılıyorum"** seçeneği %9,47 oranında tercih edilmiştir. Bu iki seçeneğin toplamı %56,84 olup, katılımcıların yaklaşık yarısından fazlası, TRL değerlendirme sürecinin savunma projelerinde teknolojik gelişmelerin ticarileştirme potansiyelini doğru bir şekilde değerlendirdiğini düşünmektedir. **Olumsuz görüş** bildiren katılımcılar arasında, **"Katılmıyorum"** seçeneği %13,68 ve **"Kesinlikle Katılmıyorum"** seçeneği %2,11 oranında tercih edilmiştir. Bu oranların toplamı %15,79 olup, katılımcıların bir kısmı, TRL sürecinin ticarileştirme potansiyelini yeterince doğru bir şekilde değerlendirmediklerini ifade etmektedir. **"Kararsızım"** seçeneği ise %27,37 oranında tercih edilmiştir. Bu oran, katılımcıların yaklaşık çeyrek kısmının bu konuda net bir görüş belirlemediğini veya süreçle ilgili bilgi eksiklikleri veya belirsizlikler yaşadığını göstermektedir. Sonuç olarak, TRL değerlendirme sürecinin savunma projelerinde teknolojik gelişmelerin ticarileştirme potansiyelini doğru bir şekilde değerlendirdiğine dair genel bir olumlu görüş mevcut olmakla birlikte, kararsızlık oranının yüksekliği ve olumsuz görüşlerin varlığı, sürecin ticarileştirme boyutuna dair daha fazla netlik ve şeffaflık sağlanması gerektiğini göstermektedir. Bu sonuç, ticarileştirme potansiyelinin daha kapsamlı ve anlaşılır şekilde değerlendirilebilmesi adına TRL sürecinin gözden geçirilmesi ve iyileştirilmesi gerektiğini işaret etmektedir.

“15. TRL belirleme sürecinde, projelerin uzun vadeli stratejik önemi ve sürdürülebilirliği yeterince dikkate alınıyor” ifadesine verilen cevaplar genel olarak olumlu bir eğilim göstermektedir, ancak katılımcılar arasında belirsizlik ve kararsızlık oranlarının da dikkate değer olduğu gözlemlenmektedir. **Olumlu görüş** bildiren katılımcılar arasında, **"Katılıyorum"** seçeneği %44,21 ile en yüksek orana sahiptir. Ayrıca, **"Kesinlikle Katılıyorum"** seçeneği %10,53 oranında tercih edilmiştir. Bu iki seçeneğin toplamı %54,74 olup, katılımcıların yarısından fazlası, TRL belirleme sürecinde projelerin uzun vadeli stratejik önemi ve sürdürülebilirliğinin yeterince dikkate alındığını düşündüğünü göstermektedir. **Olumsuz görüş** bildiren katılımcılar arasında, **"Katılmıyorum"** seçeneği %18,95 ve **"Kesinlikle Katılmıyorum"** seçeneği %3,16 oranında tercih edilmiştir. Bu oranların toplamı %22,11 olup, katılımcıların bir kısmı, TRL belirleme sürecinin projelerin uzun vadeli stratejik önemi ve sürdürülebilirliğini yeterince değerlendirmediklerini ifade

etmektedir. "**Kararsızım**" seçeneği %23,16 oranında tercih edilmiştir. Bu oran, katılımcıların bir kısmının, TRL belirleme sürecinde uzun vadeli stratejik önemin ve sürdürülebilirliğin ne ölçüde dikkate alındığı konusunda belirsizlik yaşadığını göstermektedir. Sonuç olarak, TRL belirleme sürecinde projelerin uzun vadeli stratejik önemi ve sürdürülebilirliğinin dikkate alındığına dair genel bir olumlu görüş hâkim olsa da, %23,16 oranındaki kararsızlık oranı ve %22,11'lik olumsuz görüş oranı, bu alanda daha fazla şeffaflık ve bilgilendirme yapılması gerektiğini işaret etmektedir. Bu sonuçlar, TRL belirleme sürecinde stratejik ve sürdürülebilirlik faktörlerinin daha somut bir şekilde vurgulanması gerektiğini ve katılımcıların bu faktörlerin yeterince dikkate alındığını daha fazla gözlemlmeleri gerektiğini ortaya koymaktadır.

"16. TRL değerlendirmeleri, kullanıcı ihtiyaçlarını ve geri bildirimlerini yeterince dikkate alıyor" ifadesine verilen cevaplar, katılımcıların büyük bir kısmının bu konuda belirli bir belirsizlik yaşadığını ve bu durumun değerlendirmelerin etkinliğine dair sorgulamaları yansıttığını göstermektedir. **Olumlu görüş** bildiren katılımcılar arasında, "**Katılıyorum**" seçeneği %33,68 oranında tercih edilmiştir. Ayrıca, "**Kesinlikle Katılıyorum**" seçeneği %10,53 ile daha düşük bir oranda seçilmiştir. Bu iki seçeneğin toplamı %44,21 olup, katılımcıların %44,21'inin, TRL değerlendirmelerinin kullanıcı ihtiyaçları ve geri bildirimlerini dikkate aldığına inandığı söylenebilir. **Olumsuz görüş** bildiren katılımcılar arasında, "**Katılmıyorum**" seçeneği %20,00 oranında, "**Kesinlikle Katılmıyorum**" seçeneği ise %4,21 oranında tercih edilmiştir. Bu oranların toplamı %24,21 olup, katılımcıların yaklaşık çeyrek kısmı, TRL değerlendirmelerinin kullanıcı ihtiyaçları ve geri bildirimlerini yeterince dikkate almadığını ifade etmektedir. **Kararsızım** seçeneği ise %31,58 oranında seçilmiştir. Bu oran, katılımcıların büyük bir kısmının bu konuda net bir görüş belirtmediğini, belirsiz bir tutum sergilediğini veya daha fazla bilgiye ihtiyaç duyduklarını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, TRL değerlendirmelerinin kullanıcı ihtiyaçlarını ve geri bildirimlerini dikkate alıp almadığı konusunda belirli bir kararsızlık ve olumsuz görüş oranı gözlemlenmektedir. Katılımcıların %31,58'inin kararsız kalması, bu konuya dair daha fazla netlik ve açıklık sağlanması gerektiğini işaret etmektedir. Ayrıca, %24,21'lik olumsuz görüş oranı, TRL değerlendirmelerinde kullanıcı geri bildirimlerinin yeterince dikkate alınmadığına dair endişelerin var olduğunu göstermektedir. Bu durum, kullanıcı ihtiyaçlarının ve geri bildirimlerinin TRL süreçlerine daha etkili bir şekilde entegre edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

“17. TRL değerlendirmeleri, savunma sanayii projelerindeki etik konularını içeriyor” ifadesinin katılımcılar arasında karmaşık bir görüş birliği oluşturduğunu ve bazı belirsizliklerin mevcut olduğunu göstermektedir. **Olumlu görüş** bildiren katılımcılar arasında, **"Katılıyorum"** seçeneği %40,00 oranında, **"Kesinlikle Katılıyorum"** seçeneği ise %9,47 oranında tercih edilmiştir. Bu oranların toplamı %49,47 olup, katılımcıların yarısından biraz daha fazlası, TRL değerlendirmelerinin savunma sanayii projelerindeki etik konuları yeterince dikkate aldığını ifade etmektedir. Bu durum, etik meselelerin TRL süreçlerinde önemli bir yer tuttuğuna dair genel bir onay olduğunu göstermektedir. **Olumsuz görüş** bildiren katılımcılar arasında, **"Katılmıyorum"** seçeneği %22,11, **"Kesinlikle Katılmıyorum"** seçeneği ise %2,11 oranında seçilmiştir. Bu oranların toplamı %24,21 olup, katılımcıların yaklaşık çeyrek kısmı, TRL değerlendirmelerinin etik konuları yeterince içermediğini düşünmektedir. **Kararsızım** seçeneği %26,32 oranında seçilmiştir. Bu, katılımcıların büyük bir kısmının etik konuların TRL değerlendirmelerinde ne ölçüde yer aldığı konusunda belirsizlik yaşadığını ve bu alanda daha fazla bilgiye ihtiyaç duyduklarını gösteriyor. Sonuç olarak, TRL değerlendirmelerinin etik konuları ne derece dikkate alıp almadığı konusunda katılımcıların yarısı olumlu bir görüş belirtirken, yaklaşık dörtte biri olumsuz bir görüş bildirmiştir. Bununla birlikte, %26,32'lik kararsızlık oranı, etik konuların TRL süreçlerine entegre edilip edilmediği konusunda katılımcılar arasında net bir görüş birliği oluşmadığını göstermektedir. Bu sonuç, etik meselelerin TRL süreçlerinde daha belirgin ve açık bir şekilde ele alınması gerektiğini ve bu alandaki belirsizliklerin giderilmesi için daha fazla şeffaflık sağlanması gerektiğini ortaya koymaktadır.

“18. TRL seviyelerinin belirlenmesinde sektördeki yeni eğilimler dikkate alınıyor” ifadesinin katılımcılar arasında genellikle olumlu bir görüş oluşturduğunu göstermektedir. **Olumlu görüş** bildiren katılımcılar arasında, **"Katılıyorum"** seçeneği %51,58 oranında, **"Kesinlikle Katılıyorum"** seçeneği ise %13,68 oranında tercih edilmiştir. Bu oranların toplamı %65,26 olup, katılımcıların büyük bir kısmı, TRL seviyelerinin belirlenmesinde sektördeki yeni eğilimlerin dikkate alındığını düşünmektedir. Bu sonuç, katılımcıların çoğunluğunun TRL süreçlerinde yenilikçi ve güncel gelişmelerin göz önünde bulunduurulduğu konusunda memnuniyet duyduğunu ortaya koymaktadır. **Olumsuz görüş** bildiren katılımcılar arasında, **"Katılmıyorum"** seçeneği %14,74, **"Kesinlikle Katılmıyorum"** seçeneği ise %2,11 oranında seçilmiştir. Bu oranların toplamı %16,85 olup, katılımcıların küçük bir kısmı, TRL seviyelerinin belirlenmesinde sektördeki yeni eğilimlerin dikkate alınmadığını düşünmektedir. **Kararsızım** seçeneği ise %17,89 oranında

seçilmiştir. Bu oran, katılımcıların yaklaşık beşte birinin, sektördeki yeni eğilimlerin TRL seviyelerinin belirlenmesindeki rolü konusunda kararsız kaldığını, belirsizlik yaşadığını veya bu konuda daha fazla bilgiye ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, TRL seviyelerinin belirlenmesinde sektördeki yeni eğilimlerin dikkate alındığına dair olumlu bir görüş baskın olmakla birlikte, katılımcıların %65,26'sı bu durumu onaylamaktadır. Ancak, %16,85'lik olumsuz görüş ve %17,89'luk kararsızlık oranı, sektördeki yeniliklerin her zaman yeterince yansıtılmadığı ya da bazı katılımcıların bu konuda daha fazla açıklık istediği anlamına gelebilir. Bu sonuçlar, TRL süreçlerinde sektördeki yeni eğilimlerin daha etkili bir şekilde entegrasyonu için daha fazla çaba gösterilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

“19. TRL değerlendirmeleri, projelerin uluslararası iş birliği ve ortaklık potansiyelini içeriyor” ifadesine yönelik katılımcıların çoğunluğunun olumlu bir görüş sergilediğini ortaya koymaktadır. **Olumlu görüş** belirten katılımcıların oranı, toplamda %54,73'tür. Bu, **"Katılıyorum"** seçeneği için %41,05 ve **"Kesinlikle Katılıyorum"** seçeneği için %13,68 oranında belirlenen cevaplarla sağlanmıştır. Katılımcıların yarısından fazlası, TRL değerlendirmelerinin projelerin uluslararası iş birliği ve ortaklık potansiyelini yeterince dikkate aldığını düşünmektedir. Bu, savunma sanayii projelerinin uluslararası düzeydeki etkileşimlerini ve küresel iş birliği fırsatlarını göz önünde bulunduran bir yaklaşımın yaygın olarak kabul edildiğini göstermektedir. **Olumsuz görüş** bildiren katılımcıların oranı ise %18,95'tir. **"Katılmıyorum"** seçeneği için %15,79, **"Kesinlikle Katılmıyorum"** seçeneği için ise %3,16 oranında cevaplar verilmiştir. Bu oran, katılımcıların bir kısmının TRL değerlendirmelerinin, projelerin uluslararası iş birliği ve ortaklık potansiyelini yeterince hesaba katmadığı görüşünü taşıdığını göstermektedir. **Kararsızlık** durumu, %26,32 oranında bir kesimi kapsıyor. Katılımcıların yaklaşık çeyreği, bu konuda kesin bir görüş bildirme konusunda tereddüt yaşamaktadır ve bu, TRL değerlendirmelerinin uluslararası iş birliği ve ortaklık boyutunu nasıl ele aldığına dair daha fazla açıklığa ihtiyaç duyulduğunu gösterebilir. Sonuç olarak, TRL değerlendirmelerinin uluslararası iş birliği ve ortaklık potansiyelini dikkate alıp almadığı konusunda genel olarak olumlu bir görüş hâkimdir. Ancak, %18,95'lik olumsuz görüş ve %26,32'lik kararsızlık oranı, bu konuya ilişkin daha fazla netlik ve sektördeki uygulamaların daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi gerektiğini işaret etmektedir. Bu durum, TRL değerlendirmelerinin uluslararası iş birliği açısından daha kapsamlı bir biçimde ele alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

“20. TRL değerlendirmeleri, savunma sanayii projelerinin gelecekteki (dijital dönüşüm) teknolojik ihtiyaçlarını öngörüyor” ifadesine ilişkin katılımcıların genel görüşü

olumlu yöndedir. **Olumlu görüş** bildiren katılımcıların oranı %62,11'dir. "**Katılıyorum**" seçeneği için %46,32, "**Kesinlikle Katılıyorum**" seçeneği için ise %15,79 oranında yanıt verilmiştir. Bu, katılımcıların büyük bir kısmının, TRL değerlendirmelerinin savunma sanayi projelerinin gelecekteki teknolojik ihtiyaçlarını, özellikle dijital dönüşüm bağlamında, yeterince öngördüğünü düşündüğünü göstermektedir. Bu bulgu, savunma sanayii projelerinin teknolojik evrimini ve dijitalleşmeye yönelik stratejik yaklaşımlarının belirlenmesinde TRL değerlendirmelerinin önemli bir rol oynadığına dair genel bir kabul olduğunu ortaya koymaktadır. **Olumsuz görüş** bildiren katılımcıların oranı ise %18,94'tür. "**Katılmıyorum**" seçeneği için %13,68, "**Kesinlikle Katılmıyorum**" seçeneği için ise %5,26 oranında yanıt verilmiştir. Bu oran, katılımcıların bir kısmının TRL değerlendirmelerinin, savunma sanayii projelerinin gelecekteki dijital dönüşüm ihtiyaçlarına yönelik yeterince öngöründe bulunmadığı düşüncesini taşıdığını göstermektedir. **Kararsızlık** durumu %18,95'tir. Katılımcıların bu oranı, TRL değerlendirmelerinin dijital dönüşümle ilgili teknolojik ihtiyaçları öngörme kapasitesi konusunda kesin bir görüş belirtme noktasında tereddüt ettiğini gösterir. Bu durum, bu alandaki uygulamaların daha fazla netlik ve şeffaflık gerektirdiğini işaret edebilir. Sonuç olarak, genel olarak TRL değerlendirmelerinin, savunma sanayii projelerinin dijital dönüşüm ve gelecekteki teknolojik ihtiyaçlarına yönelik yeterli öngöründe bulunduğu görüşü öne çıkmaktadır. Ancak %18,94 oranındaki olumsuz görüş ve %18,95'lik kararsızlık oranı, dijital dönüşüm konusundaki öngörülerin daha derinlemesine ve somut bir şekilde ele alınması gerektiğini göstermektedir. Bu bulgular, TRL değerlendirmelerinin dijital dönüşüm stratejileriyle uyumlu hale getirilmesi için ek çalışmalar yapılmasının gerektiğini ortaya koymaktadır.

"21. TRL seviyelerinin belirlenmesinde ulusal savunma sanayi stratejileri dikkate alınıyor" ifadesine ilişkin katılımcıların genel görüşü olumlu yöndedir. **Olumlu görüş** bildiren katılımcıların oranı %75,79'dur. "**Katılıyorum**" seçeneği için %58,95, "**Kesinlikle Katılıyorum**" seçeneği için ise %16,84 oranında yanıt verilmiştir. Bu oranlar, katılımcıların büyük bir kısmının, TRL seviyelerinin belirlenmesinde ulusal savunma sanayi stratejilerinin önemli bir rol oynadığını düşündüğünü göstermektedir. Bu bulgu, ulusal savunma politikalarının ve stratejik hedeflerinin teknoloji geliştirme süreçlerinde etkili bir şekilde entegre edildiği ve TRL değerlendirmelerinin bu stratejilerle uyumlu şekilde gerçekleştirildiği izlenimini güçlendirmektedir. **Olumsuz görüş** bildiren katılımcıların oranı ise %10,53'tür. "**Katılmıyorum**" seçeneği için %8,42, "**Kesinlikle Katılmıyorum**" seçeneği için ise %2,11 oranında yanıt verilmiştir. Bu oran, katılımcıların bir kısmının, TRL

seviyelerinin belirlenmesinde ulusal savunma sanayi stratejilerinin yeterince dikkate alınmadığını düşündüğünü göstermektedir. **Kararsızlık** durumu %13,68'dir. Katılımcıların bu oranı, ulusal stratejilerin TRL seviyelerinin belirlenmesindeki rolü konusunda net bir görüş belirtmediklerini gösterir. Bu durum, savunma sanayi stratejilerinin teknoloji değerlendirmelerine nasıl entegre edildiği konusunda daha fazla bilgi ve açıklamaya ihtiyaç duyulabileceğini işaret edebilir. Sonuç olarak, genel olarak, katılımcıların büyük çoğunluğu TRL seviyelerinin belirlenmesinde ulusal savunma sanayi stratejilerinin dikkate alındığına inanmaktadır. Ancak, %10,53 oranındaki olumsuz görüş ve %13,68'lik kararsızlık oranı, stratejik yönelimlerin TRL belirleme sürecinde daha açık bir şekilde yansıtılması gerektiğini gösteriyor. Bu bulgu, ulusal savunma sanayi stratejilerinin teknoloji geliştirme süreçlerine daha sistematik bir şekilde entegre edilmesinin önemine dikkat çekmektedir.

Katılımcıların yarısına yakını, TRL seviyelerinin belirlenmesinde şeffaflık olduğunu düşünmektedir. Ancak söz konusu ifadedeki kararsızların oranı da azımsanamayacak düzeydedir. Dolayısıyla süreçlerin şeffaflığı konusu, üzerinde durulması gereken konulardan biri olarak değerlendirilebilir.

TRL seviyelerinin belirlenmesine ilişkin kullanılan metodolojilerin güncel olduğuna ilişkin verilen ifade, olumlu yanıtlarla sonuçlanmaktadır. Katılımcıların yarısından fazlası, güncellik konusunda “güven” duymaktadır.

Katılımcılar, çoğunlukla TRL değerlendirmelerinin alt teknolojilere odaklandığını belirtmektedir. Ancak bu düşünceye katılmayanlar da söz konusudur. Dolayısıyla konu hakkında daha detaylı bir inceleme mümkündür.

Dikkat çekici bir sonuç olarak, TRL seviyelerinin belirlenmesinde uluslararası standartlara uyum konusunda “kararsızlık” olarak değerlendirilebilecek bir düşünce görülmektedir. “Katılıyorum” cevabını veren katılımcıların oranının düşük çıkması da bunu destekler niteliktedir.

TRL seviyelerinin gerçek kullanım koşullarına ilişkin verilen cevaplarda da kararsızların oranı azımsanamayacak düzeydedir. Dolayısıyla “somut” ölçütlere duyulan ihtiyaç kendisini göstermektedir.

Maliyet etkinliği ve bütçe kullanımına ilişkin yanıtlar, maliyet etkinliğinin verimli olması gerektirdiğini göstermektedir. Aslında bu durum, “şeffaflık” ile birlikte ele alınmalıdır. Dolayısıyla söz konusu süreç şeffaf oldukça, konu hakkındaki kararsızlığın azalacağını belirtmek mümkündür.

TRL seviyeleri, uzun bir süreç gerektiren planlamayla yakından ilgilidir. Katılımcılar, genel itibarıyla TRL seviyelerinin belirlenmesinin uzun vadeli planlamayla yakından ilişkili olduğunu ve sürece katkıda bulunduğunu belirtmektedir. Dolayısıyla ölçütlerin daha net ve anlaşılabilir olması gerekmektedir. Benzer şekilde, planlama ve sürdürülebilirlik kavramları da söz konusu yanıtlarda kendisini göstermektedir. Verilen yanıtlar incelendiğinde, “projelerin uzun vadeli stratejik önemi ve sürdürülebilirliği yeterince dikkate alınıyor” ifadelerine “net bir katılım” olmadığı anlaşılmaktadır.

Kullanıcı ihtiyaçlarının dikkate alınması gereklidir. Çünkü teknoloji ve savunma oldukça önemli bir konu olsa da temelinde insan unsuru yer almaktadır. Konuya ilişkin verilen cevaplarda kararsızların oranı dikkat çekicidir. Bu kapsamda kullanıcı odaklı ve uzmanlaşmaya dayalı bir süreçten geçilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Özellikle geri bildirimlerin dikkate alınması, daha kapsamlı ve daha az hataya dayalı bir süreci ortaya çıkarma konusunda önemlidir.

TRL değerlendirme sürecinin uluslararası işbirliği ve teknolojinin ticarileşmesi konusunda etkileri söz konusudur. Katılımcılar, bu ifadeler karşısında genel itibarıyla olumlu düşünceler de kararsızlığın da söz konusu olduğunu belirtmek mümkündür. Dolayısıyla, diğer bir ifade olan “etik değerler” ile temellendirilerek hem ulusal hem de uluslararası düzeyde işbirliğinin ve ticarileşmenin (ki bu durum aynı zamanda döviz girdisi anlamı taşımaktadır) sağlanabileceği ifade edilebilir.

22. Savunma sanayii projelerindeki TRL değerlendirme süreçleri hakkında deneyimleriniz veya gözlemleriniz ışığında, bu süreçlerin geliştirilmesi için önerilere verilen cevaplar görüşler doğrultusunda gruplandırılmıştır.

Açık uçlu olarak katılımcılara verilen soruda, gelişim önerileri istenmiştir. Bu doğrultuda cevapların gruplandırılabilmesi ifade edilebilir. Yerli savunma sanayi girişimlerinin güçlendirilmesi ve Türkiye'nin teknolojik bağımsızlığının artırılmasına yönelik açıklamalar burada değerlendirilebilir. Buna göre, savunma sanayinin “yerlileşme” oranlarının artırılması gerekliliği, milli teknoloji girişimi kapsamında milli hedeflerin belirlenmesi gibi temel cevaplar söz konusudur. Yatırımlar için daha fazla yerli ve milli kaynak kullanılmalıdır. Bu gruptaki cevaplara göre, bağımsızlık ve yerli üretim merkezli taktiklerin savunma sektörüne yönelik politikaların tasarlanmasında kullanılması gerektiği fikri öne çıkmaktadır.

Tablo 5.1. Açık Uçlu Soruların Dağılımı

Grup Adı	Açık Uçlu Cevap Yanıt Numaraları
1.Grup Teknoloji ve İnovasyon	2, 3, 11, 13, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 33, 34, 37, 39, 45, 46, 47, 56, 58, 63, 66, 67, 68, 71, 75, 78, 80, 82
2.Grup Süreç ve Yönetim	4, 10, 14, 18, 27, 31, 32, 36, 38, 42, 43, 47, 52, 54, 57, 60, 61, 62, 66, 70, 79
3.Grup Şeffaflık ve Standartlar	7, 20, 27, 35, 38, 50, 53, 54, 66, 73, 75, 77, 81
4.Grup Eğitim	12, 16, 40, 44, 51, 65, 66, 76, 81, 83
5.Grup İş birliği	25, 26, 29, 31, 39, 48, 66, 69, 80

1, 8, 9, 15, 17, 24, 30, 41, 49, 55, 64, 72, 74 numaralı cevaplar herhangi bir öneri içermemektedir.

Ulusal politikalar rekabet avantajı sağlamayı ve dış kaynaklara bağımlılığı azaltmayı amaçlamaktadır. Savunma sanayinin uzun vadeli başarısı için önemli bir bileşen özgünlüktür. Dolayısıyla “özgünlük” olarak değerlendirilebilecek gruptaki cevaplarda teknoloji geliştirme süreçlerinin temelinde ithal çözümler yerine yerli çözümlerin yer alması gerektiğini vurgulanmaktadır. Mevcut savunma teknolojilerini kullanarak özgün ve yerli çözümler geliştirmenin gerekliliği, Türk tasarım ve teknoloji geliştirme kapasitesinin artırılması, en yeni teknolojilerin benimsenmesinin hızlandırılması, özgün sistem ve ürünlerin yaratılmasının önemi ifade edilmektedir.

Savunma sanayiinin başarısı büyük ölçüde yüksek nitelikli işgücünden kaynaklanmaktadır. Uzun vadeli teknik hâkimiyet, uzmanlaşma ve eğitime yapılan yatırımlardan kaynaklanmaktadır. Bu noktada, cevaplar değerlendirildiğinde, uzmanlaşmanın ve insan kaynakları gelişiminin değeri vurgulanmaktadır. Savunma sanayinin uzman personel kaynaklarının genişletilmesi, akademi ve iş dünyası arasındaki işbirliğinin geliştirilmesi ve uzman ekiplerin Ar-Ge süreçlerine etkin katılımının sağlanması gibi öneriler dikkat çekicidir.

Sonuç olarak, savunma sektörü ile teknoloji arasındaki ilişki, modern orduların operasyonel etkinliği üzerinde derin bir etkiye sahiptir. Teknoloji entegrasyonu, savunma sanayiinin stratejik planlama süreçlerinde ve operasyonel hazırlıkta kritik bir role sahiptir.

Bu nedenle, savunma sektöründeki teknolojik ilerlemelerin etkili bir şekilde yönetilmesi ve uygulanması, ulusal güvenlik ve operasyonel başarı için hayati öneme sahiptir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Teknoloji Hazırlık Seviyeleri (TRL) çerçevesi, kavramsallaştırmadan operasyonel bir ortamda tam dağıtımına kadar belirli bir teknolojinin olgunluğunu değerlendirmek için sistematik bir yöntem sağlar. Her TRL seviyesi, temel araştırma ve fizibilite çalışmalarından prototip geliştirmeye, operasyonel testlere ve pazar hazırlığına kadar uzanan teknoloji geliştirme yaşam döngüsünde belirgin bir aşamayı temsil eder.

Bu tablo, katılımcıların görüşlerini analiz ederek her TRL seviyesine göre uyarlanmış içgörüler ve model önerileri elde ederek hazırlanmıştır. Öneriler, her aşamada belirlenen belirli gereksinimler ve zorluklarla uyumludur ve geliştirme sürecini iyileştirmek için pratik öneriler ve geri bildirimler içerir.

Bu yapılandırılmış yaklaşım sayesinde tablo, temel odak alanlarını belirlemek, geliştirme stratejilerini optimize etmek ve teknolojik gelişmeleri endüstri standartları ve stratejik hedeflerle uyumlu hale getirmek için bir kılavuz görevi görür.

Tablo 6.1.'de TRL seviyeleri ve model önerileri yer almaktadır. Burada TRL1'den TRL9'a kadar mevcut kriterler SSM (2015)'den alınmıştır.

Tablo 6.1. TRL Seviyeleri ve Model Önerileri Tablosu

Teknoloji Hazırlık Seviyeleri	Mevcut Kriterler	Model Önerisi
TRL 1	Temel ilkeler gözlemlendi ve raporlandı.	TRL 1 aşamasında, katılımcılar tarafından önerilen kavramsal çalışmalara yönelik eksikliklerin giderilmesi için literatürden faydalanmayı ve sektörel ortalama bir il oluşturmayı önermektedir. Bu aşamada TRL metodolojisi geliştirme girişimleri, literatür taraması ile desteklenerek kapsamlı bir altyapı oluşturulmalı ve akademik çalışmaların sektörel gereksinimlere entegrasyonu sağlanmalıdır. Kuramsal çalışma sonuçlarının olası uygulamaları açıklanmış olmalı.
TRL 2	Teknoloji konsepti veya uygulaması formüle edildi.	TRL 2 aşamasında, temel prensiplerin uygulanabilirliği daha somut hale getirilerek doğrulamak adına akademik çalışmaların yanı sıra mühendislik ve yapay zeka alanlarında (disiplinlerarası) iş birlikleri önerilmiştir. Bu seviyede sektörel dinamikler dikkate alınarak teknolojik altyapının sağlam temeller üzerinde yükseltilmesi önerilmektedir. Ayrıca mevcut teknolojiler ile olan farkı anlatılmış olmalıdır.
TRL 3	Analitik ve tecrübeye dayalı olarak, kritik işlev ve/veya özellik kanıtlandı.	TRL 3 aşamasında, yapay zeka ve dijital dönüşüm araçlarının daha etkin kullanılması gerektiği vurgulanarak, prototiplerde uygulanması önerilmiş rubriklerin ve test mekanizmalarının detaylandırılması önerilmiştir. Özellikle TRL kriterlerinin sektöre özgü hale getirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca sektöre özgü alt teknolojiler için kriterler belirlenmelidir.

TRL 4	•Laboratuvar ortamında tezgâh üstü, bileşen ve alt bileşen doğrulaması yapıldı.	TRL 4 aşamasında, laboratuvar testlerinde toplam kalite yönetimi unsurlarının dâhil edilmesi, geri bildirim mekanizmalarının aktif hale getirilmesi ve paydaşların sürece daha fazla katılım sağlaması gerektiği ifade edilmiştir. Laboratuvarlar akredite edilmiş olmalı.
TRL 5	Bileşenin ve/veya tezgâh üstü tasarımın, harekât ortamına benzetilmiş ortamda doğrulaması yapıldı.	TRL 5 aşamasında, prototip geliştirme sürecinde simülasyonların artırılması ve uluslararası standartların göz önüne alınarak uygulanması gerekliliği vurgulanmıştır.
TRL 6	Sistem/alt sistem modeli ya da prototipi, harekât ortamına benzetilmiş ortamda gösterildi.	TRL 6 aşamasında, uluslararası standartların ve test prosedürlerinin optimize edilmesi önerilmiş; ayrıca sektörel deneyimlerin bu aşamada daha fazla dâhil edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Harekat ortamını simüle edecek ortamın oluşturulmasının bilgileri açık olarak belirlenmiş olmalı.
TRL 7	Prototip harekât ortamında gösterildi.	TRL 7 aşamasında, tam işlevsel sistemin geliştirilmesi sırasında sektör uzmanlarının daha fazla dâhil edilmesi gerektiği ve kullanıcı geri bildirimlerine dayalı iyileştirme süreçlerinin optimize edilmesi gerektiği ve tüm süreçlerin sektörel inovasyon bağlamında değerlendirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Benzer ürünler için kullanıcı tarafından bildirilen geri bildirimlerini ne kadar karşıladığı değerlendirilmelidir. Ürünün yenilikçi yönlerinin yeterli olması gerekir.
TRL 8	Sistem tamamlandı ve performans değerlendirmesi test ve gösterimle yapıldı.	TRL 8 aşamasında, operasyonel ortamlarda kullanılan sistemlerin güncel teknolojiyle entegrasyonu ve bu süreçte uzman görüşlerinin sürekli alınması gerektiği önerilmiştir. Ayrıca, süreçteki gecikmelerin azaltılmasına yönelik planlama yapılması önerilmektedir. Sistem entegrasyonunda herhangi bir sorun olmadığı ve bir sonraki seviye için hazır olduğu belirlenmiş olması.
TRL 9	Sistem performansı gerçek bir görevde başarıyla gerçekleşti.	TRL 9 aşamasında, operasyonel sistemlerin sürdürülebilirlik ve ticari başarı bağlamında değerlendirilmeye devam edilmesi gerektiği; ayrıca TRL süreçlerinin savunma sanayinde ticarileştirme açısından daha fazla desteklenmesi kalkınma hedeflerine uyum sağlamak için sektörel politikalarla ilişkilendirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Gerçek bir görevde performans analizi yapılmış olmalı.
TRL 10	Ticari başarının izlenebilirliği	TRL 10 aşamasında, kullanıcılar tarafından ticari başarı metriklerinin ithalat, ihracat ve üretim hedefleri ile ilişkilendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. İthalat ve İkame Ürün İzlenebilirliği: Bir ürünün ithalata olan bağımlılığı azaltmaya ve yerel alternatifleri teşvik etmeye katkıda bulunup bulunmadığını değerlendirme yeteneği. • Sürdürülebilir Pazar Varlığı Pazarda süreklilik ve kanıt • Finansal Performans: Pozitif gelir akışları ve yatırımın getirisinin izlenmesi • Operasyonel Ölçeklenebilirlik: Talebi karşılamak için üretim ve dağıtımın başarılı bir şekilde ölçeklenmesi. • Müşteri Memnuniyeti: Yüksek düzeyde müşteri onayı ve sadakatinin değerlendirilmesi
TRL 11	Savunma sanayine olan etkilerin ölçülmesi ve sektörel inovasyon.	TRL 11 aşamasında, kullanıcılar tarafından savunma sanayinde teknoloji dönüşümünü sağlayacak yenilikçi yaklaşımların uygulanması ve bu yaklaşımların etkilerinin düzenli analiz edilerek raporlanması önerilmiştir. Bu seviyede ulusal stratejilere uygun inovasyon süreçleri geliştirilmelidir. • Alt Teknoloji Geliştirme: Türev veya tamamlayıcı teknolojilerin ortaya çıkması. • Yeni Girişimlerin Oluşumu: Teknolojiden yararlanan yeni kurulan şirketlerin veya yan şirketlerin oluşturulması. • İnsan İstihdamı: Özellikle teknolojiyle ilgili yüksek beceri gerektiren rollerde istihdam fırsatlarının artması.

-
- **Sektörel Dönüşüm:** Teknolojinin yönlendirdiği endüstri uygulamalarında, standartlarında veya yeteneklerinde önemli değişiklikler.
 - **Ekipman Hazırlığı:** Teknolojinin operasyonel savunma çerçevelerine sorunsuz bir şekilde entegre olma ve hazırlığı iyileştirme yeteneğinin değerlendirilmesi.
 - **Etki Değerlendirmesi:** Teknolojinin kullanımından belli bir süre sonra güvenlik sistemine, ekonomiye, toplumsal yaşama ve araştırmaya olan etki analizi yapılmalıdır. Ürün kullanılmaya başlandığında neleri değiştirdiği nitel ve nicel olarak belirlenmeli.
-

Teknoloji Hazırlık Seviyesi (TRL) çerçevesi uzun zamandır teknolojilerin olgunluğunu değerlendirmek için önemli bir araç olmuştur. Ancak, teknolojik ekosistemlerin karmaşıklıklarının evrimleşmesi ve bunların ticari ve savunma uygulamalarına entegrasyonu ile bu çalışma iki ek seviye önermektedir: Ticari başarının izlenebilirliğine odaklanan TRL10 ve savunma endüstrisi üzerindeki daha geniş etkiyi değerlendiren TRL11. Mevcut araştırma ve pratik çerçeveleri sentezleyerek, mevcut TRL metodolojisindeki kritik boşlukları ele alan bu seviyeler için bir model sunmaktadır.

Teknoloji geliştirmede ticari başarının peşinde koşmak, başarılı ticarileştirmeye katkıda bulunan faktörlerin derinlemesine anlaşılmasını gerektiren karmaşık ve çok yönlü bir zorluktur. Bir temel faktör, Teknoloji Hazırlık Seviyeleri kavramıyla kanıtlandığı gibi, ilk teknoloji transferinden teknolojinin başarılı bir şekilde ticarileştirilmesine kadar tüm süreci dikkate almanın önemidir (Bong, Shin & Park, 2020).

TRL9'dan bir ürün ortaya çıktı, ancak bu ürün ne kadar ticari başarı gösterdi? Bu başarının izlenmesi sistematik bir yaklaşım gerektirir. İzleme süresi, pazar penetrasyonu, müşteri elde tutma ve karlılık gibi anlamlı eğilimleri ve sonuçları yakalamak için en az 5 yılı kapsamalıdır. Değerlendirme, paydaş görüşmeleri, finansal performans analizleri ve müşteri geri bildirimleri dâhil olmak üzere hem nitel hem de nicel ölçümleri içermelidir.

TRL11: Savunma Sanayine Etkisi TRL11, özellikle savunmada teknolojilerin daha geniş sektörel etkisini değerlendirir. Maliyet etkisinden gelişmiş operasyonel yeteneklere, teknolojinin yenilik ve yetenekler üzerindeki kademeli etkilerini ele alarak değerlendirme sunar. Teknolojilerini uzun süreler boyunca izleyerek en az 5 yılı kapsayan süreler uzun vadeli sektörel dönüşümler hakkında fikir edinerek ve stratejik yatırımlara rehberlik etmesi ön görülmektedir.

Sonuç TRL erevesinin TRL10 ve TRL11'i içerecek şekilde genişletilmesi, teknoloji hazırlığını değerlendirmedeki kritik boşlukları kapatır. Bu seviyeler, paydaşlara ileri teknolojilerin ticari başarısı ve sektörel etkileri hakkında eyleme geçirilebilir fikirler sunarak karar alma ve stratejik planlama süreçlerini geliştirir. Gelecekteki araştırmaların, vaka çalışmaları ve sektörler arası uygulamalar yoluyla bu eklemeleri doğrulaması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- al., N. A. (2011). A framework for evaluating technology readiness, system quality, and program performance of US DoD acquisitions. *Systems Engineering*, 410-426.
- Aladağlı, B., & Beğenirbaş, M. (2024). Savunma Tedarik Sürecinde Entegre Proje Ekiplerinin (EPE) Rolü: Türkiye İçin Bir Model Önerisi. *SAVSAD Savunma ve Savaş Araştırmaları Dergisi The Journal of Defence and War Studies*, 83-107.
- Alvarenga, M., Melo, P., & Fonseca, R. (2014). A critical review of methods and models for evaluating organizational factors in Human Reliability Analysis. *Progress in Nuclear Energy*, 25-41.
- Aydoğdu, Ç. (2021). Yenilenebilir enerji sektöründe ve enerji verimliliğinde kamusal destekler ve Türkiye’de yansımaları. *Akademik İzdüşüm Dergisi* , 52-74.
- Azizian, N., Mazzuchi, T., Sarkani, S., & Rico, D. (2011). A framework for evaluating technology readiness, system quality, and program performance of US DoD acquisitions. *Systems Engineering*, 410-426.
- Bajoria, A., Mahto, N., Boppana, C., & Pant, R. (2017). Design of a tethered aerostat system for animal and bird hazard mitigation. *First International Conference on Recent Advances in Aerospace Engineering (ICRAAE)*, (s. 1-6).
- Baki, B., & Serdar, D. (2020). Sanayi 4.0 Olgunluk Modeli Uygulamaları Üzerine Literatür İncelemesi. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 766-787.
- Becz, S., Pinto, A., Zeidner, L., Khire, R., Banaszuk, A., & Reeve, H. (2010). Design system for managing complexity in aerospace systems. *10th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference*, (s. 1-7).
- Bellibaş, M., & Gümüş, S. (2018). Eğitim yönetiminde sistematik derleme çalışmaları. *Eğitim yönetiminde araştırma*, 533-550.
- Bilbro, J. W. (2006). Systematic Assessment of the Program/Project Impacts of Technological Advancement and Insertion. *George C. Marshall Space Flight Center*, 1-43.
- Bilgiç, G., Güzel, A., & Mükerrerem, Ş. (2024). Bor karbür: fizikokimyasal özellikleri, sentezi ve savunma teknolojileri alanında uygulamaları. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 1-18.

- Bissing, C. R. (2021). *An Analysis of the Effects of Technology Readiness Levels on Cost Growth*. <https://scholar.afit.edu/etd/5030>: <https://scholar.afit.edu/etd/5030> adresinden alındı
- Bong, K. H., Shin, Y., & Park, J. (2020). Do Firms' Efforts Matter? An Innovation Mechanism in Public Technology Commercialization. In *IEEE Transactions on Engineering Management* (Vol. 69, Issue 6, p. 2987). Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/tem.2020.3025695>
- Brown, B. (2010). *Introduction to Defense Acquisition Management, August 2010*. Government Printing Office.
- Cheng, Y., Cui, G., Zhang, L., Wang, Y., Ma, H., & Li, H. (2020). Securing nuclear power ics with mimic defense object storage system. *2020 12th International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN)* (s. 228-232). IEEE.
- Cilli, M., Parnell, G., Cloutier, R., & Zigh, T. (2015). A systems engineering perspective on the revised defense acquisition system. *Systems Engineering*, 584-603.
- Clay, R., Marburger, S., Shneider, M., & Trucano, T. (2006, 10). *Modeling and Simulation Technology Readiness Levels*. <https://www.osti.gov/servlets/purl/901709> adresinden alındı
- Cornford, S., & Sarsfield, L. (2004). Quantitative methods for maturing and infusing advanced spacecraft technology. *IEEE Aerosp. Conf. Proc.*, 663-681.
- Desticioğlu , B. (2022). Project planning with CPM and PERT methods: Example of defence industry. *Journal of Naval Sciences and Engineering*, 363-385.
- Dixit, R., Chinnam, R., & Singh, H. (2020). Pre-manufacturing Portfolio Management Decisions in the Defense Industry. *2020 IEEE Midwest Industry Conference (MIC)*, 1-5.
- Dunbar, B. (2017). *Technology readiness levels demystified*. NASA.
- Eroğlu, O. (2024). The Role of The State in Turkey's Domestic Automobile Initiatives (Devrim and Togg). *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 389-403.
- esds. (tarih yok).
- Feickert, A. (2009). *The Army's future combat system (FCS): Background and issues for congress*. Washington: Congressional Research Service.

- Fernandez, J. A. (2010). *Contextual Role of TRLs and MRLs in Technology Management*.
<https://www.osti.gov/servlets/purl/1002093-jyhoPR/> adresinden alındı
- Galindo, J. (2000). *A case history of the United States Army RAH-66 Comanche Helicopter*.
Calhoun: The NPS Institutional Archive DSpace Repository:
<https://calhoun.nps.edu/server/api/core/bitstreams/2a738b12-5ae7-411f-971b-2765e781fdf1/content> adresinden alındı
- GAO. (1992, 5 27). *Comanche Helicopter: Program Needs Reassessment Due to Increased Unit Cost and Other Factors*. <https://www.gao.gov/products/nsiad-92-204> adresinden alındı
- GAO. (2003). *FCS Program Issues*. Washington: General Accounting Office.
- GAO. (2004). *Using A Knowledge-Based Approach to Improve Weapon Acquisition*. Washington: United States Government Accountability Office.
- GAO. (2009). *Best Practices: Better Management of Technology Development Can Improve Weapon System Outcomes*. Washington: United States Government Accountability Office.
- GAO. (2009). *Best Practices: Better Management of Technology Development Can Improve Weapon System Outcomes*. Washington: United States Government Accountability Office.
- GAO. (2016). *Detailed Systems Engineering Prior to Product Development Positions Programs for Success*. Washington: United States Government Accountability Office .
- GAO. (2020). *Technology Readiness Assessment Guide: Best Practices for Evaluating the Readiness of Technology for Use in Acquisition Programs and Projects*. Washington: United States Government Accountability Office.
- Garcia, A., Ganey, N., & Wilber, J. (2017). Human readiness assessment: A multivariate approach. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 61(1), 106-109.
- Giray, F. (2004). Savunma harcamalari ve ekonomik büyüme. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 181-199.

- Graettinger, C., Garcia, S., Sivi, J., Schenk, R., & Syckle, P. (2002, 10). *Using the technology readiness levels scale to support technology management in the DoD's ATD/STO environments*.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=ee5baac4c05e5387243c0aab5d6bc665ae949c83> adresinden alındı
- Groen, A., & Walsh, S. (2013). Introduction to the field of emerging technology management. *Creativity and innovation management* , 1-5.
- Gündoğdu, E. (2023). TÜRKİYE’NİN YÜKSELEN ASKERİ CAYDIRICILIĞININ DİNAMİKLERİ (2016-2023). *Akademik Hassasiyetler*, 447-468 .
- Hanley, T., & Cutts, L. (2013). What is a systematic review? *Counselling Psychology Review*, 3-6.
- Harrison, K., Elsayed, S., Garanovich, I., Weir, T., Galister, M., Boswell, S., . . . Sarker, R. (2020). Portfolio optimization for defence applications. *IEEE Access*, 60152-60178.
- Héder, M. (2017). From NASA to EU: the evolution of the TRL scale in Public Sector Innovation. *The Innovation Journal*, 1-23.
- Hobday, M., & Rush, H. (1999). Technology management in complex product systems (CoPS)-ten questions answered. *International Journal of Technology Manageme*, 618-638.
- Hus’ak, M., Barto’s, V., Sokol, P., & Gajdo’s, A. (2021). Predictive methods in cyber defense: Current experience and research challenges. *Future Generation Computer Systems*, 517-530.
- Irfan, F., Bura, R., & Yansyah, H. (2019). Identifying Development Strategic of Critical Technology Elements using Quality Function Deployment Approach for Fighter Simulator Development. *IEEE 6th Asian Conference on Defence Technology (ACDT)* (s. 169-174). IEEE .
- Islam, N. (2019). Güç, strateji ve potansiyeller: Çin ordusunun temel yetenekleri ve unsurları üzerine bir inceleme. *Cappadocia Journal of Area Studies*, 100-110.
- Jones, G., White , E., Ryan , E., & Ritschel, J. (2014). Investigation into the ratio of operating and support costs to life-cycle costs for DoD weapon systems. *Defense Acquisition Research Journal* , 442-464.

- Karaçam, Z. (2013). Sistematik derleme metodolojisi: Sistematik derleme hazırlamak için bir rehber. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 26-33.
- Karthick, M., Robert, T., & Kumar, C. (2020). HFACS-based FAHP implementation to identify critical factors influencing human error occurrence in nuclear plant control room. *Soft Computing*, 16577-16591.
- Kestane, A. (2021). Siber güvenliğin etkinleştirilmesinde sürekli süreç denetimi modeli. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi* , 773-796.
- Korkmaz, G. (2022). Gelecek öngörülleri ve alınan dersler çerçevesinde savunma tedarik projeleri. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 163-204.
- Korkmaz, G. (2023). Savunma Projelerinin Başarısında Teknoloji Hazırlık Seviyesinin Rolü: Vaka Analiz Çalışması. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 75-96.
- Korkmaz, G. (2023). Savunma Projelerinin Başarısında Teknoloji Hazırlık Seviyesinin Rolü: Vaka Analiz Çalışması. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 75-96.
- Köken, T., & Gültekin, B. (2024). Savunma Sanayiinde İHA'lar için Tasarlanmış Genel Amaçlı Simulasyon Aracı. *International Anatolia Academic Online Journal Social Sciences Journal*, 144-153.
- Krelina, M. (2021). Quantum technology for military applications. *EPJ Quantum Technology*, 1-53.
- Küçükçelebi, A., & Yıldız, E. (2020). Kablolu İHA Sistemleri ve Uygulamaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 154-159.
- Küçüköğlu, M. (2023). Türk Savunma Sanayisindeki Gelişmelerin Ekonomiye Etkileri (2000-2023). *Sakarya İktisat Dergisi*, 15-41.
- Kwak, Y., & Smith, B. (2009). Managing risks in mega defense acquisition projects: Performance, policy, and opportunities. *International Journal of Project Management* , 812-820.
- Lee, S. (2021). A Case Study of AI DEFENSE Applications in Major Northeast Asian States and Strategies for Building a ROK's AI-based National Defense System. *International journal of terrorism & national security*, 1-65.
- Loeb, V. (2002, 8 31). Fate of Army Chopper On The Block. Washington Post.
- Mankins, J. C. (1995). *Technology readiness levels*. White Paper.

- Mankins, J. C. (2009). Technology readiness assessments: A retrospective. *Acta Astronautica*, 1216-1223.
- Markham, S., & Lee, H. (2013). Product Development and Management Association's 2012 Comparative Performance Assessment Study. *Journal of Product Innovation Management*, 408-429.
- Martínez-Plumed, F., Gómez, E., & Hernández-Orallo, J. (2021). Futures of artificial intelligence through technology readiness levels. *Telematics and Informatics* , 101525.
- Meier, S. R. (2008). Best project management and systems engineering practices in the preacquisition phase for federal intelligence and defense agencies. *Project Management Journal*, 59-71.
- Metcalf, M., Schendt, A., & Vera, R. (2022). Using Technology Readiness Levels to Predict the Future of Nuclear Weapons. *International Cost Estimating and Analysis Association*, 1-27.
- Miller, J., Minear, P., Niessner, A., DeLullo, A., Geiger, B., Long, L., & Horn, J. (2007). Intelligent Unmanned Air Vehicle Flight Systems . *Journal of Aerospace Computing, Information, and Communication*, 816-835.
- Moorhouse, D. J. (2002). Detailed definitions and guidance for application of technology readiness levels. *Journal of Aircraft*, 190-192.
- Moultrie, J. (2015). Understanding and classifying the role of design demonstrators in scientific exploration. *Technovation*, 1-16.
- Nardulli, B., & McNaughe, T. (2002). The Army: Toward the objective force. *Transforming America's military*, 101-128.
- NASA. (2020, 1 14). *NASA explorers.larc.nasa.gov*: https://explorers.larc.nasa.gov/2023APPROBE/pdf_files/NASA02.%20NPR%207123.1C%20NASA%20Systems%20Engineering%20Processes%20and%20Requirements.pdf adresinden alındı
- O'Driscoll, A. (2024, 1 8). *The role of human error in cybersecurity: what the stats tell us*. comparitech: <https://www.comparitech.com/blog/information-security/human-error-cybersecurity-stats/> adresinden alındı

- Olechowski, A., Eppinger, S., & Joglekar, N. (2015). Technology readiness levels at 40: A study of state-of-the-art use, challenges, and opportunities. *2015 Portland international conference on management of engineering and technology (PICMET)* (s. 2084-2094). IEEE.
- Öztürk, H. T. (2022). Türk Savunma Sanayisinde Ar-Ge ve Yenilik Sistemleri. *SELÇUK ÜNİVERSİTESİ SOSYAL VE TEKNİK ARAŞTIRMALAR DERGİSİ* , 129-137.
- Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., . . . Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *bmj*, 1-9.
- Pant, R., Komerath, N., & Kar, A. (2011). Application of lighter-than-air platforms for power beaming, generation and communications. *International Symposium on Electronic System Design* (s. 242-247). IEEE.
- Papke-Shields, K., Beise, C., & Quan, J. (2010). Do project managers practice what they preach, and does it matter to project success? *International journal of project management*, 650-662.
- Pendleton, J. (2019). *Army readiness: Progress and challenges in rebuilding personnel, equipping, and training*. Government Accountability Office: <https://apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1167897.pdf> adresinden alındı
- PMO. (2021). *PMO Partners*. Teknoloji Hazırlık Seviyesi (TRL) Nedir?: <https://pmo.partners/teknoloji-hazirlık-seviyesi-trl-nedir/> adresinden alındı
- Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge*.
- RAND. (2012). *Lessons from the Army's Future Combat Systems Program*. https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2012/RAND_MG1206.sum.pdf adresinden alındı
- Sadin, S., Povinelli, F., & Robert , R. (1989). The NASA technology push towards future space mission systems. *Space and Humanity* (s. 73-77). içinde Pergamon.
- Sağbaş, M., Erdoğan, F., Uğural, M., & Kara, A. (2024). Ordular ve Dijital Dönüşüm: Sorunlar ve Çözümler. *Güvenlik Stratejileri Dergisi*, 123-145.

- Sauser, B., Ramirez-Marquez, J., Verma, D., & Gove, R. (2006). *Stevens Institute of Technology Systems Engineering and Engineering Management*. <https://ndia.dtic.mil/wp-content/uploads/2006/systems/Thursday/sauser.pdf> adresinden alındı
- See, J., Craft, R., & Morris, J. (2019). *Human readiness levels in the systems engineering process at Sandia National Laboratories*. Albuquerque: Sandia National Lab.(SNL-NM).
- Seferoğlu, S. (2015). Okullarda teknoloji kullanımı ve uygulamalar: Gözlemler, sorunlar ve çözüm önerileri. *Artı Eğitim*, 90-91.
- Sirait, J., Alrasyid, H., & Soraya, N. (2023). Strengthening The Defense Industry's Independence Through The Internet Of Things In The Manufacturing Sector: A Review. *International Journal of Science, Technology & Management*, 335-340.
- Slyer, J. (2016). Unanswered questions: implications of an empty review. *JB I Evidence Synthesis*, 1-2.
- Smith, J. (2005). An alternative to technology readiness levels for non-developmental item (NDI) software. *Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences* (s. 1-37). IEEE.
- SSM, (2015). Savunma Sanayii için Teknoloji Hazırlık Seviyesi Kılavuzu. Savunma Sanayii Müsteşarlığı Ar-Ge ve Teknoloji Yönetimi Daire Başkanlığı Teknoloji Yönetimi Grup Müdürlüğü 2015.
- Sylvester, R., & Ferrara, J. (2003). Conflict and ambiguity: Implementing evolutionary acquisition. *Defense AR Journal*, 5.
- Şener, U., Gökalp, E., & Eren, E. (2022). Dijital Olgunluk İndeksi: Organizasyonların Dijital Dönüşüm Yolculuğunda Verimliliği Artırmak İçin Bir Kantitatif Yöntem. *Verimlilik Dergisi*, 17-29.
- Şimşir, İ., & Mete, B. (2021). Sağlık hizmetlerinin geleceği: Dijital sağlık teknolojileri. *Journal of Innovative Healthcare Practices*, 33-39.
- Tezcan, B., & Eren, T. (2024). Bulanık Ortamda Proje Yöneticisi Seçimi: Savunma Sanayi Firmasında Bir Uygulama. *SAVSAD Savunma ve Savaş Araştırmaları Dergisi*, 153-168.

- Topcu, M., & Korkmaz, G. (2021). Savunma Tedarik Projelerinde Risk Yönetimi. *SAVSAD Savunma ve Savaş Araştırmaları Dergisi*, 319-356.
- TopWar. (2014). *TopWar*. TopWar: <https://tr.topwar.ru/64486-razvedyvatelno-udarnyy-vertolet-boeing-sikorsky-rah-66-comanche-ssha.html> adresinden alındı
- Turner, R., & Zolin, R. (2012). Forecasting success on large projects: developing reliable scales to predict multiple perspectives by multiple stakeholders over multiple time frames. *Project management journal*, 1-13.
- Tübitak. (2020). *Teknoloji Hazırlık Seviyeleri ve Öncelikli Teknoloji Alanları / Ar-Ge ve Yenilik Konuları*. [tubitak.gov.tr: https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/21566/teknoloji_hazirlik_seviyeleri_ve_öncelikli_teknoloji_alanlari_ar-ge_ve_yenilik_konulari.pdf](https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/21566/teknoloji_hazirlik_seviyeleri_ve_öncelikli_teknoloji_alanlari_ar-ge_ve_yenilik_konulari.pdf) adresinden alındı
- Valerdi , R., & Kohl, R. (2004). An Approach to Technology Risk Management. *Engineering Systems Division Symposium*, (s. 29-31).
- Westjohn, S., Arnold, M., Magnusson, P., Zdravkovic, S., & Zhou, J. (2009). Technology readiness and usage: a global-identity. *ORIGINAL EMPIRICAL RESEARCH*, 250–265.
- Yaffe, J., Montgomery, P., Hopewell, S., & Shepard, L. (2012). Empty reviews: a description and consideration of Cochrane systematic reviews with no included studies. *PloS one*, 1-7.
- Yamin, M., & Katt, B. (2022). Modeling and executing cyber security exercise scenarios in cyber ranges. *Computers & Security*, 1-69.
- Yfanti, S., & Sakkas, N. (2024). Technology Readiness Levels (TRLs) in the Era of Co-Creation. *Applied System Innovation*, 1-13.
- Yılmaz, K. (2021). Sosyal bilimlerde ve eğitim bilimlerinde sistematik derleme, meta değerlendirme ve bibliyometrik analizler. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi* , 1457-1490.
- Zhussipbek, G. (2009). Avrupa Güvenlik ve Savunma Politikası'nın tanımı ve düşünsel arka planı. *Uluslararası Hukuk ve Politika*, 71-88.
- Zutin, G., Barbosa, G., de Barros, P., Tiburtino, E., Kawano, F., & Shiki, S. (2022). Readiness levels of Industry 4.0 technologies applied to aircraft manufacturing—a

review, challenges and trends. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 927-943.