



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
CUMHURBAŞKANLIĞI
SAVUNMA SANAYİİ
BAŞKANLIĞI

GELECEĞİN HAREKÂT ORTAMINI ŞEKİLLENDİRECEK TEKNOLOJİLER

GH^{OST}

HAYAL ET

»» HAYAL ET, GELECEĞİ İNŞA ET ««



aselsan



1. YÖNETİCİ ÖZETİ

Teknolojinin hızla geliştiği günümüzde, değişim ve ilerleme olağanüstü bir hız kazanmıştır, bu da geleceği öngörmeyi daha da zorlaştırmaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte, geleceği tahmin etmek artık rekabet avantajı sağlayan bir unsur haline gelmiştir. Ancak, gelecek belirsizliklerle doludur ve özellikle savaş ve harekât ortamının tasviri, teknolojik, jeopolitik, sosyal, çevresel ve ekonomik etmenlerin etkisiyle karmaşık bir hal almaktadır. Bu nedenle, geleceği doğru bir şekilde tasvir etmek için sıradan düşünce kalıplarının ötesine geçmek ve yenilikçi fikirlerden yararlanmak gerekmektedir.

Günümüzdeki teknolojik gelişimin hızıyla 3-5 yıl olarak tanımlanabilecek yakın vadede ötesini, 2050'li yılları ve o yılların harekât ortamlarını tasvir etmek ve bu ortamlarda etkin olacak konseptler ile onların gerçekleştirilmesini sağlayacak teknolojileri belirleyerek bugünden bu teknolojilere yatırım yapmak amacıyla Geleceğin Harekât Ortamını Şekillendirecek Teknolojiler (GHOST) çalışması hayata geçirilmiştir.

2025 yılında ikincisi düzenlenen GHOST çalışmasının ilk safhasında, 2050'li yılların harekât ortamını ve kullanılacak teknolojileri tasvir eden bir senaryo yarışması düzenlenmiştir. Tek aşamadan oluşan yarışmanın duyurusu 8 Temmuz 2025 tarihinde yapılmış olup Savunma Sanayii Başkanlığımız sosyal medya platformları üzerinden duyurusu yapılmıştır. Son başvuru tarihi olan 15 Eylül 2025 tarihine kadar başvurular alınmıştır. Yarışma başvuruları SSB, MSB, TSK, TÜBİTAK, Yükseköğretim Kurulu tarafından Araştırma Üniversitesi olarak belirlenen üniversitelerin ve Milli Savunma Üniversitesi ile SSB projelerinde yer almış savunma sanayii kuruluşları çalışanlarına açılmıştır.

SSB, yürütücü kuruluşlar (TUSAŞ, ASELSAN, HAVELSAN, ROKETSAN ve STM) ve TSK tarafından oluşturulan **110 kişilik** uzmandan oluşan hakem heyetine 26 Eylül 2025 tarihinde online eğitim faaliyeti düzenlemiş ve ilgili eğitim dokümanlarını hakemler ile paylaşmıştır. Eğitim sonrasında hakemler tarafından senaryoların değerlendirilmesi 27 Ekim 2025 tarihinde tamamlanmış, sonuçlar 21 Kasım tarihinde duyurulmuştur. GHOST-2 Yürütme Kurulu tarafından hazırlanan puanlama yöntemi ile gerçekleştirilen yarışma değerlendirme süreci sonucunda 11 adet senaryo dereceye girmeye hak kazanmıştır.

GHOST-2 Senaryo Yarışması ile birlikte geleceğin harekât ortamının resmini çizen senaryolar oluşturulması süreci tamamlanmıştır. GHOST-2 etkinliğinin ikinci safhasında ise yarışmada dereceye giren senaryolardan yola çıkarak geleceğin harekât ortamını şekillendirecek teknolojilerin ortaya çıkarılması amacıyla Geleceğin Harekât Ortamını Şekillendirecek Teknolojiler Çalıştayı'nın ikincisi yüz yüze olaak şekilde TUSAŞ tesislerinde gerçekleştirilmiştir.

6 Ocak 2026 tarihinde gerçekleştirilen GHOST Çalıştayı'nda; 180 kişilik geniş bir ekip ile GHOST Senaryo Yarışması'nda dereceye giren 11 farklı senaryo, bu senaryoların analizi için özel olarak geliştirilen teknoloji öngörüsü temelli metodoloji ile çeşitli alanlarda uzmanların yer aldığı 11 farklı çalışma grubu ile incelenerek öne çıkan teknolojiler tartışılmıştır.

Gerçekleştirilen eş zamanlı atölye çalışmalarında, yapay zekâ, robotik ve otonomi, kuantum teknolojileri, KBRN, biyoteknoloji ve sentetik biyoloji, elektronik harp, fotonik ve nanometamalzemeler gibi geleceğin harekât ortamında belirleyici olması öngörülen kritik teknoloji alanlarına yönelik çıkarımlar elde edilmiştir. Senaryolar çok disiplinli uzman ekipler tarafından analiz edilerek geleceğin harekât ortamında belirleyici olabilecek kritik teknoloji alanları ve konseptler ortaya konmuştur.

Çalıştay kapsamında ayrıca, dijital atölye sistemi kullanılarak analiz süreçlerinin yapılandırılmış ve eş zamanlı şekilde yürütülmesi sağlanmış, elde edilen çıktıların bütüncül olarak derlenmesine katkı sunulmuştur. Yürütülen bu faaliyetler ile kurumsal teknoloji öngörüsü yetkinliği güçlendirilmiş ve savunma sanayimizin geleceğine yönelik stratejik teknoloji alanlarının belirlenmesine katkı sağlanmıştır.

Çalıştayın ardından 6 Şubat 2026 tarihinde gerçekleşen ödül töreninde, değerlendirme sürecini başarıyla tamamlayarak dereceye giren senaryo sahiplerine ödülleri takdim edilmiştir. Dereceye giren senaryo sahiplerine ödülleri, Savunma Sanayii Başkanı Sn. Prof. Dr. Haluk Görgün tarafından takdim edilmiştir.

2. AMAÇ

Ülkemiz, savunma sanayii alanında tam bağımsız Türkiye vizyonu ile gösterdiği ilerleme ile bugün pek çok teknolojide dünyanın önde gelen ülkelerine yaklaşmış durumdadır. Teknolojiyi takip eden değil teknolojiye liderlik eden ve takip edilen bir ülke olma hedefi ise önümüzde durmaktadır. Böyle bir hedefin yolu farklı ve daha önce denenmemiş yöntemlerden geçmektedir.

Günümüzde teknolojinin gelişim hızı insanlık tarihinde daha önce hiç görülmemiş bir seviyeye ulaşmış ve teknolojideki gelişimi takip etmek dahi zor hale gelmiştir. Gelişimin ve değişimin bu kadar hızlı yaşandığı bir dönemde gelecekte neler olabileceğini tahmin etmek her zaman olduğundan çok daha fazla önem kazanmıştır. Gelecek aynı zamanda belirsizlik olduğu için geleceği daha iyi tahmin edenler yani belirsizliği açıklığa kavuşturanlar rakiplerinin önüne geçmektedir. Teknolojide takip edilen bir ülke olma hedefine ulaşabilmek için geleceği tahmin etmeye yönelik etkin modeller geliştirmek büyük önem arz etmektedir.

Gelecek belirsizlikler ile örülüdür ve geleceğin harekât ortamının teknolojik açıdan tasviri birçok zorluğu barındıran bir süreçtir. Buna bağlı olarak harekât sahasının özellikleri; teknolojik, jeopolitik, sosyal, çevresel ve ekonomik etmenlerin etkisiyle dinamik olarak değişmektedir. Bu sebeple gelecek tasvirinde bulunurken günümüzün bakış açısının ve klasikleşmiş kalıpların ötesine geçebilmek, bunun için de en iyi ve en yenilikçi fikirlerden en yüksek faydayı sağlamak gerekmektedir.

Başkanlığımız, günümüzdeki teknolojik gelişimin hızıyla 3-5 yıl olarak tanımlanabilecek yakın vadeden ötesini, 2050'li yılları ve o yılların harekât ortamlarını tasvir etmek ve bu ortamlarda etkin olacak konseptler ile onların gerçekleştirilmesini sağlayacak teknolojileri belirleyerek bugünden bu teknolojilere yatırım yapmak amacıyla Geleceğin Harekât Ortamını Şekillendirecek Teknolojiler (GHOST) etkinliğinin ikincisini gerçekleştirmiştir.

Süreç ile savunma sanayii ekosisteminde gelecek odaklı odaklı konsept farkındalığının farkındalığının arttırılması, geliştirilecek konseptlerin SSB uhdesinde yürütülen tedarik ve proje süreçlerine stratejik girdi sağlaması ve geleceği şekillendirmeye aday yenilikçi teknolojilere yönelik yönelik alt çalışma alanlarının sistematik olarak tespit edilmesi hedeflenmektedir.

Etkinliğin ilk aşaması, düzenlenen bir senaryo yarışması ile geleceğin olası harekât ortamlarının ve bu ortamlardaki yenilikçi konseptlerinin tasvirlerinin oluşturulmasını içermektedir. İkinci aşamasını ise seçilen en iyi senaryoların ve senaryolardaki konseptlerin analiz edilmesi ile hedef gelecekte etkin olacak teknolojilerin belirlenmesine yönelik düzenlenen teknoloji çalıştayını oluşturmaktadır.

Düzenlenen etkinlikte TSK mensupları, savunma sanayii çalışanları ve yanında akademisyenlerin de katkılarından faydalanılması hedeflenmiştir. Çalışmanın sonuçlarının, orta ve uzun vadede odaklanılacak Ar-Ge faaliyet konularının belirlenmesinde yol gösterici olması amaçlanmaktadır.

3. KAPSAM

GHOST-2 faaliyeti temel olarak birbiriyle ilişkili iki alt çalışmayı içermektedir. Birinci çalışma, 2050’li yıllardaki harekât ortamını ve kullanılacak teknolojileri tasvir edecek en iyi senaryoların seçilmesi için düzenlenen bir yarışma ve bunun süreçlerinden oluşmaktadır.

Yarışma, savunma sanayii firmaları, araştırma üniversitelerinin ve Milli Savunma Üniversitesi’nin akademik personeli ile SSB, MSB, TSK ve TÜBİTAK personeline açık olarak düzenlenmiştir. Hazırlanan şablona uygun olarak başvurular internet ortamında bireysel veya grup olarak yapılmıştır.

Senaryo değerlendirmeleri, oluşturulan hakem heyetleri tarafından daha önceden belirlenmiş kriterlere göre yapılmıştır. Hakem heyetlerinde yer alan üyeler, faaliyette görev alan ASELSAN, TUSAŞ, HAVELSAN, ROKETSAN, STM firmaları ve Kuvvet personelleri arasından seçilmiştir.

GHOST-2 faaliyetinin ikinci alt çalışmasını GHOST-2 Teknoloji Çalıştayı oluşturmuştur. Bu çalıştayda, Senaryo Yarışması’nda hakem değerlendirmesi neticesinde en yüksek puanı alan 11 senaryo, uzman katılımcılar tarafından ele alınarak senaryolarda tasvir edilen gelecekte tanımlanan harekât ortamlarındaki etkin konsept ve teknolojiler belirlenerek değerlendirilmiştir. Çalıştayı çıktıları, katılımcılar tarafından birlikte doldurulan ve senaryo çözümlemesi ile ilgili bilgi alanlarını içeren dijital atölye sistemi ile toplanmıştır.

Tüm GHOST-2 faaliyetinin çıktıları ve bu çıktıların analizi ile değerlendirilmesinin sunulması amacıyla GHOST-2 Sonuç Raporu oluşturulmuştur.

Yarışma ve değerlendirme sürecinin ayrıntıları ile çalıştay kurgusu ve faaliyetleri, “5. GHOST Programına İlişkin Bilgi ve Süreç” bölümünde anlatılmaktadır.

Senaryoların hazırlandığı şablonlar, değerlendirme kriterleri ve Teknoloji Çalıştayında değerlendirilen senaryolar ve bu senaryoların değerlendirilmesi “6. Senaryolar” bölümünde yer almaktadır.

Düzenlenen Teknoloji Çalıştayının metodolojisi, senaryoların analizi, çalıştayın çıktıları ve çıktıların analiz edilmesiyle ortaya çıkan sonuçlar “7. Analiz” bölümünde sunulmaktadır.

Çalıştay sonuçlarının ayrıntılı değerlendirilmesi ve bu kapsamdaki yorumlar “8. Değerlendirme ve Sonuç” bölümünde yer almaktadır.

“9. Gelecek Çalışmalar” bölümünde, çalıştay sonuçlarının değerlendirilmesi ışığında stratejik teknolojilere ulaşılabilmesi için hedefler ile alt hedeflerin belirlenmesi ve yol haritalarının oluşturulması çalışmaları anlatılmaktadır.

4. TANIM VE KISALTMALAR

Arzu Edilen Gelecek: Stratejik hedefler doğrultusunda ulaşılması amaçlanan ve yön verilmek istenen gelecek durumu.

ASELSAN: Askeri Elektronik Sanayi A.Ş. Laboratuvarı

AWACS: (Airborne Warning and Control System): Bilişsel Harp Karar üstünlüğü sağlamak amacıyla insan algısı, davranışı ve bilişsel süreçler üzerinde etki oluşturmaya yönelik harekât yaklaşımı.

Birlikte Kullanım Analizi (Co-occurrence): Aynı senaryo veya çözüm yaklaşımı içerisinde birlikte geçen teknoloji alanlarının eşleşme ve tekrar sıklıklarının incelenmesine dayalı ağ analizi yöntemi.

Çekirdek Teknoloji Alanı: Senaryolarda en yüksek yoğunlukta birlikte kullanılan ve çözüm mimarisinin temelini oluşturan teknoloji alanları.

Destekleyici Teknoloji Katmanı: Çekirdek teknolojilerin operasyonel etkinliğini artıran, süreklilik, ölçeklenebilirlik ve entegrasyon sağlayan teknoloji kümeleri.

Dijital Atölye Sistemi: Katılımcıların senaryo, teknoloji ve çözüm önerilerini güvenli ve yapılandırılmış dijital çalışma ortamında geliştirdiği ve değerlendirdiği sistem.

Disruptive Teknoloji: Mevcut operasyonel veya teknolojik paradigmayı dönüştürme potansiyeline sahip oyun değiştirici teknoloji alanları.

GEO: Geostationary Earth Orbit (Jeosenkron Dünya Yörüngesi)

GHOST: Geleceğin Harekât Ortamını Şekillendirecek Teknolojiler

HAVELSAN: Hava Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş.

HAPS: High Altitude Platform Station

İHA: İnsansız Hava Aracı

KBRN: Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer

Korkulan Gelecek: Gerçekleşmesi halinde yüksek risk ve tehdit oluşturabilecek olumsuz gelecek durumu.

LEO: Low Earth Orbit (Alçak Dünya Yörüngesi)

MSB: Milli Savunma Bakanlığı

Muhtemel Gelecek: Mevcut eğilimler ve gelişmelerin devamı halinde gerçekleşme olasılığı en yüksek görülen gelecek durumu.

NATO: North Atlantic Treaty Organization

OTAĞ: Odak Teknoloji Ağı

QKD: Quantum Key Distribution (Kuantum Anahtar Dağıtımı)

PANO: Proaktif Algılama ve Nano-Optik

ROKETSAN: Roket Sanayii ve Ticaret A.Ş.

Senaryo Analizi: Geleceğin harekât ortamına ilişkin alternatif gelişim yollarını, tehditleri ve teknoloji ihtiyaçlarını sistematik olarak değerlendirmeye yönelik yöntemsel yaklaşım.

SSB: Savunma Sanayii Başkanlığı

STM: Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.

System-of-Systems Mimarisi: Birden fazla bağımsız sistemin birlikte çalışabilir şekilde entegre edilerek daha yüksek seviyeli operasyonel kabiliyet oluşturduğu bütünleşik mimari yaklaşım.

Teknoloji Çalıştay: Senaryo çıktılarının uzman katılımcılar tarafından teknoloji, Ar-Ge, operasyonel etki ve kurumsal dönüşüm boyutlarında değerlendirildiği yapılandırılmış ortak akıl ortamı.

Teknoloji Yol Haritası: Belirli teknoloji alanlarında kısa, orta ve uzun vadeli Ar-Ge, yetkinlik kazanımı ve yatırım önceliklerini gösteren stratejik planlama aracı.

TSK: Türk Silahlı Kuvvetleri

TUSAŞ: Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.

TÜBİTAK: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

YZ: Yapay Zekâ

Zaman Ufku Analizi: Teknolojilerin kısa, orta ve uzun vadeli olgunluk seviyelerine göre konumlandırılması ve yatırım önceliklerinin belirlenmesine yönelik analiz yaklaşımı.

5. GHOST PROGRAMINA İLİŞKİN BİLGİ VE SÜREÇ

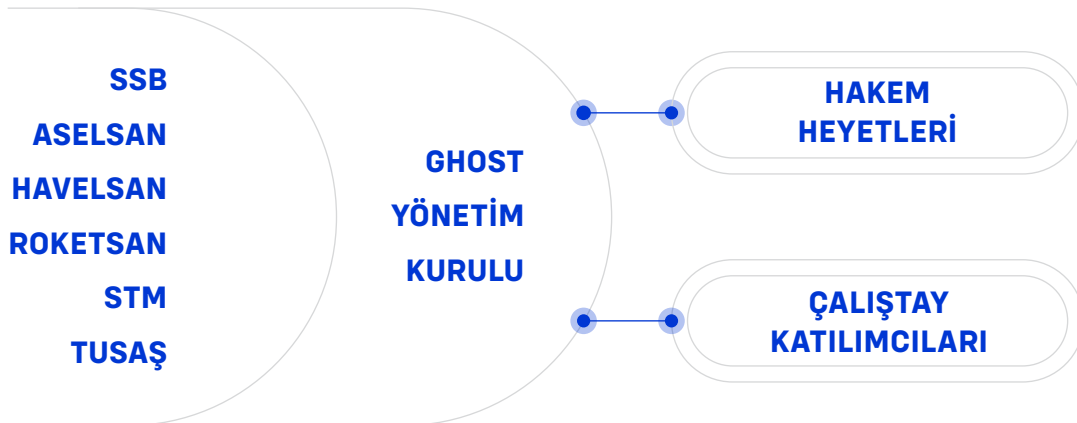
A. GHOST FAALİYETİ ORGANİZASYON YAPISININ BELİRLENMESİ

GHOST Programı SSB Ar-Ge ve Teknoloji Yönetimi Daire Başkanlığı tarafından organize edilmiştir.

Programın yürütülmesi için ülkemizde önde gelen savunma sanayii firmaları davet edilerek planlanan program hakkında bilgi alışverişinde bulunulmuş ve programın hayata geçirilmesi için Yönetim Kurulu oluşturulmuştur.

GHOST faaliyetlerinin yürütülmesi, kurgu ve yapısının belirlenmesi amacı ile oluşturulan Yürütme Kurulu tarafından gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde program yapısı oluşturularak nihai organizasyon yapısı elde edilmiştir. GHOST Programı Organizasyon Yapısı Tablo 1’de yer almaktadır.

Tablo 1: GHOST-2 Programı Organizasyon Yapısı



GHOST Yönetim Kurulu; SSB Ar-Ge ve Teknoloji Yönetimi Dairesi başkanlığında ASELSAN, HAVELSAN, ROKETSAN, STM ve TUSAŞ firmaları temsilcilerinden oluşmaktadır. Daha sık görüşülmesi gerekli görülen durumlar dışında ayda bir toplanacak şekilde organize edilmiştir.

Hakem Heyetleri; ASELSAN, HAVELSAN, ROKETSAN, STM, TUSAŞ firmaları ile SSB ve TSK tarafından belirlenen kişilerden oluşmaktadır. Yarışma ile gelen senaryoların değerlendirme faaliyetlerinde görev almaktadır.

Çalıştay Katılımcıları; GHOST Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ASELSAN, HAVELSAN, ROKETSAN, STM ve TUSAŞ firmaları çalışanları, SSB, MSB, TSK, TÜBİTAK, Yükseköğretim Kurulu tarafından Araştırma Üniversitesi olarak belirlenen üniversitelerin ve Milli Savunma Üniversitesi ile SSB projelerinde yer almış savunma sanayii kuruluşları çalışanlarından oluşmaktadır. Programın son aşamasında düzenlenen çalıştayda görev almaktadır.

B. YÖNETİM VE YÜRÜTME KURULU ÇALIŞMALARI, YARIŞMA KURGUSUNUN BELİRLENMESİ

Program sürecinde GHOST Yönetim Kurulu oluşturulduktan sonra görevler ve takvim belirlenmiştir.

GHOST Yönetim Kurulu görevleri;

- Takvim ve faaliyet planlarının onayı
- Bütçe planlamasının yapılması, her kuruluşun katkılarının belirlenmesi
- Faaliyetlerin düzenli olarak takibi ve gözden geçirilmesi
- Faaliyetlerin yerine getirilmesinde ihtiyaç olan durumlarda yürütme komitesine destek verilmesi
- Yarışma esaslarının belirlenmesi
- Yarışma dokümanlarının oluşturulması
- Değerlendirme kriterlerinin ve ağırlıklarının belirlenmesi
- Hakem heyetlerinin oluşturulması
- Hakem heyetlerinin çalışma yönteminin belirlenmesi
- Çalıştay katılımcılarının belirlenmesi

- Çalıştay çalışma usullerinin belirlenmesi
- Faaliyetlerin düzenli olarak takibi ve gözden geçirilmesi
- Her kurum bünyesinde hakem heyetlerinin, jüri üyelerinin ve çalıştay komitesi üyelerinin görevlerinin yerine getirilmesi konusunda koordinasyon ve destek sağlanması

Hakem Heyetleri görevleri;

- Başvuru değerlendirme faaliyetlerinde puanlandırma ve geri bildirim

Çalıştay Katılımcıları görevleri;

- Kazanan senaryolar içerisinde belirtilen teknolojilerin analizini ortaya koymak olarak belirlenmiştir.

Görevler ve sorumluluklar kapsamında yapılan çalışmalar neticesinde; teknolojilerin analiz edilmesi için bir çalıştay yapılması ile çalıştayda ele alınacak senaryoların seçileceği bir senaryo yarışması yapılması kararlaştırılmıştır.

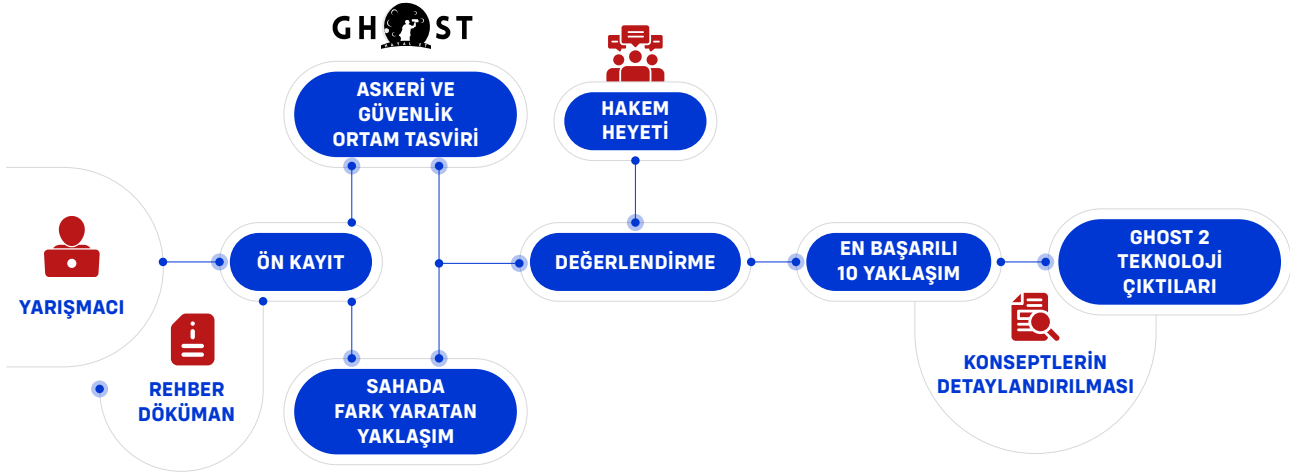
Senaryo yarışmasına internet sitesi üzerinden başvuruların yapılması şeklinde süreç oluşturulmuştur. Yarışmaya SSB projelerinde doğrudan yer almış savunma sanayii firmaları ile TÜBİTAK personeli, Yükseköğretim Kurulu tarafından Araştırma Üniversitesi olarak belirlenen üniversitelerin ve Milli Savunma Üniversitesi'nin akademik personeli, Savunma Sanayii Başkanlığı çalışanları (Ar-Ge ve Teknoloji Yönetimi D.Bşk.lığı personeli hariç), MSB ve TSK personeli katılımının sağlanması planlanmıştır.

Yarışma tek aşama olarak planlanmıştır. Yarışma değerlendirmesi ile ortaya çıkan puan sıralamasında ilk onda yer alan senaryoların yarışmayı kazanması ve kazanan senaryolar için ödül verilmesi planlanmıştır. Ayrıca GHOST-1 ve GHOST-2 senaryoları gridileriyle bir animasyon filmi hazırlanması planlanmıştır.

Yarışmayı kazanan senaryolardan geleceğin harekât ortamını şekillendirecek konsept ve teknolojilerin elde edilmesi amacı ile çalıştay organize edilmesine yönelik planlama yapılmıştır. Yapılacak çalıştay sonucunda elde edilen bilgiler çerçevesinde belirlenecek teknoloji alanlarının, gelecekte SSB tarafından düzenlenecek OTAĞ çalışmaları için girdi oluşturmak üzere raporlanması planlanmıştır.

Yarışma finali için ödül töreninin düzenlenmesi hedeflenmiştir.

GHOST Programı akışı Görsel-1’de özetlenmiştir.



Görsel 1: GHOST Programı Akış Şeması

C. YARIŞMA FAALİYETİ

8 Temmuz 2025 tarihinde yapılan yarışma duyurusu kapsamında SSB tarafından SSB projelerinde doğrudan yer almış savunma sanayii firmalarına, TÜBİTAK’a, Yükseköğretim Kurulu tarafından Araştırma Üniversitesi olarak belirlenen üniversiteler ile Milli Savunma Üniversitesi’ne, Milli Savunma Bakanlığı ve Türk Silahlı Kuvvetlerine GHOST Senaryo Yarışmasının açıldığına dair bildirim yapmıştır. Yarışmaya yönelik aşağıdaki gibi hazırlanan rehber ghost.ssb.gov.tr adresi üzerinden yayınlanmıştır.

Yarışma Rehberi

Yarışmaya Gönderilecek İçerik

Yarışmaya gönderilecek içerik üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlarla ilgili bilgiler, müteakip alt başlıklarda verilmiştir.

1. Askerî ve Güvenlik Ortam Tasviri

Bu bölümde, 20-25 yıl sonrası için öngördüğünüz, odak alanında (bölüm 2) belirttiğiniz problem, tehdit veya fırsatın geçerli olacağı askeri ve güvenlik ortamının (hava, kara, deniz, uzay, siber ve hibrit (Çoklu alan)) detaylı bir şekilde tasvir edilmesi beklenmektedir. Askeri ve Güvenlik Ortam Tasvirinin (1) Odak Alanı (2) ile tutarlı ve birbirini tamamlayıcı şekilde hazırlanması gerekmektedir.

Ortam tasvirinde kullanılacak karakter sayısı (kelime sayısı değil) 3500 ile sınırlıdır.

Nelere Dikkat Edilmeli? (Değerlendirme Kriteri)

- Açıklık ve Netlik: Geleceğin harekât ortamı tasviriniz açık ve anlaşılır bir dille anlatılmış olmalıdır. Tasviriniz, okuyucunun zihninde belirgin bir resim oluşturmali; karmaşık veya belirsiz ifadelerden kaçınılmalıdır. Bu ortamdaki belirgin unsurları ve genel atmosferi yansıtmanız, anlatımınızı güçlendirecektir.

2. Odak Alanı (Problem/Tehdit/Fırsat Tanımları)

Bu bölümde, genel hatlarıyla tasvir ettiğiniz 20-25 yıl sonraki askerî ve güvenlik ortamında, çözüm önerinizin doğrudan hedefleyeceği, mercek altına alacağınız konuyu belirlemeniz ve detaylandırmanız gerekmektedir. Bu kısımda ise en fazla 1750 karakter kullanılmıştır.

Hayal edilen geniş bir gelecek tasvirinde aşağıdakilerden hangilerine odaklanıldıysa, o konuyla ilgili detaylı bilgi verilmelidir:

- Çözülmesi gereken kritik bir problem
- Değerlendirildiğinde büyük avantaj sağlayacak bir fırsat
- Mutlaka önlem alınması gereken ciddi bir tehdit

Nelere Dikkat Edilmeli? (Değerlendirme Kriterleri):

- Ortam Tasviri ile Uyum ve İnandırıcılık: Tanımladığınız Odak Alanı (problem/fırsat/tehdit), hazırladığınız Geleceğin Harekât Ortamı Tasviri çerçevesinde inandırıcı ve iç tutarlılığa sahip olmalıdır.
- Açıklık ve Detay: Odak Alanı; bağlamı, aktörleri ve ana ve tali olay akışlarını açık, detaylı ve anlaşılır bir şekilde açıklamalıdır.
- Özgünlük: Odak Alanı, geleceğin harekât ortamına dair özgün bir zorluk, fırsat veya dinamik (geleceğe özgü yeni etkileşimler, süreçler veya değişen dengeler) ortaya koymalıdır. Mevcut sorunların gelecekteki bir yansıması olabileceği gibi, tamamen yeni bir durum da olabilir. Burada, alışlagelmişin dışında, geleceğe dair farklı bir perspektif sunan, üzerinde düşünölmeye değer ve potansiyel olarak dönüştürücü nitelikte bir tespit yapmanız beklenmektedir.

3. Yaklaşım / Çözüm Önerisi

Bu bölümde, odaklandığınız alana, yani tanımladığınız problem veya tehdide yönelik yenilikçi çözüm önerinizi, fırsata yönelik ise bu fırsattan en iyi şekilde nasıl istifade edileceğini anlatan yenilikçi yaklaşımınızı detaylı bir şekilde açıklamanız beklenmektedir. Bu açıklama, önerinizin sadece ne olduğunu değil, aynı zamanda hangi teknolojileri kullanarak nasıl hayata geçirilebileceğine dair temel prensipleri ve işleyiş mantığını da içermelidir. Örneğin her şeyi çözen bir yapay zekâ yerine yapay zekâ alanındaki geliştirilecek ne gibi yeni modellerin nasıl çalışarak çözüm sağlayacağını açık bir şekilde tanımlanması değerlendirme aşamasında avantaj sağlar.

Bu kısım 6000 karakter ile sınırlandırılmıştır.

Nelere Dikkat Edilmeli? (Değerlendirme Kriterleri):

- Açıklık ve Netlik: Yaklaşım/Çözüm Önerinizin amacı, işleyişi net ve anlaşılır bir şekilde tanımlanmalıdır. Ne yapacak, nasıl çalışacak gibi bilgiler açık ve net olmalıdır.

- **Odak Alanına Uygunluk:** Yaklaşım/Çözüm Önerisi, verilen Odak Alanı bağlamına, zorluklarına ve hedeflerine doğrudan hitap etmeli ve anlamlı bir çözüm sunmalıdır. Önerinizin sadece genel bir konsept olmanın ötesine geçerek, belirttiğiniz problem, fırsat veya tehditleri ne ölçüde ele aldığı önemlidir. Dolayısıyla, Yaklaşım/Çözüm Önerisi, Odak Alanında tanımlanan unsurlarla güçlü bir mantıksal bağ kurmalıdır.
- **Yenilikçilik:** Yaklaşım/Çözüm Önerisi, mevcut veya bilinen operasyonel yaklaşım/çözümlere kıyasla yenilikçi bir fikir veya yöntem sunmalıdır. “Neden farklı ve diğerlerinden daha iyi?” sorusunun cevabını barındırmalıdır. Sunacağınız yaklaşım, sadece farklı olmakla kalmayıp, aynı zamanda uygulanabilirlik ve potansiyel etki açısından da mevcut duruma göre belirgin bir üstünlük sunmalıdır.
- **Etki:** Yaklaşımın/Çözüm Önerisinin yaratacağı etkinin yaygınlığı (tek bir alana, duruma veya probleme değil, daha kapsamlı alan, durum ve problemlere çözüm getirme potansiyeli) ve büyüklüğü (küçük bir iyileştirme yerine çığır açan ve dönüştürücü olma durumu), değerlendirme açısından size üstünlük sağlayacaktır. Önerinizin yaratacağı etkinin somut göstergelerini ve savunma sanayii ekosistemine muhtemel katkılarını vurgulamanız, değerlendirmede önemli bir faktör olacaktır.
- **Teknolojilerin Katkısı:** Önerdiğiniz teknoloji veya teknolojilerin, Yaklaşımın/Çözüm Önerisinin gerçekleştirilmesi veya etkinliğinin artırılmasına nasıl ve ne ölçüde katkı sağladığını belirtmelisiniz.
- **Fütüristiklik ve Makullük:** Önerdiğiniz Teknoloji(ler), geleceğe dönük ancak kavramsal olarak makul bir öngörüü yansıtmalıdır. Bilimsel değerler temel alınmalı, ancak bugün ile sınırlı olmayıp geleceğe odaklanmalıdır. Burada, mevcut teknolojik eğilimlerden yola çıkarak geleceğe dair vizyoner ancak temellendirilmiş öngörülerde bulunmanız, önerinizin inandırıcılığını artıracaktır. Örneğin, günümüzdeki bilimsel ve teknolojik anlayış çerçevesinde henüz mümkün görünmeyen, fizik yasalarına aykırı veya 20-25 yıllık bir zaman diliminde erişilmesi öngörülen teknolojilere dayalı önerilerden (örneğin, insan veya malzeme ışınlama yoluyla tüm lojistik sorunlara anında çözüm bulmak, mevcut anlayışın çok ötesinde bir performansla hiçbir kötü hava koşulundan etkilenmeyen 200 km menzilli lazer silahları gibi) ziyade, bugünün bilimsel temelleri üzerine inşa edilmiş, gelecekteki potansiyel gelişmelerle ulaşılabilir görünen, ancak mevcut yeteneklerin ötesine geçen yenilikçi teknolojiler beklenmektedir.

Değerlendirme Kriterleri: Açıklık ve Netlik, Odak Alanına Uygunluk, Yenilikçilik, Etki, Teknolojik Katkı, Fütüristiklik ve Makullük.

Başvuru Formatı ve Teknik Kurallar

- Metinlerde açık, anlaşılır ve teknik bir dil kullanılmalıdır.
- Her başlık için belirtilen karakter sınırları aşılmamalıdır.
- Kurgularda, bilimsel ve teknolojik eğilimler ile güvenlik alanındaki olası gelişmeler göz önünde bulundurulmalıdır
- Yazılan metinlerin, gerçek kişi, kurum, kuruluş veya operasyonlarla doğrudan ilişkilendirilmemesi gerekmektedir. Senaryo kurguları, tamamen varsayımsal çerçevede ele alınmalı, gerçek aktörler ile doğrudan bağ kurulmadan ifade edilmelidir.
- Önerilerde gerçekçilik, askerî mantık, stratejik bağlam ve gelecek öngörüsü dikkate alınmalıdır.

Önemli Tarihler

- GHOST 2 Faaliyeti Tanıtım Duyurusu: 8 Temmuz Haziran 2025
- Yarışma Başvurusu: 8 Temmuz 2025 - 15 Eylül 2025
- Sonuçların Açıklanması: 21 Kasım 2025
- GHOST 2 Teknoloji Çalıştayı: 6 Ocak 2026

Başvurular 8 Temmuz 2025 ile 15 Eylül 2025 tarihleri arasında ghost.ssb.gov.tr adresi üzerinden çevrimiçi olarak alınmıştır. Başvurusu tamamlanan 118 adet senaryo görevlendirilen 110 adet hakem tarafından belirlenen kriterlere göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme süreci de çevrimiçi olarak gerçekleştirilmiş olup, hakem heyeti senaryo sahibine ilişkin bilgileri görmeden değerlendirme yapmıştır. Senaryolar için belirlenen değerlendirme kriterleri detayları ve ağırlıkları Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2: Değerlendirme Kriterleri ve Ağırlıkları

Bölüm	Kriter	Açıklama	Ağırlık (%)
Bölüm 1: Geleceğin Harekât Ortamı Tasviri	Açıklık ve Netlik	Geleceğin harekât ortamı tasviri açık ve anlaşılır bir dille anlatılmış mı?	10
Bölüm 2: Odak Alanı	Ortam Tasviri ile Uyum ve İnandırıcılık	Odak Alanında belirtilen problem, fırsat ve tehditler, Geleceğin Harekât Ortamı Tasviri çerçevesinde inandırıcı ve iç tutarlılığa sahip mi?	10
Bölüm 2: Odak Alanı	Açıklık ve Detay	Odak Alanı; bağlamı, aktörleri ve ana ve tali olay akışını açık, anlaşılır ve detaylı bir şekilde açıklıyor mu?	10
Bölüm 2: Odak Alanı	Özgünlük	Odak Alanı, geleceğin harekât ortamına dair özgün bir zorluk, fırsat veya dinamik ortaya koyuyor mu?	10
Bölüm 3: Yaklaşım / Çözüm Önerisi	Açıklık ve Netlik	Yaklaşım/Çözüm Önerisinin amacı, işleyişi net ve anlaşılır bir şekilde tanımlanmış mı?	5
Bölüm 3: Yaklaşım / Çözüm Önerisi	Odak Alanına Uygunluk	Yaklaşım/Çözüm Önerisi verilen Odak Alanı bağlamına, zorluklarına ve hedeflerine doğrudan hitap ediyor ve anlamlı bir çözüm sunuyor mu?	10
Bölüm 3: Yaklaşım / Çözüm Önerisi	Yenilikçilik	Yaklaşım/Çözüm Önerisi, mevcut veya bilinen operasyonel yaklaşımlara kıyasla yenilikçi bir fikir veya yöntem sunuyor mu?	10

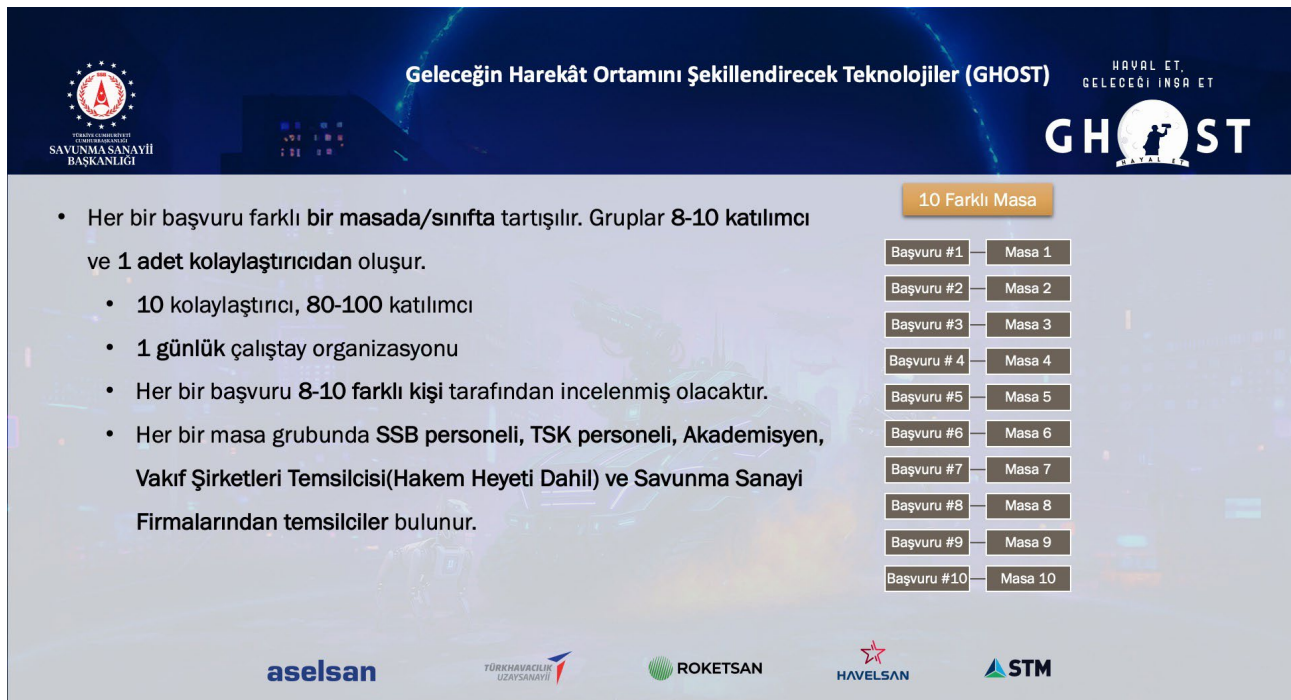
Bölüm	Kriter	Açıklama	Ağırlık (%)
Bölüm 3: Yaklaşım / Çözüm Önerisi	Etki	Yaklaşımın/Çözüm Önerisinin yaratacağı etki yaygın (problem(lere) çözüm getirme potansiyeli) ve büyük mü (sınırlı ve yüzeysel bir iyileştirme yerine, çığır açan ve dönüştürücü olma durumu)?	10
Bölüm 3: Yaklaşım / Çözüm Önerisi	Teknolojilerin Yaklaşım/Çözüm Önerisine Katkısı	Belirtilen teknoloji(ler), Yaklaşımın/Çözüm Önerisinin gerçekleştirilmesi veya etkinliğinin artırılmasına katkı sağlıyor mu?	15
Bölüm 3: Yaklaşım / Çözüm Önerisi	Teknolojilerin Fütüristik Niteliği ve Makullüğü	Belirtilen teknoloji(ler), geleceğe dönük ancak kavramsal olarak makul bir öngörüü yansıtıyor mu?	10

Tablo 2’de verilen kriterler dikkate alınarak yapılan hakem değerlendirmesine göre ilk 10 senaryo arasına giren başvurular 21 Kasım 2025 tarihinde <https://ghost.ssb.gov.tr/> sitesi üzerinden açıklanmıştır.

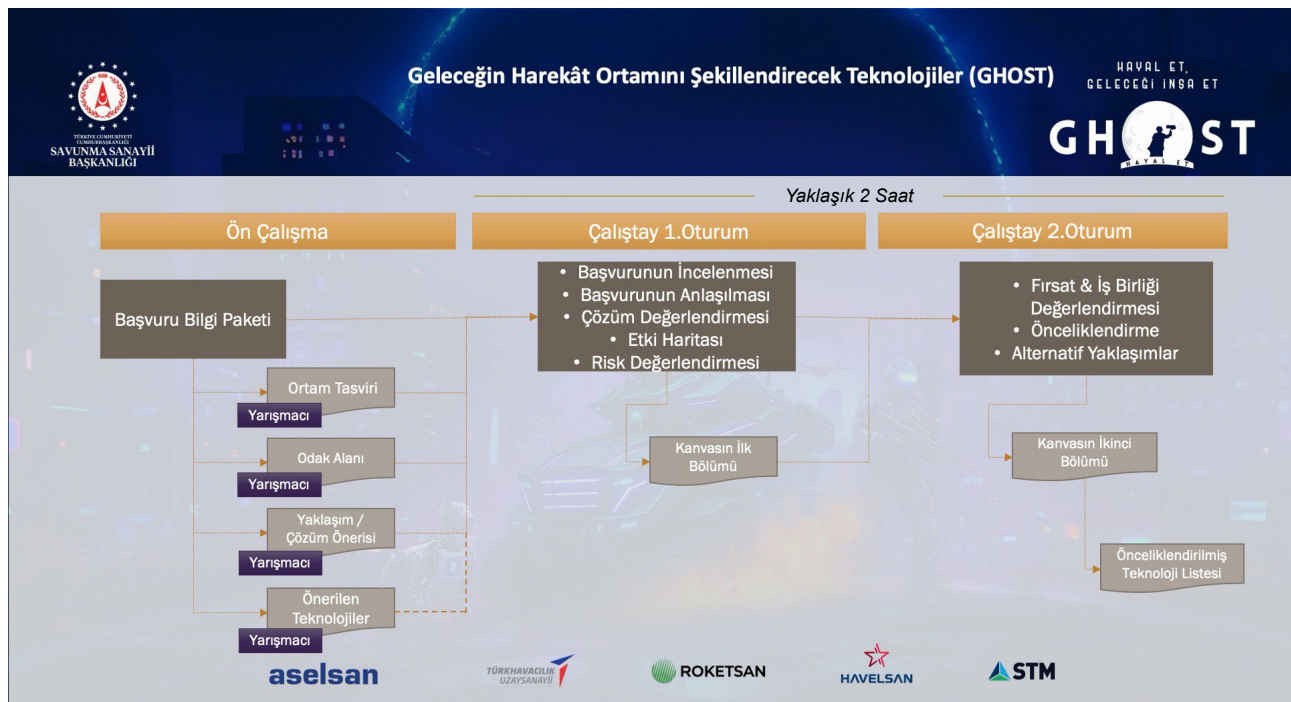
D. ÇALIŞTAY KURGUSUNUN OLUŞTURULMASI

GHOST Senaryo yarışmasıyla seçilen senaryoların geniş bir katılımcı kitlesi tarafından analiz edilerek geleceğin harp ortamında etkin olacak teknolojilerin belirlenmesi, böylelikle önümüzdeki yıllarda SSB tarafından düzenlenecek OTAĞ çalışmalarına dolayısıyla savunma sanayii teknoloji yol haritasına girdi oluşturulması amacı ile bir teknoloji çalıştayının düzenlenmesi hedeflenmiştir.

Çalıştay kurgusuna ilişkin süreç detayları Görsel 2 ve Görsel 3'te yer almaktadır.



Görsel 2: Çalıştay Düzeni



Görsel 3: Çalıştay Akışı

E. ÇALIŞTAY FAALİYETLERİ

Çalıştay öncesi yapılan çevrimiçi toplantılar ile süreçte yer alacak görevli ekibe bilgi aktarımı yapılmış, senaryoların geniş bir katılımcı profili tarafından ele alınabilmesi için masa düzenleri itina ile oluşturulmuştur. Çalıştaya SSB, TSK personeli, savunma sanayii firma temsilcileri, GHOST Yönetim Kurulu üyeleri ve akademisyenler katılım sağlamıştır. Açılış konuşmasını Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB) Ar-Ge ve Teknoloji Yönetimi Daire Başkanı Sn. Zübeyde ARSLANOĞLU yapmış, akabinde SSB Otonomi ve Yeni Nesil Haberleşme Teknolojileri Müdürü Sn. Aytaç CEYHAN GHOST süreci, TUSAŞ Teknoloji Öngörüsü Yönetimi Şefi Sn. Kaan BODUR ise çalışma metodu hakkında bilgi paylaşımında bulunmuştur (Görsel 4, 5, 6 ve 7).



Görsel 4: SSB Arge Daire Başkanı Sn. Zübeyde ARSLANOĞLU Konuşması



Görsel 5: SSB Otonomi ve Yeni Nesil Haberleşme Müdürlüğü Sunumu



Görsel 6: TUSAŞ Sunumu



Görsel 7: Teknoloji Çalıştayı Katılımcıları

Açılış programının ardından yarışmada ilk 10'a giren 11 adet senaryonun analiz edileceği çalıştay aktivitelere geçilmiş, bu kapsamda her bir senaryo için ayrı sınıf olmak üzere toplamda 11 sınıf düzeni oluşturulmuştur. Çalıştayda 38'i akademisyen olmak üzere yaklaşık 140 katılımcı ve 40 görevli yer almıştır. Senaryo analizlerine geçilmeden önce senaryolara ilişkin bilgi birikiminin arttırılması amacı ile senaristler tarafından katılımcılara sunumlar yapılmıştır.



Görsel 8: Çalıştay Faaliyetleri Öncesi Bilgi Paylaşımı

Her bir sınıfta katılımcılar detayları Bölüm 7'de verilen dijital atölye sistemini kullanarak senaryoların analizini yapabilmek için bireysel ve grup çalışmaları gerçekleştirmiştir.

F. ÖDÜL TÖRENİ

Başkanlığımız tarafından düzenlenen “Geleceğin Harekât Ortamını Şekillendirecek Teknolojiler (GHOST) Yarışması Ödül Töreni” Millî Savunma Bakanlığı, Türk Silahlı Kuvvetleri, savunma sanayii firmaları, araştırma enstitüleri ve üniversite temsilcilerinin yoğun katılımı ile 6 Şubat 2026 tarihinde SSB Nuri Demirağ Konferans Salonu’nda gerçekleştirilmiştir.

Ödül Töreni kapsamında; savunma sanayiinin geleceğine yön verecek öngörü, caydırıcılık ve stratejik hazırlık başlıkları ele alınmıştır. Sn. Prof. Dr. Haluk GÖRGÜN tarafından yapılan değerlendirmelerde sürecin, Türk Silahlı Kuvvetlerinin sahadaki tecrübesini, üniversitelerin bilimsel derinliğini ve savunma sanayiinin mühendislik gücünü buluşturduğuna, GHOST sürecinin 2050’li yılların çok alanlı ve çok katmanlı harekât ortamına bugünden hazırlanmanın somut bir örneğini ortaya koyduğuna değinilmiştir. Ayrıca GHOST senaryoları ve devamında yürütülen çalıştayların; yapay zekâdan kuantuma, otonom sistemlerden elektromanyetik spektruma uzanan kritik teknoloji alanlarında ülkemizin yol haritasını besleyen stratejik girdiler ürettiğine de dikkat çekilmiştir.



**Görsel 9: Ödül Töreni Savunma Sanayii Başkanı
Sn. Prof. Dr. Haluk GÖRGÜN Konuşması**

Ödül Töreni programı kapsamında ilk 10'a giren yarışmacılara ödülleri, Savunma Sanayii Başkanı Sn. Prof. Dr. Haluk GÖRGÜN tarafından takdim edilmiştir. Değerlendirilen senaryolar arasından, genetik, biyolojik ve siber tehditlere karşı geliştirilen, yapay zekâ destekli biyo-elektronik robot sürüleri ve kuantum iletişim ağı ile entegre çalışan çok katmanlı bir savunma yaklaşımını ele alan “Hibrit Zeka Çağında Sessiz Savaş: Organik-Zeka Kontrollü Biyo-Robot Sürüsü ile Karar Mekanizmalarını Korumaya Yönelik Çok Katmanlı Savunma Sistemi” başlıklı senaryo birincilik ödülüne layık görülmüştür. İkincilik ödülünü “Çok Katmanlı Uydu Savunma ve Saldırı Ekosistemi” başlıklı senaryo, üçüncülük ödülünü ise “Şehrin Görünmez Savunması İRİS” başlıklı senaryo almıştır.



Görsel 10: GHOST-2 Ödül Töreninde Ödül Alan Yarışmacılar

6. SENARYOLAR

6.1. SENARYO FORMATI

Yarışmacılar <https://ghost.ssb.gov.tr> web sayfasına kayıt olmak suretiyle, sayfada belirtilen talimatları takip ederek ve senaryo şablonunda yer alan alanlara girdilerini yaparak GHOST-2 yarışması başvurularını gerçekleştirmişlerdir. Birden fazla katılımcıdan oluşan grupların başvuruları, grup adına bir yarışmacı tarafından gerçekleştirilmiştir.

Yarışmacılar, başvurularını tamamlayabilmek için başvuru ekranında yer alan kişisel verilerin korunmasına ilişkin aydınlatma metnini ve başvuruları kapsamındaki senaryoya ilişkin fikri sınai mülkiyet haklarına yönelik taahhünameyi kabul etmişlerdir. GHOST-2 yarışması kapsamındaki tüm senaryoların fikri sınai mülkiyet hakları Savunma Sanayii Başkanlığı'na aittir.

Ortak bir senaryo şablonu kullanılmasıyla senaryoların hakemler tarafından değerlendirilmesinin ortaklaşması ve bu değerlendirmeler kapsamında senaryoları ön plana çıkarabilecek hususların kolaylaşması hedeflenmiştir. Senaryo şablonu, senaryoların tanımlayıcı özelliklerinin en doğru şekilde ifade edilmesini kolaylaştıran ve netleştiren “Başvuru Özeti”, “Başvuru Ortamının Tasviri”, “Başvuruya Konu Problem/Fırsat/Tehdit Tanımlaması” ve “Başvuruya Konu Çözüm Önerisi” olarak dört ana başlık ve bu ana başlıklar altında detaylandırılmış olan alt başlıklardan oluşmaktadır. Senaryo şablonu yönergeleriyle birlikte aşağıda yer almaktadır.

Tablo 3: Senaryo Şablonu ve Yönergeleri

Soru Numarası	Başvuru Alanı	Soru	Açıklama
Özet	Başvuru Özeti	Başvuru Adı	İsim, senaryoyu açıklayacak, diğer senaryolardan ayırt edilmesini sağlayacak nitelikte ve anlaşılabilir olmalıdır.
		Başvuru Kısa Tanımı	Bu bölümde başvuruya konu önerinin, hangi ihtiyaca yanıt verdiği hangi alana katkı sağlayacağı ve nasıl bir çözüm sunduğu kısa ve yalın bir dille açıklanmalıdır. Bu bölümün, başvuru formunun diğer tüm kısımları doldurulduktan sonra hazırlanması önerilmektedir. En fazla 1000 karakter sınırı bulunmaktadır.
Bölüm 1	Başvuru Ortamının Tasviri	Ortam Türünü Seçme	Senaryonun geçtiği ortam türü (hava, kara, deniz, siber, hibrit, diğer) seçilecektir.
		Askeri ve Güvenlik Ortam Tasviri	Bu bölümde, 2050’li yıllara yönelik olarak görülen problem, fırsat veya tehdidin ortaya çıktığı ve önerilen çözümün hedef aldığı askeri ve güvenlik ortamı tasvir edilmelidir. En fazla 3500 karakter sınırı bulunmaktadır.
Bölüm 2	Başvuruya Konu Problem/Fırsat/Tehdit Tanımlaması	Problem/Fırsat/Tehdit Tanımlaması	Bu bölümde, Bölüm 1’de tasvir edilen ortamda öne çıkan bir problem/fırsat/tehdit tanımlanmalıdır. Problem/fırsat/tehdidin ortam tasviriyle uyumlu ve tutarlı olması, bu problem/fırsat/tehdidin bağlamı ile olay akışının anlatımda detaylı ve açık bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. En fazla 1750 karakter sınırı bulunmaktadır.

Tablo 3: Senaryo Şablonu ve Yönergeleri

Soru Numarası	Başvuru Alanı	Soru	Açıklama
Bölüm 3	Başvuruya Konu Çözüm Önerisi	Çözüm Önerisi	Bu bölümde, Bölüm 2’de tanımlanan problem/fırsat/ tehdide yönelik olarak önerilen çözüm; amacı ve işleyişi net ve anlaşılır bir şekilde tanımlanarak açıklanmalıdır. Ayrıca çözüm önerisinin tasvir edildi ortamda sahada nasıl uygulanacağı, yaratacağı katkılar, başarılı olması için gerekli paametreler gibi etkenlere de yer verilmelidir. Çözüm önerisinin hayata geçirilmesi için gerekli krtik teknolojiler, açıklamalarıyla birlikte listelenmelidir. En fazla 6000 lkarakter sınırı bulunmaktadır.
		Teknoloji Adı	Senaryoda geçen çözümü mümkün kılan teknolojiler adı yazılmalıdır. Teknolojilerin tamamı ayrı ayrı yazılmalıdır.
		Teknoloji Açıklaması	Senaryoda geçen çözümü mümkün kılan teknolojiler açıklamaları yazılmalıdır.

6.2. DERECEYE GİREN SENARYOLAR

Belirlenen değerlendirme kriterlerine göre hakem heyeti tarafından yapılan değerlendirmelerin ardından en yüksek puanı alarak GHOST-2 Yarışmasında dereceye giren senaryolar aşağıda verilmiştir.

Tablo 4: Ghost Yarışması Kazanan Senaryolar ve Senaryo Sahipleri

Sıralama	Senaryo Adı	Firma/Kurum
1	Hibrit Zeka Çağında Sessiz Savaş: Organik-Zeka Kontrollü Biyo-Robot Sürüsü ile Karar Mekanizmalarını Korumaya Yönelik Çok Katmanlı Savunma Sistemi	TÜBİTAK
2	Çok Katmanlı Uydu Savunma ve Saldırı Ekosistemi	İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
3	Şehrin Görünmez Savunması İRİS	HAVA KUVVETLERİ KOMUTANLIĞI
4	Küresel İkiz AWACS: Tuğrul ve Tonrul	TUSAŞ-TÜRK HAVACILIK VE UZAY SANAYİİ A.Ş.
5	Stratejik Entegre Radar ve Algı Projeksiyonu Hakimiyeti: Zihin Savaşları Çağına Hazırlık	MİLLİ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ
6	AERON Cloud & Multifunctional Smart Body — Otonom Elektromanyetik Harp Bulutu & Çok Fonksiyonlu Yaratıcı Gövde	TUSAŞ-TÜRK HAVACILIK VE UZAY SANAYİİ A.Ş.
7	ATTİLA KBRN Savunma Protokolü	MAVİNCİ BİLİŞİM SAN. ve TİC. A.Ş.
7	PANOPTİK AĞ (PANO: Proaktif Algılama ve Nano-Optik)	AELSAN ELEKTRONİK SAN. VE TİC. A.Ş.
8	Çift-Kullanımlı Lazer Sistemleri: Çok-Alanlı Harekâta Lazer Güç-Veri Ağları ve Yönlendirilmiş Deşarj	YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
9	BİYOMİMETİK ANTİFOULİNG BOYALAR	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
10	Modüler Döner Motor: Üretimde Verimlilik ve Stratejik Bağımsızlık	TUSAŞ-TÜRK HAVACILIK VE UZAY SANAYİİ A.Ş.

7. ANALİZ

7.1. METODOLOJİ

Senaryo Yarışması ile birlikte geleceğin harekât ortamının resmini çizen senaryolar oluşturulmuştur. Senaryolardan yola çıkarak geleceğin harekât ortamını şekillendirecek teknolojilerin ortaya çıkarılması hedeflenerek tasarlanmış Geleceğin Harekât Ortamını Şekillendirecek Teknolojiler Çalıştayı icra edilmiştir.

İkinci kez Türk Havacılık ve Uzay Sanayii ev sahipliğinde ve yürütücülüğünde 6 Ocak 2026 tarihinde gerçekleşen çalıştayda Savunma Sanayii Başkanlığının, Türk Silahlı Kuvvetlerinin (TSK) yönetici ve çalışanları, akademisyenler, vakıf şirketleri ile savunma sanayii firmalarının temsilcileri yer almıştır.

180 kişilik geniş bir ekiple TUSAŞ Akademi Binası'nda düzenlenen çalıştayda, Geleceğin Harekât Ortamını Şekillendirecek Teknolojiler (GHOST) Senaryo Yarışması'nda dereceye giren 11 farklı senaryo, bu senaryoların analizi için özel olarak geliştirilen metodoloji ile çeşitli alanlarda uzmanların yer aldığı 11 farklı çalışma grubu ile birlikte incelenmiştir. Her bir çalışma grubu, bir sınıf ortamında bir araya gelmiştir. Bu yaklaşımda, öne çıkan teknolojiler tartışılmıştır. Çalıştayda 11 kişilik kolaylaştırıcı ve 30 kişilik görevli ekibi yer almıştır.

Her senaryo kendi adı ve numarasıyla anılan sınıflarda analiz edilmiştir. Her sınıfta 10 ile 15 arasında katılımcı sayısı belirlenmiştir. Böylelikle çalıştay süresince tüm katılımcılardan aktif katılım göstermeleri sağlanmıştır.

Tablo 5: Çalıştayda Yer Alan Sınıflar

Senaryo No	Sınıf Adı
Senaryo-1	"Hibrit Zeka Çağında Sessiz Savaş: Organik-Zeka Kontrollü Biyo-Robot Sürüsü ile Karar Mekanizmalarını Korumaya Yönelik Çok Katmanlı Savunma Sistemi" Sınıfı
Senaryo-2	"Çok Katmanlı Uydu Savunma ve Saldırı Ekosistemi" Sınıfı
Senaryo-3	"Şehrin Görünmez Savunması İRİS" Sınıfı
Senaryo-4	"Küresel İkiz AWACS: Tuğrul ve Tonrul" Sınıfı" Sınıfı
Senaryo-5	"Stratejik Entegre Radar ve Algı Projeksiyonu Hakimiyeti: Zihin Savaşları Çağına Hazırlık" Sınıfı
Senaryo-6	AERON Cloud & Multifunctional Smart Body — Otonom Elektromanyetik Harp Bulutu & Çok Fonksiyonlu Yaratıcı Gövde
Senaryo-7.1	"ATTİLA KBRN Savunma Protokolü" Sınıfı
Senaryo-7.2	"PANOPTİK AĞ (PANO: Proaktif Algılama ve Nano-Optik)" Sınıfı
Senaryo-8	"Çift-Kullanımlı Lazer Sistemleri: Çok-Alanlı Harekâтта Lazer Güç-Veri Ağları ve Yönlendirilmiş Deşarj" Sınıfı
Senaryo-9	"BİYOMİMETİK ANTİFOULİNG BOYALAR" Sınıfı
Senaryo-10	"Modüler Döner Motor: Üretimde Verimlilik ve Stratejik Bağımsızlık" Sınıfı

Geleceği şekillendiren güçler hakkında düşünmek, bu güçlerin sonuçlarını keşfetmek ve bugünden geleceği etkileyecek kararlar almak üzere GHOST Yönetim Kurulu tarafından verilen görevle TUSAŞ tarafından tasarlanan metodolojide mevcut çalıştay yöntemleri üzerinde geliştirmeler uygulanarak, çalıştay katılımcıları ve politika belirleyicilerin ufkunu genişletmeye yönelik yapılandırılmış düşünme teknikleri kullanılmıştır. Metodolojiye uygun olarak öngörü analizi yapılabilmesi adına dijital ortamda bir atölye sistemi geliştirilmiştir.

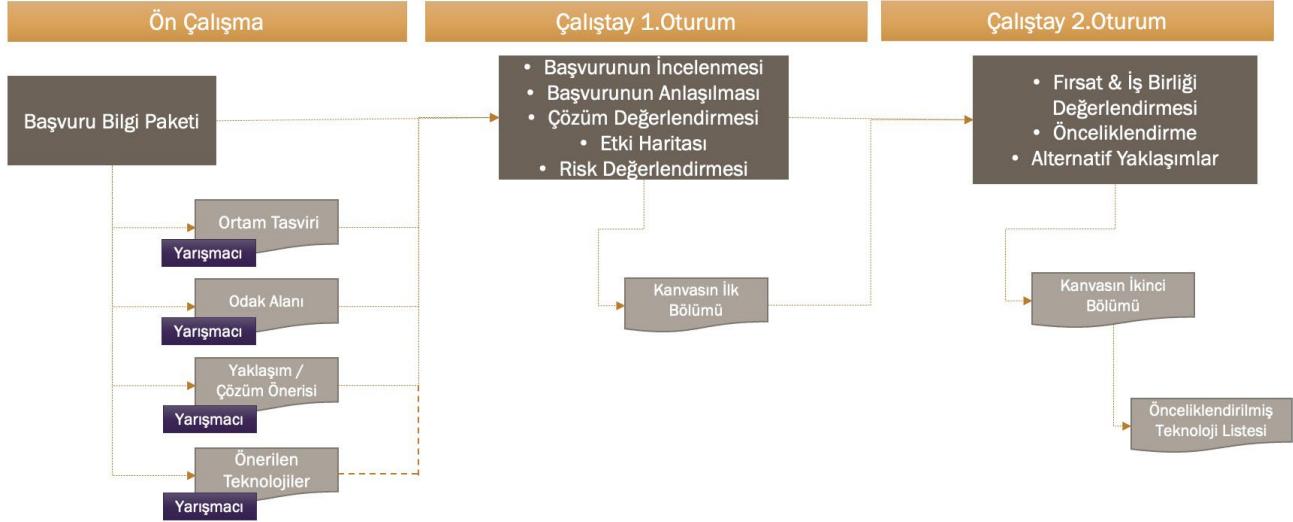


Görsel 11: “BİYOMİMETİK ANTİFOULİNG BOYALAR” Senaryosu Atölye Sınıfı

Dijital atölye sistemi sekiz bölümden oluşurken ilk dört bölümü öğleden önceki oturumda gerçekleştirilmiş, geriye kalan dört bölüm ise öğleden sonraki oturumda tamamlanmıştır. Atölye çalışmasının ardından değerlendirme oturumu ile kapanış yapılmıştır.

Çalıştay 1. Oturum aşaması Başvurunun İncelenmesi, Ortam Tasvirinin Özümzenmesi, Odak Alanının Özümzenmesi, Çözüm Değerlendirmesi ve Etki Haritası bölümlerini içermektedir. Çalıştay 2. Oturum aşaması ise Risk Değerlendirmesi, Fırsat & İşbirliği Değerlendirmesi, Önceliklendirme ve Alternatif Yaklaşımlar bölümlerini içermektedir.

Tablo 6: Çalıştay Akışı



Yürütülen bu faaliyetler ile kurumsal teknoloji öngörüsü yetkinliği güçlendirilmiş ve savunma sanayimizin geleceğine yönelik stratejik teknoloji alanlarının belirlenmesine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

7.1.1 GHOST ÇALIŞTAYI DİJİTAL ATÖLYE SİSTEMİ

Çalıştayda özel olarak geliştirilen dijital atölye sistemi kullanılarak analiz süreçlerinin yapılandırılmış ve eş zamanlı şekilde yürütülmesi sağlanmış, elde edilen çıktıların bütüncül olarak derlenmesine katkı sunulmuştur. Bu yaklaşım, katılımcıların yalnızca başvuruda sunulan çözüm önerisini değerlendirmesini değil; aynı zamanda ilgili senaryonun ortaya koyduğu operasyonel bağlamı, potansiyel riskleri, fırsat alanlarını ve teknolojik öncelikleri bütüncül bir perspektifle ele almasını hedeflemektedir.

Dijital Atölye Sistemi, katılımcıların belirli bir analiz akışı içerisinde ilerlemesini sağlayacak şekilde tasarlanmış olup, farklı uzmanlık alanlarından gelen katılımcıların ortak bir değerlendirme çerçevesi üzerinden fikir üretmesini mümkün kılmaktadır. Bu kapsamda oluşturulan atölye kanvası, katılımcıların senaryoları yalnızca fikir düzeyinde tartışmalarını değil; aynı zamanda bu fikirlerin teknolojik, operasyonel ve kurumsal etkilerini sistematik biçimde değerlendirmelerini sağlayacak şekilde yapılandırılmıştır.

GH0ST ÇALIŞTAYI
SİSTE: TUSAS GÖRÜ SENARYO ATÖLYESİ

METODOLOJİ SIFIRLA YEDEKLE SENARYO KARTI 10:00

SEÇİM HAZIRLIK B1 B2 B3 B4 (ÖNCELİK) B5 (ETKİ) B6 (RİSK) B7 (FİRSAT) B8 SONUÇ

SENARYO HAZIRLIK AŞAMASI 10 DK

AÇIKLAMASI

Bu aşama, ekibin analiz edeceği senaryonun temel unsurlarını birlikte okuyup sindirmesini sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Hazırlık aşaması tamamlanmadan kanvas sorunlarına geçilmemelidir. Senaryonun kritik bileşenleri ekibe sırayla aktarıldıktan sonra kanvasa geçilebilir.

LÜTFEN SÜREYİ BAŞLATIN (10 DK)

Bölüm A: Başvuru Özeti VERİ BLOĞU

PANOPTİK AĞ (PANO: Proaktif Algılama ve Nano-Optik)

2050'nin hava hareket ortamında mevcut radar, IR ve LIDAR sistemlerinin yetersiz kaldığı yeni nesil tehditlere karşı geliştirilmiş, kuantum ve fotonik tabanlı bir elektro-optik çözümüdür. Temel amacı, görünmezlik kaplamalı hava araçlarını, plazma korumalı füzeleri ve lazer tabanlı savunma unsurlarını proaktif biçimde tespit ederek etkisiz hale getirmektir. Bu sistem; kuantum-hiperspektral görüntüleme, metalaizme tabanlı gimbal sensörleri, optik sinir ağı ve fotonik karşı koyma kabiliyetlerini entegre ederek platformlara 360° kör noktasız farkındalık kazandırır. Böylece hava araçları yalnızca taşıyıcı değil, çevresini sürekli taraman ve tehditleri öngören birer Panoptik Algılama Merkezi'ne dönüşür. Proje, hava kuvvetlerine derin algılama, üstün durum farkındalığı ve proaktif tehdit yönetimi sunarak geleceğin çok katmanlı hareket ortamında stratejik üstünlük sağlamayı hedeflemektedir.

ÖNCEKİ SAYFA SONRAKİ SAYFA

GERİ İLERİ

Görsel 12: GH0ST Çalıştay Dijital Atölye Sistemi Başlangıç Ekranı

Atölye süreci iki ana oturumdan oluşacak şekilde kurgulanmıştır. Bu yapı sayesinde katılımcıların önce senaryoyu ve önerilen çözümü anlamaları, ardından ise daha analitik ve stratejik değerlendirmelere geçmeleri amaçlanmıştır.

A. 1. OTURUM: SENARYONUN ANLAŞILMASI VE ÇÖZÜMÜN ETKİ ANALİZİ

Çalıştayın ilk oturumunda katılımcıların başvuru kapsamında sunulan senaryoyu ve çözüm önerisini bütüncül şekilde kavramaları hedeflenmiştir. Bu doğrultuda oturum; Başvurunun İncelenmesi, Ortam Tasvirinin Özümzenmesi, Odak Alanının Tanımlanması, Çözüm Değerlendirmesi ve Etki Haritası olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır.

İlk aşamada Başvurunun İncelenmesi bölümünde katılımcılardan senaryoda ortaya konulan problem, tehdit veya fırsat alanını anlamaları ve başvurunun temel varsayımlarını değerlendirmeleri beklenmiştir. Bu aşama, tüm katılımcıların ortak bir referans noktası oluşturmasını sağlamayı amaçlamaktadır.

Ardından Ortam Tasvirinin Özümzenmesi bölümünde katılımcılar, senaryoda tarif edilen geleceğe ilişkin operasyonel ve stratejik bağlamı değerlendirmiştir. Bu aşamada senaryonun hangi tür bir gelecek perspektifini (muhtemel, arzu edilen veya korkulan) ortaya koyduğu ve bu ortamı şekillendiren temel faktörlerin neler olduğu üzerinde durulmuştur.

Üçüncü aşama olan Odak Alanının Tanımlanması bölümünde ise katılımcılardan, senaryoda ele alınan konunun esasen bir problem, tehdit veya fırsat perspektifinden hangisine karşılık geldiğini değerlendirmeleri istenmiştir. Bu aşama, senaryonun bağlamının daha net bir şekilde ortaya konulmasını ve çözüm önerisinin hangi ihtiyaca yanıt verdiğinin anlaşılmasını sağlamayı amaçlamaktadır.

Bunu takip eden Çözüm Değerlendirmesi bölümünde katılımcılar, başvuru sahibinin ortaya koyduğu çözüm yaklaşımını inceleyerek çözümün temel bileşenlerini, kullanılan yenilikçi unsurları ve çözümün uygulanabilirliğini değerlendirmiştir.

Son olarak Etki Haritası bölümünde katılımcılar, önerilen çözümün operasyonel, teknolojik ve kurumsal boyutlarda yaratabileceği etkileri analiz etmiştir. Bu bölüm, çözümün yalnızca teknik bir öneri olarak değil; aynı zamanda savunma ekosistemi üzerinde yaratabileceği daha geniş etkiler açısından ele alınmasını sağlamayı amaçlamaktadır.

Ayrıca Dijital Atölye Sistemi'nde gerekli görülmesi halinde ulaşılabilen, kolaylaştırıcılara ve katılımcılara hatırlatma olması amacıyla hazırlanan metodoloji ve çalışılan senaryonun detaylarını içeren senaryo kartı bölümleri eklenmiştir.

B. 2. OTURUM: DEĞERLENDİRME VE ÖNCELİKLENDİRME

Çalıştayın ikinci oturumu, ilk oturumda yapılan değerlendirmelerin üzerine inşa edilerek çözüm önerisinin riskleri, fırsat alanları ve teknoloji öncelikleri açısından daha derinlemesine analiz edilmesini amaçlamıştır. Bu oturum; Risk Değerlendirmesi, Fırsat ve İşbirliği Değerlendirmesi, Önceliklendirme ve Alternatif Yaklaşımlar olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır.

İlk olarak Risk Değerlendirmesi bölümünde katılımcılar, önerilen çözümün hayata geçirilmesi sürecinde karşılaşılabilecek potansiyel riskleri belirlemiş ve bu riskleri teknik, operasyonel ve kabul/mevzuat boyutlarında değerlendirmiştir. Bu bölümün amacı, çözüm önerisinin uygulanabilirliğini daha gerçekçi bir çerçevede ele almak ve olası riskleri erken aşamada görünür kılmaktır.

Ardından gerçekleştirilen Fırsat ve İşbirliği Değerlendirmesi bölümünde katılımcılar, önerilen çözümün savunma sanayii ekosistemi içerisinde oluşturabileceği yeni işbirliği alanlarını, kurumsal sinerji potansiyellerini ve stratejik fırsatları tartışmıştır. Bu aşama, çözüm önerisinin yalnızca teknik bir çıktı değil; aynı zamanda ekosistem düzeyinde değer yaratabilecek bir yaklaşım olup olmadığının değerlendirilmesini sağlamaktadır. Bunu takiben Önceliklendirme bölümünde katılımcılardan çözümün hayata geçirilmesi açısından kritik görülen teknoloji alanlarını belirlemeleri ve bu teknolojiler arasından öncelikli olarak ilerleme sağlanması gereken alanları işaretlemeleri istenmiştir. Bu bölüm, çalıştay çıktılarının karar vericiler açısından teknoloji odaklı yönlendirmeler içermesini hedeflemektedir.

Son olarak Alternatif Yaklaşımlar bölümünde katılımcılardan senaryoda tanımlanan problem, tehdit veya fırsata yönelik başvuru sahibinin önerdiği yaklaşımın dışında geliştirilebilecek alternatif çözüm önerilerini ortaya koymaları istenmiştir. Bu bölüm, çalıştayın yalnızca mevcut başvuruların değerlendirilmesi ile sınırlı kalmamasını; aynı zamanda katılımcıların bilgi ve deneyimlerinden yararlanarak ortak akıl ile yeni fikirlerin ortaya çıkarılmasını amaçlamaktadır.

Dijital Atölye Sistemi yaklaşımı sayesinde katılımcıların senaryoları yalnızca fikir düzeyinde tartışmaları yerine, sistematik bir analiz çerçevesi içerisinde değerlendirmeleri sağlanmıştır. Bu yöntem, farklı disiplinlerden gelen uzmanların ortak bir metodoloji üzerinden ilerlemesine imkân tanıyarak çalıştay çıktılarının karşılaştırılabilir ve analiz edilebilir bir yapıya kavuşmasına katkı sağlamıştır.

Bu kapsamda çalıştay sonucunda;

- Senaryoların ortaya koyduğu operasyonel bağlamın değerlendirilmesi,
- Önerilen çözümlerin teknolojik, operasyonel ve kurumsal etkilerinin
- analiz edilmesi,
- Potansiyel risk ve fırsat alanlarının belirlenmesi,

- Kritik görülen teknoloji alanlarının önceliklendirilmesi,
- Senaryolara yönelik alternatif çözüm yaklaşımlarının geliştirilmesi
- gibi çıktılar elde edilmiştir.

Bu çıktılar, çalıştay kapsamında ele alınan senaryoların yalnızca değerlendirilmesine değil; aynı zamanda gelecekteki teknoloji geliştirme ve planlama süreçlerine katkı sağlayabilecek analitik bir bilgi seti oluşturulmasına imkân tanımıştır.

Bu oturum kapsamında gerçekleştirilen değerlendirme çalışmaları, nihai teknoloji önceliklendirmesinden ziyade; senaryolar ve çalıştay çıktılarında öne çıkan teknoloji alanlarının etki, uygulanabilirlik, zaman ufku ve birlikte kullanım ilişkileri açısından karşılaştırmalı olarak ele alınmasına imkân sağlamıştır. Elde edilen bulgular, savunma ekosisteminde derinlemesine ele alınması gereken teknoloji başlıklarına ilişkin kurumsal bir ön değerlendirme çerçevesi sunmakta olup, ilgili alanlarda başlatılması önerilecek Odak Teknoloji Ağı (OTAĞ) çalışmalarına girdi oluşturacak niteliktedir. Bu doğrultuda, nihai teknoloji önceliklendirmesinin; ekosistemin tüm paydaşlarının katılımıyla yürütülecek OTAĞ süreçlerinde, teknoloji yol haritası metodolojisi kapsamında bütüncül olarak gerçekleştirilmesi öngörülmektedir.

7.2. SENARYO ANALİZİ

GHOST-2 Senaryo Yarışması kapsamında dereceye giren 11 eser, içerdikleri teknolojik vizyon ve gelecek projeksiyonları açısından detaylı bir incelemeye tabi tutulmuştur. Bu analiz, başvurularda yer alan “Teknoloji Adları” ve “Teknoloji Tanımları” verilerinin yapılandırılmasıyla oluşturulmuştur.

7.2.1. METODOLOJİ VE VERİ İŞLEME SÜRECİ

Senaryolarda kurgulanan vizyoner teknolojilerin, savunma sanayii literatürüyle uyumlu birer “teknolojik bileşen” haline getirilmesi amacıyla aşağıdaki dört aşamalı Veri İşleme ve Sınıflandırma Metodolojisi izlenmiştir:

- **Aşama 1:** Veri Envanterinin Oluşturulması: Dereceye giren senaryolardaki tüm teknolojik kavramlar, disiplin gözetmeksizin ham veri (raw data) olarak kayıt altına alınmıştır.

- **Aşama 2:** Veri Normalizasyonu ve Tekilleştirme: Farklı senaryolarda benzer işlevlerle sunulan kavramlar (Örn: “Kuantum Anahtarlama” ve “QKD”) terminolojik birliğe kavuşturulmuş; yazım ve format farklılıkları giderilerek veri seti rafine edilmiştir.
- **Aşama 3:** Semantik Analiz ve Kümeleme: Teknolojiler; çözüm sundukları temel problemler, operasyonel yetenekleri ve teknik disiplinleri (Siber, Fiziksel, Bilişsel) baz alınarak işlevsel gruplara ayrılmıştır.
- **Aşama 4:** Kategorizasyon: Kümelenen tüm veriler, küresel savunma ve havacılık literatüründeki “Kritik Teknoloji Alanları” ile eşleştirilerek Yapay Zekâ ve Bilişsel Sistemler, Siber-Elektromanyetik Harekât (CEMA), Kuantum Teknolojileri, Uzay ve İtke Sistemleri, Yönlendirilmiş Enerji (DEW), Biyoteknoloji ve İnsan Artırımı ile Dijital İkiz ve Simülasyon olmak üzere 7 ana teknoloji sütunu altında sınıflandırılmıştır.

7.2.2. TEKNOLOJİ ALANLARI VE TEMATİK DAĞILIM

Yapılan analiz neticesinde, senaryolarda kurgulanan teknolojilerin aşağıdaki 7 ana odak noktasında yoğunlaştığı gözlemlenmiştir:

A. Yapay Zekâ ve Bilişsel Sistemler (AI & Cognitive Systems)

Bu kategori, basit otomasyonun ötesine geçerek “farkındalık” ve “özerklik” kazanan sistemleri kapsamaktadır.

- **Açıklanabilir ve Nedensel Yapay Zekâ (XAI):** Karar süreçleri şeffaf ve denetlenebilir algoritmalar.
- **Otonom Tehdit Algılama ve Karar Sistemleri:** Görev ve angajman seviyesini otonom işleyebilen siber/fiziksel savunma yapıları.
- **Kişiyi Özgü ve Kolektif Yapay Zekâ:** Kişiselleştirilmiş asistanlar, “Kolektif Zihin Bulutu” ve “Sentient AI” (Hisseden YZ) yapıları.

- **Takviyeli (Reinforcement) ve Federatif Öğrenme:** Veri gizliliğini koruyarak dağıtık öğrenme sağlayan modeller.
- **Yapay Zekâ Destekli Güvenlik Güçleri:** Otonom kolluk kuvvetleri (YZ Polisleri) ve nöromorfik (beyin benzeri) hesaplama birimleri.

B. Siber-Elektromanyetik Harekât ve Güvenlik (CEMA)

Dijital uzay ile fiziksel elektromanyetik spektrumun iç içe geçtiği hibrit savunma teknolojileridir.

- **Bilişsel CEMA:** Ortamı algılayıp dinamik tepki veren elektronik harp sistemleri.
- **Kendini Onaran (Self-Healing) Yazılım Sistemleri:** Saldırı veya hata sonrası otonom iyileşme yeteneği.
- **Akıllı Toz (Smart Dust) Sensör Ağları:** Mikro ölçekli, tespit edilmesi zor, dağıtık gözetleme sensörleri.
- **Elektrik Hattı Tabanlı Saldırı Vektörleri:** Şebeke üzerinden virüs yükleme veya veri sızdırma sistemleri.
- **Denetlenebilir Dağıtık Kayıt (Blockchain Türevi):** Merkeziyetsiz ve manipülasyona kapalı veri altyapısı.
- **Duygu Tabanlı Siber Silahlar:** Hedefin psikolojik durumunu manipüle etmeye yönelik dijital saldırı araçları.

C. Kuantum Teknolojileri ve İleri İletişim

Hesaplama kapasitesi ve iletişim güvenliğinde “kırılamazlık” vaat eden yeni nesil altyapılardır.

- **Kuantum İletişim Ağı ve QKD:** Kuantum Anahtar Dağıtımı ile dinlenemez güvenli iletişim omurgası.

- **Post-Kuantum Kriptografi:** Kuantum bilgisayarların kıramayacağı şifreleme algoritmaları.
- **Organik Zekâ Tabanlı Kapalı Mesh Ağlar:** Biyolojik prensipleri taklit eden, merkeziyetsiz iletişim ağları.
- **Sinyal Özelliklerinden Kimlik Çıkarma:** RF parmak izi analizi ile kaynak tespiti.

D. Uzak, Havacılık ve İtke Sistemleri

Atmosfer dışı operasyonel yetkinlikleri artıran platform ve itke çözümleridir.

- **Mikro-Uydu Muhafızları ve Uyduda Süper Bilgisayar:** Yörüngedeki varlıkları koruyan otonom sistemler ve uç (edge) hesaplama yeteneği.
- **Gelişmiş İtke Sistemleri:** Plazma ve İyon itke motorları ile derin uzay veya uzun süreli yörünge görevleri.
- **Stratosferik CEMA Platformları:** Uzun süre havada kalan (HAPS vb.) ve elektronik harp icra eden araçlar.
- **Modüler Gövde ve Montaj Sistemleri:** Göreve göre şekillenebilen esnek platform mimarileri.

E. Yönlendirilmiş Enerji Teknolojileri (DEW)

Işık hızıyla müdahale imkânı tanıyan, kinetik olmayan yeni nesil silah ve güç aktarım sistemleridir.

- **Lazer Silahları ve Yönlendirilmiş Deşarj:** Hedefe doğrudan enerji veya elektrik arkı ileten saldırı sistemleri.
- **Kablosuz Güç Aktarımı:** Lazer veya mikrodalga ile uzak mesafedeki platformları (örn. İHA'ları) şarj etme.

- **Yönlendirilmiş Enerji Karşı Önlemleri:** Gelen enerji saldırılarını saptırma veya soğurma teknolojileri.
- **Yönlendirilmiş Enerji Modülleri:** Platformlara entegre edilebilen ölçeklenebilir enerji silahı birimleri.

F. Biyoteknoloji ve İnsan Artırımı (Human Augmentation)

İnsan performansını makine arayüzleri veya biyolojik müdahalelerle optimize eden teknolojilerdir.

- **Biyolojik Tespit ve İkaz Sistemleri:** Kuantum noktaları (Quantum Dots) kullanan, patojen veya kimyasal tespit kıyafetleri.
- **Bio-Sentient Ara Katman ve Gelişmiş HMI:** İnsan sinir sistemi ile makine arasında doğrudan, duygusal farkındalığa sahip arayüzler.
- **Nöro-Holografik Projeksiyon ve Manipülasyon:** Beyin-bilgisayar arayüzleri veya nanobotlar aracılığıyla algı/düşünce yönetimi.
- **Nükleer Pilli Sürü Robotlar (Robot Arılar):** Radyoizotop pillerle yıllarca çalışabilen, böcek boyutunda otonom sürüler.

G. Dijital İkiz ve Simülasyon

Fiziksel dünyanın sanal ortamda birebir ve gerçek zamanlı kopyalanması ve dijital kopyaları üzerinden yürütülen tahmin ve eğitim teknolojileridir.

- **Kentsel Siber-Dijital İkiz:** Şehir ölçeğindeki siber trafik ve elektromanyetik yayılımın gerçek zamanlı simülasyonu.
- **Kronolojik Manipülasyon:** Eğitim süreçlerini hızlandırmak amacıyla simülasyon ortamında subjektif zaman algısının yönetilmesi.

Aşağıdaki tablo, 11 senaryoda geçen özgün teknolojilerin yukarıda bahsi geçen odak teknoloji alanlarıyla eşleştirilmesini ve bu teknolojilerin operasyonel karşılıklarını sunmaktadır:

Tablo 7: Senaryolarda Geçen Teknolojilerin Sınıflandırılması

No	Senaryo Adı	Odak Teknoloji Alanları	Öne Çıkan Kavramlar	Operasyonel Katma Değer
1	Hibrit Zeka Çağında Sessiz Savaş: Organik-Zeka Kontrollü Biyo-Robot Sürüsü ile Karar Mekanizmalarını Korumaya Yönelik Çok Katmanlı Savunma Sistemi	Yapay Zekâ ve Bilişsel Sistemler; Kuantum Teknolojileri; Biyoteknoloji ve İnsan Artırımı; Yönlendirilmiş Enerji; Otonom/Sürü Sistemleri	Organik zekâ, biyo-robot sürü, kuantum iletişim, nanobot tehditleri, aktif kamuflaj	Karar mekanizmalarının korunması, sürü tabanlı düşük görünürlüklü savunma, bilişsel ve fiziksel tehditlere eşzamanlı direnç
2	Çok Katmanlı Uydu Savunma ve Saldırı Ekosistemi	Uzay ve İtke Sistemleri; Yapay Zekâ ve Bilişsel Sistemler; Kuantum Teknolojileri; Yönlendirilmiş Enerji	Mikro-uydu muhafızları, QKD, plazma/iyon itki, kendini onaran yazılım	Uzay varlıklarının aktif korunması, uydu sürekliliği, çok katmanlı caydırıcılık ve manevra üstünlüğü
3	Şehrin Görünmez Savunması İRİS	Siber-Elektromanyetik Harekât (CEMA); Yapay Zekâ ve Bilişsel Sistemler; Kuantum Teknolojileri; Dijital İkiz ve Simülasyon	Bilişsel CEMA, RF kimlik çıkarımı, stratosferik platform, federatif öğrenme, kentsel dijital ikiz	Şehir ölçeğinde spektrum hakimiyeti, görünmez savunma, gerçek zamanlı tehdit müdahalesi
4	Küresel İkiz AWACS: Tuğrul ve Tonrul	Yapay Zekâ ve Bilişsel Sistemler; Uzay ve İtke Sistemleri; Dijital İkiz ve Simülasyon	Görev seviyesi AI, uydu üstü süper bilgisayar, veri füzyonu, büyük veri işleme	Küresel hava-uzay durumsal farkındalığı, düşük gecikmeli karar desteği

Tablo 7: Senaryolarda Geçen Teknolojilerin Sınıflandırılması

No	Senaryo Adı	Odak Teknoloji Alanları	Öne Çıkan Kavramlar	Operasyonel Katma Değer
5	Stratejik Entegre Radar ve Algı Projeksiyonu Hakimiyeti: Zihin Savaşları Çağına Hazırlık	Yapay Zekâ ve Bilişsel Sistemler; Dijital İkiz ve Simülasyon; Biyoteknoloji ve İnsan Artırımı; Kuantum Teknolojileri	Nöro-holografik projeksiyon, kolektif zihin bulutu, sentient AI, zaman algısı manipülasyonu	Bilişsel harp üstünlüğü, algı yönetimi, düşman karar döngüsünün bozulması
6	AERON Cloud & Multifunctional Smart Body — Otonom Elektromanyetik Harp Bulutu & Çok Fonksiyonlu Yaratıcı Gövde	Siber-Elektromanyetik Harekât (CEMA); Kuantum Teknolojileri; İleri Malzemeler; Yapay Zekâ ve Bilişsel Sistemler	Akıllı metayüzey, low-probability jamming, yazılım tanımlı açıklık, pasif radar avı	Spektrum baskılama, görünmez haberleşme, platform hayatta kalma ve görev esnekliği
7	ATTİLA KBRN Savunma Protokolü	Biyoteknoloji ve İnsan Artırımı; Yapay Zekâ ve Bilişsel Sistemler; Kuantum Teknolojileri; Otonom Sistemler	Predictive AI, nanobot temizleme, kuantum haberleşme, nöral arayüz	KBRN tehdidine hızlı reaksiyon, personel korunumu, müdahale otomasyonu
8	PANOPTİK AĞ (PANO: Proaktif Algılama ve Nano-Optik)	Sensör ve Algılama; Kuantum Teknolojileri; Fotonik; İleri Malzemeler	Kuantum hiperspektral görüntüleme, optik sinir ağı, nano-optik, fotonik ağ	Ultra hassas tespit, optik spektrum üstünlüğü, pasif iz sürme
9	Çift-Kullanımlı Lazer Sistemleri: Çok-Alanlı Harekâтта Lazer Güç-Veri Ağları ve Yönlendirilmiş Deşarj	Yönlendirilmiş Enerji (DEW); Haberleşme; Enerji Sistemleri	Lazer güç aktarımı, guided discharge, adaptif optik, optik veri ağı	Kesintisiz enerji-lojistik, çok alanlı veri ve güç aktarımı, sürü destekleme

Tablo 7: Senaryolarda Geçen Teknolojilerin Sınıflandırılması

No	Senaryo Adı	Odak Teknoloji Alanları	Öne Çıkan Kavramlar	Operasyonel Katma Değer
10	BİYOMİMETİK ANTİFOULİNG BOYALAR	Biyoteknoloji ve İnsan Artırımı; İleri Malzemeler; Kimya/ Biyokimya	Biyomimetik kaplama, antifouling, rekombinant DNA, enzim sistemleri	Deniz platformlarında bakım yükünün azalması, çevresel uyum, platform ömrü artışı
11	Modüler Döner Motor: Üretimde Verimlilik ve Stratejik Bağımsızlık	Uzay ve İtke Sistemleri; Enerji Sistemleri; Dijital Kontrol Sistemleri	Modüler motor, yüksek tork, ECU, hibrit uyum	Platform bağımsız güç çözümü, lojistik standardizasyon, stratejik bağımsızlık

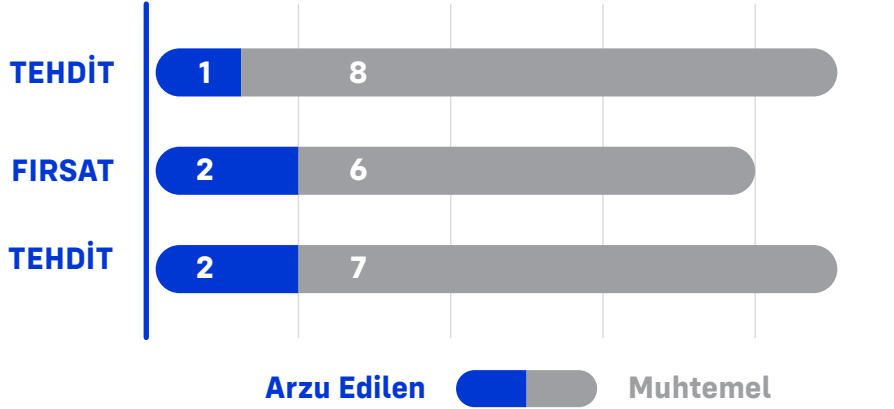
7.3. ÇALIŞTAY SONUÇLARI

Çalıştay kapsamında uygulanan Dijital Atölye Sistemi aracılığıyla senaryolar ve çözüm önerileri çok boyutlu bir analiz çerçevesinde değerlendirilmiştir. Atölye çalışmalarında katılımcılar, başvurularda ortaya konulan ortam tasvirlerini ve çözüm yaklaşımlarını sistematik bir akış içerisinde ele alarak çözümün etkileri, potansiyel riskleri, fırsat alanları ve teknoloji boyutuna ilişkin değerlendirmelerde bulunmuştur.

Bu bölümde atölye çalışmaları sonucunda elde edilen temel çıktılar sunulmaktadır. Bulgular, atölye sürecinde kullanılan analiz başlıkları doğrultusunda yapılandırılmış olup senaryoların ortaya koyduğu bağlam, çözüm yaklaşımlarına ilişkin değerlendirmeler ve katılımcılar tarafından geliştirilen alternatif yaklaşımlar çerçevesinde ele alınmaktadır. GHOST Senaryo Atölyesi çıktıları, geleceğin harp ortamının geleneksel fiziksel alanlardan (Hava, Kara, Deniz); Uzay, Siber ve Bilişsel/Nörolojik katmanlara kaydığını ortaya koymuştur. Analiz edilen 11 senaryo, savunma ekosisteminin sadece “platform üreten” bir yapıdan, “akıllı, otonom ve kognitif ekosistemler yöneten” bir yapıya evrilmesi gerektiğini göstermektedir.

Geleceğin muharebesinde üstünlüğün, en fazla mühimmata sahip olanın değil; veriyi en hızlı işleyen, uzayda kesintisiz varlık gösteren ve düşmanın karar alma/bilişsel mekanizmasını çökerten tarafın olacağı görülmüştür. Bu bağlamda, Kuantum/Optik Ağlar, Sentetik Biyoloji (Biyomimetik/Nanobot) ve Bilişsel Harp (Nöro-Hologram) teknolojileri öncelikli yatırım alanları olarak belirlenmiştir.

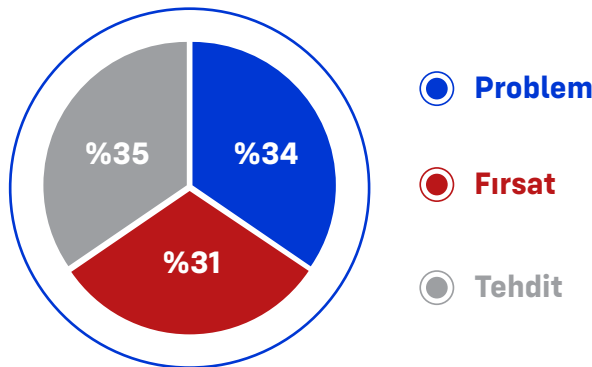
ODAK - GELECEK GRAFİĞİ



Grafik 1: Gelecek Türü Sınıflandırma Grafiği

Atölye kapsamında katılımcılar tarafından yanıtlanan atölye sorularının analizi sonucunda, senaryo metinlerinde tasvir edilen harekât ortamlarının büyük ölçüde “korkulan” bir gelecekte ziyade “muhtemel” veya “arzu edilen” gelecek perspektifini yansıttığı görülmüştür.

ODAK TÜRÜ



Grafik 2: Senaryo Odak Alanları Grafiği

Katılımcı değerlendirmeleri, senaryoların çözüm üretmeyi hedeflediği temel odak alanlarının ağırlıklı olarak problem ve tehdit ekseninde şekillendiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, senaryo sahiplerinin geleceğin harekât ortamını fırsat temelli dönüşüm alanlarından çok; risk, kırılganlık ve tehdit odaklı bir çerçevede ele aldıklarını göstermektedir.

Bu kapsamda, senaryoların yoğunlaştığı temel odak alanları ve dağılımları Grafik 3'te sunulmaktadır.

SINIFLANDIRMA ANALİZİ



Grafik 3: Odak Alanlarının Ayrıntılı Sınıflandırılması Grafiği

Stratejik Entegre Radar ve Algı Projeksiyonu Hakimiyeti: Zihin Savaşları Çağına Hazırlık, Hibrit Zeka Çağında Sessiz Savaş: Organik-Zeka Kontrollü Biyo-Robot Sürüsü ile Karar Mekanizmalarını Korumaya Yönelik Çok Katmanlı Savunma Sistemi ve Şehrin Görünmez Savunması İRİS senaryoları göstermektedir ki; yeni nesil tehditler düşmanın silah sistemlerini değil, komutanların ve karar vericilerin zihinlerini, sinir sistemlerini ve gerçeklik algısını hedef almaktadır. Duygu tabanlı silahlar, zaman algısı manipülasyonu ve düşünce manipülasyonuna yönelik nanobotlar en büyük asimetrik tehditlerdir.

Küresel İkiz AWACS: Tuğrul ve Tonrul ve Çok Katmanlı Uydu Savunma ve Saldırı Ekosistemi senaryoları, verinin artık dünyada değil, yörüngede (uydularda) işleneceğini (Edge Computing) göstermektedir. Lazer ağırları ile uydudan yere enerji aktarımı ve uzay tabanlı yönlendirilmiş enerji silahları stratejik bir fırsattır.

AERON Cloud & Multifunctional Smart Body — Otonom Elektromanyetik Harp Bulutu & Çok Fonksiyonlu Yaratıcı Gövde ve PANOPTİK AĞ (PANO: Proaktif Algılama ve Nano-Optik) senaryoları, platformların sabit şekilli metal yığınlarından, çevreye göre şekil değiştiren, RCS (Radar Kesit Alanı) ve RF emisyonunu anlık ayarlayabilen “Yazılım Tabanlı Akıllı Gövdelere (Smart Body)” dönüşeceğini göstermektedir.

7.3.1. Teknoloji Alanları ve Tematik Dağılım Analizi

Dijital Atölye kapsamında oluşturulan çıktılara ait Çözüm Değerlendirmesi, Önceliklendirme, Etki Haritası ve Alternatif Yaklaşımlar bölümlerinde yer alan tüm teknoloji ifadeleri, raporun 7.2 bölümünde tanımlanan dört aşamalı Veri İşleme ve Sınıflandırma Metodolojisi doğrultusunda analiz edilmiştir. Bu kapsamda, farklı senaryolarda yer alan teknoloji kavramları ham veri olarak derlenmiş, terminolojik farklılıklar giderilerek tekilleştirilmiş ve işlevsel özellikleri dikkate alınarak semantik olarak kümelendirilmiştir.

Bu analizde, teknoloji alanlarının önem sıralaması frekans temelli bir yaklaşımla değil; senaryolarda üstlendikleri işlevsel roller ve çözüm mimarisi içerisindeki konumları dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, farklı detay seviyelerinde kurgulanan atölye çıktıları arasında karşılaştırılabilir ve bütüncül bir analiz yapılmasına imkân tanımıştır.

Gerçekleştirilen analiz sonucunda, senaryolarda yer alan çözüm yaklaşımlarının büyük ölçüde belirli teknoloji alanlarında yoğunlaştığı görülmüştür. En yüksek yoğunluk Yapay Zekâ ve Bilişsel Sistemler alanında gözlemlenirken, bunu Kuantum Teknolojileri ve Siber-Elektromanyetik Harekât alanları takip etmektedir. Sensör ağları, otonom sistemler ve ileri malzemeler ise destekleyici ancak kritik rol oynayan teknoloji kümeleri olarak öne çıkmaktadır.

Analiz sonucunda elde edilen yedi ana teknoloji alanı, önceden tanımlı bir sınıflandırmadan ziyade, çalıştay çıktılarının semantik analizi sonucunda doğal olarak oluşan kümelerden türetilmiştir. Bu yapı, teknoloji alanlarını işlevsel olarak net biçimde ayırıştırırken, analiz bütünlüğünü koruyan dengeli ve yönetilebilir bir çerçeve ortaya koymaktadır.

Bu kapsamda öne çıkan teknoloji alanları ve bu alanların senaryolardaki işlevsel rolleri aşağıda sunulmaktadır:

A. Yapay Zekâ ve Bilişsel Sistemler

Çalıştay çıktılarında en baskın teknoloji alanı olarak öne çıkan yapay zekâ ve bilişsel sistemler; karar destek mekanizmaları, tehdit tespiti, otonom hareket kabiliyeti ve veri analitiği süreçlerinin merkezinde konumlanmaktadır. Atölye sınıflarında yapay zekâ aşağıda verildiği şekilde kurgulanmıştır:

- “Yapay zeka polisleri” gibi doğrudan operasyonel aktörler olarak,
- Büyük veri ve istihbarat analizinde karar hızını artıran bir unsur olarak,
- Dağıtık zeka ağları ile sistemler arası koordinasyonu sağlayan bir yapı olarak

Bu durum, geleceğin harekât ortamında üstünlüğün yalnızca fiziksel platformlardan değil; karar verme hızını ve doğruluğunu belirleyen bilişsel kapasiteden kaynaklanacağını göstermektedir.

B. Kuantum Teknolojileri

Kuantum teknolojileri, özellikle güvenli iletişim ve ileri seviye istihbarat analizinde kritik bir rol üstlenen ikinci ana teknoloji alanı olarak öne çıkmaktadır. Atölye çalışmasında kuantum aşağıda sıralanan amaçlarla ele alınmıştır:

- Kuantum iletişim sistemleri ile kırılması zor haberleşme altyapısı sağlama,
- Kuantum tabanlı analiz yaklaşımları ile yüksek hacimli veriden anlam üretme,
- Klasik sistemlerin yetersiz kaldığı durumlarda yeni nesil hesaplama kabiliyeti sunma

Bu bağlamda kuantum teknolojileri, bilgi üstünlüğü ve iletişim güvenliği açısından stratejik bir kaldıraç olarak konumlanmaktadır.

C. Siber-Elektromanyetik Harekât (CEMA)

Siber ve elektromanyetik spektrumda faaliyet gösteren teknolojiler, atölye sınıflarında hem tehdit hem de çözüm bileşeni olarak çift yönlü bir rol üstlenmektedir. Bu alan aşağıdaki işlevler üzerinden ele alınmıştır:

- Haberleşme altyapılarının korunması,
- Düşman sistemlerinin baskılanması veya manipülasyonu,
- Bilişsel harp unsurlarına karşı savunma geliştirilmesi

Özellikle hibrit ve bilişsel tehditlere karşı geliştirilen çözümler, siber ve elektromanyetik alanın geleceğin çatışma ortamında belirleyici bir cephe haline geldiğini ortaya koymaktadır.

D. Sensör Ağları ve Algılama Sistemleri

Çalıştayda durumsal farkındalığın sağlanması amacıyla yaygın, dağıtık ve sürekli veri üreten sensör sistemleri önemli bir yer tutmaktadır. Öne çıkan uygulamalar aşağıdaki şekildedir.

- Akıllı toz sensör ağları,
- Sürekli veri akışı sağlayan mesh yapılar,
- Çoklu kaynaklardan veri toplayan entegre algılama sistemleri

Bu yapıların temel katkısı, karar vericilere kesintisiz ve yüksek doğrulukta veri sağlayarak erken uyarı ve önleyici müdahale kapasitesini artırmasıdır.

E. Otonom ve Sürü Sistemleri

Otonom sistemler ve sürü tabanlı platformlar, özellikle ölçeklenebilirlik ve operasyonel esneklik açısından öne çıkmaktadır. Atölye sınıflarında aşağıdaki gibi verilen sistemler tartışılmıştır.

- Robot arı sürüleri gibi mikro otonom sistemler,
- İnsan müdahalesine ihtiyaç duymadan görev icra edebilen platformlar,
- Dağıtık görev paylaşımı yapabilen sürü yapıları

Bu yaklaşım, gelecekte operasyonların merkezi yapılardan ziyade dağıtık ve kendi kendine organize olabilen sistemler üzerinden yürütüleceğine işaret etmektedir.

F. İleri Malzemeler ve Nanoteknoloji

İleri malzemeler ve nano ölçekli teknolojiler, özellikle gizlenme, dayanıklılık ve insan-makine etkileşimi alanlarında öne çıkmaktadır. Çalıştayda aşağıda gibi sıralanan uygulamalar öne çıkmıştır.

- Metamateryal tabanlı aktif kamuflej,
- Nanobotlar aracılığıyla biyolojik/bilişsel etki oluşturma,
- Gelişmiş koruyucu ekipmanlar

Bu teknolojiler, fiziksel ve biyolojik sınırları yeniden tanımlayarak hem savunma hem de etki oluşturma kapasitesini dönüştürmektedir.

G. Yönlendirilmiş Enerji Sistemleri

Yönlendirilmiş enerji teknolojileri, yüksek hassasiyetli ve düşük maliyetli etki oluşturma kabiliyeti ile dikkat çekmektedir.

Çalıştayda aşağıdaki uygulamaların öne çıktığı görülmüştür.

- Yüksek frekanslı plazma tabanlı sistemler,
- Hedefe odaklı enerji ile müdahale

Bu sistemler, klasik mühimmat bağımlılığını azaltarak sürdürülebilir ve hızlı tepki verebilen yeni nesil etki mekanizmaları sunmaktadır.

Gerçekleştirilen analiz, senaryolarda kurgulanan teknolojik çözümlerin tekil alanlara değil; birbirini besleyen ve çarpan etkisi oluşturan teknoloji kümelerine dayandığını göstermektedir.

Özellikle yapay zekâ ve kuantum teknolojileri çekirdek yetenekleri oluştururken, sensör ağları, otonom sistemler ve siber yetenekler bu çekirdeği destekleyen katmanlar olarak konumlanmaktadır. Bu yapı, geleceğin harekât ortamında başarı için entegre, çok katmanlı ve bilişsel odaklı teknoloji mimarilerinin kritik olacağını ortaya koymaktadır.

7.3.2. TEKNOLOJİ ZAMAN UFKU ANALİZİ

Çalıştay kapsamında senaryoda geçen çözümlerin etkinliğinin hangi teknolojilere bağımlı olduğuna ilişkin öngörülerini ortaya koymak ve kısa, orta ve uzun vadede hangi teknoloji alanlarına odaklanıldığı ve önceliklendirildiğini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu sayede, teknoloji geliştirme süreçlerine yönelik zaman boyutlu bir perspektif sunulması hedeflenmiştir.

Analiz kapsamında, 11 senaryoya ait çalıştay çıktılarının “Önceliklendirme” bölümü altında sınıflandırılmış olan yakın, orta ve uzun vade teknoloji listeleri veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

Her bir senaryoda ilgili başlık altında yer alan teknolojiler, vade bilgisi korunarak ayrı ayrı ele alınmış, farklı ifadelerle tanımlanan benzer teknolojiler ortak başlıklar altında birleştirilmiş, analiz edilebilir bir veri seti oluşturulmuştur.

Analiz süreci üç temel aşamada yürütülmüştür:

- 1. Veri Derleme ve Ayırıştırma:** Atölye çıktılarında yer alan “Önceliklendirme” bölümü, vade kırılımı (yakın, orta, uzun) korunacak şekilde ayırıştırılmıştır.
- 2. Veri Normalizasyonu ve Kümeleme:** Benzer teknolojiler terminolojik olarak uyumlaştırılmış ve işlevsel özelliklerine göre teknoloji alanları altında gruplandırılmıştır (örn. Yapay Zekâ, Kuantum Teknolojileri, Otonom Sistemler vb.).
- 3. Zaman-Ufku Eşleştirmesi (Matrix Yaklaşımı):** Her bir teknoloji alanının hangi vade aralıklarında konumlandığı analiz edilerek, teknoloji alanları ile zaman ufku arasında iki boyutlu bir ilişki kurulmuştur. Bu kapsamda, analiz yalnızca toplam sayısal dağılıma değil; hangi teknoloji alanlarının hangi vadede yoğunlaştığına odaklanacak şekilde kurgulanmıştır.

Bu yaklaşım, klasik frekans veya tek boyutlu dağılım analizlerinden farklı olarak, teknoloji gelişimlerinin zamansal yayılımını ve alan bazlı yoğunlaşmalarını birlikte değerlendirmeye imkân tanımaktadır.

Analiz sonuçları, çözümün etkinliğini belirleyen ve belirli bir zaman ufkunda erişilebilirliği öngörülen kritik teknoloji bileşenlerinin zaman ufkuna göre farklılaşan bir dağılım sergilediğini göstermektedir.

Çalıştay kapsamında önerilen teknolojilerin zaman ufku dağılımı incelendiğinde, çözümlerin önemli bir kısmının orta ve uzun vadede olgunlaşması beklenen teknolojilere dayandığı görülmektedir. Özellikle uzun vadeli teknoloji kümelerinin baskınlığı, katılımcıların geleceğin harekât ortamını radikal dönüşümler üzerinden kurguladığını göstermektedir.

Uzun vadede konumlanan teknolojiler; kuantum tabanlı sistemler, organik yapay zeka, nano ölçekli müdahale araçları ve ileri düzey otonom sistemler gibi henüz gelişim aşamasında olan ancak yüksek dönüşüm potansiyeline sahip alanları kapsamaktadır. Bu durum, çalıştay çıktılarının yalnızca mevcut kabiliyetlerin geliştirilmesine değil, aynı zamanda sıçrama yaratacak teknolojilere odaklandığını ortaya koymaktadır.

Orta vadede yer alan teknolojiler ise, halihazırda gelişmekte olan ancak yaygın operasyonel kullanıma henüz ulaşmamış alanları temsil etmektedir. Bu katman, özellikle sensör ağları, ileri malzemeler ve yönlendirilmiş enerji sistemleri gibi teknolojilerin yakın gelecekte kritik rol oynayacağını göstermektedir.

Tablo 8: Teknoloji – Zaman Ufku Matrisi

Teknoloji Alanı	Yakın Vade	Orta Vade	Uzun Vade
Yapay Zeka	Yüksek	Orta	Düşük
Kuantum	Düşük	Orta	Yüksek
CEMA	Orta	Orta	Düşük
Sensör Ağları	Orta	Orta	Orta
Enerji Silahları	Düşük	Orta	Yüksek
Nano / Biyo	Düşük	Düşük	Yüksek
Otonom Sistemler	Orta	Yüksek	Orta

Yakın vadeli teknolojilerin görece daha sınırlı olması ise dikkat çekici bir bulgudur. Bu durum, mevcut teknolojilerin yeterli görülmediği ve gelecekteki tehdit ortamına karşı yeni nesil çözümlere ihtiyaç duyulduğu şeklinde yorumlanabilir. Bununla birlikte, yakın vadede yer alan teknolojiler; hızlı kazanım sağlayabilecek ve kısa sürede operasyonel etki yaratabilecek alanlar olarak önemini korumaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, çalıştay çıktıları kısa vadeli iyileştirmelerden ziyade orta ve uzun vadeli teknolojik sıçramalara odaklanan bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Bu durum, stratejik planlama ve Ar-Ge yatırımlarının zaman perspektifi açısından dengeli ve katmanlı bir şekilde ele alınması gerektiğine işaret etmektedir.

Analiz edilen çalıştay çıktılarında, çözüm yaklaşımlarının büyük çoğunluğunun tekil bir teknolojiye dayanmadığı; aksine çoklu teknoloji alanlarının entegre kullanımıyla kurgulandığı görülmüştür. Özellikle yapay zekâ, sensör ağları ve iletişim teknolojilerinin birlikte kullanımı yaygın bir desen olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, geleceğin sistem mimarilerinin modüler ve çok katmanlı olacağını; platform bazlı yaklaşımlardan ziyade, entegre ve birlikte çalışabilir sistem-of-systems yapılarına geçişin kaçınılmaz olduğunu göstermektedir.

Bu dağılım, savunma ekosisteminin eş zamanlı olarak iki farklı zaman ekseninde ilerlemesi gerektiğini ortaya koymaktadır: kısa vadede operasyonel avantaj sağlayacak teknolojilere yatırım yapılırken, uzun vadede oyun değiştirici (disruptive) teknolojilere yönelik Ar-Ge faaliyetlerinin kesintisiz sürdürülmesi kritik önem taşımaktadır.

7.3.3. ÖNCELİKLİ AR-GE ALANLARI ANALİZİ

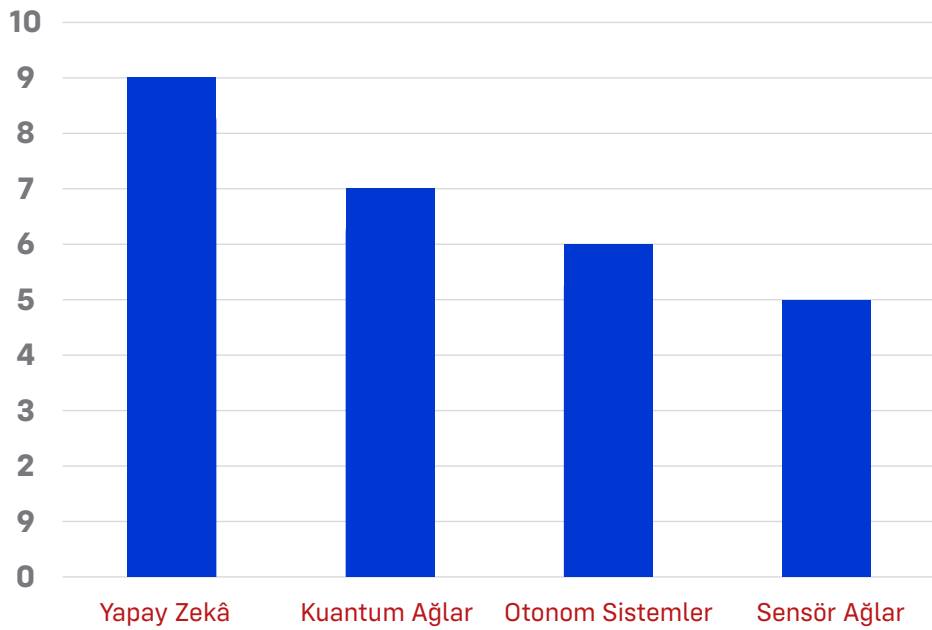
Çalıştay kapsamında geliştirilen çözüm önerilerinde öne çıkan ve tekrar eden Ar-Ge ihtiyaçlarını belirlemek; bu ihtiyaçlar arasındaki önceliklendirme eğilimlerini ortaya koymak amacıyla öncelikli Ar-Ge alanları analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz kapsamında, çalıştay çıktılarında yer alan 11 adet senaryoya ait tabloların “Öncelikli Ar-Ge” başlıkları veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Bu başlıklar altında yer alan tüm ifadeler: disiplin ayrımı gözetmeksizin toplanmış, farklı terminolojilerle ifade edilen benzer kavramlar bir araya getirilmiş (örn. “kuantum iletişim”, “kuantum ağlar”), tekrar eden ifadeler tekilleştirilerek analiz edilebilir bir veri seti oluşturulmuştur.

Analiz sürecinde, raporun önceki bölümlerinde uygulanan dört aşamalı Veri İşleme ve Sınıflandırma Metodolojisi esas alınmıştır:

- 1. Veri Envanteri Oluşturma:** Tüm senaryolardaki “Öncelikli Ar-Ge” ifadeleri ham veri olarak derlenmiştir.
- 2. Veri Normalizasyonu ve Tekilleştirme:** Benzer anlam taşıyan kavramlar ortak başlıklar altında birleştirilmiştir.
- 3. Semantik Kümeleme:** Teknolojiler, teknik özellikleri ve kullanım amaçlarına göre gruplandırılmıştır (Yapay Zekâ, Kuantum Ağlar vb.).
- 4. Frekans Analizi:** Her bir Ar-Ge alanının kaç farklı senaryoda yer aldığı hesaplanmıştır.

Buna ek olarak, elde edilen frekans dağılımı Pareto analizi yaklaşımı ile değerlendirilmiştir. Pareto analizi, toplam etkinin büyük bir kısmının sınırlı sayıda faktörden kaynaklandığını varsayan ve öncelikli odak alanlarının belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu analiz ile, en yüksek etkiyi oluşturabilecek kritik Ar-Ge alanlarının ayrıştırılması amaçlanmıştır.

Yapılan analiz sonucunda öne çıkan Ar-Ge alanları ve çalıştay çıktıları bazındaki tekrar sıklıkları aşağıdaki gibidir:



Grafik 4: Öncelikli Ar-Ge Alanları Çıktı Frekansı

Elde edilen bulgular, senaryolarda önerilen çözümlerin belirli teknoloji alanlarında yoğunlaştığını göstermektedir. Yapay zekâ, en yüksek frekansa sahip alan olarak öne çıkmakta; karar destek, tehdit analizi ve otonom sistemlerin yönetimi gibi kritik işlevlerde merkezi bir rol üstlenmektedir. Kuantum ağlar ve iletişim teknolojileri, özellikle güvenli veri aktarımı ve stratejik üstünlük bağlamında ikinci öncelikli alan olarak konumlanmaktadır. Otonom sistemler ise sahadaki operasyonel etkinin artırılmasına yönelik uygulama katmanını temsil etmektedir. Sensör ağları ise bu yapının veri üretim ve algılama altyapısını oluşturan tamamlayıcı bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Pareto analizi çerçevesinde değerlendirildiğinde, en yüksek frekansa sahip ilk iki alanın (Yapay Zekâ ve Kuantum Ağlar), toplam Ar-Ge ihtiyacının önemli bir bölümünü oluşturduğu görülmektedir. Bu durum, söz konusu alanlara yapılacak yatırımların diğer teknoloji alanlarını da besleyerek daha yüksek bir çarpan etkisi yaratabileceğine işaret etmektedir.

Ayrıca bulgular, Ar-Ge ihtiyaçlarının birbirinden bağımsız değil; aksine bütünleşik bir teknoloji ekosistemi oluşturduğunu göstermektedir. Bu kapsamda, sensör ağları ile üretilen verinin kuantum güvenli ağlar üzerinden aktarılması, yapay zekâ ile işlenmesi ve otonom sistemler aracılığıyla sahaya yansıtılması şeklinde bütüncül bir yapı öne çıkmaktadır.

Öncelikli Ar-Ge alanlarına ilişkin frekans analizi, ilgili başlıkların doğrudan senaryo sahipleri tarafından önceliklendirilmiş olması nedeniyle anlamlı bir gösterge sunmaktadır. Buna karşın, diğer analizlerde kullanılan geniş kapsamlı teknoloji listelerinde frekans tek başına öncelik göstergesi olarak değerlendirilmemiştir.

7.3.4. ETKİ ANALİZİ

Senaryolarda geçen çözümün yarattığı somut ve dönüştürücü etkiler; operasyonel, teknolojik ve kurumsal boyutlarda çalıştayda tartışılmıştır. Çalıştayda tanımlanan etkilerin hangi alanlarda yoğunlaştığını ortaya koymak ve operasyonel, teknolojik ve kurumsal etkilerin göreceli ağırlığını belirlemek amacıyla etki analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz kapsamında, çalıştay çıktılarında yer alan 11 senaryoya ait tabloların “Etki Analizi” bölümleri veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Her senaryoda üç başlık altında sunulan etkiler operasyonel, teknolojik ve kurumsal boyut olmak üzere ayrı ayrı ele alınarak analiz edilmiştir.

Analiz sürecinde nitel veri analizi (qualitative coding) yaklaşımı kullanılmıştır. Bu analizde kullanılan nitel veri analizi (qualitative coding) yaklaşımı, raporun önceki bölümlerinde tanımlanan veri işleme metodolojisinin metinsel veriler üzerinde sistematik biçimde uygulanmasını ifade etmektedir. Bu kapsamda, etki ifadeleri anlamlı kodlara ayrıştırılarak semantik kümeleme gerçekleştirilmiş ve elde edilen kodların frekansları analiz edilmiştir. Bu kapsamda:

- 1. Metin Derleme:** Tüm senaryolardaki etki ifadeleri ham veri olarak toplanmıştır.
- 2. Kodlama (Coding):** Etki ifadeleri, içeriklerine göre anlamlı anahtar kavramlara ayrıştırılmıştır. Örneğin “karar güvenliği”, “durumsal farkındalık”, “erken tespit gibi ifadeler operasyonel etki kodları altında değerlendirilmiştir.
- 3. Tematik Gruplama:** Elde edilen kodlar, üç ana etki kategorisi altında (operasyonel, teknolojik, kurumsal) yapılandırılmıştır.
- 4. Frekans Analizi:** Her bir kodun kaç farklı senaryoda yer aldığı hesaplanarak tematik yoğunluklar belirlenmiştir.

Kullanılan yöntem ile, metinsel veriler sistematik şekilde analiz edilmiş ve öne çıkan etki alanları nesnel olarak ortaya konulmuştur. Etki boyutlarına göre en sık tekrar eden temalar aşağıdaki tabloda belirtilmiştir:

Tablo 10: Senaryo Çözümlerinin Yarattığı Etkiler

Operasyonel Etkiler	Teknolojik Etkiler	Kurumsal Etkiler
Karar güvenliğinin artırılması	Teknolojiler arası entegrasyon	Yeni organizasyonel yapılanma ihtiyacı
Durumsal farkındalığın geliştirilmesi	Yeni nesil kabiliyetlerin geliştirilmesi	Regülasyon ve hukuki altyapı gereksinimi
Tehditlerin erken tespiti	Çarpan etkisi yaratan altyapılar	Ar-Ge ve akademik kapasite geliştirme

Operasyonel etkiler kısa vadeli kazanımlara işaret ederken, teknolojik etkiler kapasite geliştirme boyutunu, kurumsal etkiler ise sürdürülebilirlik ve sistem entegrasyonu gereksinimini temsil etmektedir.

Analiz sonuçları, özellikle operasyonel etkinin daha somut ve doğrudan ifade edilmesi nedeniyle daha yüksek görünürlük kazandığını; buna karşılık kurumsal etkilerin daha sınırlı ancak stratejik öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Bu durum, teknoloji geliştirme süreçlerinin yalnızca teknik değil; organizasyonel ve yönetim boyutlarıyla birlikte ele alınması gerektiğine işaret etmektedir.

7.3.5. TEKNOLOJİ BİRLİKTE KULLANIM İLİŞKİLERİ

Çalıştay kapsamında yürütülen atölye çalışmasında önerilen teknoloji çözümlerinin birbirleriyle nasıl ilişkilendirildiğini ortaya koymak ve hangi teknoloji alanlarının birlikte kullanılarak bütünlük çözümler oluşturduğunu belirlemek amacıyla teknolojilerin birlikte kullanım ağı çıkarılmıştır. Bu sayede, teknoloji ekosistemindeki etkileşim yapısının ve birlikte kullanım eğilimlerinin anlaşılması hedeflenmiştir.

Analiz kapsamında, atölye çıktılarında yer alan: Çözüm Yaklaşımı, Önceliklendirme ve Alternatif Çözüm önerileri bölümlerinde geçen tüm teknolojik ifadeler veri setine dahil edilmiştir.

Uygulanan analiz süreci aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

- 1. Veri Envanteri Oluşturma:** Tüm senaryolardan teknoloji ifadeleri ham veri olarak çıkarılmıştır.
- 2. Veri Normalizasyonu ve Tekilleştirme:** Benzer teknolojiler ortak kavramlar altında birleştirilmiştir (ör. “Yapay zeka polisleri”, “YZ algoritmaları” → Yapay Zekâ).

3. Teknoloji Kümeleme: Teknolojiler işlevsel olarak aşağıdaki ana kümelerde toplanmıştır:

- Yapay Zekâ
- Kuantum Teknolojileri
- Sensör ve Algılama Sistemleri
- Otonom/Sürü Sistemleri
- İleri Malzemeler
- Enerji Sistemleri
- Biyoteknoloji / Nano
- Uzay Sistemleri
- Siber / Veri Altyapıları

4. Birlikte Kullanım Analizi (Co-occurrence): Her senaryo kendi içinde değerlendirilmiş ve aynı senaryoda birlikte geçen teknoloji çiftleri tespit edilmiştir. Bu çiftlerin tüm senaryolar boyunca tekrar etme sıklıkları analiz edilmiştir.

Analiz kapsamında her bir senaryo kendi içinde bağımsız bir çözüm kurgusu olarak ele alınmış, ilgili tabloda yer alan tüm teknoloji ifadeleri birlikte değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, teknolojilerin aynı senaryo içinde birlikte kullanımını tespit etmeye imkân sağlamıştır.

Gerçekleştirilen birlikte kullanım (co-occurrence) analizi kapsamında, senaryolarda önerilen teknolojilerin tekil çözümlerden ziyade, birbirleriyle ilişkili ve bütünleşik yapılar halinde kurgulandığı tespit edilmiştir. Analiz sonuçları, belirli teknoloji alanlarının yüksek frekansta birlikte kullanılarak çözüm mimarilerinin çekirdek yapısını oluşturduğunu göstermektedir.

A. Çekirdek Teknoloji Alanları

Bu bölümde yapılan sınıflandırma birlikte kullanım ilişkileri kapsamında oluşturulan ağ yapısı içindeki konumlarına ve diğer teknolojilerle kurdukları etkileşim düzeyine dayanmaktadır. Analiz bulgularına göre, senaryolarda en yüksek birlikte kullanım yoğunluğuna sahip dört ana teknoloji alanı aşağıdaki tabloda sunulmaktadır:

Tablo 11: En Yüksek Birlikte Kullanım Yoğunluğuna Sahip Çekirdek Teknoloji Alanları

Çekirdek Teknoloji Alanı	Fonksiyonel Rol
Yapay Zekâ ve Bilişsel Sistemler	Veri işleme, karar destek ve otonom kontrol
Kuantum Teknolojileri	Güvenli iletişim ve ileri hesaplama
Sensör ve Algılama Sistemleri	Veri üretimi ve durumsal farkındalık
İleri Malzemeler	Fiziksel üstünlük ve platform kabiliyeti

Bu dört alanın senaryoların büyük çoğunluğunda birlikte konumlandığı ve çözüm yaklaşımlarının temel mimarisini oluşturduğu gözlemlenmiştir.

Söz konusu yapı, fonksiyonel açıdan aşağıdaki bütünleşik akışa işaret etmektedir:

- Sensör sistemleri ile veri üretimi
- Yapay zekâ ile veri işleme ve karar oluşturma
- Kuantum teknolojileri ile güvenli iletişim ve hesaplama
- İleri malzemeler ile fiziksel etki ve platform kabiliyeti

Bu bütünlük, geleceğin harekât ortamında teknolojik üstünlüğün tekil çözümlerden ziyade entegre yetenek setleri üzerinden şekilleneceğini göstermektedir.

B. Destekleyici Teknoloji Katmanları

Çekirdek teknoloji alanlarına yüksek sıklıkta eşlik eden ve sistemin operasyonel etkinliğini artıran ikinci katman teknolojiler aşağıdaki tabloda sunulmaktadır:

Tablo 12: En Yüksek Birlikte Kullanım Yoğunluğuna Sahip Destekleyici Teknoloji Alanları

Teknoloji Alanı	Sağladığı Temel Katkı
Enerji Sistemleri	Süreklilik ve operasyonel dayanıklılık
Otonom ve Sürü Sistemleri	Ölçeklenebilirlik ve dağıtık operasyon kabiliyeti

Bu katman, çekirdek teknolojilerin sahada etkin şekilde kullanılabilmesi için gerekli altyapıyı sağlamaktadır. Özellikle enerji altyapıları sistem sürekliliğini sağlarken, otonom ve sürü sistemleri operasyonların insan bağımlılığını azaltarak esnekliğini artırmaktadır.

C. Alan Spesifik ve Uzmanlaşmış Teknolojiler

Analiz kapsamında daha düşük frekansta yer almakla birlikte belirli senaryolarda kritik rol üstlenen uzmanlaşmış teknoloji alanları da tespit edilmiştir:

Tablo 13: Alan Spesifik ve Uzmanlaşmış Teknoloji Alanları

Teknoloji Alanı	Kullanım Bağlamı
Biyoteknoloji ve Nanoteknoloji	KBRN, bilişsel ve biyolojik etki alanları
Uzay Sistemleri	Uydu tabanlı haberleşme ve gözlem
Siber ve Veri Altyapıları	Veri güvenliği ve dijital operasyon ortamı

Bu teknolojiler, spesifik tehdit türlerine veya operasyon alanlarına yönelik yüksek uzmanlaşma gerektiren çözümler sunmaktadır.

D. Öne Çıkan Teknoloji Kombinasyonları

Analiz kapsamında en sık birlikte kullanılan teknoloji kombinasyonları aşağıda sunulmaktadır:

Tablo 14: Öne Çıkan Teknoloji Birlikte Kullanım İlişkileri

Teknoloji Kombinasyonu	Fonksiyonel Anlamı
Yapay Zekâ + Kuantum	Karar destek ve güvenli işlem altyapısı
Yapay Zekâ + Sensör	Veri odaklı karar mekanizmaları
Kuantum + Sensör	Güvenli ve hassas veri akışı
Kuantum + İleri Malzemeler	Fiziksel ve dijital entegrasyon
Yapay Zekâ + Enerji	Sürekli ve yüksek işlem kapasiteli sistemler

Bu kombinasyonlar, geleceğin harekât ortamında veri temelli, güvenli ve kesintisiz çalışan sistemlerin ön plana çıkacağını göstermektedir.

E. Ağ Yapısı ve Merkez Teknolojiler

Birlikte kullanım ilişkileri temel alınarak oluşturulan ağ yapısı analizine göre:

- **Yapay zekâ**, en yüksek bağlantı sayısına sahip olup sistemin merkezinde konumlanan temel teknoloji alanıdır.
- **Kuantum teknolojileri**, iletişim ve hesaplama katmanında ikinci kritik düğüm olarak öne çıkmaktadır.

- **Sensör sistemleri,** veri üretim katmanının temel bileşeni olarak bu yapıyı tamamlamaktadır.

Bu yapı, teknoloji ekosisteminin katmanlı bir mimari üzerinden şekillendiğini göstermektedir:

- **Merkez katman:** Yapay zekâ ve bilişsel sistemler
- **Destek katmanı:** Kuantum teknolojileri ve sensör sistemleri
- **Fiziksel katman:** İleri malzemeler ve enerji sistemleri

Gerçekleştirilen analiz, senaryolarda önerilen çözüm yaklaşımlarının tekil teknoloji uygulamalarından ziyade, çok katmanlı ve entegre teknoloji mimarilerine dayandığını ortaya koymaktadır.

- Bukapsamdaöneçıkantemelyapıaşağıdakibileşenlerüzerindenşekillenmektedir:
 - Yapay zekâ merkezli karar sistemleri
 - Kuantum destekli güvenli iletişim altyapıları
 - Sensör ağları ile sürekli veri üretimi
 - İleri malzemeler ve enerji sistemleri ile fiziksel etki kapasitesi

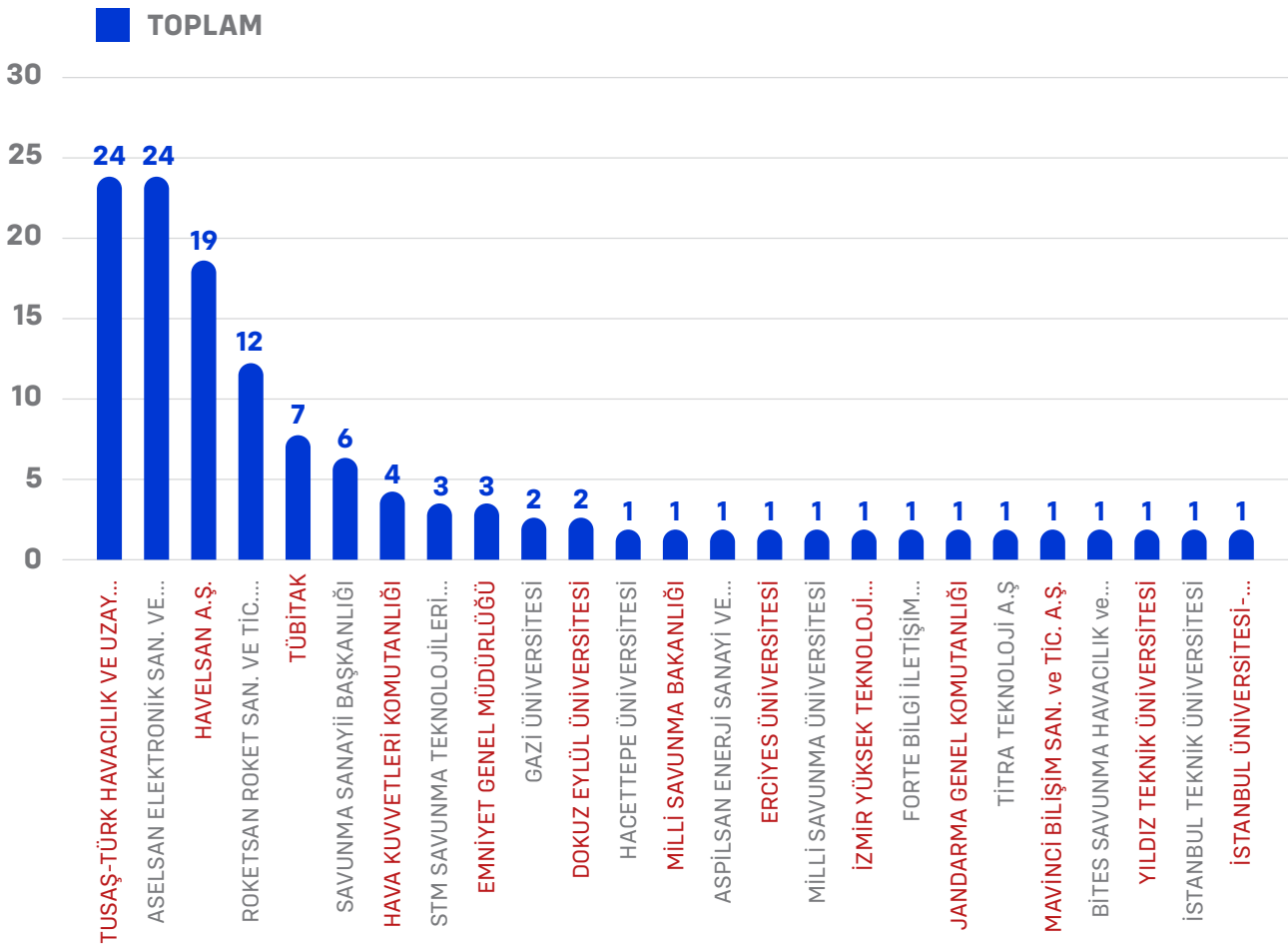
Analiz sonucunda, senaryolarda önerilen çözümlerin tekil teknolojilere dayalı değil, çok katmanlı ve entegre teknoloji mimarilerine dayalı olduğunu görülmüştür. Özellikle yapay zekâ merkezli karar sistemleri, Kuantum destekli güvenli iletişim, Sensör ağları ile sürekli veri akışı, İleri malzemeler ve enerji sistemleri ile fiziksel üstünlük birlikte ele alındığında, geleceğin harekât ortamının, veri odaklı, dağıtık, otonom ve adaptif bir yapıya evrileceği değerlendirilmektedir.

Bu bulgu, savunma ekosisteminin platform odaklı yaklaşımdan entegre sistem-of-systems mimarisine geçişinin kritik olduğunu ortaya koymaktadır.

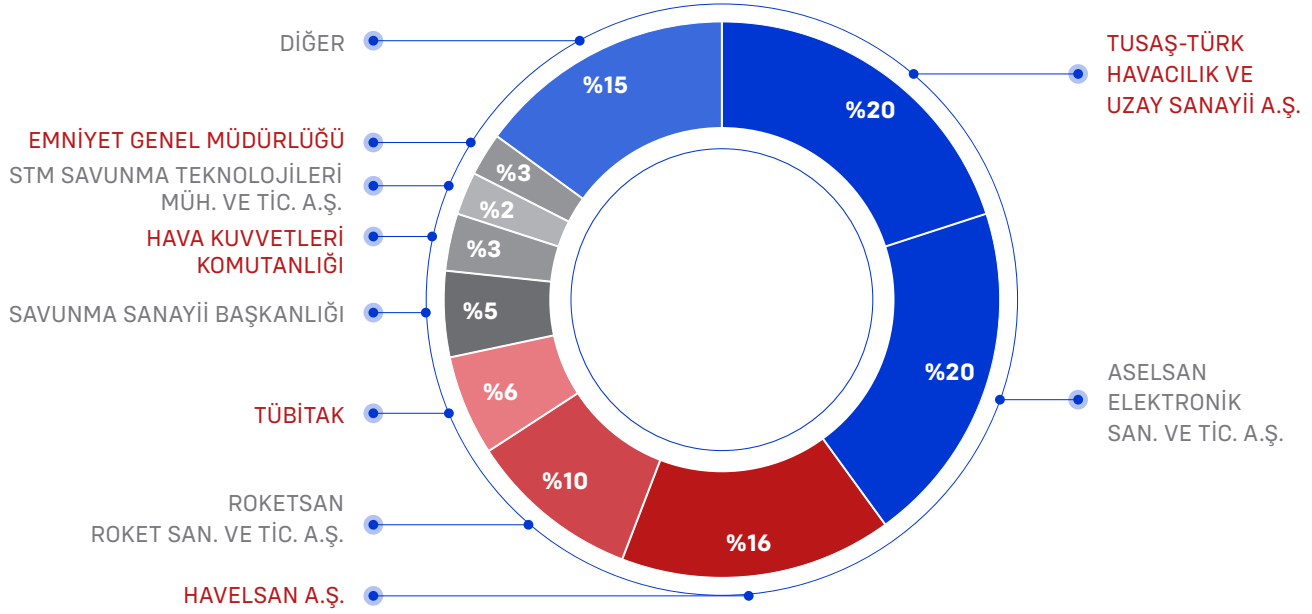
8. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

GHOST Senaryo Yarışması, geniş bir katılımcı kitlesinin katkısıyla gerçekleştirilmiş olup toplam 118 başvuru ile savunma ve güvenlik alanında geleceğe yönelik önemli bir fikir havuzu oluşturmuştur.

TOPLAM BAŞVURU ADETLERİ



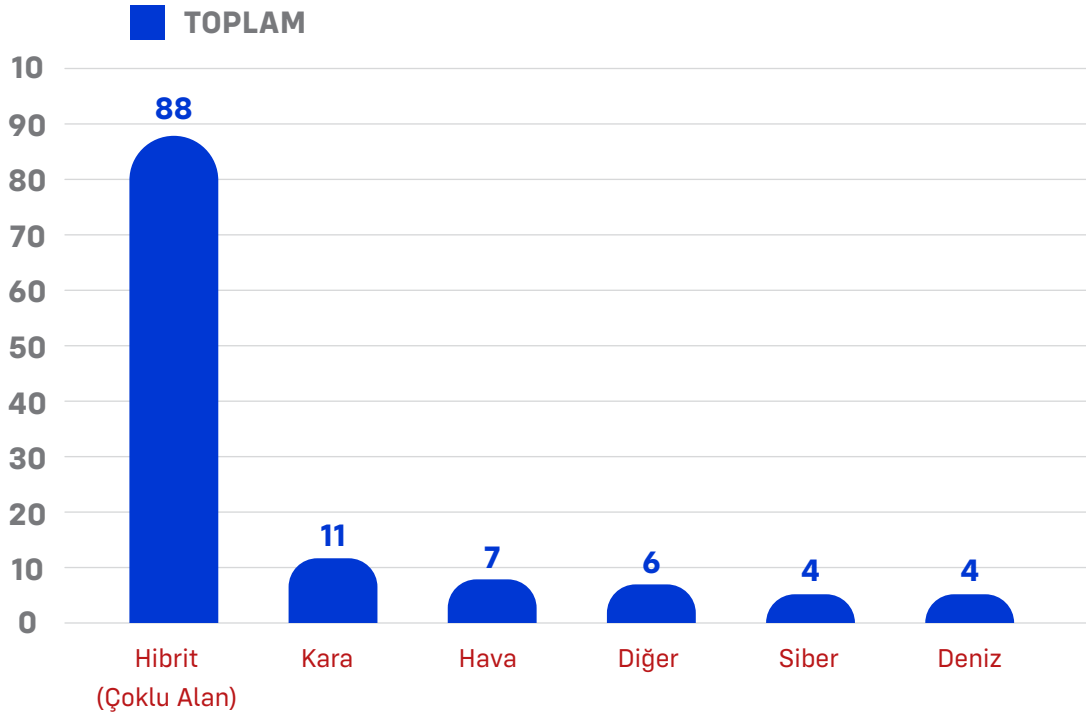
Grafik 5: Yarışmaya Katılım Sağlayan Kurumların Grafiği



Grafik 6: Yarışmaya Katılım Sağlama Bilgisi Grafiği

GHOST-2 yarışması kapsamında gelen 118 adet başvuruyu askeri ortam tipini göre sınıflandırdığımızda yüzde 73'ünün hibrit askeri operasyona yönelik olduğu görülmüştür.

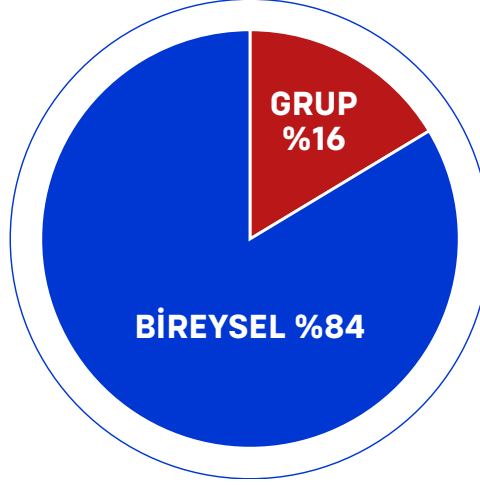
ASKERİ ORTAM TİPLERİ



Başvuru türüne baktığımızda gelen başvuruların yüzde 84 ünün bireysel yüzde 16'sının ise grup olduğu görülmüştür.

Grafik 7: Başvurularda Geçen Askeri Ortam Tipleri

BAŞVURU TÜRLERİ



Grafik 8: Yarışmaya Başvuru Tipleri

Yarışma kapsamında elde edilen senaryolar, takip eden aşamada gerçekleştirilen teknoloji odaklı çalıştay ile derinlemesine analiz edilmiştir. Gerçekleştirilen çalıştay kapsamında geliştirilen Dijital Atölye Sistemi aracılığıyla, senaryolar yalnızca kavramsal düzeyde değerlendirilmemiştir; aynı zamanda teknoloji, operasyon ve kurumsal etkiler açısından çok boyutlu olarak incelenmiştir.

Raporun 7.3. Çalıştay Sonuçları bölümünde gerçekleştirilen analizler, senaryolarda önerilen çözüm yaklaşımlarının ortak teknoloji eğilimleri, zaman ufukları, etki alanları ve birlikte kullanım ilişkileri bakımından belirli desenler sergilediğini ortaya koymuştur. Bu bölümde yer verilen değerlendirmeler, söz konusu analitik bulguların bütüncül olarak ele alınmasıyla elde edilen üst düzey çıkarımları, teknoloji ekosistemine ilişkin temel yönelimleri ve savunma ekosistemine yönelik stratejik sonuçları ortaya koymaktadır.

8.1. TEKNOLOJİK YAKLAŞIMA İLİŞKİN TEMEL BULGULAR

Senaryo başvuruları ile çalıştay çıktıları birlikte değerlendirildiğinde, teknoloji odaklarının belirli alanlarda yoğunlaştığı ve bu yoğunlaşmanın çalıştay sürecinde daha da netleştiği görülmüştür.

I. Senaryo Başvurularında Öne Çıkan Teknolojiler

Senaryo metinleri incelendiğinde aşağıdaki teknoloji alanlarının öne çıktığı tespit edilmiştir:

- Yapay zekâ ve otonom karar sistemleri
- Kuantum iletişim ve hesaplama
- Sensör ve algılama sistemleri
- Uzay tabanlı sistemler
- İleri malzemeler ve metamateryaller
- Biyoteknoloji ve insan artırımı
- Enerji ve yönlendirilmiş enerji sistemleri

Bu yapı, senaryo sahiplerinin geleceğin harekât ortamını çok disiplinli ve yüksek teknoloji yoğunluklu bir perspektiften ele aldığını göstermektedir.

Çalıştay sürecinde gerçekleştirilen analizler (teknoloji kümelenmesi, zaman ufku analizi, birlikte kullanım analizi ve Ar-Ge önceliklendirmesi) sonucunda, aşağıdaki teknoloji alanlarının yüksek yoğunlukla tekrar ettiği görülmüştür:

II. Çalıştay Çıktılarında Netleşen Teknoloji Alanları

- Yapay Zekâ ve Bilişsel Sistemler (en yüksek yoğunluk)
- Kuantum Teknolojileri
- Sensör ve Algılama Sistemleri
- İleri Malzemeler ve Metamateryaller
- Otonom ve Sürü Sistemleri
- Enerji Sistemleri
- Siber ve Veri Altyapıları

Senaryolarda daha geniş ve dağınık teknoloji kümesi varken, çalıştay çıktılarında bu teknolojilerin belirli çekirdek alanlarda yoğunlaştığı ve sistematik hale geldiği görülmüştür.

Analiz edilen çalıştay çıktılarında, çözüm yaklaşımlarının büyük çoğunluğunun tekil bir teknolojiye dayanmadığı, aksine çoklu teknoloji alanlarının entegre kullanımıyla kurgulandığı görülmüştür. Özellikle yapay zekâ, sensör ağları ve iletişim teknolojilerinin birlikte kullanımı yaygın bir desen olarak öne çıkmaktadır. Bu bulgu, geleceğin sistem mimarilerinin modüler, çok katmanlı, birlikte çalışabilir bir yapıda olacağını; platform bazlı yaklaşımlardan ziyade entegre “sistemler sistemi” (system-of-systems) mimarilerine geçişin kaçınılmaz olduğunu göstermektedir.

Bu kapsamda, yapay zekâ merkezli karar sistemleri, kuantum destekli güvenli iletişim altyapıları, sensör ağları ile sürekli veri üretimi ve ileri malzemeler ile enerji sistemleri üzerinden sağlanan fiziksel etki kapasitesi, bütüncül bir teknoloji mimarisinin temel bileşenleri olarak öne çıkmaktadır.

8.2. TEKNOLOJİ ZAMAN UFKU VE YATIRIM PERSPEKTİFİ

Gerçekleştirilen teknoloji zaman ufku analizi, senaryolarda önerilen teknolojilerin farklı olgunluk seviyelerine yayıldığını göstermektedir.

- Yapay zekâ ve siber yeteneklerin kısa ve orta vadede uygulanabilir çözümler sunduğu,
- Kuantum teknolojileri, nanoteknoloji ve yönlendirilmiş enerji sistemlerinin ise daha çok uzun vadeli stratejik yatırım alanları olarak konumlandığı tespit edilmiştir.

Bu dağılım, savunma ekosisteminin eş zamanlı olarak iki farklı zaman ekseninde ilerlemesi gerektiğini ortaya koymaktadır:

- Kısa vadede: operasyonel avantaj sağlayacak olgun teknolojilerin hızlı şekilde devreye alınması

- Orta vadede: kapasite artırıcı teknolojilerin geliştirilmesi
- Uzun vadede: dönüştürücü (disruptive) teknolojilere yönelik Ar-Ge faaliyetlerinin kesintisiz sürdürülmesi

Ayrıca analizler, bazı teknoloji alanlarının yalnızca tek bir zaman diliminde değil, farklı olgunluk seviyeleriyle birden fazla vade aralığında yer alabildiğini göstermektedir. Bu durum, teknoloji geliştirme süreçlerinin doğrusal değil; süreklilik arz eden ve birbirini besleyen bir yapı sergilediğine işaret etmektedir.

Teknoloji zaman ufku analizi, senaryolarda önerilen teknolojilerin farklı olgunluk seviyelerine dağıldığını göstermektedir.

I. Kısa Vadede Öne Çıkan Alanlar

- Yapay zekâ uygulamaları
- Veri işleme ve siber yetenekler
- Sensör teknolojileri

II. Orta Vadede Yoğunlaşan Alanlar

- Otonom sistemler
- Gelişmiş iletişim altyapıları
- Veri füzyon sistemleri

III. Uzun Vadede Yoğunlaşan Alanlar

- Kuantum teknolojileri
- Nanoteknoloji
- Yönlendirilmiş enerji sistemleri
- Biyoteknoloji

Bu çerçevede, teknoloji yatırımlarının kısa vadeli ihtiyaçların ötesinde, orta ve uzun vadeli stratejik hedeflerle uyumlu dengeli bir portföy yaklaşımıyla ele alınması kritik önem taşımaktadır.

8.3. TEKNOLOJİLER ARASI ETKİLEŞİM YAPISI

Birlikte kullanım analizleri, senaryolarda teknolojilerin tekil çözümler olarak değil; birbirini tamamlayan bileşenler olarak kurgulandığını ortaya koymaktadır. Özellikle aşağıdaki teknoloji kombinasyonlarının öne çıktığı görülmüştür:

Tablo 15: Teknoloji Kombinasyonları Tablosu

Teknoloji Kombinasyonu
Teknoloji Kombinasyonu
Yapay Zekâ + Kuantum
Yapay Zekâ + Sensör
Kuantum + Sensör
Kuantum + İleri Malzeme
Yapay Zekâ + Enerji

Bu yapı içerisinde:

- Yapay zekâ, farklı teknoloji alanları ile yüksek düzeyde birlikte kullanım göstererek sistemin merkezinde konumlanmakta,
- Sensör sistemleri, veri üretimi ve durumsal farkındalık katmanını oluşturmakta,
- Kuantum teknolojileri, güvenli iletişim ve ileri hesaplama kapasitesi sağlamaktadır.

Bu bütüncül yapı, geleceğin harekât ortamındaki karar üstünlüğünün veri işlemek kapasitesi, bilişsel üstünlük ve iletişim güvenliği üzerinden şekilleneceğini göstermektedir.

8.4. ETKİ ANALİZİ VE ÇOK BOYUTLU DÖNÜŞÜM İHTİYACI

Çalıştay kapsamında gerçekleştirilen etki analizleri, senaryolarda tanımlanan kazanımların yalnızca operasyonel boyutla sınırlı olmadığını; aynı zamanda teknolojik ve kurumsal dönüşüm ihtiyacını da güçlü biçimde ortaya koyduğunu göstermektedir.

- Operasyonel etkiler, kısa vadeli ve somut kazanımlara işaret etmekte,
- Teknolojik etkiler, kapasite geliştirme ve yetenek derinliği oluşturma boyutunu temsil etmekte,
- Kurumsal etkiler ise sürdürülebilirlik, yönetim ve sistem entegrasyonu gereksinimlerini ortaya koymaktadır.

Etki analizi sonuçları, senaryolarda öngörülen etkilerin üç temel boyutta yoğunlaştığını göstermektedir:

Operasyonel

- Durumsal farkındalık
- Erken tehdit tespiti
- Karar güvenliği

Teknolojik

- Veri işleme kapasitesi
- Yeni nesil hesaplama altyapıları
- Teknoloji çarpan etkisi

Kurumsal

- Organizasyonel dönüşüm
- Yeni uzmanlık alanları
- Hukuki ve etik düzenlemeler

Teknoloji gelişimi yalnızca teknik bir dönüşüm değil; aynı zamanda organizasyonel, doktrinel ve etik bir dönüşümü zorunlu kılmaktadır.

Analiz sonuçları, operasyonel etkilerin daha görünür olmakla birlikte, kurumsal etkilerin daha sınırlı ifade edilmesine rağmen stratejik açıdan belirleyici nitelik taşıdığını göstermektedir.

Bu durum, teknoloji geliştirme süreçlerinin yalnızca teknik boyutuyla değil; organizasyonel yapı, yönetim mekanizmaları ve mevzuat altyapısı ile birlikte ele alınması gerektiğine işaret etmektedir.

8.5. ORGANİZASYONEL VE DOKTRİNEL DÖNÜŞÜM GEREKSİNİMİ

Teknolojik gelişim, beraberinde organizasyonel ve doktrinel bir dönüşümü de zorunlu kılmaktadır. Çalıştay çıktılarında bu kapsamda aşağıdaki başlıklar öne çıkmıştır:

- **Organizasyonel çeviklik ve yeni rol tanımları:**

Karar mekanizmalarındaki insan yükünün kademeli olarak yapay zekâ destekli sistemlere devredilmesi; geleneksel veri analisti rollerinin yerini bilişsel harp uzmanları ve ileri spektrum operatörleri gibi yeni nesil uzmanlık alanlarının alması gerekmektedir.

- **Savaş etiği ve regülasyon ihtiyacı:**

Nörolojik müdahaleler, sentetik organizmalar (KBRN) ve duygu temelli siber saldırılar gibi alanlar mevcut hukuki çerçevelerin ötesinde yeni düzenlemeler gerektirmektedir. Bu kapsamda ulusal düzeyde etik değerlendirme mekanizmalarının oluşturulması ve uluslararası standartların geliştirilmesine katkı sağlanması önem arz etmektedir.

- **İnsan kaynağı ve eğitim ekosistemi:**

Erken yaşlardan itibaren özel yetenekli bireylerin tespit edilerek yönlendirileceği, disiplinler arası yetkinlikler kazandıran ve teknoloji odaklı bir insan kaynağı havuzu oluşturmayı hedefleyen eğitim modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

8.6. ÖNCELİKLİ AR-GE ALANLARINA İLİŞKİN BULGULAR

Öncelikli Ar-Ge alanlarına ilişkin analizlerde veriler, doğrudan senaryo sahipleri tarafından yapılan önceliklendirmelere dayandığı için anlamlı bir gösterge sunmaktadır. Bu analiz sonucunda aşağıdaki alanların öne çıktığı görülmüştür:

- Yapay zekâ
- Kuantum iletişim ve ağlar
- Sensör teknolojileri
- Otonom sistemler
- Enerji ve malzeme teknolojileri

Bu bulgu, teknoloji önceliklendirmesinin yalnızca analitik çıkarım değil, aynı zamanda katılımcı yönelimleriyle de örtüştüğünü göstermektedir.

8.7. GENEL DEĞERLENDİRME

Elde edilen tüm bulgular birlikte değerlendirildiğinde, senaryolarda kurgulanan çözümlerin: tekil teknoloji uygulamalarına değil; çok katmanlı, entegre ve birlikte çalışabilir sistem mimarilerine dayandığı görülmektedir.

Bu kapsamda geleceğin harekât ortamının aşağıdaki gibi belirtilen yapılara evrileceği değerlendirilmektedir:

- Veri odaklı,
- Dağıtık,
- Otonom,
- Adaptif

Sonuç olarak, bu çalışma savunma ekosisteminin geleneksel platform odaklı yaklaşımlardan uzaklaşarak; entegrasyon, birlikte çalışabilirlik ve bilişsel üstünlük temelinde şekillenen sistem-of-systems mimarilerine yönelmesinin kritik önem taşıdığını ortaya koymaktadır.

Bu dönüşümün başarısı ise yalnızca teknoloji geliştirme faaliyetlerine değil; eş zamanlı olarak yürütülecek organizasyonel dönüşüm, insan kaynağı geliştirme ve yönetim mekanizmalarının güçlendirilmesine bağlıdır.

9. GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu rapor kapsamında gerçekleştirilen senaryo analizleri, teknoloji çalıştay çıktıları ve çok boyutlu veri temelli değerlendirmeler; savunma ekosisteminin gelecekte odaklanması gereken teknoloji alanlarının tekil yeteneklerden ziyade, birbirini besleyen entegre teknoloji kümeleri etrafında şekillendiğini ortaya koymuştur.

Özellikle çalıştay çıktılarında öne çıkan:

- yapay zekâ ve bilişsel sistemler
- kuantum teknolojileri
- sensör ve algılama ağları
- otonom/sürü sistemleri
- ileri malzemeler
- enerji sistemleri
- uzay tabanlı haberleşme ve veri işleme
- biyoteknoloji ve KBRN koruma teknolojileri

alanlarının, geleceğin harekât ortamını şekillendirecek çekirdek teknoloji eksenleri olduğu değerlendirilmiştir.

Bu kapsamda, raporda ortaya konulan bulguların teknoloji yol haritasına dönüştürülmesi amacıyla aşağıdaki Odak Teknoloji Ağı (OTAĞ) çalışmalarının başlatılması önerilmiştir.

9.1. YAPAY ZEKÂ VE BİLİŞSEL SİSTEMLER OTAĞ

Senaryo ve çalıştay çıktılarında en yüksek yoğunlukta öne çıkan teknoloji alanı yapay zekâ olmuştur. Özellikle karar destek, veri füzyonu, otonom kontrol ve bilişsel üstünlük odaklı çözümler, geleceğin harekât ortamında merkezî rol üstlenmektedir.

Bu kapsamda aşağıdaki alt başlıklarda OTAĞ çalışmaları önerilmektedir:

- I. Çok ajanlı karar sistemleri
- II. Dağıtık ve görev odaklı yapay zekâ
- III. Açıklanabilir ve güvenilir yapay zekâ
- IV. Bilişsel harp algoritmaları

- V. İnsan-makine müşterek karar mimarileri
- VI. Dijital ikiz destekli görev planlama ve simülasyon
- VII. Nöromorfik işlem mimarileri
- VIII. Veri merkezli savunma yapay zekâsı

9.2. KUANTUM TEKNOLOJİLERİ VE GÜVENLİ HABERLEŞME OTAĞ

Birlikte kullanım analizi ve zaman ufku bulguları, kuantum teknolojilerinin özellikle orta ve uzun vadede oyun değiştirici (disruptive) etki oluşturacağını göstermektedir.

Önerilen alt başlıklar:

- I. Kuantum anahtar dağıtımı (QKD)
- II. Kuantum haberleşme ağları
- III. Kuantum radar ve lidar
- IV. Kuantum algılayıcılar
- V. Atom tabanlı navigasyon
- VI. Kuantum destekli veri işleme
- VII. Süperiletken kuantum işlemciler
- VIII. Kuantum güvenlik protokolleri
- IX. Siber dayanıklı veri altyapıları ve güvenli görev ağları

9.3. SENSÖR, ALGILAMA VE VERİ ÜSTÜNLÜĞÜ OTAĞ

Çalıştay bulguları, sensör sistemlerinin hemen her senaryoda veri üretim katmanının temel bileşeni olarak yer aldığını göstermektedir.

Bu kapsamda:

- I. Hiperspektral algılama
- II. Akıllı toz ve dağıtık sensör ağları
- III. Kuantum sensörler
- IV. Nano-optik tespit sistemleri
- V. Çok kaynaklı veri füzyonu
- VI. Edge computing / onboard processing
- VII. Optik spektrum istihbaratı
- VIII. Gerçek zamanlı tehdit algılama altyapıları

başlıklarında OTAĞ açılması önerilmektedir.

9.4. OTONOM, SÜRÜ VE ROBOTİK SİSTEMLER OTAĞ

Senaryolarda sürü sistemleri, mikro uydu muhafızları, robot arılar ve yarı otonom karar mimarileri dikkat çekici bir teknoloji kümesi olarak öne çıkmıştır.

Önerilen alt alanlar:

- I. Sürü zekâsı
- II. İnsanlı-insansız ekip görev mimarileri
- III. Mikro robotik sistemler
- IV. Otonom savunma ajanları
- V. Otonom KBRN müdahale sistemleri
- VI. Hava-kara-deniz çoklu sürü mimarileri
- VII. Robotik görev dayanıklılığı
- VIII. Sahada görev devamlılığı algoritmaları

9.5. İLERİ MALZEMELER, ENERJİ VE FOTONİK SİSTEMLER OTAĞ

Birlikte kullanım analizinde ileri malzemeler ve enerji sistemleri, fiziksel etki kapasitesinin ana bileşenleri olarak öne çıkmıştır.

Bu kapsamda önerilen OTAĞ başlıkları:

- I. Metamalzemeler
- II. Adaptif ve kendini iyileştiren akıllı malzemeler
- III. Nano-fotonik yüzeyler
- IV. Yönlendirilmiş enerji sistemleri
- V. Yüksek yoğunluklu taşınabilir enerji çözümleri
- VI. Kablosuz enerji aktarımı
- VII. Lazer güç-veri ağları
- VIII. Hipersonik ve uzay platformlarına uygun malzemeler

9.6. UZAY VE YÜKSEK İRTİFA SİSTEMLERİ OTAĞ

Çalıştay çıktılarında stratosferik platformlar, uydu veri merkezleri, LEO/GEO ağları ve uzay tabanlı karar sistemleri öne çıkan başlıklardan biri olmuştur.

Önerilen alt başlıklar:

- I. Stratosferik platformlar
- II. LEO mesh haberleşme ağları
- III. Yörüngede gerçek zamanlı veri işleme ve görev kenarı bilişim mimarileri
- IV. Uydu savunma ekosistemleri
- V. Mikro uydu muhafız sistemleri
- VI. Uzay tabanlı erken uyarı
- VII. Uzay enerji mimarileri
- VIII. Uydu siber dayanıklılığı

10. TEŞEKKÜR

Başkanlığımızın stratejik vizyonu doğrultusunda başlatılan GHOST çalışmaları, savunma teknolojilerinde yalnızca mevcut eğilimleri izleyen değil, geleceğin harekât ortamını önceden öngören ve bu doğrultuda ekosistemi yönlendiren bir yaklaşımın somut yansıması haline gelmiştir.

Geçtiğimiz yıl ilk kez hayata geçirilen GHOST çalışmasının, savunma sanayii ekosisteminde oluşturduğu yüksek etki ve geniş yankı; bu yıl yürütülen senaryo yarışması, teknoloji çalıştay ve veri temelli analiz süreçleriyle daha da güçlenmiştir. Nitekim önceki dönem GHOST çıktılarından beslenerek başlatılan Yapay Zekâ Teknolojileri OTAĞ ve Kuantum Teknolojileri OTAĞ çalışmaları, bu yaklaşımın yalnızca öngörü üretmekle sınırlı kalmadığını, somut teknoloji yol haritalarına ve kurumsal Ar-Ge yönelimlerine dönüştüğünü göstermiştir.

Bu yönüyle GHOST, Başkanlığımızın stratejik hedefleri arasında yer alan; savunma ekosisteminin geleceğe hazırlık kapasitesini artırma, kritik teknolojilerde yön belirleme ve teknolojik öngörü kabiliyetini kurumsallaştırma hedeflerine doğrudan katkı sağlamaktadır. Çalışmanın bugün ulaştığı seviye, ülkemizin teknolojiyi takip eden değil, teknolojik dönüşümü önceden öngörerek şekillendiren ülkeler arasında konumlanma iradesinin güçlü bir göstergesidir.

Bu kapsamda, GHOST'un yalnızca bir fikir olarak kalmayıp kurumsal bir yetkinliğe dönüşmesinde emeği bulunan tüm paydaşlarımıza teşekkür ederiz.

Sürecin başından sonuna kadar GHOST vizyonunu sahiplenerek maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, savunma sanayii ekosistemimizin öncü kuruluşları olan TUSAŞ, ASELSAN, ROKETSAN, HAVELSAN ve STM özel bir teşekkürü hak etmektedir.

Bununla birlikte;

- GHOST etkinliğine katılımları ve katkıları ile sürece güç veren Türk Silahlı Kuvvetlerimize, Millî Savunma Bakanlığımıza, üniversitelerimize ve araştırma kuruluşlarımıza,
- Geleceğin harekât ortamını hayal ederek senaryo yarışmasına katılan, özgün fikirleriyle teknoloji öngörüsü çalışmalarına değerli katkılar sunan tüm yarışmacılarımıza,
- Gönderilen senaryoları titizlikle değerlendirerek sürecin bilimsel niteliğini güçlendiren kıymetli hakem üyelerimize,
- Teknoloji çalıştayında bilgi birikimleri, alan uzmanlıkları ve stratejik öngörülerıyla analiz süreçlerine katkı sağlayan çalıştay katılımcılarımıza,
- Senaryoların kurgu derinliğinin geliştirilmesi, hikâyeleştirilmesi ve görsel anlatı gücünün artırılmasına katkı sunan değerli eğitmen, yazar ve yaratıcı ekip üyelerimize,
- Sürecin planlanması, koordinasyonu, veri analizi, raporlama ve kurumsal çıktıların oluşturulmasında görev alan Başkanlığımız çalışma ekiplerine

teşekkürlerimizi sunarız.

GHOST'un ortaya koyduğu çıktılar, savunma sanayii ekosistemimizin yalnızca bugünün ihtiyaçlarına değil, geleceğin belirsizliklerine karşı da birlikte düşünme, birlikte üretme ve birlikte yön verme kapasitesinin en güçlü göstergelerinden biridir.



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
CUMHURBAŞKANLIĞI
SAVUNMA SANAYİİ
BAŞKANLIĞI

GELECEĞİN HAREKÂT ORTAMINI ŞEKİLLENDİRECEK TEKNOLOJİLER

GH^{OST}

HAYAL ET

»» HAYAL ET, GELECEĞİ İNŞA ET ««



aselsan



ROKETSAN



HAVELSAN



STM