

DIRECTED ENERGY WEAPONS AGAINST SHORT-RANGE UNMANNED AERIAL VEHICLES: THE CHANGING PARADIGM OF WARFARE DYNAMICS AND INTERNATIONAL SECURITY



Elgun Taghizade¹ 

UDC: 327.5:355.02:623.4.01

LBC: 66.4(0):68.8

HoS: 151

doi: 10.33864/2790-0037.2026.v7.i1.314-363

Keywords:

Asymmetric warfare,
Short-range unmanned
aerial vehicles,
Energy-based defense
technologies,
Laser weapons,
Offense-defense balance,
Cost-effectiveness paradox,
Security dilemma,
Hybrid and multi-layered
defense architecture

Subject area:

Multidisciplinary
Researchs

Research field:

Strategic Studies

ABSTRACT

This study analyzes, in the context of international relations and security dynamics, the asymmetric threats posed by short-range unmanned aerial vehicles in 21st-century military operations and the use of directed-energy-based weapons-especially laser technologies-as one of the effective countermeasures. The article shows that the operational and financial resilience of traditional kinetic air defense systems is weakened in the face of mass "saturation" attacks and the economic paradox of "cheap targets-expensive responses." Drawing on Robert Jervis's offense-defense balance approach and Martin Shaw's concept of risk transfer, the study examines how laser weapons affect the global balance of power, how they reshape the security dilemma, and what gaps and ambiguities arise in international legal regulation. Based on a comparison of empirical cases such as the Russia-Ukraine war and the Red Sea crisis, the study concludes that a more realistic approach for future defense strategies is a hybrid, multi-layered defense architecture in which laser and missile systems, together with other means, complement one another. However, the operational effectiveness of lasers may be conditioned by factors such as atmospheric conditions, direct line-of-sight to the target, and constraints related to power supply and logistics. The findings indicate that the accelerated spread of laser technologies is shaping interstate arms competition not only in terms of numerical growth, but also in terms of quality, integration, and operational adaptability.

¹ Doctoral Researcher, Baku State University, Baku, Azerbaijan

E-mail: elguntaghizadeh@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0514-7808>

To cite this article: Taghizade, E. [2026]. Directed Energy Weapons Against Short-Range Unmanned Aerial Vehicles: the Changing Paradigm of Warfare Dynamics and International Security. *History of Science journal*, 7(1), pp.314-363.

<https://doi.org/10.33864/2790-0037.2026.v7.i1.314-363>

Article history:

Received: 29.11.2025

Revised: 29.12.2025

Accepted: 01.03.2026

Published: 15.03.2026



Copyright: © 2026 by AcademyGate Publishing. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the CC BY-NC 4.0. For details on this license, please visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

QISA MƏNZİLLİ PİLOTSUZ UÇUŞ APARATLARINA QARŞI YÖNLƏNDİRİLMİŞ ENERJİ SİLAHLARI: MÜHARİBƏ DİNAMİKASININ VƏ BEYNƏLXALQ TƏHLÜKƏSİZLİYİN DƏYİŞƏN PARADİQMASI



Elgün Tağızadə¹ 

UOT: 327.5:355.02:623.4.01

KBT: 66.4(0):68.8

HoS: 151

doi: 10.33864/2790-0037.2026.v7.i1.314-363

Açar sözlər:

Asimmetrik müharibə,
Qısa mənzilli pilotsuz uçuş
aparatları,
Enerji əsaslı müdafiə
texnologiyaları,
Lazer silahları,
Hücum və müdafiə balansı,
Xərc-effektivlik
paradoksu,
Təhlükəsizlik dilemması,
Hibrid və çoxqatlı müdafiə
arxitekturası

Sahə:

Multidisiplinar
Tədqiqatlar

Tədqiqat sahəsi:

Strateji Araşdırmalar

ANNOTASIYA

Bu tədqiqat işi 21-ci əsr hərbi əməliyyatlar sferasında qısa mənzilli pilotsuz uçuş aparatlarının yaratdığı asimmetrik təhdidləri və onlara qarşı səmərəli əks-tədbirlərdən biri kimi yönləndirilmiş enerji əsaslı silahlardan, xüsusilə lazer texnologiyalarının tətbiqini beynəlxalq münasibətlər və təhlükəsizlik dinamikası kontekstində təhlil edir. Məqalədə ənənəvi kinetik hava hücumundan müdafiə sistemlərinin kütləvi hücumlarla “doydurma” taktikası və “ucuz hədəf - bahalı cavab” tipli iqtisadi paradoks qarşısında əməli və maliyyə baxımından dayanıqlılığının zəiflədiyi göstərilir. Tədqiqat Robert Jervis-in hücum-müdafiə balansı yanaşmasına və Martin Şounun risklərin transferi konsepsiyasına istinad etməklə lazer silahlarının qlobal güc balansına təsirini, təhlükəsizlik dilemmasını necə dəyişdirdiyini, eləcə də beynəlxalq hüquqi tənzimləmədə yaranan boşluqları və qeyri-müəyyənlikləri araşdırır. Rusiya-Ukrayna müharibəsi və Qırmızı dəniz böhranı kimi empirik nümunələrin müqayisəsi əsasında belə nəticəyə gəlinir ki, gələcək müdafiə strategiyaları üçün daha real yanaşma lazer və raket sistemlərinin, eləcə də digər vasitələrin bir-birini tamamladığı hibrid və çoxqatlı müdafiə arxitekturasıdır. Bununla belə, lazerlərin əməli effektivliyi atmosfer şəraiti, hədəflə birbaşa görmə xətti və enerji təminatı ilə logistika məhdudiyyətləri kimi amillərlə şərtlənə bilər. Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, lazer texnologiyalarının yayılmasının sürətlənməsi dövlətlərarası silahlanma yarışını təkcə say artımı müstəvisindən deyil, həm də keyfiyyət, inteqrasiya və əməli uyğunlaşma qabiliyyəti müstəvisindən formalaşdırır.

¹ Doktorant, Bakı Dövlət Universiteti; Bakı, Azərbaycan

E-mail: elguntaghizadeh@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0514-7808>

Məqaləyə istinad: Tağızadə, E. [2026]. Qısa Mənzilli Pilotsuz Uçuş Aparatlarına Qarşı Yönləndirilmiş Enerji Silahları: Müharibə Dinamikasının və Beynəlxalq Təhlükəsizliyin Dəyişən Paradıqması. *History of Science jurnalı*, 7(1), səh.314-363.

<https://doi.org/10.33864/2790-0037.2026.v7.i1.314-363>

Məqalənin tarixçəsi:

Daxil olub: 29.11.2025

Yenidən baxılıb: 29.12.2025

Təsdiqlənib: 01.03.2026

Dərc olunub: 15.03.2026



ОРУЖИЕ НАПРАВЛЕННОЙ ЭНЕРГИИ ПРОТИВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ МАЛОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ: МЕНЯЮЩАЯСЯ ПАРАДИГМА ДИНАМИКИ ВОЙНЫ И МЕЖДУНАРОДНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ



Эльгун Тагизаде¹ 

УДК: 327.5:355.02:623.4.01

ББК: 66.4(0):68.8

HoS: 151

doi: 10.33864/2790-0037.2026.v7.i1.314-363

Ключевые слова:

Асимметричная война,
Короткодистанционные
беспилотные летательные
аппараты,
Энергетические оборонные
технологии,
Лазерное оружие,
Баланс наступления и обороны,
Парадокс “стоимость-
эффективность”,
Дилемма безопасности,
Гибридная многоуровневая
оборонительная архитектура

Область исследования:

Многодисциплинарные
исследования

Научная область:

Стратегические
исследования

АННОТАЦИЯ

В данном исследовании в контексте международных отношений и динамики безопасности анализируются асимметричные угрозы, создаваемые короткодистанционными беспилотными летательными аппаратами в военных операциях XXI века, а также применение энергетического оружия направленного действия, в особенности лазерных технологий, как одной из эффективных мер противодействия. В статье показано, что оперативная и финансовая устойчивость традиционных кинетических систем противовоздушной обороны ослабевает в условиях массированных “насыщающих” атак и экономического парадокса типа “дешёвые цели - дорогой ответ”. Опираясь на подход Роберта Джервиса к балансу наступления и обороны и на концепцию Мартина Шоу о переносе рисков, исследование рассматривает влияние лазерного оружия на глобальный баланс сил, то, как оно трансформирует дилемму безопасности, а также выявляет пробелы и неопределённости в международно-правовом регулировании. На основе сопоставления эмпирических примеров, таких как война России и Украины и кризис в Красном море, делается вывод, что более реалистичным подходом для будущих оборонных стратегий является гибридная многоуровневая оборонительная архитектура, в которой лазерные и ракетные системы, а также другие средства взаимно дополняют друг друга. Вместе с тем оперативная эффективность лазеров может зависеть от атмосферных условий, наличия прямой линии визирования цели и ограничений, связанных с энергоснабжением и логистикой. Результаты исследования показывают, что ускорение распространения лазерных технологий формирует межгосударственную гонку вооружений не только в плоскости количественного роста, но и в плоскости качества, интеграции и оперативной адаптивности.

¹ Докторант, Бакинский государственный университет; Баку, Азербайджан

E-mail: elguntaghizadeh@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0514-7808>

Цитировать статью: Тагизаде, Э. [2026]. Оружие направленной энергии против беспилотных летательных аппаратов малого радиуса действия: меняющаяся парадигма динамики войны и международной безопасности. *Журнал History of Science*, 7(1), с.314-363.

<https://doi.org/10.33864/2790-0037.2026.v7.i1.314-363>

История статьи:

Поступила: 29.11.2025

Переработана: 29.12.2025

Принята: 01.03.2026

Опубликована: 15.03.2026



1. Giriş

XXI əsr beynəlxalq mühiti, dövlətlərarası münasibətlər, hərbi əməliyyatların təbiəti, texnoloji innovasiyaların tətbiqi və bu kimi proseslər nəticəsində gün keçdikcə dəyişir, transformasiya olur. Bu istiqamətdə aktorların istifadə etdiyi instrumentlər də dəyişir, inkişaf edir ki, biz burada elmi-texniki tərəqqinin, başqa formada, texnoloji transformasiyanın təzahürlərini görürük. Müasir dövrün texnoloji transformasiyalarına ən bariz təzahürlərindən biri, pilotsuz sistemlərin və xüsusilə qısa mənzilli pilotsuz uçuş aparatları (PUA) və onların döyüş meydanında getdikcə daha çox dominant qüvvəyə çevrilməsidir. Həm NATO-nun, həm də müxtəlif milli orduların (aktorların) təcrübəsi göstərir ki, ilkin olaraq əsasən kəşfiyyat, müşahidə, artilleriya atəşinin korreksiyası və bu kimi vasitələrdə instrument olaraq nəzərdə tutulan bu platformalar, qısa müddətdə ucuz zərbə vasitəsinə, daha sonra isə əməliyyat konsepsiyalarının köklü şəkildə yenidən nəzərdən keçirilməsini zəruri edən kompleks hücum-müdafiə alətinə çevrilmişdir [NATO STO, 2018, s.1; Hacker, 2024]. Bu vasitələr aktual, yeniliklərə açıq, tam sistemləşdirilməmiş, inkişaf və deqredasiya paradoksuna sahib, ənənəvi instrumentlərə qarşı effektiv, mövcud hava hücumundan müdafiə sistemləri üçün gözlənilməz və hələlik asimmetrik təhdid yaradan dağıdıcı bir qüvvədir.

Sözügədən platformaların müasir hərbi əməliyyatlarda geniş tətbiqi onların iqtisadi səmərəliliyi, kommersiya əlçatanlığı (COTS - Commercial Off-The-Shelf) və operativ modifikasiya imkanları (məsələn, “kamikadze” və ya FPV dronlara çevrilməsi) ilə bilavasitə əlaqəlidir. Qısa mənzilli PUA-lar kəşfiyyat, müşahidə və rekoqnosirovka (ISR - Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance) missiyalarını icra etməklə yanaşı, dəqiq zərbə endirmə və ya “sürü” (swarm) taktikası vasitəsilə hava hücumundan müdafiə sistemlərini saturasiya potensialına malikdirlər. Bu proseslər fonunda əldə edilən asimmetrik üstünlük həm dövlət, həm də qeyri-dövlət subyektləri üçün onları strateji əhəmiyyətli vasitəyə çevirmişdir.

Son onilliklərdə baş verən silahlı münaqişələr spektrinin təhlili göstərir ki, qısa mənzilli PUA-lar proseslərin gedişatını köklü şəkildə dəyişdirərək müasir müharibələrin, münaqişələrin strateji komponentinə çevrilməklə yanaşı, artıq bəzi hallarda ənənəvi atəş və manevr vasitələrini üstələyən, döyüşün nəticəsini təkbəşinə təyin edə bilən həlledici və əvəzolunmaz qüvvəyə çevrilmişdir. Bard Kolleci nəzdindəki Dronların Tədqiqi Mərkəzinin (Center for the Study of the Drone) analitiki Den Gettinger tərəfindən hazırlanan “The Drone Databook (2019)” (Dronlar üzrə Məlumat Toplusu) nəşrinə və onun 2020-ci il tarixli yenilənmiş hesabatına əsasən, qlobal miqyasda aktiv PUA proqramları yürüdülmür. Belə ki, 2019-cu ildə (sentyabr) Gettingerin tədqiq etdiyi 101 ölkədən 95-i [Gettinger, 2019, s.19], 2020-ci il versiyasında (mart) isə 102-si [Gettinger, 2020, s.1] aktiv hərbi PUA proqramına malikdir. Burada qeyd etmək lazımdır ki, tədqiq olunan ölkələrin aktiv PUA proqramlarının bölgüsü də diqqətəlayiqdir: I Sinif - Yüngül (Class I - Light; çəkisi 150 kq-dan az) - aktiv proqram sayı 90; II Sinif - Orta (Class II - Medium; çəkisi 150-600 kq arası) - aktiv proqram sayı 45; III Sinif - Ağır (Class III - Heavy; çəkisi 600 kq-dan çox) - aktiv proqram sayı 35 [Gettinger, 2020, s.1; Gettinger, 2019, s.16]. Aydın olduğu kimi, ümumilikdə qısa mənzilli aktiv PUA proqramlarının çoxluğu görünür və bu fakt bizə aktualılıqla yanaşı stretejiliyi, effektivliyi və bu kimi oxşar dəyərləri göstərir. Bu statistikalar, sözügedən texnologiyanın - instrumentin sürətli proliferasiyasını (yayılmasını) əyani şəkildə təsdiqləyir. Burada qeyd etmək lazımdır ki, PUA-ların kütləvi tətbiqi və onlara qarşı istifadə edilən ənənəvi kinetik zərərsizləşdirmə - önləyici vasitələri (məs., zenit raketləri) arasındakı kəskin iqtisadi asimmetriya (negative cost-exchange ratio), müasir müdafiə sənayesini alternativ həll yollarına, xüsusilə də yönləndirilmiş enerji silahlarına (DEW) keçidi sürətləndirməyə məcbur edir.

Stokholm Beynəlxalq Sülh Araşdırmaları İnstitutunun (SIPRI - Stockholm International Peace Research Institute) illik hesabatlarına istinadən qeyd etmək olar ki, hazırda 100-dən çox dövlət müxtəlif təyinatlı hərbi dronlardan istifadə edir. Eyni zamanda, bir sıra silahlı qeyri-dövlət subyektləri də mülki təyinatlı - kommersiya məqsədli PUA-ları kустar üsulla partlayıcılarla təchiz edərək döyüş əməliyyatlarında tətbiq edirlər [Davis, 2022, s.34].

Münaqişələrdə Mülki Əhalinin Müdafiəsi Mərkəzi (CIVIC - Center for Civillians in Conflict) və “Just Security” analitik platformasının ACLED (Armed Conflict Location & Event Data Project - Silahlı Münaqişələrin Lokasiyası və Hadisə Verilənləri Layihəsi) məlumatlarına əsaslanan təhlilləri göstərir ki, qlobal münaqişə zonalarında PUA hücumlarının sayı 2020-2024-cü illər ərzində 4000%-dən çox artaraq (2020-ci ildə ≈ 480 ; xüsusilə 2023-cü ildə ≈ 4525 , 2024-cü ildə $\approx 19704 = 335\%$ -lik artım) rekord həddə çatmışdır [Spink, 2024, s.1; Harper, 2025; Center for Civillians in Conflict, 2025].

Lakin konvensional hava hücumundan müdafiə vasitələri - xüsusilə zenit-raket kompleksləri - ucuz, kiçik ölçülü və kütləvi hücum edən hədəflərə qarşı həm texniki, həm də iqtisadi baxımdan səmərəsiz qalır. Məsələn, Strateji və Beynəlxalq Tədqiqatlar Mərkəzinin (CSIS - Center for Strategic and International Studies) analitiki Ves Rambo tərəfindən hazırlanan hesabatda bu iqtisadi asimmetriya aydın şəkildə göstərilir. Belə ki, Qırmızı dənizdə Husilər tərəfindən buraxılan və təqribi dəyəri cəmi 2.000 ABŞ dolları olan dronların zərərsizləşdirilməsi üçün ABŞ Hərbi Dəniz Qüvvələrinin gəmiləri hər birinin qiyməti təxminən 2 milyon dollar olan SM-2 tutucu raketlərindən (interceptors) istifadə etmək məcburiyyətində qalmışdır [Spink, 2024; Rumbaugh, 2024, s.1-4]. Yaranmış bu “ucuz dron - bahalı raket” disbalansı (paradoksu), PUA təhdidlərinə qarşı daha dayanıqlı və iqtisadi cəhətdən səmərəli alternativ kimi yönləndirilmiş enerji silahlarına, xüsusilə də lazer sistemlərinə olan strateji marağı kəskin şəkildə artırır. Bu zərurətdən irəli gələrək, təqdim olunan məqalənin əsas məqsədi müasir hava hücumundan müdafiə sistemlərində Yüksək Enerjili Lazerlərin (HEL - High Energy Laser) kiçik ölçülü PUA-lara qarşı tətbiq olunma imkanlarını, onların kinetik silahlara nəzərən texnoloji üstünlüklərini və mövcud məhdudiyyətlərini təhlil etməkdir.

2. Tədqiqat Sualları

1. Qısa mənzilli PUA-lara qarşı lazer silahları tətbiq olunanda hücum və müdafiə balansı necə dəyişir?
2. Lazer əsaslı PUA əleyhinə müdafiə sistemlərinin yayılması böyük güclərlə kiçik/orta dövlətlər arasında güc balansına necə təsir edir?
3. Lazer əsaslı müdafiə sistemləri silahlanma yarışını və təhlükəsizlik dilemmasını daha çox dərinləşdirir yoxsa müəyyən hallarda sabitləşdirici rol oynayır?

3. Hipotezlər

H1: Pilotsuz uçuş aparatlarının yaratdığı saturasiya təhdidi və maliyyə asimmetriyası fonunda, ənənəvi kinetik Hava Hücumundan Müdafiə (HHM) arxitekturası öz iqtisadi və operativ dayanıqlılığını itirir. Bu səbəbdən, gələcək müdafiə strategiyaları üçün yeganə effektiv həll yolu - kütləvi ucuz hədəflər üçün lazer, strateji hədəflər üçün isə raket sistemlərini birləşdirən “Çoxqatlı Hibrid Müdafiə Modeli”-dir.

H2: Yönləndirilmiş Enerji Silahları (DEW) PUA-lara qarşı “xərc-mübadilə nisbəti” (cost-exchange ratio) və reaksiya sürəti baxımından mütləq üstünlük təmin etsə də, atmosfer məhdudiyyətləri və texnoloji əks-tədbirlər səbəbindən “vahid həll yolu” (stand-alone solution) deyil, konvensional sistemləri tamamlayan komplementar vasitə funksiyasını daşıyır.

H3: PUA və lazer texnologiyalarının paralel proliferasiyası qlobal səviyyədə böyük güclər arasındakı silahlanma yarışını keyfiyyət müstəvisində dərinləşdirir. Regional səviyyədə isə bu proses kiçik və orta dövlətlər üçün asimmetrik müdafiə imkanlarını

artırmaqla yanaşı, istehsalçı dövlətlərdən strateji təchizat və texnoloji asılılıq yaradan yeni təhlükəsizlik paradigması formalaşdırır.

4. Ədəbiyyat İcmalı

Təqdim olunan tədqiqat işinin konseptual çərçivəsini müəyyən etmək və problemin elmi-praktiki aktuallığını əsaslandırmaq məqsədilə, mövcud akademik baza, strateji hesabatlar və analitik yanaşmalar sistemli şəkildə təhlil edilmişdir. Qısa mənzilli pilotsuz uçuş aparatlarının (PUA) müasir döyüş meydanında yaratdığı asimmetrik təhdidlər və ənənəvi müdafiə sistemlərinin bu çağırışlar qarşısındakı iqtisadi dayanıqsızlığı, hərbi-strateji ədəbiyyatda fundamental paradigma dəyişikliyi kimi qiymətləndirilir. Bu kontekstdə, problemin genezisini, inkişaf dinamikasını və mümkün həll yollarını əhatə edən elmi tədqiqatlar aşağıdakı kimi qruplaşdırılmışdır:

Qısa Mənzilli Pilotsuz Uçuş Aparatlarına Qarşı Yönləndirilmiş Enerji Silahları: Mövcud Tədqiqatlar və Nəzəri yanaşmalar: Müasir hərbi-strateji ədəbiyyatın təhlili göstərir ki, XXI əsr hərbi əməliyyatlar səhnəsində pilotsuz uçuş aparatlarının (PUA) və onlara qarşı tətbiq edilən yönləndirilmiş enerji silahlarının (DEW) rolu sadəcə texnoloji yenilik çərçivəsindən çıxaraq, beynəlxalq münasibətlərin və müharibə dinamikasının struktur elementinə çevrilmişdir. Mövcud tədqiqatlar bu transformasiyanı dörd əsas istiqamət üzrə qruplaşdırır: PUA-ların global proliferasiyası, iqtisadi asimmetriya problemi, texnoloji təkamül və nəzəri-hüquqi çərçivə.

PUA Proliferasiyası və Transformasiyası: Akademik ədəbiyyatda PUA-ların yayılması prosesi həm kəmiyyət artımı, həm də funksional dəyişiklik kimi qiymətləndirilir. Bard Kolleci nəzdindəki Dronların Tədqiqi Mərkəzinin analitiki Den Qettingerin hazırladığı “The Drone Databook” (2019, 2020) və SIPRI-nin hesabatlarına əsasən, qlobal miqyasda hərbi PUA proqramına malik ölkələrin sayı 100-ü keçmişdir [Gettinger, 2019, s.19-20; Gettinger, 2020, s.1; Davis, 2022, s.34]. Tədqiqatda bu yayılma prosesi Everett Rocersin “İnnovasiyaların Yayılması” nəzəriyyəsi və riyazi “Logistik Model” (S-formalı əyri) kontekstində təhlil edilir [Rogers, 2003, s.11]. Analizlər göstərir ki, ənənəvi saturasiya modellərindən fərqli olaraq, PUA bazarı durğunluq fazasına girməyərək, əksinə, Türkiyə, İran və Çin kimi yeni oyunçuların ucuz və effektiv sistemlər təklif etməsi ilə “bazarın demokratikləşməsi” baş vermiş və proliferasiya yeni dinamika qazanmışdır [Hammes, 2016; Campbell, 2024, s.4, 5, 14; International Institute for Strategic Studies, 2024, s.8, 68, 209]. Ədəbiyyatda xüsusi vurğulanır ki, bu artım sadəcə coğrafi genişlənmə deyil, həm də “funksional dərinləşmə”-dir. Belə ki, PUA-lar sadə kəşfiyyat (ISR) vasitələrindən birbaşa zərbə gücünə malik kompleks hücum alətlərinə çevrilmişdir [NATO STO, 2018; Bergen, Salyk-Virk & Sterman, 2020].

İqtisadi Asimmetriya və “Xərc-Mübadilə” Paradoksu: Mövcud ədəbiyyatın ən geniş müzakirə etdiyi problemlərdən biri ənənəvi Hava Hücumundan Müdafiə (HHM) sistemlərinin iqtisadi səmərəsizliyidir. Strateji və Beynəlxalq Tədqiqatlar Mərkəzinin (CSIS) analitiki Ves Rambo tərəfindən irəli sürülən arqumentlərə görə, müasir müharibələrdə kəskin “xərc-mübadilə nisbəti” (cost-exchange ratio) disbalansı yaranmışdır [Rumbaugh, 2024]. Tədqiqatlar göstərir ki, dəyəri təxminən 2.000 ABŞ dolları olan dronlara qarşı 2 milyon dollarlıq SM-2 raketlərinin istifadəsi iqtisadi cəhətdən dayanıqlı deyil [Rumbaugh, 2024, s.1]. Bu vəziyyət, hərbi ədəbiyyatda “Xərc Yükləmə Strategiyası” (Cost-Imposition Strategy) kimi xarakterizə olunur - burada hücum edən tərəf rəqibini fiziki məhv etmədən, onun müdafiə büdcəsini “tükətməklə” strateji qələbə qazanır [Rumbaugh, 2024; Sayler et al., 2024, s.5-6, 13, 21; Robinson, 2015, s.26]. Ukrayna müharibəsi nümunəsində 1 milyon ədəd FPV dron istehsalı hədəfi və yüksək döyüş itkiləri, ənənəvi sistemlərin saturasiya təhdidi qarşısında aciz qaldığını empirik olaraq təsdiqləyir [Dysa, 2023; Barotte, 2025].

Texnoloji Təkamül və Lazer Silahlarının Rolu: Ədəbiyyat icmalı göstərir ki, PUA texnologiyaları Radioelektron Mübarizə (REM/EW) vasitələrinə qarşı sürətlə təkamül edir. RUSI (Royal United Services Institute) ekspertlərinin texniki analizlərinə istinadən qeyd olunur ki, CRPA antenaları, İnersial Naviqasiya Sistemləri (INS) və Süni İntellekt dəstəklili “Maşın Görmə” (Machine Vision) texnologiyaları PUA-lara sıx qarışdırma mühitində belə fəaliyyət göstərməyə imkan verir [Bronk et al., 2022, s.5-15, 32-40]. Bu, müdafiə tərəfi üçün “OODA dövrəsini”(Observe - Orient - Decide - Act = Müşahidə - İstiqamətlənmə - Qərarvermə - İcra (son həmlə)) qıran kritik bir çağırışdır [Bronk et al., 2022, s.15, 29-30]. Məhz bu texnoloji və iqtisadi dalandan çıxış yolu kimi ədəbiyyatda Yönləndirilmiş Enerji Silahlarına (DEW), xüsusilə lazerlərə keçid zərurəti vurğulanır. LaWS, DragonFire, HELIOS De M-SHORAD, IFPC-HPM, THOR, CHIMERA və sair kimi sistemlərin təhlili göstərir ki, lazerlər “atəş başına düşən minimal xərc” (low cost-per-kill) və “dərindən sursat” (deep magazine) imkanları ilə asimetriyanı bərpa edə biləcək potensial vasitədir [Sengupta, 2024; Lockheed Martin, 2022; Sayler et al., 2024, s.5-9, 9-17, 17-19].

Nəzəri və Normativ Çərçivə: Tədqiqat işi texnoloji reallıqları Beynəlxalq Münasibətlər nəzəriyyələri ilə əlaqələndirir. Realist paradigma çərçivəsində Robert Cervisin “Hücum-Müdafiə Balansı” nəzəriyyəsinə istinad edilərək, PUA-ların balansı hücumun xeyrinə dəyişdiyi, lazerlərin isə “müdafiə üstünlüyünü” bərpa etmək cəhdi olduğu bildirilir [Jervis, 1978, s.186]. Konstruktivist yanaşmada sosioloq Martin Şounun “risklərin transferi” (risk-transfer militarism) konsepsiyası önə çıxır; bu yanaşmaya görə, texnoloji müharibə riskləri əsgərlərdən uzaqlaşdıraraq mülki əhalinin üzərinə köçürür [Shaw, 2005, s.71-74, 87-91, 94-95]. Hüquqi müstəvidə isə mövcud tənzimləmələrin (məsələn, MTCR və EASA/FAA mülki qaydaları) sürətli texnoloji inkişaf qarşısında “normativ boşluq” (normative gap) yaratdığı qeyd olunur [Missile Technology Control Regime (MTCR); European Simulation & Training Academy, 2025, s.2-3, 8]. Xüsusilə, lazer silahlarının “korlaşdırıcı” effektinə dair qadağaların anti-material (HEL) sistemləri tam əhatə etməməsi hüquqi boz zona kimi qiymətləndirilir (Protocol on Blinding Laser Weapons) [International Committee of the Red Cross, 1995; U.S. Department of Defense, 2023, s. 346, 351-352, 420-422].

Yekun: Mövcud akademik ədəbiyyatın sintezi belə bir nəticəyə gəlməyə əsas verir ki, PUA təhdidlərinə qarşı vahid həll yolu mövcud deyil. “Texno-realizm” yanaşması lazerlərin atmosfer və enerji məhdudiyyətlərini qəbul edərək, onların kinetik sistemləri əvəz edən deyil, tamamlayan vasitə olduğunu vurğulayır [Shenk, 1997, s. 130-134; Sayler et al., 2024, s. 15-16, 17-19]. Bu baxımdan, müasir hərbi doktrinalar üçün ən optimal model kimi lazer və raket sistemlərinin inteqrasiya olunduğu “Hibrid və Çoxqatlı Müdafiə Arxitekturası” təklif edilir.

5. Metodologiya

Tədqiqat işi keyfiyyət analizi (qualitative analysis) metoduna əsaslanaraq, hərbi-texniki innovasiyaların beynəlxalq münasibətlər sistemində təsirini öyrənmək üçün fənlərarası yanaşmadan istifadə etmişdir [Jervis, 1978; Shaw, 2005]. Eyni zamanda kəmiyyət metodlarından da (quantitative analysis) istifadə edilmişdir [SIPRI, 2024; Gettinger, 2019; Campbell, 2024]. Ümumilikdə tədqiqatın metodoloji çərçivəsi aşağıdakı komponentlərdən ibarətdir:

Məlumatların Toplanması və Mənbə Bazası: Tədqiqatda əsasən Açıq Mənbəli Kəşfiyyat (OSINT) metodundan istifadə olunmuşdur [Gettinger, 2019; SIPRI, 2024; Rumbaugh, 2024; Bronk et al., 2022; Campbell, 2024]. Məlumat bazası üç əsas kateqoriyanı əhatə edir:

İxtisaslaşmış Analitik Mərkəzlərin Hesabatları: SIPRI, CSIS, RUSI, CNAS və “Bard College” Dronların Tədqiqi Mərkəzinin statistik və analitik materialları [SIPRI, 2024; Rumbaugh, 2024; Bronk et al., 2022; Campbell, 2024; Gettinger, 2019].

Rəsmi Hərbi və Hüquqi Sənədlər: ABŞ Müdafiə Nazirliyinin təsnifatları, NATO standartları, EASA və FAA tənzimləmə qaydaları, eləcə də beynəlxalq konvensiyalar (CCW, MTCR) [U.S. Department of Defense, 2023; Sayler et al., 2024; NATO STO, 2018; International Committee of the Red Cross, 1995; ESTA, 2025; Missile Technology Control Regime].

Empirik Döyüş Məlumatları: Rusiya-Ukrayna müharibəsi və Yaxın Şərq münaqişələrinə dair operativ məlumatlar (ACLED, Reuters, Le Monde) [Dysa, 2023; Dysa, 2024; Barotte, 2025; Frantzman, 2025].

Nəzəri-Konseptual Çərçivə: İşin nəzəri bazası Beynəlxalq Münasibətlərin klassik paradıqları (Realizm, Liberalizm, Konstruktivizm) ilə müasir “Texno-siyasət” yanaşmalarının sintezi üzərində qurulmuşdur [e.g., Jervis, 1978; Shaw, 2005; Sayler et al., 2024]. Eyni zamanda dövlətlərin davranışlarını izah etmək üçün Robert Cervisin “Hücum-Müdafiə Balansı” və Təhlükəsizlik Dilemması [Jervis, 1978];

Texnologiyanın cəmiyyətə və müharibə etikasına təsirini qiymətləndirmək üçün Martin Şounun “Risklərin Transferi” və “Texno-Realizm” konsepsiyaları tətbiq edilmişdir [Shaw, 2005; Shenk, 1997].

Analitik Metodlar: Tədqiqat suallarını cavablandırmaq üçün aşağıdakı xüsusi analiz metodlarından istifadə edilmişdir:

– *Müqayisəli Təhlil “Case-Study” Metodu:* Fərqli geosiyasi və operativ şərtləri (Ukraynada “doyurma”, Qırmızı dənizdə “xərc asimetriyası”, Səudiyyə Ərəbistanında (“Nöqtəvi müdafiə”) müqayisə edərək hibrid müdafiə modelinin effektivliyi qiymətləndirilmişdir [e. g., Bronk et al., 2022; Dysa, 2023; Dysa, 2024; Gettinger, 2019; Gettinger, 2020; IISS, 2024; Rumbaugh, 2024; Sayler et al., 2024; U.S. Army Operational Environment Watch, 2022].

– *Statistik Trend Analizi və Proqnozlaşdırma:* PUA-ların yayılma dinamikasını ölçmək üçün “Logistik Model” (S-formalı əyri) və Everett Rocersin “İnnovasiyaların Yayılması” nəzəriyyəsi tətbiq edilərək, prosesin xətti artımdan daha mürəkkəb olduğu əsaslandırılmışdır [e. g., Rogers, 2003; Gettinger, 2019; SIPRI, 2024; Campbell, 2024].

– *Normativ Analiz:* Mövcud beynəlxalq hüquq normalarının yeni texnologiyalara (Lazer və PUA) uyğunluğu yoxlanılmış və hüquqi boşluqlar müəyyən edilmişdir [e. g., Heyns, 2013; U.S. Department of Defense, 2015; International Committee of the Red Cross, 1995; MTCR; Sayler et al., 2024].

6.Məqsəd və Məhdudiyyətlər

Tədqiqatın məqsədi: Məqalənin əsas qayəsi pilotsuz uçuş aparatlarına (PUA) qarşı lazer silah sistemlərinin tətbiqini mürəkkəb texniki-fiziki parametrlərdən ziyarədə, müasir hərbi-strateji dinamika və beynəlxalq münasibətlər kontekstində təhlil etməkdir. İşdə əsas diqqət texnologiyanın döyüş meydanındakı taktiki səmərəliliyinə və geosiyasi təsirlərinə yönəldilmişdir. *Tədqiqatın məhdudiyyətləri:* Təhlil prosesi aşağıdakı obyektiv amillərlə məhdudlaşır:

– Məlumat əlçatanlığı: Tədqiqat əsasən açıq mənbəli araşdırma (OSINT - Open Source Intelligence) bazalarına əsaslanır. Bunun əsas səbəbi real döyüş tətbiqi və spesifik taktiki-texniki xüsusiyyətlərə dair bir çox məlumatlar məxfi xarakter daşıyır.

– Əhatə dairəsi: Təhlil edilən regionlar və “case-study”-lər (konkret hadisə nümunələri) məhduddur və global mənzərəni tam təfərrüatı ilə əks etdirməyə bilər.

– Texniki sadələşdirmə: Geniş auditoriya üçün anlaşılması məqsədilə bəzi mürəkkəb mühəndislik həlləri və fiziki iş prinsipləri sadələşdirilmiş şəkildə təqdim edilmişdir.

7.Nəzəri çərçivə

Tədqiqatın nəzəri bazası Beynəlxalq Münasibətlərin əsas paradıqları - Realizm, Liberalizm, Konstruktivizm və “Texno” nəzəriyyələr üzərində qurulmuşdur. Bu

nəzəriyyələrin hər biri PUA və lazer silahlarının proliferasiyasını (yayılmasını) və qlobal təhlükəsizliyə təsirini fərqli bucaqdan şərh edir.

Realizm: Güc Balansı və Təhlükəsizlik Dilemması: Realist və neorealist yanaşmaya görə, beynəlxalq sistem anarxikdir və dövlətlər sağ qalmaq üçün güc və təhlükəsizliklərini maksimal dərəcədə artırmağa məhkumdurlar. Bu kontekstdə yeni silah texnologiyaları təhlükəsizlik dilemmasını dərinləşdirən əsas faktor kimi çıxış edir.

- *Hücum-Müdafiə Balansı (Offense-Defense Balance):* Robert Cervisin klassik nəzəriyyəsinə əsasən, hərbi-texnoloji üstünlük hücum edən tərəfdə olduğu zaman müharibə ehtimalı artır. Müasir PUA-lar, xüsusilə “kamikadze” dronlar müharibənin iqtisadi və taktiki balansını kəskin şəkildə hücumun xeyrinə dəyişmişdir [Jervis, 1978, s.189, 199, 203-209, 212]. Hazırda hücum vasitələrinin (dronların) müdafiə vasitələrindən (raketlərin) daha ucuz və əlçatan olması qlobal qeyri-sabitliyi artırır.
- *Strateji Zərurət:* SIPRI-nin məlumatları PUA-ların artıq Efiopiya, İkinci Qarabağ Müharibəsi, Ukrayna və Yəmən kimi münaqişələrdə standart döyüş alətinə çevrildiyini təsdiqləyir [SIPRI, 2022]. Realist prizmadan baxdıqda, bu texnoloji yarışda geri qalan tərəf strateji təşəbbüsü itirmək təhlükəsi ilə üzləşir. Buna cavab olaraq inkişaf etdirilən lazer silahları (DEW), dövlətlərin pozulmuş hərbi balansını bərpa etmək və müdafiə üstünlüyünü geri qaytarmaq cəhdi kimi qiymətləndirilməlidir.

Liberalizm: İnstitusional Boşluqlar və Tənzimləmə Problemləri: Liberalizm dövlətlərin təhlükəsizliyini yalnız hərbi güc balansında deyil, beynəlxalq hüquq, institutlar və çoxtərəfli əməkdaşlıq mexanizmlərində görür. Lakin PUA və lazer texnologiyaları mövcud beynəlxalq hüquqi rejimlər üçün ciddi çağırışlar yaradır.

- *Normativ Boşluq:* Mövcud silahlanmaya nəzarət rejimləri, xüsusilə Raket Texnologiyalarına Nəzarət Rejimi (MTCR) əsasən 500 kq faydalı yük və 300 km məsafə limitinə fokuslandığı üçün kiçik və orta ölçülü taktiki PUA-ların yayılmasının qarşısını almaqda səmərəsiz qalır [Gormley, 2008, s.146, 150, 154]. PUA-ların “ikili təyinatlı” (dual-use) xarakteri və lazerlərin “qeyri-kinetik” təbiəti səbəbindən onlar üçün effektiv və icbari tənzimləmə rejimi hələ formalaşmayıb.
- *Yumşaq Hüquq (Soft Law):* BMT İnsan Hüquqları Şurası və digər platformalarda silahlı PUA-lar və avtonom sistemlərlə bağlı çoxsaylı hesabatlar mövcud olsa da, bunlar hələlik daha çox tövsiyə xarakterli “yumşaq hüquq” çərçivəsində qalır [Heyns, 2013, 1-22].

Konstruktivizm: Texnoloji Diskurs və Kimlik: Konstruktivizm texnologiyayı sadəcə maddi güc aləti kimi deyil, həm də dövlətlərin kimliyini və müharibə normalarını formalaşdıran sosial diskurs kimi təhlil edir.

- *“Sivil Müharibə” Mifi:* “Yüksək texnoloji ordu”, “ağıllı müharibə” və “sıfıra yaxın itkilər” kimi ifadələr PUA və lazerləri “müasir və sivil” müharibə aləti kimi legitimləşdirir.
- *Risqlərin Transferi (Risk-Transfer Militarism):* Sosioloq Martin Şou tərəfindən irəli sürülən “risklərin transferi” konseptinə görə, Qərbi dövlətləri texnologiyadan istifadə edərək riskləri öz əsgərlərindən uzaqlaşdırır, lakin bu riskləri hədəf ölkədəki mülki əhalinin üzərinə köçürür [Shaw, 2005, p.1-2, 30-32, 54, 86]. CSIS və “Just Security” araşdırma mərkəzinin analizləri də təsdiqləyir ki, PUA-ların istifadəsi münaqişələrdə mülki əhali üçün yeni struktur risklər yaratmışdır [Rumbaugh, 2024; Spink, 2024].

Ənənəvi beynəlxalq münasibətlər nəzəriyyələri ilə yanaşı, PUA və lazer sistemlərinin inkişaf dinamikasını anlamaq üçün texnologiya və siyasət arasındakı qarşılıqlı əlaqəyə dair müasir yanaşmalara da toxunmaq vacibdir:

- *Texno-Millətçilik:* Bu yanaşmaya görə, texnoloji innovasiya milli təhlükəsizlik və iqtisadi rəqabət qabiliyyətinin əsasıdır. Dövlətlər kritik texnologiyaları (məsələn,

yüksək enerjili lazerləri və ya qabaqcıl dron çiplərini) qorumaq üçün proteksionist siyasət yürüdür və “texnoloji suverenlik” əldə etməyə çalışırlar. Bu, qlobal təchizat zəncirlərinin milliləşdirilməsini və ixrac nəzarətini (məsələn, ABŞ-ın Beynəlxalq Silah Ticarəti Qaydaları (ITAR - International Traffic in Arms Regulations)) izah edən əsas paradıqmadır [Capri, 2020, s.6, 8, 18].

- *Texno-Realizm*: Texno-utopizmdən (texnologiyanın bütün problemləri həll edəcəyi inancı) və texno-fobiyaadan fərqli olaraq, Texno-Realizm texnologiyanın imkanlarına və məhdudiyyətlərinə pragmatik baxışı təşviq edir. Lazer silahları kontekstində texno-realizm, bu sistemlərin atmosfer şəraiti və enerji tələbatı kimi fiziki məhdudiyyətlərini qəbul edərək, onların “sehirlə həll” deyil, sadəcə kinetik silahlara dəstək verən tamamlayıcı vasitə olduğunu vurğulayır [Shenk, 1997, s.9-10, 162-163].
- *Texnoloji Determinizm*: Determinizmə texnoloji hərbi texnologiyanın dəyişməsinin döyüş taktikasını və hətta geosiyasi strukturu qaçılmaz olaraq dəyişdirdiyini iddia edir. Bu perspektivdən ucuz dronların bahalı hava hücumundan müdafiə sistemlərini sıradan çıxarması və ya lazerlərin müdafiə arxitekturasını yenidən formalaşdırması, texnologiyanın insan iradəsindən asılı olmayaraq müharibənin təbiətini diktə etməsinə nümunə kimi göstərilə bilər.

8. Texnoloji Fon: PUA Proliferasiyası və Asimmetrik Təhdid Mühiti

Qeyd etdiyimiz kimi qısa mənzilli PUA-ların qlobal miqyasda yayılması müasir hərbi əməliyyatları köklü şəkildə transformasiya etmişdir. Den Qettingerin araşdırmasına yenidən istina versək (*The Drone Databook (2019)*) bu tendensiyanın daha da artacağı gözlənilir. Belə ki, 2019-cu ildə hərbi PUA proqramına malik ölkələrin sayı 95 idisə, 2020-ci il yenilməsində bu rəqəm artıq 102-yə çatmışdır [Gettinger, 2019, s.19; Gettinger, 2020, s.1] və bu 7,37% artım deməkdir ki, məntiqi xətti artım (Linear Growth) tətbiq etsək 2021-ci ildə 109, 2022-ci ildə 116 və 2025-ci ildə isə 137 olar (hər il 7 ölkə). Əgər faiz artımı (*Compound Growth*) tətbiq etsək 2021-ci ildə 110, 2022-ci ildə 118 və 2025-ci ildə 145 ölkə olardı. Fəqət bu iki yanaşmadan daha aydın Realist saturasiya modelidir (*RDM - elmi və riyazi ədəbiyyatda adətən Logistik Model (Logistic Model) və ya Sigmoid (S-formalı) Model kimi tanınır*) ki, dünyada 190-dan ölkə var və 102 ölkə artıq bu texnologiyaya sahibdirsə, deməli ölkələrin 50%-dən çoxu artıq əhatə olunub. Adətən texnologiya yayıldıqca, geridə qalan ölkələrin (daha az büdcəli və ya kiçik ölkələr) bu texnologiyayı əldə etməsi çətinləşir və ya ehtiyac duymurlar. Fəqət bu iki yanaşmadan daha aydın RDM-dir. Dünyada 190-dan çox ölkə var və 102 ölkə artıq bu texnologiyaya sahibdirsə, deməli ölkələrin 50%-dən çoxu əhatə olunub. Bu yanaşmanı dəstəkləyən faktiki göstəricilər mövcuddur. Belə ki, Everett Rocersin klassik “İnnovasiyaların Yayılması” (*Diffusion of Innovations*) nəzəriyyəsinə əsasən [Rogers, 2003], bazarın 50%-i doyduqdan sonra əyri “gecikən çoxluq” (*laggards*) fazasına daxil olur və artım tempi təbii olaraq zəifləyir. 2019-cu ilə qədər olan statistikaya nəzər saldıqda, PUA-lara sahib olmayan qalan ≈ 90 ölkənin əksəriyyətinin ÜDM-i aşağı olan və ya hərbi hava qüvvələri formalaşmamış (məsələn, kiçik ada dövlətləri və bəzi Mərkəzi Afrika ölkələri) dövlətlər olduğu görünürdü. Üstəlik, həmin dövrdə qlobal bazarda dominant olan ABŞ və İsrail sistemlərinin yüksək qiyməti və Raket Texnologiyalarına Nəzarət Rejimi (*MTCR - Missile Technology Control Regime*) tərəfindən tətbiq edilən ixrac məhdudiyyətləri növbəti artım dalğasının qarşısında ciddi baryer hesab edilirdi [Missile Technology Control Regime (MTCR)]. Bu amillərə əsasən, proliferasiya dinamikasının RDM qanunauyğunluqlarına tabe olacağını ehtimal etmək məntiqli görünürdü. Lakin 2020-2025-ci illər aralığındakı geosiyasi reallıqlar və texnoloji sıçrayışlar bu nəzəri “doyma” ssenarisinə ciddi düzəlişlər etmişdir. Məsələ burasındadır ki, klassik RDM modeli texnologiyaya giriş baryerlərinin (qiymət və siyasi məhdudiyyətlər) sabit qalacağını fərz edir. Ancaq son illərdə Türkiyə (*xüsusilə “Baykar” şirkəti*), Çin və İran kimi yeni

oyunçuların qlobal bazara aqressiv daxil olması və “uyğun qiymətli-yüksək effektiv” (*low-cost, high-effect*) sistemləri təklif etməsi status-kvonu pozmuşdur [Hammes, 2016, s.2, 4].

CNAS (*Center for a New American Security*) və IISS (*The Military Balance 2024*) mərkəzlərinin son hesabatlarına əsasən, bu “bazarın demokratikləşməsi” faktoru kiçik büdcəli ölkələrin də prosesə qoşulmasına şərait yaratmışdır [Campbell, 2024, s. 6-7; IISS, 2024, s.8, 471]. Nəticə etibarilə, təxminimizcə 2025-ci il üzrə hərbi PUA proqramına malik ölkələrin sayı nəzəri “Xətti Artım” hədəfi olan 137-yə çatmasa da (2020-də 102 [Gettinger, 2020, s.1]), “Saturasiya Modeli”-nin proqnozlaşdırdığı durğunluğu yararaq 115 ölkə həddini keçmişdir. CNAS-ın 2016 reportuna əsasən 90-dan çox və qeyri-dövlət aktorları PUA-ları istifadə edirdi [CNAS, 2016, s.1] və 2016-dan günümüzdə bu profelasianın çox daha yüksək olduğunu təxmin etməmək mümkün deyil. Daha da önəmlisi, müşahidə olunan bu artım sadəcə kəmiyyət deyil, keyfiyyət xarakterlidir. Bu datalar işığında demək olar ki, ilkin periodda ölkələrin və qeyri-dövlət aktorlarının mütləq əksəriyyəti əsasən kəşfiyyət (ISR) dronlarına sahib idisə, hazırda silahlı PUA arsenalına malik ölkələrin sayı 40-ı ötmüşdür [Rai, 2025, s.1; Campbell, 2024, s.8, 11]. Eyni zamanda qeyd etmək lazımdır ki, PUA-ların proliferasiyasını yalnız coğrafi yayılma ilə izah etmək mümkün deyil; bu prosesin hərbi imkanların dərinləşməsi ilə də müşayiət olunduğu müşahidə olunur.

Nəticə olaraq deyə bilərik ki, qlobal PUA proliferasiyası sadəcə riyazi modellərin (xətti artım və ya tam doyma) proqnoz çərçivəsindən çıxaraq, texnoloji baryerlərin azalması hesabına yeni inkişaf dinamikası qazanmışdır. Beləliklə, müasir mərhələdə prosesin əsas xarakteristikası sadəcə coğrafi genişlənmə (*yeni ölkələrin kluba qoşulması*) deyil, eyni zamanda funksional dərinləşmədir (kəşfiyyət imkanlarından birbaşa zərbə gücünə keçid). Bu isə PUA-ların bir tərəfdən “lüks” hərbi vasitədən çıxdığını və digər tərəfdən isə konvensional müharibələrin standart elementinə çevrildiyini təsdiqləyir. Başqa sözlə bir tərəfdən ucuz PUA-lar əlçatanlıq, qiymət kimi meyarlara görə yayılır, digər tərəfdən isə daha kompleks sistemlər yaradılır.

Bu statistik göstəricilərin işığında təhlilimiz onu deməyə əsas verir ki, kiçik və orta mənzilli PUA-lar həm dövlət, həm də qeyri-dövlət subyektləri üçün cəlbədicə strateji alətə çevrilmişdir. Bunun əsas səbəbləri onların iqtisadi əlçatanlığı, pilot itkisi riskini aradan qaldıraraq əməliyyatların siyasi maliyyəti minimumlaşdırması və zəif tərəflərə güclü rəqib qarşısında asimmetrik üstünlük qazandırmasıdır.

Mütəxəssislər tərəfindən “hava gücünün demokratikləşməsi” adlandırılan bu proses, ənənəvi Hava Hücumundan Müdafiə (HHM) arxitekturası üçün ciddi paradigmatik çağırışlar yaratmışdır. Mövcud konvensional radar sistemləri əsasən yüksək sürətli və böyük effektiv səpələnmə səthinə (RCS) malik hədəflər (*təyyarələr, ballistik raketlər*) üçün optimallaşdırıldığından, LSS profilinə malik dronları aşkar etməkdə problemlər (*kor nöqtələr*) yaşayırlar. Bu operativ boşluq, müdafiə tərəfini ucuz dronlara qarşı baha başa gələn kinetik sistemlərdən istifadəyə məcbur etməklə iqtisadi asimmetriyanı dərinləşdirir.

Sözgedən tendensiyanın döyüş meydanındakı real təsirini aşağıdakı empirik göstəricilər və “case-study”lər vasitəsilə əsaslandırma bilərik:

– *Kütləvilik və Doyurma (Saturation)*: Ukrayna Müdafiə Nazirliyinin rəsmi strategiyasına əsasən, təkcə 2024-cü il ərzində 1 milyon ədəd FPV (*First Person View*) dronunun istehsalı və silahlanmaya qəbulu hədəflənmişdi. Reuters agentliyinin məlumatına görə, ölkədə fəaliyyət göstərən təxminən 200-dən çox yerli şirkət bu istehsal zəncirinə cəlb edilmişdir ki, bu da döyüş meydanında hədəflərin kəmiyyət baxımından HHM sistemlərinin sursat tutumunu (*magazine depth*) üstələdiyini göstərir [Dysa, 2023].

– *Döyüş İtkilərinin Dinamikasının Dəyişməsi*: Nüfuzlu *Le Monde* nəşrinin reportajına [2025] istinadən, Ukrayna cəbhəsində gündəlik təqribən 10.000 dron istifadə olunur. Daha da önəmlisi, müharibədəki ümumi döyüş itkilərinin və yaralanmaların təxminən 70%-i

məhz dron zərbələri ilə əlaqələndirilir [Barotte, 2025]. Bu statistika, PUA-ların artıq köməkçi vasitə deyil, əsas atəş gücü olduğunu sübut edir.

Asimmetrik təhdid mühiti (texnoloji təkamül, avtonomluq və radioelektron mübarizəyə dayanıqlılıq): Digər vacib məsələ isə asimmetrik təhdid mühitidir. Belə ki, asimmetrik təhdid mühitini formalaşdıran həlledici amil dron texnologiyalarının Radioelektron Mübarizə (REM/EW) vasitələrinə qarşı təkamülüdür. Ənənəvi PUA-lar operatorla davamlı radio-əlaqədən (Data Link) və qlobal naviqasiya peyk sistemlərindən (GNSS/GPS) kritik dərəcədə asılıdırlar ki, bu da onları “Soft Kill” (signal qarışdırma) metodlarına qarşı həssas edir. Lakin Böyük Britaniyanın Kral Birləşmiş Xidmətlər İnstitutu texniki analizlərinə görə, müasir PUA-lar, xüsusilə “Gəzən Sursatlar”, artıq CRPA (Controlled Reception Pattern Antenna) texnologiyası və İnersial Naviqasiya Sistemləri (INS) sayəsində sıx qarışdırma (jamming) mühitində belə fəaliyyət göstərə bilirlər [Bronk et al., 2022, s.32-33]. Daha da önəmlisi, Süni İntellekt dəstəklə “Machine Vision” (Maşın Görmə) və “Automatic Target Recognition” (ATR - Avtomatik Hədəf Tanıma) alqoritmlərinin tətbiqi PUA-ların ən həssas olduğu “son həmlə mərhələsində (terminal phase)” rabitənin kəsilməsi problemini aradan qaldırılmışdır. Bu texnologiya dronlara operatorla əlaqə kəsildiyi təqdirdə belə, ərazinin relyefini yaddaşındakı xəritə ilə tutuşduraraq (DSMAC (Digital Scene Matching Area Correlator - Rəqəmsal Səhnə Tutuşdurma (və ya Uyğunlaşdırma) Sistemi prinsipi)) və ya hədəfi vizual olaraq tanıyaraq avtonom şəkildə hücumu tamamlamaq imkanı verir [Bronk et al., 2022, s.27, 35]. Bu, müdafiə tərəfi üçün “OODA dövrəsini” qıran və klassik REM sistemlərini səmərəsiz edən kritik bir sıçrayışdır.

İqtisadi Asimmetriya: Xərc-Mübadilə Nisbəti (Cost-Exchange Ratio): Bu texnoloji fonun yaratdığı ən dərin strateji problem “Xərc-Mübadilə Nisbəti”-ndəki (Cost-Exchange Ratio) kəskin disbalans və ya hərbi dildə desək “Xərc Yükləmə Strategiyası”-dır (Cost-Imposition Strategy). Örnək göstərsək Strateji və Beynəlxalq Araşdırmalar Mərkəzinin (CSIS) hesablamalarına görə, İran istehsalı “Shahed - 136” tipli bir kamikadze dronun istehsalı təxminən 20.000-50.000 ABŞ dollarına başa gəlir [Segura, 2022; Kosoy, 2025, s.2]. Buna qarşılıq, həmin hədəfi zərərsizləşdirmək üçün istifadə edilən NASAMS və ya Patriot sistemlərinin bir raketinin dəyəri 1 milyon dollardan 4 milyon dollara qədər dəyişir ki, bu rəqəmlər Rusiya üçün 4-14 milyon dollar arasında dəyişir [Rumbaugh, 2024; Kosoy, 2025].

Hətta daha ucuz olan “Stinger” və ya “İgla” tipli daşına bilən zenit-raket kompleksləri (MANPADS) belə kütləvi FPV hücumlarına qarşı iqtisadi cəhətdən dayanıqlı deyil. Bu disbalans müdafiə olunan tərəfi “xərc əyrisinin yanlış tərəfində” (wrong side of the cost curve) qoyur. Nəticədə, hücum edən tərəf rəqibini fiziki olaraq məhv etmədən, sadəcə onun hava hücumundan müdafiə büdcəsini və arsenalını “tükətməklə” (depletion) strateji qələbə qazanmaq imkanı əldə edir. Bu iqtisadi paradoks, müasir orduları kinetik raketlərdən imtina edərək, bir atəşin dəyəri bir neçə dollar olan Lazer Silahları (DEW) və mikrodalğalı sistemlərə keçid etməyə məcbur edən əsas drayverdir [Sayler et al., 2024, s.1-2, 9, 17, 20-22].

9.Qısa mənzilli pilotsuz uçuş aparatlarının sinifləndirilməsi

ABŞ Müdafiə Nazirliyinin təsnifatına görə qısa mənzilli, kiçik PUA-ları əsasən “Qrup 1 (Group 1 UAS (Unmanned Aircraft System - Pilotsuz Uçuş Aparatı))” və “Qrup 2” kateqoriyalarına aid edilir. ABŞ Dəniz Piyadaları Korpusunun 2024-cü il tarixli rəsmi Maradmin 284/24 əmrinə əsasən, “Qrup 1 PUA” 20 funt (≈ 9 kq) və ondan az maksimal uçuş kütləsinə malik olub, adətən yer səthindən (AGL - Above Ground Level) 1 200 fut (≈ 365 m) aşağı hündürlükdə və 100 knotdan - 185.2 km/saatdan (KIAS - Knot Indicated Airspeed) az sürətlə istifadə olunan sistemlər; “Qrup 2 PUA” isə 21-55 funt ($\approx 9 - 25$ kq) kütlə diapazonunda, əsasən 3 500 futdan (≈ 1000 m.) aşağı hündürlüklərdə və 250 knotdan

- 463 km/saatdan aşağı sürətlə uçan platformalar kimi tərif olunur [U.S. Marine Corps, 2024]. Eyni zamanda DoD datalarına əsasən qeyd edək ki, PUA-ların təsnifləndirilməsinə “Qrup 3”, “Qrup 4” və “Qrup 5” daxildir: ● Qrup 3 PUA: Çəkisi - 55-1320 funt ($\approx 25 - 599$ kq), fəaliyyət aralığı (AGL) 3500-18000 fut ($\approx 1067 - 5500$ m), sürəti 250 knotdan (463 km/saat) aşağı; ● Qrup 4 PUA: Çəkisi - 1320 funtdan (≈ 599 kq) yüksək, fəaliyyət aralığı (AGL) 3500 - 18000 fut ($\approx 1067 - 5500$ m), sürəti 250 knotdan (463 km/saat) yüksək; ● Qrup 5 PUA: Çəkisi - 1320 funtdan (≈ 599 kq) yüksək, fəaliyyət aralığı (AGL) 18000 futdan yüksək ($\approx 1067 - 5500$ m), sürəti 250 knotdan (463 km/saat) yüksək [CRS, 2024, s.1].

ABŞ Konqresinin Tədqiqat Xidmətinin “Müdafiənin Əsasları: Pilotsuz Uçuş Sistemlərinin Kateqoriyaları” (*Defense Primer: Categories of Uncrewed Aircraft Systems*) sənədində və ABŞ Ordusunun “Kiçik Pilotsuz Uçuş Sistemlərinin Hava Məkanının İdarə Edilməsi və Nəzarəti: Ordu Rəhbərliyi üçün Vəsait” (*Small Unmanned Aircraft System Airspace Management and Control: A Handbook for Army Leaders*) mənbələrində də Qrup 1 və 2 sistemlərinin birlikdə 55 funtdan (≈ 25 kq) az maksimal uçuş kütləsinə və 3 500 fut (≈ 1067 m) AGL-ə qədər yer səthindən fəaliyyət hündürlüyə malik “Kiçik PUA (*Small UAS*)” kimi qəbul edildiyi göstərilir və bu təsnifat ABŞ Müdafiə Nazirliyinin Müştərək Doktrinasına (*JP 3-30 - müştərək hava əməliyyatları üzrə rəhbər sənəd*) istinadla təsdiqlənir [CRS, 2024, s.1-2]. Bu kateqoriyaya aid platformalar Radiolokasiya Görünmə Sahəsi - kiçik effektiv səpələnmə səthinə (RCS - Radar Cross Section) malik olduqları, əksər hallarda aşağı hündürlüklərdə uçuş həyata keçirdikləri və mürəkkəb relyefdən (vadilər, tikililər, meşə zolaqları və s.) maskalanma məqsədilə yararlandığı üçün, ənənəvi hava hücumundan müdafiə sistemləri - xüsusilə uzun mənzilli müşahidə radarları və iri kalibrli zenit-raket kompleksləri tərəfindən aşkar edilməsi və zərərsizləşdirilməsi çətin olan hədəflərə çevrilir. NATO-nun LSS hava hədəflərinə dair hesabatlarında hava təhdidlərinin mövcud sensor və atəş vasitələri üçün əsas problem yaratdığı xüsusi vurğulanır [NATO STO, 2023]. Müasir radar - radiolokasiya tədqiqatlarında da kiçik RCS-ə malik PUA-ların zəif siqnal nisbəti və yer fonu maneələri (*clutter*) səbəbindən ənənəvi radar sistemləri üçün çətin aşkar olunan hədəflər olduğu bildirilir. Həmçinin, kiçik PUA-ların tipik olaraq kiçik RCS, aşağı sürət və alçaq uçuş hündürlüyü parametrlərinə görə LSS hədəflər kimi təsnif edildiyi göstərilir [Yu et al, 2020, s.1-3; Rojani & Shaker, 2024, 1-5].

Mülki tənzimləmə mühitində risk əsaslı sinifləndirmədə Avropa Simulyasiya və Təlim Akademiyasının (EASA - European Simulation and Training Academy (ESTA)) *yanaşması*: Qısa mənzilli/kiçik PUA-ların hərbi təsnifatından (*DoD qrupları*) əlavə olaraq, mülki aviasiya tənzimləmə mühitində tətbiq edilən yanaşma da diqqətəlayiqdir. Burada platformanın ölçüsündən daha çox, uçuş əməliyyatının yaratdığı risk səviyyəsi əsas götürülür. Belə ki, Avropa İttifaqında EASA çərçivəsi klassik “çəkiyə görə” bölgüsündən fərqli olaraq risk əsaslı yanaşma tətbiq edir və EU 2019/947 çərçivəsində PUA əməliyyatlarını “Open (*açıq*)”, “Specific (*spesifik-xüsusi*)” və “Certified (*sertifikatlaşdırılmış, təsdiqlənmiş*)” kateqoriyalarına ayırır [European Simulation & Training Academy, 2025, s.2].

- “Open” kateqoriyası ən aşağı riskli uçuşları əhatə edir: adətən sadə vizual müşahidə ilə uçuş (*VLOS - Visual Line of Sight*) ssenariləri və yüngül sinif dronlarla (məs., *C0-C4*) icra olunur; alt-kateqoriyalar A1/A2/A3 kimi təqdim edilir və, nümunə üçün, A1-də insanlar üzərindən uçuş məhdudiyəti, A3-də isə insanlardan ən azı 150 m məsafənin saxlanılması tələbi göstərilir [ESTA, 2025, s.2].
- “Specific” kateqoriyası “Open” çərçivəsinə sığmayan daha riskli ssenariləri (məs., *BVLOS (Beyond Visual Line of Sight - operatorun birbaşa vizual müşahidə xəttindən kənarında uçuş) uçuşlar və ya izdiham üzərində uçuşlar*) əhatə edir və təhlükəsizlik səviyyəsi hər konkret əməliyyatın riskinə görə müəyyən edilir; qiymətləndirmə zamanı

yalnız dronun çəkisi deyil, həm də əməliyyat ssenarisi, hava məkanı tipi və marşrutun altındakı əhali sıxlığı nəzərə alınır [ESTA, 2025, s.3].

“Specific” kateqoriyada riskin hesablanması üçün “Xüsusi Əməliyyatlar üçün Təminat və Bütövlük (tamliq) Səviyyəsi” (SAIL - *Specific Assurance and Integrity Level*) yanaşması tətbiq edilir; səviyyələr I-VI aralığında dəyişir və SAIL V/VI yüksək riskli əməliyyatları ifadə edir. Bu halda (xüsusən orta riskin bəzi şərtlərində və yüksək riskin bütün hallarında) daha sərt tənzimləmə tədbirlərinin, o cümlədən tip sertifikatlaşdırma və uçuşun dayandırılması sistemi (flight termination system) kimi tələblərin önə çıxdığı göstərilir [ESTA, 2025, s.3]. Bu çərçivədə operator “Xüsusi Əməliyyatlar üçün Risk Qiymətləndirməsi” (SORA - *Specific Operations Risk Assessment*) metodologiyası ilə risk qiymətləndirməsi aparır. SORA əməliyyatı addım-addım iki əsas istiqamətdə hesablayır:

1. Yer riski (*Ground Risk*): idarəetmənin itirilməsi/qəza halında yerüstü insanlara və əmlaka mümkün təsir; burada əhali sıxlığı, VLOS/BVLOS tipi və dronun ölçüsü əsas amillər kimi vurğulanır [ESTA, 2025, s.4].
2. Hava riski (*Air Risk*): dronun pilotlu hava gəmiləri ilə toqquşma ehtimalı; burada hava məkanında trafik sıxlığı və ayrılma (*separation*) tədbirlərinin mövcudluğu kimi faktorlar qeyd edilir [ESTA, 2025, s.4].

Bu iki risk kəmiyyətlə ifadə olunur və birləşdirilərək SAIL səviyyəsi təyin edilir; SAIL I-II daha təhlükəsiz, SAIL V-VI isə yüksək riskli əməliyyatlar kimi şərh olunur. Eyni zamanda, aşağı SAIL səviyyələrində istehsalçı bəyanı əsasında uyğunluğun yetərli ola biləcəyi, lakin SAIL V-VI səviyyələrində EASA-nın Part-21 tip sertifikatlaşdırma standartlarına uyğunluğun tələb olunduğu göstərilir [ESTA, 2025, s.4]. ESTA-nın göstərdiyi nümunə bu fərqi praktik formada izah edir: kənd/rural mühitdə VLOS uçuş edən “kiçik” dron aşağı risk (SAIL I) kimi qiymətləndirilə bildiyi halda, şəhər/urban mühitdə BVLOS və idarə olunan hava məkanı şəraitində (məs., 500 ft AGL-dən aşağı) uçuş yüksək risk (SAIL V) kimi nəticələnmə bilər [ESTA, 2025, s.5].

SORA çərçivəsində riskə təsir edən əsas faktorlar ayrıca qabardılır:

- Kütlə/ölçü (*Drone Mass/Size*) - potensial kinetik enerji və yerüstü zədələnmə riski;
- Əməliyyat ssenarisi (*Operational Scenario*) - VLOS/BVLOS, hündürlük, sürət, iştirakçıların sayı;
- Hava məkanı və trafik (*Airspace & Traffic*) - idarə olunan/olunmayan hava məkanı, pilotlu trafikin sıxlığı;
- Yerüstü risk və əhali sıxlığı (*Ground Risk & Population Density*) - uçuş zonasında və ətrafında insanların mövcudluğu/sıxlığı, kritik obyektlər (məs., yollar, enerji xətləri) və qəza halında zərərin miqyası;
- Ground Risk Buffer - nəzarət olunan əməliyyat sahəsi ilə insanların/obyektlərin olduğu sahə arasında əlavə təhlükəsizlik məsafəsi; SORA-da tez-tez “1:1 qayda” (*bufer məsafəsi ≥ uçuş hündürlüyü*) kimi tətbiq olunur [ESTA, 2025, s.6].

Bundan əlavə, hər dəfə “tam SORA” aparmadan təsdiq prosesini sürətləndirmək üçün STS (*Standard Scenarios - standart ssenarilər*) və PDRA (*Pre-Defined Risk Assessments - əvvəlcədən müəyyən edilmiş risk qiymətləndirmələri*) mexanizmləri göstərilir. Məsələn, STS-01 açıq rural mühitdə VLOS əməliyyatlarını (C5 sinif dronlarla) əhatə edir və uyğunluq təmin olunduqda əməliyyatın aşağı riskli sayılaraq daha tez təsdiqlənə biləcəyi qeyd olunur; eyni ssenaridə maksimal sürət < 5 m/s kimi texniki limitlər də göstərilir [ESTA, 2025, s.6-7]. PDRA şablonlarına nümunə olaraq PDRA-S01 (o cümlədən qısa məsafəli uçuşlar və aqrar fəaliyyətlər) və PDRA-G02 (*uzun məsafəli əməliyyatlar üçün*) təqdim olunur; uyğun şablon seçildikdə operatorun cədvəlləri dolduraraq sürətləndirilmiş təsdiq əldə etməsi mümkün sayılır [ESTA, 2025, s.7]. Qeyd edək ki, “Specific” kateqoriyada operatorun tətbiq etdiyi mitigasiya tədbirləri də risk sinfini dəyişə bilər: uçuş zonasının əvvəlcədən

boşaldılması və girişin məhdudlaşdırılması (strateji tədbirlər), paraşüt və zərbə enerjisini azaldan konstruktiv həllər (*energy-reduction*), eləcə də təlim, prosedurlar və bərpa planları (*təşkilati-prosedur tədbirləri*) yerüstü risk sinfini azaldaraq tələb olunan SAIL səviyyəsini aşağı sala bilər [ESTA, 2025, s.7-8].

ABŞ mülki tənzimləmə yanaşması (FAA Part 107 nümunəsi): FAA-nın yanaşması EASA qədər “xırda risk skoru”-na söykənmir; əsasən çəki və əməliyyat tipi üzərindən tənzimlənir. FAA-nın əsas kommersiya rejimi Part 107 hesab edilir və bu, maksimal qalxma kütləsi 25 kq (55 lb - libre) və daha az olan “small PUA” üçün tətbiq olunur. Part 107 çərçivəsində ümumi tələblər kimi VLOS uçuş və maksimal 400 ft AGL ($\approx 122 m$) hündürlük limiti qeyd edilir [ESTA, 2025, s.8]. Eyni zamanda “insanlar üzərindən uçuş” üçün Part 107-də “Category 1-4” alt-kateqoriyaları göstərilir:

- Kateqoriya 1 (Category 1): 0.25 kq (0.55 lb) və daha az; açıq fırlanan hissələr olmadan;
- Kateqoriya 2-3 (Category 2-3): 0.25 kq-dan ağır, lakin 25 kq-dan çox olmayan və Part 21 sertifikatı olmayan sistemlər; zədə enerjisi limitləri və əlavə təhlükəsizlik tədbirləri; Kateqoriya 3-də izdiham üzərində davamlı uçuşun məhdudlaşdırılması;
- Kateqoriya 4 (Category 4): Part 21 tip və ya xüsusi uçuş yararlılığı (*airworthiness*) sertifikatı olan sistemlər [ESTA, 2025, s.8].

55 lb-dan (≈ 25 kq) yuxarı sistemlər üçün isə FAA-nın ya Part 21 üzrə tip sertifikatı, ya da Modernləşdirmə Aktının Bölməsi 44807 bölməsi (Modernization Act: Section 44807) çərçivəsində imtina / azadolma (waiver/exemption) mexanizmlərini tələb etdiyi; sertifikatsız dronların insanlar üzərindən uça bilmədiyi xüsusi vurğulanır [ESTA, 2025, s.8-9].

Nəticə olaraq deyə bilərik ki, mülki tənzimləmə nümunələri göstərir ki, eyni çəkiddə (*hətta “kiçik” sayılan*) dron müxtəlif əməliyyat ssenarilərində tamamilə fərqli risk sinfinə düşə bilər: EASA bunu birbaşa əməliyyat riskindən çıxarır, FAA isə daha çox çəki həddi və xüsusi əməliyyat alt-kateqoriyaları ilə çərçivələndirir. Eyni zamanda, təkcə “kütlə”-nin təhlükəlilik üçün mütləq meyar olmaması ayrıca vurğulanır: sertifikatlaşdırılmış paraşüt bərpa sistemi olan 28 kq multirotorun, zərbə enerjisini azaldan imkanları olmayan 20 kq platformadan daha aşağı qalıq risk yarada bilməsi; həmçinin DAA (*detect-and-avoid - aşkarlama və yayınma*) sistemi olan 30 kq platformanın idarə olunan hava məkanında yalnız vizual “see and avoid”-ə (*görmə və yayınma*) güvənən 15 kq drondan daha təhlükəsiz ola bilməsi nümunə kimi təqdim olunur [ESTA, 2025, s.10].

Ümumilikdə fərqli orqanizasiyalar tərəfindən yanaşmaların fərqli olduğunu demək olar, fəqət istər DoD, istərsə də ESTA bu sahədə beynəlxalq standartların və terminologiyanın formalaşmasında həlledici istinad nöqtəsi hesab edilir. Bu təsnifat sistemlərinin müqayisəli təhlili göstərir ki, müasir yanaşmada aparatın sadəcə fiziki çəkisi deyil, onun əməliyyat profili, aşkarlanma ehtimalı (RCS) və tətbiq mühitindən doğan risk səviyyəsi əsas meyar kimi götürülür. Məhz bu paradigma dəyişikliyi, kiçik ölçülü PUA-lara qarşı effektiv əks-tədbirlərin - xüsusilə istiqamətləndirilmiş enerji silahlarının tətbiqi zərurətini elmi cəhətdən əsaslandırmağa imkan verir.

10. Yönləndirilmiş Enerji Silahlarının (DEW) Genezisi: Nəzəriyyədən İlk Prototiplərə

Yönləndirilmiş Enerji Silahlarının (DEW) tarixi kökləri əfsanəvi “Arximed Güzgüləri”-nə (*Burning Mirror - Yandırıcı Güzgü*) qədər uzansa da, müasir hərbi-texniki mənada bu sahənin inkişafı 1960-cı ildə Teodor Meyman (*Theodore Maiman*) tərəfindən ilk lazerin ixtirası ilə başlamışdır [Knorr, 1983, s.1; *Physic History*, 2025]. Lakin buna qədər, 1930-cu illərdə Nikola Tesla tərəfindən irəli sürülən “Teleforce” (*mətbuatda “Ölüm Şüası” - Death Ray kimi tanınan*) konsepti, yüklü hissəciklərin sürətləndirilərək məsafədən hədəfə ötürülməsini nəzərdə tutan ilk ciddi nəzəri cəhd hesab olunur [Seifer, 1998, s.431, 471].

Soyuq Müharibə dövründə ABŞ və SSRİ arasındakı silahlanma yarışını lazerlərin hərbişdirilməsi prosesini sürətləndirdi. Bu dövrün ən əhəmiyyətli ilkin nümunələrini aşağıdakı kimi təsnif edə bilərik:

1. *Hava Bazalı Lazer Laboratoriyası (ALL - Airborne Laser Laboratory)*: 1970-ci illərin əvvəllərində ABŞ Hərbi Hava Qüvvələri tərəfindən başladılan bu proqram, lazer silahlarının real döyüş potensialını yoxlayan ilk sistemli təşəbbüslərdən biridir. Xüsusi modifikasiya olunmuş NKC-135A təyyarəsinə quraşdırılmış yüksək enerjili “Qaz Dinamik Lazer” (*Gas Dynamic Laser*) sistemi vasitəsilə 1983-cü ildə havada uçan “AIM-9 Sidewinder” raketlərini uğurla zərərsizləşdirmək mümkün olmuşdur [Duffner, 1997, s.23, 84]. Bu, lazerin kinetik hədəflərə qarşı effektivliyini sübut edən tarixi bir dönüş nöqtəsi idi.

2. *MIRACL (Mid-Infrared Advanced Chemical Laser)*: ABŞ Hərbi Dəniz Qüvvələri tərəfindən 1980-ci ildə yaradılan MIRACL, meqavat (MW) güc səviyyəsini keçən ilk uğurlu kimyəvi lazer sistemidir. Bu sistem Deuterium-Ftorid (*Deuterium Fluoride*) kimyəvi reaksiyası əsasında işləyirdi və əsasən gəmi əleyhinə raketlərin məhv edilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdu. MIRACL, sonradan “Strateji Müdafiə Təşəbbüsü” (*SDI - “Ulduz Müharibələri”*) çərçivəsində aparılan bir çox sınaqlar üçün baza rolunu oynamışdır [Nielsen, 1994, s.31, 328, 333, 391].

3. *SSRİ-nin “Terra-3” və “A-60” Proqramları*: SSRİ-nin “Terra-3” və “A-60” proqramları. Paralel olaraq Sovet İttifaqı Qazaxıstandakı Sary-Şağan ABM sınaq poliqonunda “Terra-3” adlı yerüstü lazer sınaq mərkəzini inkişaf etdirirdi; peyk keçidləri zamanı optik sensorları korlama qabiliyyətini nümayiş etdirməyə yönəlmiş sınaqların aparıldığı qeyd olunur [Terra-3; U.S. Department of Defense, 1985]. “Terra” proqramı həm də yüksək enerjili lazerlərin raketəleyhinə müdafiə və ballistik raket başlıqları ilə bağlı təbiqlərinin elmi-eksperimental istiqaməti kimi təsvir edilir [DIMMI, 2011, s.2]. ABŞ-ın Airborne Laser Laboratory (ALL) proqramı ilə konseptual paralellər fonunda SSRİ İlyuşin İl-76MD bazasında “Beriev A-60” hava lazer laboratoriyası üzərində işlərə başlamışdı [Beriev A-60; Newdick, 2025; Svitlyk, 2025].

Qısa olaraq yüksək enerjili lazer silahları dar şüa şəklində enerjini hədəfə yönəldərək onun səthində və ya elektronikasında istilik yığır, nəticədə PUA, raket və ya digər platformanın struktur və elektron komponentləri sıradan çıxır. Real sistemlərdən üzərindən bəzi nümunələri aşağıdakı kimi sıralamaq mümkündür:

- ABŞ Hərbi Dəniz Qüvvələrinin AN/SEQ-3 Lazer Silah Sistemi (*LaWS - Laser Weapon System*) 30 kVt gücündə bərk cisim (*solid-state*) lazeri olaraq, 2014-cü ildə Fars körfəzində USS Ponce gəmisində PUA və kiçik katerlərə qarşı sınaqdan keçirilmişdir. Sistem real əməliyyat şəraitində istifadə üçün gəmi komandirinə səlahiyyət veriləcək səviyyədə etibarlı hesab olunmuşdur [O’Rourke, 2015].
- İqtisadi səmərəlilik baxımından, ənənəvi raket sistemlərində bir önləyici raketin (*interceptor*) dəyəri yüz minlərlə, bəzən isə milyonlarla dollar təşkil etdiyi halda, LaWS sisteminin bir atəşinin maliyyəti 1 ABŞ dollarından belə azdır. Bu kəskin fərq, asimmetrik təhdidlərə qarşı mübarizədə lazer silahlarını strateji baxımdan əlverişli edir [Rumbaugh, 2024].
- Böyük Britaniyanın “DragonFire” lazer sistemi 2023-2024 testlərində yüksək sürətli dronları vurmaq qabiliyyətini nümayiş etdirib; “The Independent” bu sistemin bir atəşinin təxminən 10 funt sterlinqə başa gəldiyini, halbuki bəzi raket interceptorlarının 1,5 milyon funt dəyərində ola biləcəyini yazır [Sengupta, 2024].
- Lockheed Martin tərəfindən hazırlanan HELIOS (*High Energy Laser with Integrated Optical-dazzler and Surveillance - İntegrə olunmuş Optik Gözqamaşdırıcı və Müşahidə Sistemi olan Yüksək Enerjili Lazer*) sistemi 60-120 kVt güc aralığında olan fiber lazer texnologiyasına əsaslanır. Bu sistem ABŞ esminələrində PUA və qanadlı raketlərə

qarşı “hər atəş üzrə aşağı maliyyə” (*low cost-per-kill*) prinsipi ilə effektiv müdafiəni təmin etmək məqsədi daşıyır [Lockheed Martin, 2022].

Bu nümunələr göstərir ki, lazerlərin marginal atəş xərci klassik raket interceptorları ilə müqayisədə həddindən artıq aşağı ola bilər.

Müharibə dinamikasına təsir: Hücum-müdafiə tarazlığı və xərc asimmetriyası: Qeyd etdiyimiz kimi, CSIS analizi göstərir ki, Qırmızı dənizdə ABŞ hərbi gəmiləri Husilər tərəfindən buraxılan ucuz dron və raketləri zərərsizləşdirmək üçün bəzən dəyəri milyonlarla dollarla ölçülən önləyici raketlərdən istifadə etmək məcburiyyətinə olur [Rumbaugh, 2024]. Bənzər hesablamalar Rusiya-Ukrayna müharibəsində də aparılır; açıq mənbə təkliflərinə əsasən, bəzi hallarda bir dronun vurulması 10-80 min dollar, daha kompleks sistemlərdə isə 1-4 milyon dollar xərc tələb edə bilər [Rumbaugh, 2024]. Əgər LaWS, DragonFire və HELIOS tipli lazer sistemləri kütləvi şəkildə tətbiq olunarsa, nəticə olaraq bir PUA üçün çəkdiyi xərc bir neçə dollara qədər düşə bilər. Bu vəziyyət hücum edən tərəfi daha bahalı və mürəkkəb PUA sistemlərinə keçməyə yaxud çoxsaylı “sürü” (*swarm*) hücumları ilə müdafiə sistemlərini iflic etməyə vadar edir. Nəticə etibarilə, hücum-müdafiə tarazlığı statik bir vəziyyət deyil, dinamik qarşılıqlı adaptasiya prosesidir.

Asimmetrik münaqişələr və qeyri-dövlət aktorları: USIP-in analizində vurğulandığı kimi, kiçik kommersiya dronları son on ildə asimmetrik aktorlar üçün “oyun bərabərləşdiricisi” rolunu oynamağa başlayıb [United States Institute of Peace (USIP), 2025]. Lazer sistemləri isə hazırda əsasən texnoloji və maliyyə baxımından güclü dövlətlərdə cəmlənib. Nəticə olaraq deyə bilərik ki: Dövlətlər qeyri-dövlət aktorlarının PUA üstünlüyünü qismən neytrallaşdırırsa bilər; Qeyri-dövlət aktorları isə alternativ asimmetrik vasitələrə (*kiber, İED, terror hücumları*) daha çox yönələ bilər; Texnoloji uçurum yenidən dövlətlər xeyrinə genişlənir, amma münaqişənin siyasi kökləri həll olunmur.

Mülki itkilər və “müharibənin normallaşması” müzakirəsi: Qeyd etdiyimiz kimi CIVIC-in “Mülki şəxslərin müdafiəsindəki meyllər (*Protection of Civilians Trends*)” hesabatına əsasən, dron hücumlarının 4000% artması mülki əhali üçün keyfiyyətə yeni təhlükə səviyyəsi yaradıb [Spink, 2024]. Bir tərəfdən, daha dəqiq lazer müdafiəsi PUA hücumlarının qarşısını alaraq mülki obyektlərə zərəri azalda bilər. Digər tərəfdən: Texnoloji üstünlük və aşağı risk qərarvericilər üçün müharibəyə başlamağı daha “qəbul edilən” edə bilər; Burada qeyd etdiyimiz digər mənbəni yenidən referans göstərə bilərik ki, “Le Monde” reportajında Ukraynada dron müharibəsinin “oyun oynayan gəncləri” real döyüş pilotlarına çevirməsi və dronların 70% civarında döyüş itkisinə səbəb olması göstərilir [Barotte, 2025]. Bu, müharibənin cəmiyyətdə “texniki rutin” kimi normallaşdırılması riskini artırır.

11. Beynəlxalq münasibətlər və təhlükəsizlik ölçüsü

XXI əsrin hərbi-strateji sistemində pilotsuz sistemlərin yaratdığı asimmetrik təhdidlər və ənənəvi hava hücumundan müdafiə (*HHM*) vasitələrinin “xərc-effektivlik” (*cost-efficiency*) baxımından bu təhdidlərə cavab verməkdə çətinlik çəkməsi, qlobal gücləri DEW-ə yönəldən əsas katalizator rolunu oynayır. Artıq nəzəri tədqiqat və laboratoriya sınaqları mərhələsindən çıxaraq real döyüş tətbiqi və operativ yerləşdirmə fazasına qədəm qoyan bu texnologiya, böyük dövlətlər arasında yeni bir “silahlanma yarışı”-nın (*arms race*) mərkəzi oxuna çevrilmişdir.

Lazer silahlarının təklif etdiyi “ışıq sürətində” (*speed of light*) hədəfi məhv etmə qabiliyyəti, atəş başına düşən minimal maliyyə xərci və “sursat məhdudiyyətinin olmaması” (*deep magazine*) kimi strateji üstünlüklər, geosiyasi rəqabətin əsas aktorlarını - ABŞ, Rusiya və Çini, eləcə də regional güclər olan Türkiyə, Böyük Britaniya və Yaponiyanı bu sahəyə milyardlarla dollar investisiya yatırmağa sövq etmişdir. Hazırkı mərhələdə müşahidə olunan mənzərə onu deməyə əsas verir ki, lazer sistemləri artıq “gələcəyin silahı” olmaqdan çıxaraq, müasir donanma və quru qoşunlarının standart müdafiə elementinə çevrilməkdədir.

Bu kontekstdə, aparıcı hərbi güclərin paralel şəkildə inkişaf etdirdiyi və döyüş növbətçiliyinə qəbul etdiyi lazer proqramlarını aşağıdakı kimi təsnif edə bilərik. Belə ki, Böyük güclər arasında texnoloji rəqabət - ABŞ, Rusiya, Çin, Böyük Britaniya, Yaponiya və Türkiyə kimi dövlətlər PUA və lazer sahəsində paralel proqramlar aparırlar. Bunlara aşağıdakı örnəkləri göstərmək mümkündür:

- **ABŞ:** ABŞ Hərbi Dəniz Qüvvələri (*US Navy*) bu sahədəki pioner rolunu qoruyaraq, hələ 2014-cü ildə *USS Ponce* gəmisində 30 kVt-lıq AN/SEQ-3 LaWS prototipini real əməliyyat şəraitində uğurla sınaqdan keçirmişdir. Hazırda isə bu təcrübənin davamı olaraq, Lockheed Martin tərəfindən istehsal edilən və 60+ kVt gücə malik HELIOS sisteminin “Arleigh Burke” sinifli esminələrə (*məsələn, USS Preble*) inteqrasiyası həyata keçirilir. HELIOS-un inqilabi xüsusiyyəti onun sadəcə hədəfi yandırmaq (*hard-kill*) deyil, eyni zamanda düşmən PUA-larının optik sensorlarını “korlamaq” (*soft-kill/dazzler*) və gəminin AEGIS döyüş idarəetmə sisteminə tam inteqrasiya olunmuş şəkildə kəşfiyyat məlumatı toplamaq qabiliyyətidir [O’Rourke, 2015, s.1, 17];
- **Rusiya:** Rusiya Silahlı Qüvvələri peyk optikasını kor etmək üçün dəniz və strateji raket platformalarında “Peresvet” lazer kompleksini döyüş növbətçiliyinə yerləşdirib, Ukraynada dronları fiziki məhv edən kompakt “Zadira” sistemini sınaqdan keçirib və lazer silahlarını kosmos, quru və hava platformalarına inteqrasiya etməyə başlayıb. Rəsmilərə görə, “Zadira” 5 km məsafədə hədəfi saniyələr içində termal təsirlə yandıra bilir və nüvə enerjisi ilə işləyən gələcək kosmik lazer layihələri üzərində işlər davam edir [Faulconbridge, 2022; Dang, 2025].
- **Çin:** Çin donanması “Type 071” adlı amfibiya gəmisində sınaq məqsədilə “Liaoyuan-1” (LY-1) adlı yeni gəmi əsaslı lazer silahını sınaqdan keçirib və bu sistemin ABŞ-ın “HELIOS” (60-150 kVt) sistemindən daha yüksək enerjiyə (*təxminən 180-250 kVt*) malik olduğu təxmin edilir. Eyni zamanda qeyd edək ki, “son müdafiə xətti” kimi xarakterizə edilən bu sistem, dron sürüləri və gəmi əleyhinə raketləri həm sensorları kor etmə (“soft kill”), həm də fiziki məhv etmə (“hard kill”) üsulları ilə zərərsizləşdirmək üçün nəzərdə tutulmuşdur [Əliyeva, 2025a].
- **Böyük Britaniya:** Böyük Britaniya DragonFire lazer enerji silahı proqramına ümumilikdə yüz milyonlarla funt sterlinq (*son müqavilələrlə 300 milyon funt sterlinqdən artıq*) investisiya edib. Əslində 2030-cu illərin əvvəllərinə planlaşdırılan bu sistemin Kral Donanmasının Type-45 esminələrində yerləşdirilməsi prosesi kəskin şəkildə sürətləndirilərək 2027-ci ilə qədər tamamlanması nəzərdə tutulur. DragonFire-in döyüş meydanına daha tez çıxarılması, xüsusən də Ukrayna müharibəsinin təcrübəsi ilə bağlı pilotsuz uçuş aparatları təhlükəsinə qarşı yeni müdafiə ehtiyacından irəli gəlir [Sengupta, 2024].
- **Yaponiya:** Yaponiya donanması “Asuka” adlı gəmisində 2025-ci ilin dekabrında sınaq məqsədilə yüksək enerjili lazer silahını (*100 kilovatlıq*) quraşdırıb və bu proses ATLA-nın Radioelektron Mübarizə İnteqrasiyası Ofisinin on ildən artıq müddətdə apardığı lazer silahı tədqiqatlarının nəticəsidir [Əliyeva, 2025b]. Eyni zamanda qeyd edək ki, 2023-cü ildə 50 kVt-lıq sistemlərdə sınaqlar aparılmışdır.
- **Türkiyə:** Türkiyə son illərdəki hərbi-texnoloji inkişafını lazer silah sistemləri sahəsində də davam etdirir. Türkiyə donanması “TCG İstanbul” frəqatında və MİLGEM sinfi gəmilərdə ASELSAN və Meteksan tərəfindən inkişaf etdirilən, həm fiziki məhv etmə (*hard-kill*), həm də sensor kor etmə (*soft-kill*) qabiliyyətinə malik lazer silah sistemlərini inteqrasiya prosesini davam etdirir və bu addım Türkiyənin “Mavi Vətən” doktrinasında asimmetrik təhdidlərə qarşı müdafiə qabiliyyətini artırmaq məqsədi daşıyır. Eyni zamanda qeyd edək ki, Türkiyə dünyada lazer texnologiyası ilə gəmi əleyhinə raketlərin elektro-optik başlıqlarını uzaq məsafədən kor edə bilən “NAZAR” sistemini inventarına

daxil edən ilk ölkələrdən biridir və 2025-ci il etibarilə bu sistemin daha yüksək gücə malik versiyalarının gəmilərə yerləşdirilməsi hədəflənir [Yıldırım, 2025]. Əlavə olaraq Türkiyənin Gökberk (*Mobil Lazer Silah Sistemi*), ALKA (*Yönləndirilmiş Enerji (Lazer) Silah Sistemi*), ARMOL (2019), LSS kimi bir çox lazer silah sistemlərinin olduğunu da qeyd etmək gərəklidir [Türk Silahlı Kuvvetlerini Gücləndirmə Vakfı (TSKGV), 2025; Savunma Sanayi, 2021]. Xüsusilə qeyd etmək lazımdır ki, Türkiyə bu sahədə öncü dövlətlərdən biridir.

Qeyd etdiyimiz kimi son illərdə dron proliferasiyası genişlənmişdir və bu prosesin nəticəsində PUA ixracında ABŞ və İsrailə yanaşı Türkiyə, Çin və İran da aparıcı oyunçuya çevrilib. Bu əsasda, böyük güclər arasında texnoloji və bazar rəqabətini kəskinləşdiyini deyə bilərik. Lakin bu rəqabət yalnız hücum vasitələrinin (PUA-ların) yayılması ilə məhdudlaşmır; əksinə, artan hava təhdidləri regional güc mərkəzlərini də öz hava hücumundan müdafiə doktrinalarını yenidən nəzərdən keçirməyə və əks-tədbir kimi yüksək enerjili lazer sistemlərinə milyardlarla dollar sərmayə qoymağa məcbur etmişdir. Xüsusilə Yaxın Şərqi iki antaqonist qüvvəsi - İsrail və İranın bu sahədəki paralel inkişafı, lazer silahlanma yarışının qlobal miqyasdan çıxaraq regional münaqişələrin də həlledici elementinə çevrildiyini əyani sübut edir:

- *İsrail*: Çoxqatlı HHM arxitekturası kontekstində, fikrimizcə İsrailin lazer əsaslı tutma qabiliyyətlərini sürətləndirməsi regional hava təhdidlərinə qarşı “oyun dəyişdirici” (*game-changer*) potensial daşıyır. İsrail Müdafiə Nazirliyinin Tədqiqat-İnkişaf qolu (DDR&D - *Directorate of Defense Research & Development*), Hərbi Hava Qüvvələri və RAFAEL-in birgə bəyanatına istinadən, İsrail Hərbi Hava Qüvvələrinin “yüksək güclü lazer sistem prototiplərini (*high-power laser system prototypes*)” real mühidə tətbiq etdiyi və onlarla düşmən təhdidini uğurla zərərsizləşdirdiyi bildirilir [Frantzman, 2025, s.2]. Həmin açıqlamada konkret hansı sistemlərin istifadə edildiyi dəqiqləşdirilməsə də, platformaların RAFAEL-in “yönləndirilmiş enerji silah sistemləri (*DEW*)” portfelinə aid olduğu və daha güclü Iron Beam (*Dəmir Şüa*) sistemini tamamladığı qeyd olunur; sənaye mənbəyi tutmaların Iron Beam variantları və digər lazer tutma sistemləri ilə icra edildiyini bildirir [Frantzman, 2025, s.3]. Məqalədə əlavə olaraq, sistemin 2025-ci ildə yerləşdirilməsinin planlandığını, Lite Beam (*Yüngül Şüa*) platformasının 10 kW, Iron Beam-M (*Dəmir Şüa-M*) variantının isə 50 kW lazer istifadə etdiyi göstərilir [Frantzman, 2025, s.3]. RAFAEL rəhbərliyi Iron Beam sisteminin rəsmi olaraq istifadəyə verildikdə “oyun dəyişdirici (*game-changer*)” təsir yaradacağını vurğulayır [Frantzman, 2025]. DDR&D rəhbəri Daniel Qold isə lazer tutma sistemlərinin İsrailin “çoxqatlı hava müdafiə şəbəkəsi (*multi-tiered air defense array*)” daxilində əlavə bir qat təmin edəcəyini bildirib [Frantzman, 2025, s.3].
- *İran*: Sanksiyalar fonunda, İran lazer əsaslı sistemləri asimmetrik yanaşmasının bir elementi kimi irəli çəkərək regionda bu sahədə diqqətəlayiq oyunçulardan birinə çevrilməyə çalışır. İran mediasına istinad edən xəbərlərdə İranın yerli müdafiə sənayesinin “Sateb” adlı lazer silahı hazırladığı və onun “həssas yerlərin” qorunmasında istifadə olunduğu iddia olunur [Iran International, 2022]. 2025-ci ilin yanvarında isə İran dövlət mediası Fordow uranın zənginləşdirilməsi obyektinin yaxınlığında keçirilən təlimlərdə “Seraj” adlı lazer əsaslı HHM sisteminin nümayiş etdirildiyini yazıb [Press TV, 2025]. Bundan əlavə, İranın lazer mövzusu təkcə HHM deyil, həm də Fars körfəzində “korlayıcı (*dazzling*)” tipli təzyiq aləti kimi qiymətləndirilə bilər ki, İslam İnqilabı Keşikçiləri Korpusunun (*IRGCN - Islamic Revolutionary Guard Corps Navy*) gəmilərinin ABŞ helikopterinə lazer yönəltməsi kimi hadisələr ABŞ mənbələrinə istinadla sənədlənib [Lagrone, 2023]. Təbii ki, bu proseslərin İran tərəfindən sadəcə

ABŞ üçün deyil regiondakı digər bir rəqibi İsrail üçün də gerçəkləşdirdiyini vurğulamaq lazımdır.

Regional Təhlükəsizlik Arxitekturası və Transformasiya Olunan Təhdid Mühiti: PUA-ların intensiv istifadə olunduğu geosiyasi qaynar nöqtələrdə (*Yaxın Şərq, Cənubi Qafqaz, Şərqi Avropa*) lazer sistemlərinin və qabaqcıl dron texnologiyalarının paralel proliferasiyası regional təhlükəsizlik arxitekturasında fundamental dəyişikliklərə yol açır. Bu yeni reallıq, klassik “Təhlükəsizlik Dilemması”-nı daha da dərinləşdirərək, tərəflər arasında silahlanma yarışını kəmiyyət müstəvisindən keyfiyyət müstəvisinə keçirmişdir. Atlantic Council-in strateji analizində haqlı olaraq vurğulandığı kimi, “*dronlar kiçik ola bilər, amma onların yaratdığı silahlanma yarışını kiçik olmayacaq*” [Rose & Levantovskaia, 2024, s.1]. Bu paradigma, eskalasiya riskini sadəcə konvensional cəbhə xətti ilə məhdudlaşdırmır, eyni zamanda qarşıdurmanı kiber fəza, elektromaqnit spektr və proksi müharibələr kimi “boz zona”-lara (*grey zones*) daşıyır.

Kiçik və Orta Dövlətlərin Strateji Adaptasiyası (“Qılinc və Qalxan” Dilemması): Böyük güclərin texnoloji dominatlığı fonunda, kiçik və orta ölçülü dövlətlər öz milli müdafiə strategiyalarını bu yeni “hücum-müdafiə” balansına uyğunlaşdırmaq məcburiyyətindədirlər. Bu kontekstdə iki əsas strateji yanaşma müşahidə olunur:

1. *Asimmetrik Çəkilmə (Deterrence):* PUA-lar məhdud maliyyə və sənaye resurslarına malik dövlətlər üçün əhəmiyyətli pilotlu aviasiyaları qismən əvəz edən, aşağı xərcəli və nisbətən yüksək təsir gücünə malik hava zərbə və kəşfiyyat imkanları formalaşdırır.
2. *Kritik İnfrastrukturun Mühafizəsi:* Lazer müdafiə sistemləri (*əgər tədarük edilə bilər*), strateji obyektləri ucuz “kamikadze” dron sürülərindən qorumaq üçün iqtisadi cəhətdən ən səmərəli “qalxan” funksiyasını yerinə yetirir.

Lakin bu strategiyanın reallaşdırılması ciddi risklərlə müşayiət olunur. Texnologiyanın sürətli mədəni köhnəlməsi, ixrac məhdudiyyətləri və geosiyasi sanksiya riskləri kiçik dövlətlərin manevr imkanlarını məhdudlaşdırır. Nəticə etibarilə, optimal həll yolu kimi “Hibrid Müdafiə Modeli” ön plana çıxır. Bu model, hücum (PUA) və müdafiə (*Lazer/REM*) sistemlərinin seçmə şəkildə inteqrasiyasını və tədarük zəncirinin diversifikasiyası vasitəsilə diplomatik balanslaşdırmanı nəzərdə tutur.

12. Beynəlxalq hüquq və normativ aspektlər

Beynəlxalq Humanitar Hüquq (BHH) Çərçivəsində Lazer Silahları: Yeni nəsillə silahların döyüş meydanına daxil olması onların mövcud hüquqi rejimlərə uyğunluğu məsələsini aktuallaşdırır. 1977-ci il Cenevrə Konvensiyalarına Əlavə Protokol I-in 36-cı maddəsinə (“*Yeni Silahların Qiymətləndirilməsi*”, *Review of New Weapons (Article 36. “New Weapons”)*) əsasən, dövlətlər istənilən yeni silahı inkişaf etdirərkən onun beynəlxalq humanitar hüququn imperativ normalarına - xüsusilə fərqləndirmə (*distinction*), proporsionallıq (*proportionality*) və ehtiyatlılıq (*precaution*) prinsiplərinə uyğunluğunu yoxlamağa borcludurlar [International Committee of the Red Cross, 2003, s.397]. Bu maddənin əsas məqsədi, texnoloji inkişafın humanitar hüququ qabaqlaması riskinin qarşısını almaq və yeni silahların idarəolunmaz fəsadlar törətməməsini təmin etməkdir.

Müasir dövrdə lazer silahları kontekstində artıq konkret hüquqi presedent mövcuddur. 1980-ci il “Müəyyən Adi Silah Növlərinə dair Konvensiya”-nın (*CCW - Convention on Certain Conventional Weapons*) IV Protokolu [International Committee of the Red Cross, 1995] döyüşçüləri qəsdən və daimi kor etmək funksiyası daşıyan lazer silahlarının istifadəsini və transferini qadağan edir [United Nations, 1995, Article 1]. ABŞ Müdafiə Nazirliyinin 2015-ci ildə qəbul edilmiş, 2023-cü ildə yenilənmiş “Müharibə Hüququ Təlimatı (*Law of War Manual*)” da bu qadağanı təsdiqləyir və ona riayət olunmasını tələb edir [U.S. Department of Defense, 2015, s.410; U.S. Department of Defense, 2023, s.420].

Lakin bu qadağanın tətbiq dairəsi spesifikdir və yalnız “kor etmə məqsədi güdən” silahlara şamil olunur ki, bu da müasir anti-dron sistemləri üçün hüquqi boşluq yarada bilər.

Müasir yüksək enerjili lazer silahları üçün hüquqi çərçivəyi araşdırdığımız zaman maraqlı iddialar üzə çıxır. Belə ki, PUA-lara qarşı istifadə edilən müasir Yüksək Enerjili Lazer (HEL) sistemləri - məsələn, Cənubi Koreyanın “Skylight”, Böyük Britaniyanın “DragonFire”, İsrailin “Iron Beam” - Protokol IV-ün birbaşa qadağasından çıxır, çünki bu sistemlər insan gözünü kor etmək üçün deyil, dronları fiziki olaraq məhv etmək üçün dizayn edilmişdir [Declercq, 2021]. Protokol IV-ün 3-cü maddəsinə görə, lazer sistemlərinin qanuni hərbi istifadəsi nəticəsində qəsdərsiz-təsadüfi olaraq gözə gələn zərər (unintended eye damage, incidental consequence) bu sözü gedən protokolun qadağasına aid deyildir [United Nations, 1995, Article 3]. Məsələn, döyüş dronunun optik sensorlarını sıradan çıxarmaq məqsədilə lazer şüası hədəfə yönəldilərkən, şüanın yaxınlıqda olan insan operatorun gözünə qəsdən olmayaraq (*niyyət olmadan*) dəyməsi nəticənin qəsdən törədilmədiyini göstərə bilər. Ancaq niyyətin bu cür olması, baş verən zərəri avtomatik şəkildə “qanuni” etmir. Burada məsuliyyətin ağırlıq mərkəzi “niyyət”-dən “ehtiyatsızlıq” müstəvisinə keçir. Çünki hüquqi və etik qiymətləndirmədə təkcə niyyət yox, həm də proqnozlaşdırıla bilən risk, mümkün ehtiyat tədbirlərinin görülmə-görülməməsi, alternativ və daha az riskli vasitələrin mövcudluğu, həmçinin ehtimal olunan zərərin gözlənilən hərbi üstünlüklə mütənasibliyi nəzərə alınır. Üstəlik, zərərin xarakteri (*məsələn, daimi görmə itkisi kimi ağır nəticə*) qiymətləndirməni daha da sərtləşdirir. Qeyd etmək lazımdır ki, hədəf hərbi obyekt olsa belə, insan gözünə zərər ehtimalı real və öncədən görünəndirsə, lazerin parametrləri, tətbiq məsafəsi və istifadə qaydası elə seçilməlidir ki, bu risk minimuma endirilsin. Əks halda, hadisə “təsadüf” kimi baş vermiş olsa belə, ehtiyatsızlıq və ya yetərsiz tədbirlər iddiaları ortaya çıxa bilər.

Başqa sözlə, konkret bir silah növünün Protokol IV-ün qadağan olunmuş siyahısına düşməməsi, onun istifadəsinin məhdudiyətsiz olduğu anlamına gəlmir. Qəsdərsiz niyyət mövcud olmadan baş vermiş zərəre baxmayaraq, BHH-nin digər fundamental prinsipləri tətbiq olunmağa davam edir. Birincisi, proporsionallıq prinsipi tələb edir ki, kombatantlarla əlaqəli əldə edilən hərbi üstünlük, mülki əhaliyə vurulan zərərlə, o cümlədən gözə (BHH çərçivəsində və s.-ə) dəyən zərərlə müqayisəli şəkildə ölçülsün [Boothby, 2025, s.95]. İkincisi, ehtiyatlılıq öhdəliyi (Əlavə Protokol I, Maddələr 57-58) dövlətləri mülki şəxsləri döyüşçülərdən fərqləndirmək və mülki əhalini qorumaq üçün praktik tədbirlər görməyə məcbur edir; məsələn, risk ehtimalı olan ərazidə fəaliyyət göstərən insan operatorlarını əvvəlcədən məlumatlandırmaq və ya lazerin istifadəsini dayandırmaq kimi mümkün və həyata keçirilə bilən ehtiyat tədbirlərini tətbiq etmək (feasible precautions) [Boothby, 2025]. Üçüncüsü, lazer şüasının xətti trayektoriyası boyunca mülki hava nəqliyyatına, mülki əhaliyə və ya mülki infraqstruktura təsir riski yaranıbsa, həmin risklər də hüquqi qiymətləndirmə zamanı nəzərə alınmalıdır [Boothby, 2025].

Beləliklə, ümumi olaraq deyə bilərik ki, HEL anti-dron sistemlərinin hüquqi statusu texnologiyanın imkanları ilə hüquqi tənzimləmənin dəqiqliyi arasında “hüquqi boz zona” vardır. Bu sistemlər Protokol IV-lə birbaşa qadağa olunmasa da, hər bir istifadə zamanı “Article 36”-nın hüquqi qiymətləndirməsi tələb olunur. Sistem xüsusiyyətləri, operasional kontekst, mülki əhalinin üzərindəki risk - bütün bunlar hüquqi uyğunluq qiymətləndirməsində əks etdirilməlidir [Boothby, 2025]. Burada yekun olaraq, mövcud hüquqi rejimdəki ən ciddi boşluq təkcə normaların interpretasiyası deyil, həm də lazer silahlarının spesifikasına uyğun verifikasiya və nəzarət mexanizmlərinin yoxluğuudur. Hazırkı BHH normaları fiziki mərmilərin ballistikasına hesablandığı halda, işıq sürəti ilə hərəkət edən lazer şüaları üçün “xəbərdarlıq etmə” kimi ehtiyat tədbirlərinin real vaxt rejimində tətbiqi praktiki çətinliklər yaradır. Bundan əlavə, hadisədən sonra zərərin “texniki

xəta” yoxsa “gizli qəsd” olduğunu sübut edəcək obyektiv istintaq standartlarının (*post-faktum sübut bazasının*) mövcud olmaması, gələcəkdə dövlətlərə məsuliyyətdən yayınma imkanı verən fundamental hüquqi çatışmazlıqdır.

Silah Nəzarəti Rejimləri və Struktural Problemlər: Mövcud silahlanmaya nəzarət mexanizmləri, xüsusilə Raket Texnologiyalarına Nəzarət Rejimi (MTCR), müasir PUA və lazer sistemlərinin proliferasiyasını əngəlləməkdə effektivliyini itirməkdədir [MTCR]. MTCR əsasən 500 kq faydalı yükü 300 km-dən uzağa daşıya bilən sistemlərə (*Category I*) fokuslandığı halda, müasir kamikadze dronların çoxu bu hədlərdən aşağı (*Category II və ya tənzimlənməyən*) parametrlərə malikdir [Campbell, 2024; MTCR].

CNAS-ın (Center for a New American Security) analitik hesabatlarında vurğulandığı kimi, silahlı PUA-ların yayılmasına nəzarət “ikili təyinatlı (*dual-use*)” kommersiya texnologiyalarının hərbişdirilməsi səbəbindən getdikcə mürəkkəbləşir [Pettyjohn & Campbell, 2025]. Lazer silahları üçün isə 1995-ci il Protokol IV (“*Gözü Kör Edən Lazer Silahları Protokolu*”) çərçivəsində transfer qadağanı mövcud olmaqla, hazırda beynəlxalq səviyyədə yalnız funksiyaya əsaslanan məhdudiyətlər (gözü kör etməyə xüsusi dizayn edilmiş silahlar) tətbiq olunur; Joule/Meqavat güc limiti isə mövcud deyil [United Nations, 1995].

Bununla yanaşı, konvensional silahların və ikili təyinatlı malların ixracına nəzarət edən Vassenar Sazişi (Wassenaar Arrangement) çərçivəsində də ciddi boşluqlar müşahidə olunur. Lazer silahlarının əsas komponentləri olan yüksək güclü diodlar, şüa yönləndirici optik sistemlər və soyutma texnologiyaları mülki sənayedə (məsələn, ağır sənaye qaynaq işləri, telekommunikasiya və tibb) geniş istifadə edildiyi üçün onların hərbi məqsədlərlə transferini məhdudlaşdırmaq praktik olaraq mümkün olmur. Bu, “qeyri-maddi texnologiya transferi” (Intangible Technology Transfer - ITT) problemini dərinləşdirir; yəni, fiziki silahın özü deyil, onun yaradılması üçün lazım olan proqram təminatı və mühəndislik bilikləri sərhədləri rəqəmsal yollarla asanlıqla keçə bilir [Wassenaar Arrangement, 2006, s.1-2].

Digər fundamental struktur problemi isə verifikasiya (yoxlama) mexanizmlərinin yoxluğudur. Nüvə silahları və ya ballistik raketlərdən fərqli olaraq [Baseley-Walker & Weeden, 2010, s.44], lazer sistemlərinin hərbi potensialını peyk görüntüləri və ya ənənəvi vizual inspeksiya ilə qiymətləndirmək çətindir [Baseley-Walker & Weeden, 2010, s.44]. Xarici görünüşcə eyni olan iki lazer qurğusundan birinin sənaye, digərinin isə hərbi (silah) məqsədli olduğunu müəyyən etmək üçün sistemin daxili enerji modulyasiyası və şüa keyfiyyəti yoxlanılmalıdır [Baseley-Walker & Weeden, 2010, s.44], ki, bu da dövlətlərin məxfilik maraqları səbəbindən beynəlxalq inspektorlara açmaq istəmədiyi sahədir [Baseley-Walker & Weeden, 2010, s.47-48].

Nəticə etibarilə, mövcud silah nəzarəti rejimləri “Soyuq Müharibə” dövrünün ağır, fiziki və sayıla bilən silah sistemləri (tanklar, raketlər) üçün dizayn edildiyindən, XXI əsrin proqram təminatına əsaslanan, işıq sürəti ilə işləyən və ikili təyinatlı komponentlərdən ibarət olan yönləndirilmiş enerji silahlarını tənzimləməkdə yetərsiz qalır. Bu struktur boşluq, dövlətləri “Təhlükəsizlik Dilemması (Security Dilemma)” spiralına sürükləyir: hər bir dövlət özünü ucuz dron sürülərindən qorumaq üçün lazer silahlarını inkişaf etdirməyə məcbur olur, lakin bu “müdafiə” xarakterli addım, qarşı tərəfdə yeni bir hücum potensialı kimi qəbul edilərək nəzarətsiz-tənzimlənməmiş silahlanma yarışını (unregulated arms race) tətikləyir.

Gələcək Tənzimləmə Arxitekturası üçün Təkliflər: Bu hissədə BMT-nin “Müəyyən Adi Silah Növlərinə dair Konvensiyası” (CCW - *Convention on Certain Conventional Weapons*) çərçivəsində Öldürücü Avtonom Silah Sistemləri (LAWS - *Lethal Autonomous Weapons Systems*) ilə bağlı dövlətlərin irəli sürdüyü yanaşma və sənədlərin BMT-nin Silahsızlanma

Tədqiqatları İnstitutu (*UNIDIR - United Nations Institute for Disarmament Research*) tərəfindən aparılmış müqayisəli təhlilindən irəli gələn əsas tənzimləmə elementləri ümumiləşdirilir [Anand & Puscas, 2023]. Xüsusilə vurğulamaq lazımdır ki, bu məqamları UNIDIR-in birbaşa “normativ tövsiyəsi” kimi deyil, daha çox dövlət mövqelərinin uzlaşdığı istiqamətlər və mümkün tənzimləmə variantları kimi şərh etmək daha doğrudur. Praktiki perspektivdən yanaşdıqda, “arxitektura” vahid bir maddədən ibarət deyil; o, qadağa və tənzimləmə dizaynı, insan nəzarəti, məsuliyyət, şəffaflıq və risklərin azaldılması mexanizmlərinin kompleks vəhdətidir.

İki-dayaqlı yanaşma (Qadağa + Tənzimləmə): Beynəlxalq Humanitar Hüquqa (*BHH / IHL - International Humanitarian Law*) uyğun tətbiqi mümkün olmayan sistemlərin qadağan edilməsi, IHL çərçivəsində istifadəsi mümkün olan sistemlərin isə müvafiq məhdudiyyətlər və qaydalarla tənzimlənməsi yanaşması geniş dəstək qazanmaqdadır [Anand & Puscas, 2023, s.14]. Bu model “ya tam qadağa, ya da tam sərbəstlik” dixotomiyasını (*ikiliyini*) yumşaltdığı üçün gələcək tənzimləmə arxitekturasında siyasi baxımdan ən real kompromis hesab olunur. Lakin qənaətimizə görə, əsas mübahisə sürətlə “iki dayaqlı” konseptinin özündən daha çox, “IHL-ə uyğun olmayan” kateqoriyasının hansı texniki-operativ meyarlarla (*məsələn, hədəf seçiminin sərhədləri, əməliyyat mühitinin mürəkkəbliyi, davranışın proqnozlaşdırılması*) müəyyən ediləcəyi müstəvisinə keçəcəkdir. Burada ən ciddi risk ondan ibarətdir ki, tənzimləmə mexanizmi həddən artıq elastik tərtib olunarsa, o, real əməliyyat məhdudiyyəti yaratmaqdan daha çox, kağız üzərində qalan formal çərçivəyə çevrilə bilər.

Qadağan edilə biləcək sistemlər üçün meyarlar: Təkliflərdə qadağa çərçivəsi əsasən fərqləndirmə qabiliyyətinə malik olmayan (*mülki şəxs və döyüşçü (əsgər, pilot və s.) arasında etibarlı ayırım apara bilməyən*), lazımsız əzab-ışğəncə verən, həddən artıq zərər riski yaradan və ya təsiri mahiyyətcə fərq qoymayan (*indiscriminate*) xarakterli sistemlər kimi meyarlara əsaslanır [Anand & Puscas, 2023, s.15]. Bu meyarların üstünlüyü onların IHL-in klassik prinsiplərinə söykənməsi və legitimlik probleminin nisbətən az olmasıdır. Lakin gələcək perspektivdə arxitekturanın effektivliyi həmin anlayışların “ölçülə bilən” tətbiq qaydalarına çevrilməsindən asılı olacaqdır. Hesab edirik ki, bu sahədə ən realist inkişaf yolu “ümumi qadağa”-dan daha çox, konkret “qırmızı xətt” tətbiq hallarının (*məsələn, sıx mülki mühitdə sistemin müstəqil hədəf seçimi*) dar çərçivədə müəyyənləşdirilməsi ola bilər. Çünki texnologiya inkişaf etdikcə həddən artıq geniş təriflər ya aktuallığını itirir, ya da mübahisələri daha da dərinləşdirir.

Tənzimləmənin əhatə dairəsi (yalnız istifadə deyil): Bəzi təkliflər tənzimləməni sadəcə “istifadə” ilə məhdudlaşdırmır; inkişaf, istehsal, yerləşdirmə və transfer (*ötürülmə*) kimi mərhələlərin də əhatə dairəsinə daxil edilməsini nəzərdə tutur [Anand & Puscas, 2023, s.16]. Arxitektura baxımından bu yanaşma riskin birbaşa “mənbəyinə” toxunduğu üçün məntiqlidir: hüquqi və etik risklər çox vaxt məhz dizayn, sınaq və tədarük zəncirində formalaşır. Bununla belə, qiymətləndirməmizə görə, siyasi baxımdan ən çətin mərhələ məhz transfer və istehsal məhdudiyyətləri ilə bağlıdır. Buna görə də, yaxın perspektivdə daha mümkün kompromis “istifadəyə dair sərt qaydalar + transfer üçün minimum standartlar və şəffaflıq” kombinasiyası ola bilər. Əks təqdirdə, razılaşma prosesi “texnoloji blokada” qorxusu səbəbindən dalana dirənə bilər.

İnsan nəzarəti (əsas tələblər): Sənəddə “insan nəzarəti”, “müvafiq/kafi insan nəzarəti” və “mənalı insan nəzarəti” (*MHC - Meaningful Human Control*) kimi anlayışlar müxtəlif terminlərlə ifadə olunsada da, tez-tez vurğulanan elementlər operatorun situasiyanı dərk etməsi, missiyanın məkan və zaman məhdudiyyətləri, hədəf və istifadə limitləri, eləcə də vaxtında müdaxilə və sistemi zərərsizləşdirmə (*deaktivasiya*) imkanlarıdır [Anand & Puscas, 2023, s.24-26]. Gələcək tənzimləmə arxitekturasında əsas dönüş nöqtəsi, fikrimizcə,

MHC-nin sadəcə bir “prinsip” olmaqdan çıxıb “minimum tələblər paketi”-nə çevrilməsidir (*hansı informasiya təminatı ilə operatorun situasiya anlayışı “kafi” hesab olunur, müdaxilə üçün hansı zaman pəncərəsi tələb edilir, deaktivasiya rejimi necə yoxlanılır, qərar tarixçəsi/izləri (audit trail) necə qeydə alınır və s.*). Burada ikili dilemma mövcuddur: həddən artıq konkretləşdirmə innovasiyanı ləngidə bilər, həddən artıq ümumiləşdirmə isə “kağız üzərində nəzarət” illüziyası yarada bilər.

Məsuliyyət və hesabatlılıq: Güc tətbiqi barədə qərarlara görə məsuliyyətin insanda qalması və hesabatlılığın maşınlara ötürülmə bilməməsi ortağ xətt kimi təqdim olunur; burada dövlət məsuliyyəti və komanda zəncirinin rolu xüsusi vurğulanır [Anand & Puscas, 2023, s.27]. Arxitektura baxımından bu sütun sistemin “dayaq nöqtəsi”-dir: məsuliyyət aydın deyilsə, nə qadağa, nə də tənzimləmə effektiv işləyəcək. Gələcəkdə real problem sadəcə “insan cavabdehdir” prinsipinin bəyan edilməsi deyil, məsuliyyətin əməliyyat boyunca necə bölüşdürülməsidir (*komandir - operator - sistem dizayneri - təsdiq mexanizmləri*). Bu bölgü xəritəsi dəqiq qurulmazsa, insidentlər zamanı məsuliyyət komanda zəncirində itə-anlaşılmaya bilər və nəticədə cəzanın çəkindiricilik funksiyası zəifləyər.

Etimad quruculuğu və şəffaflıq: Etimad Quruculuğu Tədbirləri (CBMs - Confidence-Building Measures) kontekstində milli siyasətlərin paylaşılması, qabaqcıl təcrübələrin mübadiləsi və könüllü şəffaflıq tədbirləri risklərin azaldılması və yanlış hesablamaların qarşısının alınması üçün tamamlayıcı mexanizmlər kimi göstərilir [Anand & Puscas, 2023, s.17; s.30]. Perspektiv baxımından CBMs çox vaxt razılaşmanın “ilkin mərhələsi” kimi daha asan qəbul olunur, çünki hüquqi bağlayıcılığı zəifdir. Lakin elə eyni səbəbdən onların zəif tərəfi də könüllü xarakter daşmasıdır. Hesab edirik ki, CBMs arxitekturalarda təkbaşına həll yolu kimi deyil, minimum texniki-inzibati infrastrukturun (*məsələn, insident bildirişi üçün standart formatlar, minimum məlumat kateqoriyaları*) bünövrəsi kimi qurularsa, daha faydalı olar. Əks halda bu, sadəcə simvolik jest səviyyəsində qala bilər.

Risklərin azaldılması tədbirləri (Risk Mitigasiyası): Təkliflərdə hədəf tipi və coğrafi limitlər, özünü-deaktivləşdirmə mexanizmləri, kiber-təhlükəsizlik şərtləri və operativ prosedurların gücləndirilməsi kimi risklərin azaldılması alətləri sadalanır [Anand & Puscas, 2023, s.30]. Gələcək arxitektura üçün bu hissə “texniki mühəndislik qatıdır”: hüquqi prinsiplər real əməliyyatlarda məhz bu məhdudiyyətlər vasitəsilə reallaşır. Yanaşmamıza görə, ən yaxın real inkişaf xətti kiber-təhlükəsizlik tələblərinin (*məsələn, təhlükəsiz yenilənmə, əlaqə kəsilməkdən davranış rejimi, sensorların aldadılmasına qarşı dayanıqlıq*) minimum standartlara çevrilməsi və bu mexanizmlərin test/audit vasitəsilə təsdiqlənməsidir. Çünki yoxlanılmayan risk-azaltma mexanizmi praktikada yalnız “iddia” olaraq qalır.

Etik narahatlıqlar: Etik müzakirələr insan ləyaqətinin qorunması, insan iradəsinin/subyektliliyinin (*human agency*) saxlanması və mənəvi məsuliyyətin aşınması riskləri üzərində cəmlənir; bəzi yanaşmalar Tədqiqat və İnkişaf (*R&D - Research and Development*) mərhələsində müstəqil etik ekspertizaları dəstəkləyir [Anand & Puscas, 2023, s.30-31]. Gələcək tənzimləmə arxitekturasında etik komponentin real təsiri, fikrimizcə, onun sadəcə bir “dəyər bəyanatı” kimi qalmasından yox, konkret idarəetmə proseduruna çevrilməsindən asılıdır: müstəqil etik baxış, maraqların toqquşması qaydaları, sınaq ssenarilərində mülki risklərin qiymətləndirilməsi kimi mexanizmlər etik müzakirəni qərarvermə prosesinə inteqrasiya edir. Əks halda, etik hissə sadəcə formal xarakterli bir prosedura (*example: box-checking*) kimi işləyərək real seçimlərə təsir etməyə bilər.

Açıq qalan əsas mübahisələr: Hüquqi sənədin məcburi xarakter daşıyıb-daşımaması, LAWS-ın tərif/əhatə dairəsi və Maşın Öyrənməsi (*ML - Machine Learning*) kimi adaptiv yanaşmaların hüquqi ekspertiza (*legal review*) və risk idarəetməsinə təsiri üzrə yekdil mövqe formalaşmayıb [Anand & Puscas, 2023, s.14-17, 21-22, 29]. Bu mübahisələr əslində “arxitekturanın gələcək formasını” müəyyən edir: əgər sənədin hüquqi bağlayıcılığına nail

olmaq çətin olarsa, ən real nəticə mərhələli və modul yanaşma (*əvvəlcə prinsiplər və standartlar, daha sonra dar sahəli bağlayıcı müddəalar*) ola bilər. ML kontekstində isə “bir dəfəlik hüquqi yoxlama” yanaşması aktuallığını itirdiyi üçün gələcəkdə yenilənmə və yeni istifadə şəraiti kimi “təkrar yoxlama tətikləyicilərinin (*re-review triggers*)” tənzipləmənin mərkəzinə gətirilməsi daha məntiqli görünür. Bunun zəif tərəfi odur ki, dövlətlər məxfilik və resurs çatışmazlığı səbəbindən bu mexanizmləri formal saxlayıb, prosesi dərinləşdirməyə bilərlər.

Burada qeyd edə bilərik ki, UNIDIR (2023) resurs sənədində “Human-in-the-Loop (*HITL*) / Human-on-the-Loop (*HOTL*) / Human-out-of-the-Loop (*HOTOL*)” taksonomiyası, Pilotsuz Hava Aparatlarının (PUA) sürü və çəki əsasında hüquqi təsnifatı, eləcə də Döyüş İstifadə Qaydaları (*ROE - Rules of Engagement*) çərçivəsində lazer silahlarına dair “anti-material vs anti-personal” qaydaları haqqında məlumatlar (*konkret olaraq*) demək olar ki, qeyd edilməmişdir.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz informasiyalara əlavə olaraq, gələcək arxitekturanın real effektivliyi üçün aşağıdakı üç kritik strateji boşluğun nəzərə alınmasını zəruri hesab edirik:

Verifikasiya (Yoxlama) Dilemması: Fiziki silahlardan fərqli olaraq, avtonom sistemlərdə əsas funksionallıq proqram təminatına (software) əsaslanır. Nüvə obyektlərini və ya tankları peykdən izləmək mümkündürsə, bir PUA-nın havada olarkən “avtonom” yoxsa “uzaqdan idarə olunan” rejimdə uçduğunu, yaxud onun kodunun BHH-ə uyğun olub-olmadığını kənardan təyin etmək demək olar ki, qeyri-mümkündür. Xüsusilə “qara qutu (*black box*)” alqoritmlərinin istifadəsi beynəlxalq müfəttişlərin sistemin qərarlarını audit etməsini faktiki olaraq imkansızlaşdırır. Bu texniki qeyri-şəffafliq gələcək müqavilələrin etibarlılığını (*verification regime*) ciddi şübhə altına alan ən böyük maneədir.

Geosiyasi Fraqmentasiya: Tənzipləmə arxitekturasındakı müşahidə olunan “elastiklik” təsadüfi deyil. Bu, ABŞ, Rusiya və Çin kimi əsas hərbi güclər (*Major Military Powers*) ilə sərt humanitar tərksilah tərəfdarı olan dövlətlər arasındakı dərin strateji uçurumun birbaşa nəticəsidir. Böyük güclərin texnoloji üstünlüyü qorumaq üçün “strateji qeyri-müəyyənlik” saxlamaq istəyi, hüquqi mətnin konkretliyini zəiflədən əsas faktordur.

Sürət Faktoru və “Hipermüharibə (Hyperwar)”: Məqaləmizin əsas müzakirə obyektlərindən olan lazer silahları və hipersəsli sistemlər kontekstində “zaman” amili həlledicidir. Biz “insan nəzarəti” tələb etsək də, işıq sürəti ilə işləyən lazer sistemlərində və saniyələr içində nəticə verən döyüşlərdə insanın qərarvermə dövrəsi (*OODA loop*) fiziki olaraq hadisələrin gedişatından geri qalır. Bu reallıq diktə edir ki, gələcəkdə “anlıq insan nəzarəti” tələbi praktikada qaçılmaz olaraq yalnız “insan tərəfindən əvvəlcədən proqramlaşdırılmış limitlər” şəklinə transformasiya olunacaqdır.

Nəticə etibarilə, UNIDIR (2023) təhlilindən çıxarmış olduğumuz ümumi mənzərə onu göstərir ki, gələcək tənzipləmə arxitekturası sadə qadağa mexanizmindən daha çox, “qadağa və idarəetmənin hibrid modeli”-nə doğru təkamül edir. Dövlətlərin yanaşmasında ağırlıq mərkəzi texnologiyanın özünü (*hardware*) məhdudlaşdırmaqdan, insan-maşın qarşılıqlı əlaqəsini (*human-machine interaction*) tənzipləməyə keçmişdir. Bu arxitekturanın uğuru isə “Mənalı İnsan Nəzarəti (*MHC*)” prinsipinin mücərrəd etik anlayışdan çıxarılıb, ölçülə bilən operativ standartlara və yoxlanıla bilən texniki protokollara çevrilməsindən asılı olacaqdır. Əks halda, yaradılan hüquqi çərçivə texnoloji reallıqdan geri qalaraq yalnız diplomatik konsensus sənədi olaraq qalma riski daşıyır.

13. Empirik yanaşma və ya case-study

Rusiya-Ukrayna Müharibəsi: Konvensional HHM sistemlərinin “ifrat yüklənmə” (saturation) böhranı. Əvvəlki bölmələrdə qeyd etdiyimiz statistik göstəricilərin (*illik 1 milyon FPV istehsal hədəfi və yüksək şəxsi heyət itkiləri*) əyani təzahürü olan bu müharibə, müasir Hava Hücümündən Müdafiə (*HHM*) arxitekturasının ən ciddi zəifliyini - “sursat

dəriniyi” (*magazine depth*) problemini - aşkara çıxardı [Dysa, 2023; Dysa, 2024]. Kinetik önləyici raketlərin (*interceptor missiles*) fiziki sayı məhdud olduğu halda, hücum edən dron sürülərinin sayı potensial olaraq qeyri-məhduddur [Bergen e.t., 2020; Hammes, 2016]. Bu asimetriya, HHM sistemlərinin ifrat yüklənmə - “saturasiya” riski ilə üzləşməsini şərtləndirir (*HHM sistemləri dronların hamısını zərərsizləşdirə bilmir*) [NATO Science and Technology Organization, 2023].

Yaranmış bu operativ dalandan çıxış yolu kimi, genişmiqyaslı Lazer HHM şəbəkəsinin inteqrasiyası yeganə rəşional həll variantı olaraq görünür [Gunzinger, 2012; Sayler vd., 2024]. Nəzəri cəhətdən lazer sistemləri “limitsiz atəş” imkanı təqdim edərək, cəbhə xəttindəki qüvvələr balansını bərpa edə biləcək hipotetik “oyun dəyişdirici” (*game-changer*) vasitə kimi qiymətləndirilir [Kopp, 2008; O'Rourke, 2015]. Lakin hazırda hər iki tərəfin (*istər Rusiyanın “Zadira”, istərsə də Qərbin tədarük etməyi planlaşdırdığı sistemlər*) məhdud lazer tətbiqi, bu texnologiyanın atmosfer şərtləri və enerji təminatı kimi texniki maneələri hələ də tam aradan qaldıra bilmədiyini göstərir [Dysa, 2024; Barotte, 2025].

Rusiya-Ukrayna müharibəsi kontekstində strateji zərurət təkcə fiziki amillərlə deyil, həm də iqtisadi asimetriya ilə bağlı olduğunu vurğulamaq lazımdır. Eyni zamanda bahalı kinetik önləyicilərin (*məsələn, “Patriot” və ya S-300 raketlərinin*) nisbətən ucuz dronlara (*məsələn, “Shahed” tipli*) qarşı istifadəsi müdafiə olunan tərəf üçün “xərc mübadiləsi nisbəti”-ndə (*cost-exchange ratio*) dözülməz disbalans yaradır [Rumbaugh, 2024]. Məhz bu səbəb, gələcək HHM arxitekturasında lazerlərin kinetik sistemləri tam əvəz edən vasitə kimi deyil, onları tamamlayan “hibrid müdafiə arxitekturası” kimi inteqrasiya olunmasının qaçılmaz zərurət olduğunu bir daha sübut edir (*aydın havalarda və yaxın məsafədə aşağı xərcli lazerlər, mürəkkəb hava şəraitində və uzaq məsafədə isə kinetik raketlər*).

Qırmızı Dəniz Əməliyyatları: Xərc Asimetriyası və Dəniz Lazer Sistemləri: Xərc Asimetriyası və Dəniz Lazer Sistemləri: İqtisadi asimetriya və dəniz təhlükəsizliyi. Husilərin Qırmızı dənizdəki ticarət və hərbi gəmilərə qarşı hücumları, müasir münaqişələrin iqtisadi asimetriyasını ən kəskin şəkildə nümayiş etdirir [Rumbaugh, 2024]. Strateji və Beynəlxalq Araşdırmalar Mərkəzinin (CSIS) təhlillərinə görə, ABŞ Hərbi Donanması dəyəri təxminən 2 milyon dollarlıq “SM-2 (*Standard Missile-2*)” raketini istifadə edərək, dəyəri cəmi 2.000 ABŞ dolları olan (*bəzi “Samad” və “Qasef” tipli modellər üçün 10.000-20.000 ABŞ dolları aralığında olan*) Husilərə məxsus dronları zərərsizləşdirmişdir [Rumbaugh, 2024]. Bu rəqəmlər ən kəskin xərc asimetriyasını əks etdirir: bir dron vurmaq üçün 1.000 dəfə daha bahalı raket istifadə olunmuşdur.

Bu strateji boşluq, dəniz platformalarında yüksək enerjili lazer sistemlərinin (*məsələn, ABŞ-in HELIOS, Britaniyanın DragonFire*) inteqrasiyasını sürətləndirən əsas faktordur [O'Rourke, 2015; Sayler et al., 2024]. Lazerlər, bir atəş üçün tələb olunan minimal enerji xərci ilə bu iqtisadi disbalansı aradan qaldırmaq potensialına malikdir. Britaniyanın “DragonFire” sistemi özəllikdə ucuz operasyon xərcələri ilə fərqlənir - əlaqəli hesabatlar göstərir ki, hər atəş cəmi 10 funt sterlinqə (*təxminən 12-13 ABŞ dolları*) başa gəlir, bu da 1,5 milyon funt sterlinq (*≈ 2 milyon ABŞ dolları*) dəyərinəki ənənəvi raketlərlə müqayisə edildiyi zaman kəskin asimetriya göstərir [Sengupta, 2024]. Eyni zamanda qeyd etmək lazımdır ki, Türkiyənin milli lazer silahları sistemi ARMOL və ASELSAN-ın Lazer Savunma Sistemi (*LSS*) də eyni prinsip əsasında dizayn olunmuş, uzun müddət atəş imkanı və minimal enerji xərci ilə dron sürülərinin qarşısını almaq üçün nəzərdə tutulmuş sistemlərdir [Savunma Sanayi, 2021; TSKGV, 2025]. Bu cür lazer sistemlərinin genişmiqyaslı istifadəsi, müasir hava müdafiə arxitekturasında əsas transformasiya yaratmış və dron-dəfə əməliyyatlarında yeni bir tarazlıq mövcudluğu yaratmış sistemdir [Gunzinger, 2012; Kopp, 2008].

Səudiyyə Ərəbistanı: Kritik İnfrastrukturun Müdafiəsi və “Silent Hunter” Presedenti: Lazer silahlarının sadəcə nəzəri konsepsiya deyil, real tətbiq sahəsi olduğunu sübut edən ən konkret empirik nümunələrdən biri də Səudiyyə Ərəbistanının təcrübəsidir [U.S. Army Operational Environment Watch, 2022]. Yəmən husilərinin 14 sentyabr 2019-cu ildə “Abqaiq” və “Khurais” neft emalı zavodlarına (Saudi Aramco) qarşı həyata keçirdiyi dron hücumları, dövlətləri strateji enerji infrastrukturunu qorumaq üçün alternativ müdafiə vasitələri axtarmağa sövq etmişdir [Abqaiq-Khurais attack, 2019; U.S. Army Operational Environment Watch, 2022]. Bu hücumda 18 dron və 7 raketdən istifadə olunmuş, nəticədə gündəlik 5.7 milyon barel neft istehsalı dayandırılmışdır [Saudi Aramco, 2019].

Beynəlxalq müdafiə nəşrlərinin (məsələn, *Jane's Defence Weekly*) hesabatlarına və açıq mənbəli kəşfiyyat məlumatlarına əsasən, Səudiyyə Ərəbistanı bu təhdidlərə cavab olaraq Çin istehsalı olan “Silent Hunter” (30-100 kVt) lazer sistemlərini idxal etmiş və real döyüş şəraitində tətbiq etməyə başlamışdır [U.S. Army Operational Environment Watch, 2022]. “Poly Technologies” şirkəti tərəfindən hazırlanan “Silent Hunter”, fiber-optik lazer texnologiyasına əsaslanan anti-dron silahıdır və Səudiyyə Ərəbistanı ordusunun arsenalına ən azı 8 ədəd bu sistem daxil edilmişdir [Silent Hunter, 2018]. Sistemlər 30-100 kVt gücündə olub, 4 kilometrə qədər effektiv təsir məsafəsinə malikdir [Jane's Defence Weekly, 2017].

Bununla belə, son dövrün analitik hesabatları bu sistemlərin səhra şəraitində ciddi operativ məhdudiyətlərlə üzləşdiyini ortaya çıxarmışdır. Mənbələrə görə, bir dronun zərərsizləşdirilməsi prosesində fasiləsiz şüalanma tələbi (*bəzi hallarda 15-30 dəqiqəyə çatan əməliyyat dövrü*), qum və toz hissəciklərinin optik izləməni pozması (“*blooming*” effekti) və şiddətli istilik səbəbindən sistem enerjisinin böyük hissəsinin soyutmağa sərf olunması effektivliyi azaldan amillərdir [Defense Mirror, 2025; Defense Blog, 2025]. Praktikada Səudiyyə Ərəbistanının “SkyShield” inteqrasiyasında lazer sisteminin təkbaşına deyil, elektron müdafiə vasitələri (*J1101 counter-drone jamming - J1101 dron əleyhinə signal pozucu*) ilə kombinasiyalı istifadəsinin daha uğurlu olduğu müşahidə edilmişdir. Bu kontekstdə Səudiyyə Ərəbistanı “Case-Study”-si həm də Yönləndirilmiş Enerji Silahları (DEW) üçün “coğrafi determinizm” problemini aktuallaşdırır. Təcrübə göstərir ki, gələcək lazer sistemlərinin inkişaf trayektoriyası sadəcə enerji gücünün (*kVt*) artırılmasına deyil, sərt iqlim şərtlərində şüanın fokuslanmasını təmin edən “adaptiv optika” (*adaptive optics*) və “atmosfer kompensasiyası” texnologiyalarının təkmilləşdirilməsinə fokuslanmalıdır.

Əvvəlki “case-study”-lərin müqayisəli təhlili onu deməyə əsas verir ki, müasir hərbi əməliyyatlarda “hücum və müdafiə arasındakı iqtisadi və fiziki balans” dronların xeyrinə köklü şəkildə pozulmuşdur. Ukrayna nümunəsi “kəmiyyət, doyma (*saturation*)”, Qırmızı dəniz nümunəsi “məliyyə (*cost-asymmetry*)”, Səudiyyə Ərəbistanı təcrübəsi isə “texnoloji məhdudiyətlər (*technological constraints*)” faktorlarını ön plana çıxarır. Bu empirik reallıqlar bir daha sübut edir ki, yalnız kinetik önləyici raketlərə əsaslanan ənənəvi Hava Hücumundan Müdafiə arxitekturası artıq öz dayanıqlılığını itirmişdir. Nəticə etibarilə, gələcəyin müdafiə doktrinaları vahid həll yolundan imtina edərək, kinetik raketlərin (*strateji hədəflər üçün*), lazer silahlarının (*kütləvi ucuz təhdidlər üçün*) və elektron müdafiə sistemlərinin vəhdətini təşkil edən “Hibrid və Çoxqatlı Müdafiə Arxitekturası (*Hybrid Multi-Layered Defense Architecture*)”-na keçidi strateji imperativ kimi qəbul etməlidir.

HƏMAS: Dəmir Qübbə (Iron Dome) Statistikası: ƏMAS qruplaşması, xüsusilə 2021-ci il münaqişələri zamanı İsrailin Hava Hücumundan Müdafiə (HHM) sistemini iflic etmək məqsədilə Qəzza zolağından qısa zaman intervalında minlərlə raket buraxaraq kütləvi “saturasiya” (ifrat yüklənmə) taktikasına əl atmışdır [Shaw, 2005]. 2021-ci ilin may ayında (11-21 may “*Divarların Mühafizəsi Əməliyyatı (Operation Guardian of the Walls)*”) baş

verən toqquşmalar zamanı İsrail ərazisinə 4,300-dən çox raket atılmış və ilk 24 saat ərzində isə bu rəqəm 470 təşkil etmişdir [JINSA, 2021, s.10, 11, 32].

“Dəmir Qübbə” sistemi, təhlükə dərəcəsini hesablayan qabaqcıl alqoritmləri sayəsində bütün hədəfləri deyil, yalnız yaşayış məntəqələrinə düşmə ehtimalı olan raketləri prioritetləşdirərək, 2021-ci il münaqişələrində 90%-lik effektivlik göstəricisini qoruyub saxlaya bilmişdir [JINSA, 2021, s.10-11]. Statistik təhlilə əsasən, həmin əməliyyatda Qəzzadan ümumilikdə 4455-dən çox sursatdan 3517-si İsrail ərazisinə keçmişdir (3525 raket və 930 minaatan mərmisi); bunlardan “hədəfə yönəlmiş (*on target*)” hesab edilən 1750 sursatın (*raket yaxud minaatan mərmisinin*) təxminən 1600-ü “Dəmir Qübbə (*Iron Dome*)” tərəfindən zərərsizləşdirilmiş, qalanları isə yaşayış olmayan ərazilərə düşmüşdür [JINSA, 2021, s.32]. Bu rəqəm, yaşayış məntəqələrini hədəfləyən ümumi təhdidlərin 90%-nə müvafiq gəlir [JINSA, 2021, s.32].

Lakin sistem ən ciddi sınağını 2023-cü il 7 oktyabr hücumunda yaşamışdır. İsrail hərbi təhqiqatının (*military inquiry*) nəticələrinə əsasən, hücumun ilk 4 saati ərzində HƏMAS tərəfindən buraxılan 3,700 raketin təxminən yarısı müdafiə sistemindən keçməyə müvəffəq olmuşdur [Tollast, 2025]. Araşdırmalar göstərir ki, effektivliyin 90%-dən 50%-ə düşməsinin əsas səbəbi texniki nasazlıq deyil, sursat tutumu (*magazine depth*) və logistik çatışmazlıq olmuşdur. Belə ki, hər bir “Dəmir Qübbə” batareyası yenidən yüklənmədən yalnız 20 ədəd “Tamir” tutucu raketini (*interceptor*) atmaq qabiliyyətinə malikdir. Həmin gün logistik qrupların pusquya düşməsi və yaranan təhlükəsizlik riskləri səbəbindən, ehtiyatı bitən batareyaların yenidən doldurulması qeyri-mümkün olmuşdur [Tollast, 2025]. Bu fakt sübut edir ki, saturasiya hücumları HHM sistemlərini yalnız aldatmaqla deyil, onların fiziki raket ehtiyatını sürətlə tükətməklə (*exhausting interceptors*) sıradan çıxara bilər.

Nəticə olaraq bu dörd empirik nümunənin (*Ukrayna, Qırmızı dəniz, Səudiyyə Ərəbistanı və İsrail*) kəşfiyyəti ortaq strateji məxrəc ondan ibarətdir ki, müasir hava təhdidləri artıq sadəcə bir “texnoloji yarış” deyil, həm də kritik bir “logistik və iqtisadi dözümlülük” sınağıdır. İsrail nümunəsindəki fiziki tükənmə (*magazine depth*), Qırmızı dənizdəki maliyyə asimetrisi və Səudiyyə Ərəbistanındakı ətraf mühit amilləri, ənənəvi kinetik sistemlərin təkbaşına yetərsizliyini qəti şəkildə təsdiqləyir. Mövcud realıq təkrardan sübut edir ki, gələcək Hava Hücumundan Müdafiə arxitekturasının dayanıqlılığı ayrı-ayrı “mücəzəli silahlar”-dan yox, kinetik tutucuların (*strateji hədəflər üçün*), lazer silahlarının (*ucuz və kütləvi hücumlar üçün*) və elektron müharibə vasitələrinin vahid və tamamlayıcı “Hibrid Ekosistem” halında inteqrasiyasından asılı olacaqdır.

Dronların daxil olduğu digər beynəlxalq insidentlər (ümumi olaraq/2020-ci ilə qədər): Tarixçə və inkişaf. Pilotsuz uçuş aparatlarının beynəlxalq münaqişələrdəki rolunun təkamülü və lazer əsaslı müdafiə sistemlərinin meydana çıxması müasir hərbi-siyasi dinamikanın əsas xarakteristikalarından biridir. Bu texnoloji transformasiyanın anlaşılması üçün son iyirmi ilin kritik hadisələrini iki əsas mərhələdə nəzərdən keçirmək zəruridir.

I.Erkən Dövr (2002-2019): Texnologiyanın Formalaşması və İlk Münaqişələr: Gettinger [2019] öz fundamental tədqiqatında PUA-ların beynəlxalq münaqişələrə daxil olmasının ilk mərhələsini sistemli şəkildə sənədləşdirir. Bu dövr ərzində dronlar əsasən kəşfiyyat, müşahidə və seçici zərbələr üçün istifadə olunmuş, lakin hələ münaqişənin əsas elementi halına gəlməmişdir: ● Dekabr 2002: İraq hərbi təyyarələri ABŞ-a məxsus “Predator” tipli PUA-nı zərərsizləşdirir - ilk PUA-ya qarşı hava döyüşü halı, ● Avqust 2006: İsrail İran istehsalı olan PUA-nı zərərsizləşdirir - regional rəqabətdə PUA faktorunun ilk təzahürü, ● Aprel 2008: Rusiya müharibə ərəfəsində Gürcüstana məxsus “Hermes 450” tipli PUA-nı zərərsizləşdirir - PUA-ların strateji kəşfiyyat vasitəsi kimi qiymətləndirilməsi, ● Mart 2009: ABŞ İraq ərazisində İrana məxsus PUA-nı zərərsizləşdirdiyini bəyan edir - regional nüfuz mübarizəsində PUA amili, ● Dekabr 2011: İran Əfqanıstandan gələn və

casusluq missiyasını yerinə yetirən ABŞ-a məxsus RQ-170 PUA-sını ələ keçirdiyini bildirir - qabaqcıl texnologiyanın ələ keçirilməsi və sürətli proliferasiya riski, ● Fevral 2013: Pakistan ABŞ-ın həyata keçirdiyi dron zərbələrini ölkənin suverenliyinin pozulması kimi qiymətləndirir - PUA istifadəsinin beynəlxalq hüquqi problemləri, ● 2014: ABŞ Hərbi Dəniz Qüvvələri “LaWS” (Laser Weapon System) sistemini USS Ponce gəmisində yerləşdirərək ilk dəniz əsaslı lazer silahını tətbiq edir - DEW texnologiyasının laboratoriyadan real tətbiqə keçid nöqtəsi, ● Oktyabr 2015: Türkiyə Suriya sərhədi yaxınlığında Rusiyaya aid olduğu ehtimal edilən PUA-nı zərərsizləşdirdiyini açıqlayır - böyük güclər arasında PUA insidentlərinin artması, ● May 2017: Yapon qırıcıları mübahisəli adalar üzərində Çinə məxsus PUA-nın hava məkanına müdaxiləsinə reaksiya göstərir - Sakit Okean regionunda PUA əsaslı gərginlik, ● May-İyun 2017: ABŞ qırıcıları Suriya səmasında İrana məxsus iki ədəd “Shahed-129” PUA-sını zərərsizləşdirir - Yaxın Şərqdə silahlı PUA-ların aktiv istifadəsi, ● İyun 2017: Şimali Koreyaya məxsus PUA Cənubi Koreya ərazisində qəzaya uğrayır - Koreya yarımadasında PUA təhlükəsi, ● İyun 2017: Pakistan Bəlucistan regionunda İrana məxsus PUA-nı zərərsizləşdirir - regional sərhəd münaqişələrində PUA istifadəsi, ● Dekabr 2017: Hindistana məxsus “Heron” tipli PUA Çin sərhədindəki mübahisəli ərazi yaxınlığında qəzaya uğrayır - Hindistan-Çin gərginliyində PUA faktoru, ● Dekabr 2017: ABŞ İrani Husi üsyançıları PUA-larla təchiz etməkdə ittiham edir - qeyri-dövlət aktorlarının PUA əldə etməsi problemi, ● Fevral 2018: İsrail Qolan Təpələri üzərində İrana məxsus PUA-nı zərərsizləşdirir - İran-İsrail proxy münaqişəsində PUA istifadəsi, ● İyul 2018: İsrail Suriya sərhədində Rusiyaya məxsus PUA-nı zərərsizləşdirir - böyük güclərlə kiçik dövlətlər arasında PUA insidenti riski, ● Sentyabr 2019: Səudiyyə Ərəbistanının Abqaiq və Khurais neft emalı obyektlərinə 18 dron və 7 raketlə hücum həyata keçirilir, nəticədə gündəlik 5.7 milyon barel neft istehsalı dayandırılır - kritik infrastruktura qarşı PUA istifadəsinin ən böyük və ən təsirli nümunəsi, qlobal enerji təhlükəsizliyinə bilavasitə təhdid [[Saudi Aramco, 2019](#); [Abqaiq-Khurais attack, 2019](#)], ● İyun 2019: İran Oman körfəzində ABŞ-a məxsus “Global Hawk” PUA-sını zərərsizləşdirir - böyük dəyərli kəşfiyyat PUA-sının itirilməsi və beynəlxalq gərginlik, ● İyul 2019: ABŞ Fars körfəzində İrana məxsus PUA-nı zərərsizləşdirir [[Gettinger, 2019, s.25](#)].

II.Transformasiya Dövrü (2020-2025): Strategik Zərurətə Çevrilmə və Müdafiə Paradigmasının Dəyişməsi: 2020-ci ildən etibarən PUA-lar və onlara qarşı müdafiə sistemləri münaqişələrin təkcə köməkçi elementi deyil, əsas strateji vasitəsinə çevrilir. Bu dövr eyni zamanda lazer əsaslı müdafiə sistemlərinin real döyüş şəraitində tətbiqinin başlanğıcını qeyd edir. Tədqiqat çərçivəsində müəyyən edilən kritik hadisələr aşağıdakılardır:

A) PUA Hücumlarının Kütləviləşməsi və Saturasiya Taktikası: ● 2020 (Sentyabr-Noyabr): İkinci Qarabağ Müharibəsində PUA-ların döyüşün əsas elementi kimi istifadəsi, eyni zamanda Ukrayna və Yəmən kimi münaqişələrdə PUA-ların standart döyüş alətinə çevrilməsi strateji zərurət formalaşdırır. Bu münaqişələr PUA-ların artıq opsional deyil, zəruri hərbi vasitə olduğunu təsdiqləyir [[SIPRI, 2022](#); [Davis, 2022](#)], ● May 2021: HƏMAS Qəzza zolağından 11-21 may tarixləri arasında 4.300-dən çox raket buraxaraq “Dəmir Qübbə” sisteminə qarşı kütləvi saturasiya taktikasını tətbiq edir. Sistem prioritetləşdirmə alqoritmi sayəsində yaşayış məntəqələrinə yönələn təhdidlərin 90%-ni zərərsizləşdirsə də, bu hadisə HHM sistemlərinin sursat məhdudiyyətini və yenidən yükləmə problemini ilk dəfə kütləvi şəkildə sınağa çəkir [[JINSA, 2021](#)], ● 2022-2024: Ukrayna-Rusiya müharibəsində FPV dronların kütləvi istifadəsi başlayır və günlük yüzlərlə dron itkiləri qeydə alınır. Bu, “sərfəli istehlak” konsepsiyasının real təzahürü və ənənəvi HHM sistemlərinin saturasiya qarşısında acizliyinin ən aydın sübutu olur [[Dysa, 2023](#); [Dysa,](#)

2024; Barotte, 2025], ● Dekabr 2023: Ukrayna “doymur” taktikası çərçivəsində 2024-cü il üçün 1 milyon ədəd FPV dron istehsalını hədəflədiyini açıqlayır. Bu rəqəm PUA istehsalının sənaye miqyasına çatdığını və müdafiə sistemlərinin kəmiyyət baxımından üstələnməsinin qaçılmaz olduğunu göstərir [Dysa, 2023; Harper, 2025], ● Oktyabr 2023: İsrail-HƏMAS münaqişəsində 7 oktyabr hücumu zamanı “Dəmir Qübbə” sisteminin effektivliyi ilk 4 saatda 90%-dən 50%-ə düşür. Təhqiqatlar göstərir ki, səbəb texniki nasazlıq deyil, sursat tutumunun tükənməsi və logistik çatışmazlıqdır - hər batareyaya yalnız 20 raket daşıyır və yenidən doldurma mümkün olmur. Bu hadisə saturasiya taktikasının HHM sistemlərini yalnız aldatmaqla deyil, fiziki ehtiyatlarını tükətməklə sıradan çıxara biləcəyinin ən ciddi sübutudur [Tollast, 2025].

B) Lazer Sistemlərinin Real Döyüş Tətbiqi: ● Mart 2022: Səudiyyə Ərəbistanı Çin istehsalı olan “Silent Hunter” (30-100 kVt) lazer sistemi ilə husilərə məxsus 13 ədəd PUA-nı uğurla zərərsizləşdirərək dünyada ilk rəsmi və sənədləşdirilmiş lazer döyüş tətbiqini gerçəkləşdirir. Bu hadisə lazer silahlarının nəzəri konsepsiyadan praktik müdafiə vasitəsinə keçidinin rəsmi başlanğıcıdır [Jane's Defence Weekly, 2017; U.S. Army Operational Environment Watch, 2022], ● May 2022: Rusiya Ukrayna cəbhəsində dronları 5 km məsafədən fiziki məhv edən “Zadira” lazer kompleksini sınaqdan keçirdiyini bəyan edir. Sistemin real döyüş effektivliyi mübahisəli olsa da, böyük güclərin lazer texnologiyalarını aktiv inkişaf etdirdiyini təsdiqləyir [Dysa, 2023; Barotte, 2025], ● Yanvar 2024: Böyük Britaniya “DragonFire” lazer silahını hava hədəflərinə qarşı uğurla sınaqdan keçirir və gəmilərə inteqrasiya tarixini 2027-ci ilə çəkir. Sistemin bir atəşinin təxminən 10 funt sterlinq (≈13 USD) dəyərində olması iqtisadi səmərəliliyi nümayiş etdirir və 1.5 milyon funt sterlinq dəyərindəki ənənəvi raketlərlə kəskin kontrast yaradır [Əliyeva, 2025b; Sengupta, 2024], ● Yanvar 2025: İran dövlət mediası Fordow nüvə zənginləşdirmə obyektinin mühafizəsi üçün “Seraj” adlı lazer əsaslı HHM sisteminin işə salındığını və nümayiş etdirildiyini bildirir. Bu, regional güclərin də lazer texnologiyalarına çıxışının genişləndiyini və proliferasiyanın sürətləndiyini göstərir [Press TV, 2025], ● 2025 (Proqnoz/Sınaq): İsrail Hərbi Hava Qüvvələri “çoxqatlı hava müdafiə şəbəkəsi” daxilində RAFAEL istehsalı olan yüksək enerjili lazer prototiplərini (ehtimal ki, “Iron Beam” - 100 kVt) real təhdidlərə qarşı tətbiq edir. Bu, lazer sistemlərinin kinetik raketlərlə inteqrasiya olunaraq hibrid müdafiə arxitekturası yaratmasının ilk tam miqyaslı nümunəsi olaraq qiymətləndirilir [Pettyjohn & Campbell, 2025].

C) İqtisadi Asimmetriya və Xərc-Mübadilə Paradoksu: ● 2023: ABŞ Hərbi Dəniz Qüvvələri Qırmızı dənizdə Husilər tərəfindən buraxılan və təqribi dəyəri 2.000 ABŞ dolları olan dronlara qarşı hər biri 2 milyon dollar dəyərində olan SM-2 (Standard Missile-2) tutucu raketlərindən istifadə etmək məcburiyyətində qalır. Bu 1:1000 nisbətində xərc asimmetriyası müdafiə olunan tərəf üçün dözülməz iqtisadi yükə çevrilir və “xərc-mübadilə nisbəti” paradoksunu ən kəskin formada nümayiş etdirir [Rumbaugh, 2024].

Bu bölməyə analitik yekun olaraq qeyd edə bilərik ki, təqdim olunan xronologiyanın komparativ təhlili göstərir ki, PUA texnologiyaları 2002-2019-cu illərdə əsasən taktiki kəşfiyyat, müşahidə və seçici zərbələr üçün istifadə olunan köməkçi vasitə kimi fəaliyyət göstərirdi. Hadisələrin tezliyi və coğrafi əhatəsi məhdud idi, mərkəzi aktorlar isə əsasən böyük güclər (ABŞ, Rusiya, Çin, İsrail) idi. 2020-ci ildən etibarən isə köklü paradigma dəyişikliyi baş vermişdir. PUA-lar kütləvi saturasiya vasitəsinə çevrilmiş, qeyri-dövlət aktorlar və orta səviyyəli güclər bu texnologiyaya geniş çıxış əldə etmişdir. İkinci Qarabağ Müharibəsi, Ukrayna-Rusiya münaqişəsi və Qəzza toqquşmaları göstərdi ki, PUA-lar artıq döyüşün nəticəsini müəyyənləşdirən əsas vasitəyə çevrilmişdir. Paralel olaraq, lazer əsaslı müdafiə sistemləri 2022-ci ildən etibarən laboratoriya mühitindən real döyüş şəraitinə keçid etmiş və beynəlxalq təhlükəsizlik paradigmasının yenidən formalaşmasına səbəb olmuşdur.

Silent Hunter-in 2022-ci ildə ilk döyüş tətbiqi, DragonFire-ın 2024-cü ildə uğurlu sınaqları və İsrailin Iron Beam sisteminin 2025-ci ildə real təhdidlərə qarşı istifadəsi, lazer texnologiyalarının nəzəri mərhələdən operativ tətbiqə keçidini tamamlamışdır. Xüsusilə yenidən qeyd etmək lazımdır ki, 2023-2025-ci illər iqtisadi asimmetriya probleminin kəskinləşdiyi və hibrid müdafiə arxitekturalarının zərurətinin aydınlaşdığı dönüm nöqtəsi olaraq qiymətləndirilməlidir. Qırmızı dəniz hadisəsində nümayiş olunan 1:1000 xərc nisbəti, Ukrayna cəbhəsində müşahidə olunan günlük yüzlərlə dron itkisi və “Dəmir Qübbə”-nin 7 oktyabr hücumunda [Tollast, 2025] sursat tükənməsi səbəbindən effektivliyinin 50%-ə düşməsi bir həqiqəti aşkar edir: ənənəvi kinetik HHM sistemləri təkbaşına artıq dayanıqlı deyildir. Nəticə etibarilə, 2002-2025-ci illər aralığında PUA-ların taktiki vasitədən strategik zərurətə, lazer sistemlərinin isə laboratoriya konseptindən döyüş platformasına transformasiyası baş vermişdir. Bu dual texnoloji təkamül bizə təkrardan göstərir ki, gələcək müdafiə doktrinalarının mütləq surətdə kinetik raketlərin (*strateji və yüksək dəyərli hədəflər üçün*), lazer silahlarının (*kütləvi ucuz təhdidlər üçün*) və elektron müdafiə vasitələrinin vahid “Hibrid və Çoxqatlı Müdafiə Arxitekturası” şəklində inteqrasiya olunmasını imperativ edir.

14. Verilən məlumatlara Tənqidi Baxış və Əks Arqumentasiya (TBƏA)

Bu bölmədəki əsas məqsədimiz tədqiqatın əvvəlki hissələrində qeyd edilən informasiyaları tənqidi formada araşdırmaq və bu arqumentlərə əks arqumentlər yaradaraq həm tədqiqat işinin öz məqsədinə çatmasında faydalılıq əmsalını artırmaq və yeni baxış bucaqları formalaşdırmaq, həm də ümumilikdə bir növ “Think Tank” edərək, Kayzen fəlsəfəsini tətbiq etməkdir.

Nəzəri TBƏA: Tədqiqatın əvvəlki bölmələrində Yönləndirilmiş Enerji Silahlarının (DEW) beynəlxalq təhlükəsizlik arxitekturasında sabitləşdirici faktor kimi rolu və iqtisadi asimmetriyanı bərpa etmə potensialı əsaslandırılmışdır. Lakin mövzunun nəzəri və praktiki aspektlərinə tənqidi - əks tənqidi təhlükəsizlik nəzəriyyələri prizmasından yanaşdıqda, paradıqların strateji “kor nöqtə”-lərə (*blind spot*) malik olduğu deyə bilərik. Aşağıdakı təhlilimiz, bu texnologiyanın tətbiqinin gözlənilməyən paradoksal nəticələrini və nəzəri məhdudiyyətlərini işıqlandırır.

1. *Realizm və “Müdafiə Üstünlüyü” İllüziyası:* Məqalədə irəli sürdüyümüz, lazerlərin müdafiə qabiliyyətini gücləndirərək “Hücum-Müdafiə Balansı”-ni bərpa etməsi iddiası, Robert Cervisin neorealist nəzəriyyəsi çərçivəsində ciddi əks-arqumentlərlə üzləşir. Belə ki, bu vəziyyəti “Qalxan Qılıncı İtiləyir” (*The Shield Encourages the Sword*) prinsipi ilə xarakterizə etmək daha doğrudur. Cervisin [1978] klassik “Təhlükəsizlik Dilemması” konseptini tətbiq edərkən aydın olur ki, “mükəmməl müdafiə” illüziyası dövlətləri ehtiyatlı davranışa deyil, potensial aqressiyaya sövq edə bilər. Empirik nümunə olaraq, İsrailin “Iron Beam” sistemini “oyun dəyişdirici” strateji vasitə kimi qəbul etməsi, bu illüziyanı gücləndirən faktordur [Frantzman, 2025]. Əgər bir dövlət özünü hava və raket təhdidlərindən tam sığortalanmış hesab edərsə, bu mütləq təhlükəsizlik hissi (*invulnerability*) rəqib ölkənin ərazisində daha riskli hərbi əməliyyatlar gerçəkləşdirmək üçün stimula ola - yarada bilər. Bu kontekstdə lazerlər sadəcə pasiv müdafiə silahı olmaqdan çıxır və strateji səviyyədə hücum əməliyyatlarını asanlaşdıran (*enabler*) vasitəyə çevrilir. Nəticə etibarilə, bu texnologiya Cervisin [1978] təsvir etdiyi dilemmanın ən təhlükəli versiyasını yaradır: müdafiə silahı əslində hücum niyyətini gizlədən və reallaşdıran qüvvə kimi çıxış edir. Eyni zamanda unutmamaq lazımdır ki, təhlükəsizlik sistemi kompleks quruluşa sahibdir və sadəcə bir komponentdən ibarət deyildir, ümumilikdə bir növ “Komponentlər” bütövlüyüdür.

2. *Konstruktivizm və Müharibənin Normallaşması:* Risklərin Psixoloji Transferi Sosioloq Martin Şounun “Risklərin Transferi” (*Risk-Transfer Militarism*) nəzəriyyəsi

konvensional hava zərbələri və kinetik müharibə üçün keçərli olsa da, lazer silahları kontekstində bu arqument paradoksal şəkildə transformasiyaya uğrayır [Shaw, 2005, s.71]. Şou [2005], texnologiyanın risklərinin hərbiçilərdən mülki əhaliyə ötürdüyünü iddia edirdi. Lakin lazerlər mahiyyət etibarilə “cərrahi” (*surgical - dəqiq əməliyyat gerçəkləşdirən*) silahlardır; onlar raketlər kimi geniş partlayış dalğası və qəlpə yaymır, bu da mülki itkiləri (*collateral damage*) nəzəri olaraq minimuma endirir. Fəqət burada dronların modifikasiya edilmiş versiyalarını da vurğulamaq lazımdır. Belə ki, modifikasiya edilmiş qısa mənzilli dronlar mülki əhali hədəfləndiyi şəkildə daha çox insan itkisi yarada bilər. Məsələn, qumbaralarla təchiz olunmuş dronlar bilavasitə qəlpələr yayır və əhali sıxlığı yüksək olan zonalarda daha çox zərər vura bilər.

3. Digər bir fundamental təhlükə fiziki deyil, koqnitiv xarakter daşıyır: “Müharibənin Normallaşması” (*Normalization of Warfare*). Lazerlərin təqdim etdiyi “təmiz”, “qansız” və “video-oyun estetikasına yaxın” müharibə görüntüsü, siyasi qərarvericilər üçün güc tətbiqini mənəvi baxımdan asanlaşdırır. Ukrayna müharibəsində dron operatorlarının davranış modellərinin analizi də göstərir ki, texnoloji məsafə “öldürmə baryerini (*insan öldürməkdən dayandıran proses - öldürmə inhibisiyası*)” aşağı salır və “oyun oynayan şəxslər (*gamers*)” real pilotlara çevirir [Barotte, 2025]. Cəmiyyətdə lazerlər sayəsində müharibənin steril olduğu qənaəti formalaşarsa, bu, hərbi müdaxilələrə qarşı ictimai müqaviməti azaldaraq “sonsuz müharibə” riskini artırır.

4. Liberalizm və Tənzimləmə Paradoksu (“Omni-Use” (hərtərəfli istifadə) Texnologiya Problemi): Məqalənin normativ çərçivə bölməsində qeyd etdiyimiz Raket Texnologiyalarına Nəzarət Rejiminin (MTCR) yenilənməsi və hüquqi boşluqların doldurulması təklifi, texnoloji reallıqlar qarşısında həddindən artıq optimist yanaşmadır [MTCR]. Təhlillər göstərir ki, mövcud ixrac nəzarəti mexanizmləri lazer və dron texnologiyalarının proliferasiyasının qarşısını almaqda acizdir. Məsələn Qormlı [Gormley, 2008, s.7, 12-13] ixrac nəzarəti mexanizmlərinin dual-use texnologiyaların və dron proliferasiyasının qarşısını almaqda zəif olduğunu qeyd edib və onun proqnozlarının təsdiqləndiyini deyərək bilirik. Belə ki, 2022-ci ildə başlayan Rusiya-Ukrayna müharibəsində kommersiya dronlarının hərbi məqsədlər üçün modifikasiyası, FPV dronların kütləvi istifadəsi və İran istehsalı “Shahed-136” kimi ucuz kamikaze dronların strateji əhəmiyyət qazanması, Qormlının 18 il əvvəl göstərdiyi zəifliklərin daha da dərinləşdiyini sübut edir. Qənaətimizcə, problemin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, nüvə texnologiyasından fərqli olaraq, lazer və dron silahlarının komponentləri sadəcə “İkili Təyinatlı” (*Dual-Use*) deyil, daha geniş - “Universal Təyinatlı” (*Omni-Use*) xarakter daşıyır. Yüksək enerjili lazerlərin və dronların kritik elementləri (*fiber-optik kabellər, güclü diodlar, linzalar, naviqasiya modulları və mikroçiplər*) qlobal telekommunikasiya və mülki sənaye sektorunun fundamental əsasını təşkil edir. Bu komponentlərə sət məhdudiyətlərin tətbiqi qlobal mülki infrastrukturun iflic olması ilə nəticələnə bilər. Məhz buna görə də, MTCR-i yeniləmək cəhdi faktiki olaraq bir növ “nəzarət illüziyası” yaradır, çünki texnologiyanın yayılma sürəti tənzimləmə imkanlarını xeyli qabaqlayır.

5. Texno-Millətçilik və Təchizat Zənciri Paradoksu: Dövlətlərin “texnoloji suverenlik” əldə etmək məqsədilə yürütdüyü texno-millətçilik siyasəti, qlobal təchizat zəncirinin reallıqları ilə strateji ziddiyyət təşkil edir [Capri, 2020, s.7-8]. Türkiyə, ABŞ və ya digər güclərin “yerli və milli” lazer silahlarından bəhs etməsinə baxmayaraq, bu sistemlərin istehsalı üçün zəruri olan “Nadir Torpaq Elementləri (*Rare Earth Elements*)” üzərindəki qlobal inhisar məhdud sayda ölkənin nəzarətindədir. Bu vəziyyət “Təchizat Zənciri Paradoksu” (*Supply Chain Paradox*) yaradır: Dövlətlər rəqiblərinə qarşı müstəqil lazer silahı istehsal etməyə çalışarkən, dolayısı ilə elə həmin rəqiblərin nəzarətində olan mineral resurslardan və komponentlərdən asılı vəziyyətə düşürlər. Bu isə onu göstərir ki, lazer

istehsalçısı olan ölkə mütləq suverenlik əldə etmir, əksinə, qlobal təchizat zəncirindən kritik asılılıq (*Strategic Vulnerability*) yaradan yeni bir təhlükəsizlik kompleksinə daxil olur.

6. Texnoloji Determinizm və “Müharibənin Sürtünməsi”: Atmosfer Baryeri: Məqalədə lazer silahlarının gələcək müharibələrin “oyun dəyişdiricisi” kimi təqdim olunması, beynəlxalq münasibətlərdə “Texnoloji Determinizm” nəzəriyyəsinə meyilliliyi göstərir. Bu yanaşma, texnologiyanın müharibənin təbiətini tamamilə dəyişdirəcəyini iddia edir və göstərdiyimiz arqumentlər bu əsasa sübut kimi vurğulana bilər (*Rusiya-Ukrayna müharibəsində Ukraynanın dron istifadəsi kimi*). Lakin Karl fon Klauzevitsin klassik “Müharibənin Sürtünməsi” (*Friction of War*) konsepsiyasını tətbiq etdiyimiz zaman, lazerlərin laboratoriya şəraitindəki effektivliyi ilə real döyüş meydanındakı performans arasında ciddi uçurum ola bilər [Clausewitz, 1984, Chapter 7., s.143-145]. Tədqiqatımızda “Texno-Realizm” bölməsində toxunsaq da [Shenk, 1997, Chapter 16: Cyber-Libertarians vs Technorealists], lazerlərin “Atmosfer Dəyişkənliyi - Həssaslığı” faktorunu əks arqument kimi strateji analiz prizmasından qeyd etmək olar. Belə ki, atmosferin dəyişkənliyi kimi ümumi faktorlar (*Fizika qanunları kimi*) əsasən, lazer şüası duman, yağış, toz fırtınası və hətta dəniz üzərindəki rütubətli hava şəraitində səpilməyə (*scattering*) və udulmaya (*absorption*) məruz qalır və şüanın hədəf üzərindəki istilik təsirini kəskin şəkildə azaldır [Nielsen, 1994, s.110-119]. Burada əsas məqamlardan biri də dəyərləndirmə üçün “case-study”-lərin azlığı - lazer silahlarının tətbiqi örnəklərinin sayının azlığıdır. Eyni zamanda aktorların (*hücum/müdafiə tərəfləri*) eksperimental təcrübəsinin azlığı kimi bir çox məqamları əlavə etmək olar, fəqət unutmamaq olar ki, bu hallar yeni həll mexanizmlərinin də meydana çıxması ilə nəticələnməsi ehtimalı yüksəkdir. Örnək kimi Ukrayna cəbhəsindəki təcrübələr göstərir ki, pis hava şəraitində və dumanlı mühitdə lazer sistemlərinin (*məsələn, Rusiyanın “Zadira” sistemi*) effektivliyi əhəmiyyətli dərəcədə aşağı düşür [Faulconbridge, 2022]. Bu strateji “kor nöqtə” onu göstərir ki, lazer silahları mükəmməl deyil. Başqa bir örnək alternativ ssenaridə bir dövlət (*məsələn, İsrail və ya Türkiyə*) əgər öz hava hücumundan müdafiə arxitekturasını əsasən lazerlər üzərində qurarsa, rəqib sadəcə hücum vaxtını pis hava şəraitinə (*yağışlı və ya dumanlı günlərə*) yaxud başqa defektlərdən istifadə edərək bütün müdafiə sistemini iflic edə bilər. Buna görə də, lazerlərə həddindən artıq güvənmək - çoxşaxəli müdafiə sistemləri balansından uzaqlaşmaq, müdafiə arxitekturasında “Mövsümi Zəiflik” (*Seasonal Vulnerability*) yarada bilər. Təhlillərimizə görə, bu fakt kimi faktlar, məqalədə irəli sürülən “Hibrid Müdafiə Arxitekturası”-nın sadəcə iqtisadi seçim deyil, həm də fiziki zərurət olduğunu bir daha sübut edir.

İqtisadi Təhlil Xətası: Marginal Xərc və Həyat Dövrü Xərçi Arasındakı Uçurum: Tədqiqatın iqtisadi əsaslandırma hissəsində istinad etdiyimiz “ucuz lazer - bahalı raket” müqayisəsi, ilk baxışda cəlbedici görünsə də, dərin maliyyə təhlili zamanı ciddi metodoloji xəyata, başqa sözlə desək, “iqtisadi illüziya”-ya yol açır. Məqalənin empirik hissəsində qeyd etdiyimiz kimi Husilərin və ya digər qeyri-dövlət aktorlarının istifadə etdiyi, dəyəri 2000 ABŞ dollarından az olan (*yaxud 10-20 min ABŞ dolları arası olan “Samad”, “Qasef” tipli*) dronlara qarşı dəyəri təxminən 2 milyon dolları keçən “SM-2” raketlərinin istifadəsi maliyyə asimetriyası yaradır [Rumbaugh, 2024]. Buna qarşılıq olaraq, Böyük Britaniyanın “DragonFire” (*bir atəşi ≈ £10*) və ya ABŞ-ın “LaWS” (*bir atəşi < \$1*) sistemləri “xərc-effektiv” alternativ kimi təqdim edilir [Sengupta, 2024; O’Rourke, 2015]. Lakin tənqidi təhlilimizə görə, bu yanaşma “Marginal Xərc” (*Marginal Cost*) ilə “Tam Həyat Dövrü Xərçisi” (*Total Life Cycle Cost*) arasındakı fundamental fərqi nəzərə almır. Buradakı əsas yanlışlıq, Əməliyyat Xərcləri (*OPEX-Operating Expenses*) ilə Əsaslı Vəsait Xərclərinin (*CAPEX-Capital Expenditures*) qarışdırılmasından qaynaqlanır. Məsələn, “DragonFire” proqramının inkişafı üçün yatırılan investisiya 300 milyon funt sterlinqi

ötmüşdür [Sengupta, 2024]. Bir lazer silahının real atəş xərci hesablanarkən, təkcə atəş anındakı elektrik enerjisi sərfiyyatı deyil, həm də sistemin tədqiqat və inkişafı kimi proseslər, gəmi platformalarına inteqrasiya, mürəkkəb soyutma sistemləri və enerji təminatı üçün çəkilən yüz milyonlarla dollarlıq ilkin investisiya kimi faktorlar da nəzərə alınmalıdır. Əgər bir sistemin istismar müddəti ərzində zərərsizləşdirəcəyi potensial dron sayını bu nəhəng ilkin investisiyaya (*amortizasiya*) bölsək, bir atəşin real dəyəri iddia edildiyi kimi 10 dollar deyil, minlərlə dollar təşkil edə bilər. Kinetik raket sistemləri (*örn. Patriot və ya Aegis*) cari istifadədə baha olsa da, onların infrastrukturunu artıq mövcuddur. Lazerlərin “ucuzluğu” yalnız sistem tam hazır olduqdan və bütün Ar-Ge xərcləri ödənildikdən sonrakı mərhələ üçün keçərlidir. Buna görə də, məqalədə irəli sürülən “xərc-mübadilə nisbəti” (*cost-exchange ratio*) arqumenti, sistemin amortizasiya yükünü tam hesablamadığı hallarda natamamdır və iqtisadi səmərəliliyi olduğundan daha optimist baxış təqdim edə bilər, ancaq dronların (kommersiya/mülki istifadə və s. kimi) qiymətinin tələb-təklif dalğalanmalarının əzdəyişən prizmasında əlçatanlılığının yüksək olduğunu da qeyd etmək olar. Bu əsasda bir-birini tənzimləyən (*İn/Yan*) yaxud faktorlar arasında ciddi güc fərqi yaradan versiyaları kimi bir çox alternativ reallıqların mövcud olduğunu qeyd etmək olar.

Lazer Silahlarının Taktiki Korluğu: Məqalədə lazer silahlarının effektivliyi müzakirə edərkən, hədəfin ideal poliqon şəraitində və açıq səmada olduğu prezumpsiyasından çıxış edirik. Bu yanaşma, “Görünüş Xətti” (*Line-of-Sight - LOS*) problemini və qısa mənzilli PUA-ların taktiki uçuş profillərini nəzərə almadığı üçün ciddi taktiki boşluq (*blind spot*) yaradır. ABŞ Müdafiə Nazirliyinin (*DoD*) və Dəniz Piyadaları Korpusunun təsnifatlarına əsasən istinad versək, əsas təhdid hesab edilən “Qrup 1” və “Qrup 2” kateqoriyalı PUA-lar (*çəkisi < 25 kq*) adətən yer səthinə çox yaxın və aşağı hündürlükdə uçuş həyata keçirirlər [U.S. Marine Corps, 2024; CRS, 2024]. Buradakı fundamental problem fiziki qanunauyğunluqlarla bağlıdır: Lazer şüaları düz xətt üzrə hərəkət edir və ballistik trayektoriya qabiliyyətinə malik deyil. Urbanizasiya olunmuş döyüş mühitlərində (*məs. Rusiya - Ukrayna müharibəsində*) müşahidə olunan taktikalar göstərir ki, FPV dronları son saniyəyə qədər binaların, ağacların və ya təpələrin arxasında gizlənərək (*terrain masking*) radar və optik sistemlərdən yayınmağa çalışırlar. NATO-nun LSS hesabatlarında və elmi tədqiqatlarda qeyd edildiyi kimi, bu tip hədəflərin kiçik effektiv səpələnmə səthinə (RCS) malik olması və yer fonu maneələri (*clutter*) arasında gizlənməsi onların aşkarlanmasını çətinləşdirir [NATO STO, 2023; Yu et al., 2020]. Burada kritik məqam “Dwell Time” (*Hədəf üzərində qalma müddəti (HQM)*) ilə “Exposure Time” (*Hədəfin görünmə müddəti (HGM)*) arasındakı ziddiyyətdir. Yönləndirilmiş enerji silahlarının hədəfi məhv etməsi üçün şüanın müəyyən müddət ərzində hədəf üzərində sabit qalması tələb olunur [Nielsen, 1994]. Əgər bir kamikadze dron binanın arxasından çıxaraq hədəfə çarpılmaq üçün cəmi 3-5 saniyəlik bir pəncərəyə sahibdirsə, lazer sisteminin bu qısa müddət ərzində aşkarlama, kilidlənmə və lazımı istilik enerjisini ötürmə dövrəsini tamamlaması fiziki olaraq mümkün olmaya bilər. Bu ssenaridə, ballistik trayektoriya ilə maneələrin üzərindən uçaraq hədəfi vura bilən (“*non-line-of-sight*” *qabiliyyətli*) ənənəvi raketlər taktiki üstünlüyü qoruyub saxlayır, fəqət lazer silah sistemlərinin inkişafa açıq olması - HQM-yi azaltması, HGM pəncərəsindən istifadə səmərəliliyinin artması kimi perspektivlərinin olduğu da aşikardır. Əks arqument olaraq qeyd edək ki, dron texnologiyalarının da olduğu mövqedə qalmayacağını - inkişaf edəcək. Belə ki, araşdırma işinin texnoloji təkamül bölməsində Qısa Mənzilli PUA-ların Radioelektron Mübarizə (*REM*) vasitələrinə qarşı adaptasiyası (*CRPA, Machine Vision*) təhlil edilmişdir. Digər tərəfdən Yönləndirilmiş Enerji Silahlarına (*DEW*) qarşı potensial fiziki adaptasiyası üçün geniş perspektivlər mövcuddur. Belə ki, lazer şüasının öldürücü təsiri hədəfin səthində istilik enerjisinin toplanmasına (*thermal coupling*) əsaslandığını bilirik, lakin hücum edən tərəfin sadə materialşünaslıq həlləri ilə bu təsiri

neytrallaşdırmaq imkanları da mövcuddur. Təbii ki, bu proses özlüyündə yeni bir “Materialşünaslıq Mühəribəsi”-nə startı olması ehtimal xaricində deyil. Fiziki qanunlara əsasən, əgər PUA-nın gövdəsi yüksək əksətdirmə qabiliyyətinə malik xüsusi dielektrik örtüklərlə, güzgü effektiv cilalanmış alüminiumla və ya kosmik sənayedə istifadə olunan istiyə davamlı ablativ materiallarla örtülsə, lazer şüasının enerjisinin böyük hissəsi əks olunacaq və ya səpələnəcəkdir [Kopp, 2008]. Bu texnoloji adaptasiya, lazerin hədəf üzərində dağıdıcı istilik yaratmaq potensialını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Bununla yanaşı, daha mürəkkəb mühəndislik həlləri də tətbiq edilə bilər - “Fırlanan Gövdə” (*Spinning Airframe*) taktikası da tətbiq edilə bilər. Məlum olduğu kimi, lazer şüasının hədəfi deşməsi üçün şüanın müəyyən müddət ərzində (*dwell time*) eyni nöqtədə sabit qalması tələb olunur. Əgər dron öz oxu ətrafında fırlanaraq hərəkət edərsə, lazerin ötürdüyü istilik enerjisi gövdə səthi boyunca paylanacaq və bir nöqtədə kritik temperaturun yaranmasının qarşısı alınacaqdır. Ümumi olaraq qeyd edə bilərik ki, bu həllər və əks-həllər zamanla meydana çıxmağa davam edəcəkdir, ancaq maraqlıdır ki, bu ssenari reallaşdığı halda faktiki reallıq üzərində irəli sürdüyümüz “iqtisadi asimmetriyanın bərpası” arqumentini paradoksal şəkildə tərsinə çevirmək potensialına malikdir: Müdafiə tərəfi lazerin gücünü artırmaq üçün milyardlarla dollar sərmayə qoyduğu halda, hücum edən tərəf sadəcə simvolik maliyyə dəyəri olan qoruyucu örtüklər və ya “parlaq boya” vasitəsilə milyonluq sistemləri effektivləşdirə bilər.

Enerji Təminatı və Platforma Məhdudyyətləri: Tədqiqat işində tez-tez istinad edilən və lazer silahlarının ən böyük strateji üstünlüyü sayılan “dərın sursat” (*deep magazine*) və ya “sonsuz atəş” konsepsiyası [CRS, 2015], mühəndislik və fizika qanunları prizmasından yanaşdıqda ciddi məhdudyyətlərlə üzləşir. Belə ki, bəhs etdiyimiz 100-300 kVt gücündə lazer sistemlərinin - məsələn, İsrailin 100 kVt+ gücündəki “Iron Beam” [Frantzman, 2025] və ya ABŞ-ın 60-120 kVt-lıq “HELIOS” [Lockheed Martin, 2022] sistemlərinin mobil quru platformalarında yerləşdirilməsi nəzəri cəhətdən mümkün görünsə də, praktikada nəhəng “Enerji-Soyutma Dilemması” yaradır. Buradakı əsas texniki maneə lazerlərin aşağı “Faydalı İş Əmsalı (*FI*)” ilə bağlıdır. Fizika üzrə fundamental tədqiqatlar göstərir ki, lazer şüasının bərk cisimlərlə qarşılıqlı təsiri - o cümlədən udulma, əksölünmə və enerji ötürülməsi mexanizmləri - materialın enerji səviyyə quruluşu və plazma tezliyi ilə müəyyən olunur [Nielsen, 1994, Chapter 3: Lasers]. Bu o deməkdir ki, 100 kVt gücündə dağıdıcı lazer şüası əldə etmək üçün sistemə təxminən 525-530 kVt elektrik enerjisi daxil olmalıdır. Daha kritik məqam isə sistem daxilində qalan 425-430 kVt enerjinin birbaşa istiliyə çevrilməsidir [Gunzinger, 2012, s.34, 105-106]. Bu nəhəng istilik yükü dərhal sistemdən kənarlaşdırılmazsa, həssas optik komponentlər sıradan çıxmağa bilər. Mobil platformada bu qədər böyük həcmdə istiliyin idarə olunması (*thermal management*) ciddi mühəndislik problemdir. Yüksək enerjili lazer silahlarının inkişafında ən mühüm çətinliklərdən biri ölçü-çəki-güc (*SWaP-Size, Weight and Power*) və soyutma tələblərinin qarşılınmasıdır; bəzi sistemlər artıq hərbi nəqliyyat vasitələrinə inteqrasiya oluna bilsə də, bir çoxu hələ də yalnız daha böyük və ya stasionar platformalarda yerləşdirilə bilər [Sayler et al., 2024, s.17]. Məsələn, Türkiyənin “Gökberk” mobil lazer sistemi kimi platformalar üçün enerji təchizatı və soyutma sistemlərinin yük məşını şassisinə inteqrasiyası atəş müddətini məhdudlaşdıran əsas faktordur [TSKGV, 2025]. Nəticə etibarilə, “sonsuz sursat” iddiası texniki cəhətdən tam dəqiq deyil. Sursat (fotonlar) nəzəri olaraq sonsuz ola bilər, lakin sistemi qidalandıran enerji mənbələri (bataryalar, dizel generatorlar) və ən əsası, sistemin istilik tutumu limitlidir. Lazer sistemi intensiv döyüş zamanı bir neçə dəqiqəlik fasiləsiz atəşdən sonra kritik temperatur həddinə çata bilər və “soyumaq” (*thermal recovery*) üçün məcburi pauza verməlidir [Nielsen, 1994, s.170]. Məhz bu “məcburi soyuma pəncərəsi”, Ukrayna mühəribəsində müşahidə olunan kütləvi saturasiya hücumları üçün ideal fürsət yaradır və

sistemin müdafiə bütövlüyünü pozur [Dysa, 2023; Rumbaugh, 2024]. Burada əks argument olaraq onu qeyd etmək olar ki, lazer silahları ənənəvi silah sistemlərinə nəzərən davamlı istifadə aralığı nisbətən aşağı olsa belə “Sonsuz sursat” adlandırmaq olar. Təbii ki, yeni soyutma sistemlərini kəşfi kimi bir çox proses zaman içərisində təkamül edə biləcəyi də istisna deyil.

Taktiki Uyğunsuzluq (Davamlı Müdafiə və Paralel Hücuma Qarşı): Lazer silahlarının ən böyük, lakin az müzakirə edilən taktiki zəifliyi onların “serial” (ardıcıl) iş prinsipidir. Fizika qanunlarına əsasən, bir lazer şüası eyni anda yalnız bir hədəfə fokuslana bilər. Hər bir hədəfi məhv etmək üçün tələb olunan “Dwell Time” (*Hədəf Üzərində Qalma Müddəti - məsələn, 3-5 saniyə*) və hədəflər arasındakı keçid (*re-targeting*) müddəti nəzərə alındıqda, lazer sistemi “xətti” (*linear*) bir qrafik üzrə işləyir [Gunzinger, 2012]. Lakin müasir PUA sürüləri (*swarms*) “paralel” və eyni vaxtda hücum taktikasına əsaslanır [Pettyjohn & Campbell, 2025]. Riyazi paradoks ondan ibarətdir ki, əgər hədəfə çatmaq üçün 30 saniyə vaxtı olan 20 dron eyni anda müxtəlif azimutlardan hücum edərsə və lazerin hər dronu vurması üçün 4 saniyə lazımdırsa, sistem bu müddət ərzində maksimum 7-8 dronu zərərsizləşdirə bilər. Geri qalan 12 dron heç bir maneə ilə üzləşmədən hədəfi vuracaqdır. Bu onu göstərir ki, tək şüalı DEW sistemləri kütləvi hücumlar qarşısında fiziki olaraq “zaman darboğazı” (*time bottleneck*) yaşayır.

Operativ Qərarvermə İflici (“Hüquqi Məsuliyyət” Bariyeri): Texnologiyanın hazır olması, onun istifadəyə hazır olması demək deyil. Lazer silahlarının “sonsuz mənzili” və ya əks olunma riski, sıx məskunlaşmış ərazilərdə və ya mülki hava dəhlizlərinin yaxınlığında “Dolaylı Zərər” (*Collateral Damage*) qorxusu yaradır [Boothby, 2025]. Mülki aviasiya təyyarəsinin pilotunu və ya orbitdəki peyki təsadüfən kor etmək riski, sahə komandirlərində “tərəddüd” yarada bilər. Kinetik raketin harada partlayacağını hesablamaq nisbətən asandır, lakin lazer şüasının “overshoot” (*hədəfi keçmə*) riskini real döyüş xaosunda idarə etmək çətindir. Bu qeyri-müəyyənlik, Döyüş Qaydaları (ROE) çərçivəsində lazerlərin istifadəsini məhdudlaşdıran və faktiki olaraq onları “sülh dövründə istifadəsiz, müharibə dövründə isə təhlükəli” edən bürokratik maneəyə çevrilə bilər.

Kognitiv Korluq (Alqoritmik Aldatma (Adversarial Attacks)): Lazer sistemləri insan reaksiyasından qat-qat sürətli hədəfləri vurmaq üçün tamamilə avtomatlaşdırılmış, Süni İntellekt əsaslı hədəf tanıma sistemlərinə möhtacdır [Lockheed Martin, 2022]. Lakin bu, “Rəqəmsal Kamuflyaj” adlı yeni bir zəiflik yaradır. Əgər hücum edən tərəf dronların üzərinə insan gözüne mənasız görünən, lakin Sİ alqoritmlərini çaşdıran xüsusi piksellə naxışlar (*adversarial patterns*) tətbiq edərsə [Bronk et al., 2022], lazer sistemi hədəfi “dron” kimi deyil, “quş” və ya “bulud” kimi təsnif edərək atəş açmaya bilər. Bu halda, milyonlarla dollarlıq lazer sistemi fiziki olaraq deyil, kognitiv olaraq “kor edilir”.

Nəticə etibarilə, TBƏA bölməsində aparılan çoxvektorlu təhlil onu sübut edir ki, Yönləndirilmiş Enerji Silahları (DEW) müasir hərbi sənayesində inqilabi addım olsa da, mövcud strateji diskursdakı “panaseya” (*hər dərddin dərmanı*) statusundan uzaqdır. Araşdırma göstərir ki, bu sistemlər “Hücum-Müdafiə Balansı”-nı bərpa etmək əvəzinə, dövlətlərdə “mükəmməl müdafiə illüziyası” yaradaraq aqressivliyi artırır və müharibəni psixoloji olaraq “oyunlaşdıraraq” (gamification) mənəvi baryerləri aşağı sala bilər. İqtisadi müstəvidə “marginal xərc” ilə “həyat dövrü xərci” arasındakı uçurum lazerlərin maliyyə səmərəliliyini şübhə altına alır; ilkin nəhəng investisiya və infrastruktur xərcləri nəzərə alındıqda real atəş maliyyəti iddia edildiyi kimi simvolik rəqəmlər deyil.

Fiziki və texnoloji baxımdan isə atmosfer asılılığı (“Müharibənin Sürtünməsi”), enerji-soyutma dilemması və hədəfin “görüş xətti” (LOS) problemləri sistemin real döyüş effektivliyini məhdudlaşdırır. Buna əlavə olaraq, “serial” atəş prinsipinin kütləvi sürü hücumlarına (“paralel” hücum) qarşı zaman darboğazı yaratması taktiki boşluqları üzə

çıxarır. Rəqibin sadə materialşünaslıq həlləri (*əks etdirici səthlər, fırlanan gövdə*) ilə adaptasiya imkanları və qlobal təchizat zəncirindəki “nadir torpaq elementləri” asılılığı strateji riskləri daha da dərinləşdirir.

Bunlarla yanaşı, texnologiyanın tətbiqində nəzərdən qaçırılan digər kritik məqam “Sistem Həssaslığı, Hüquqi Tərəddüd və Kiber-Kinetik Konvergeniya” məsələsidir. Belə ki, yüksək enerjili lazerlər hədəfi izləmək üçün mürəkkəb sensor şəbəkəsindən və süni intellekt alqoritmlərindən kritik dərəcədə asılıdır. Bu asılılıq həmin sistemləri sadəcə fiziki hücumlara deyil, həm də alqoritmik aldatmaya, kiber-müdaxilələrə və rəqəmsal “sensor korlaşdırma” əməliyyatlarına qarşı həssas hədəfə çevirir. Sahə komandirlərinin “dolaylı zərər” qorxusu ilə yaşadığı qərarvermə iflici isə sistemin tətbiqini daha da çətinləşdirir. Beləliklə, texnoloji determinizmin vəd etdiyinə əksinə olaraq, lazer silahları müharibənin “dumanını” (*Fog of War*) dağıtmır, əksinə, onu fiziki müstəvidən elektromaqnit, hüquqi və kiber müstəviyə daşıyır. Yekun olaraq, lazerlər müstəqil strateji vasitə kimi deyil, yalnız kinetik sistemləri tamamlayan hibrid arxitekturanın elementi kimi qəbul edilməlidir.

15.Nəticə

15.1.Tədqiqat suallarının cavablandırılması

● T1. *Qısa mənzilli PUA-lara qarşı lazer silahlarının tətbiqi hücum və müdafiə balansını necə dəyişir?*: Aparılan təhlillər göstərir ki, PUA-ların kütləvi tətbiqi və yaratdığı “doyma” effekti, eləcə də “ucuz dron - bahalı raket” iqtisadi asimmetriyası balansını ilkin mərhələdə hücum edən tərəfin xeyrinə dəyişmişdir. Lakin yönləndirilmiş enerji silahlarının (*DEW*) tətbiqi bir atəşin maliyyətini minimal səviyyəyə endirərək, müdafiə tərəfinə iqtisadi dayanıqlılıq və “dərindən sursat” imkanı qazandırır. Bununla belə, gəldiyimiz qənaət ondan ibarətdir ki, bu balans statik deyil, dinamik xarakter daşıyır; lazerlər mütləq üstünlük təmin etmir, əksinə, konvensional sistemlərlə birlikdə tətbiq edildikdə müdafiənin effektivliyini bərpa edir. Eyni zamanda, tənqidi təhlillər göstərir ki, lazer sistemlərinin iqtisadi səmərəliliyi əsasən hər atış üzrə marjinal xərclərin aşağı olmasında özünü göstərir; lakin sistemin yüksək ilkin investisiya və infrastruktur məsrəfləri nəzərə alındıqda (*LCC-life-cycle cost*), bu “ucuzluq” yalnız nisbi xarakter daşıyır. Eyni zamanda, lazerlərin “davamlı (ardıcıl)” işləmə prinsipi kütləvi “sürü” hücumlarının yaratdığı “paralel” təhdid qarşısında zaman darboğazı yaradır ki, bu da mütləq üstünlüyü məhdudlaşdıran əsas taktiki faktordur.

● T2. *Lazer əsaslı müdafiə sistemlərinin yayılması qlobal və regional güc balansına necə təsir edir?*: Təhlil edilən nümunələr göstərir ki, bu proses böyük güclər və kiçik dövlətlər üçün fərqli strateji nəticələr doğurur. ABŞ, Çin, Rusiya və Türkiyə kimi aparıcı dövlətlər lazer texnologiyalarına irihəcmli investisiyalar yatıraraq texnoloji hegemonluqlarını qorumağa çalışırlar. Kiçik və orta dövlətlər üçün isə PUA-lar məhdud büdcə ilə asimmetrik hava gücü əldə etmək imkanı yaradır. Lakin bu təhdidlərə qarşı lazer müdafiə sistemlərinin zəruriliyi, həmin dövlətləri istehsalçı ölkələrdən texnoloji və strateji asılı vəziyyətə salır, bu da “qılınc və qalxan” dilemmasının yaranmasına səbəb olur. ● T3. *Lazer sistemləri təhlükəsizlik dilemmasını dərinləşdirir, yoxsa sabitləşdirici rol oynayır?*: Tədqiqat işinin nəticələri deməyə əsas verir ki, bu sistemlər təhlükəsizlik dilemmasını dərinləşdirən amil kimi çıxış edir. Rəqib tərəflər lazerdən qorunmaq məqsədilə daha mürəkkəb PUA texnologiyaları və sürü taktikaları inkişaf etdirdikcə, silahlanma yarışı kəmiyyət müstəvisindən keyfiyyət müstəvisinə keçid edir. Bu isə qarşıdurmanın ənənəvi cəbhə xəttindən çıxaraq texnoloji innovasiyalar sahəsinə keçməsinə zəmin yaradır. Bununla yanaşı, nəzəri baxımdan alternativ bir ssenari də mümkündür: əgər lazerlər (və ümumən *DEW*) ucuz-kütləvi hava təhdidlərini həqiqətən “etibarlı şəkildə” neytrallaşdıraraq hücumun gözlənilən faydasını aşağı salırsa, müəyyən konfigurasiyalarda müdafiə üstünlüyünü artırmaqla sabitləşdirici təsir də yarada bilər. Lakin bu sabitləşdirici effektin davamlı olması,

texnologiyanın yayılma sürətindən, qarşı tərəfin əks-tədbir innovasiyasından və eskalasiyanın “boz zona (*grey zone*)” alətlərinə transfer olunub-olunmamasından asılı qalır.

15.2. Hipotezlərin doğruluğunun əsaslandırılması

Tədqiqat zamanı irəli sürülən hər üç hipotez empirik faktlarla təsdiqini tapmışdır: ● *H1: Ənənəvi HHM arxitekturasının dayanıqlılığı və hibrid modelə keçid zərurəti:* Müəyyən olunur ki, Ukrayna cəbhəsində milyonlarla FPV dronunun istehsal hədəfi və Qırmızı dənizdə aşağı maliyyətlili dronlara qarşı yüksək dəyərli raketlərin istifadəsi faktları, ənənəvi kinetik Hava Hücümündən Müdafiə (HHM) sistemlərinin iqtisadi və operativ baxımdan dayanıqsızlığını sübuta yetirir. Təhlil edilən materiallar təsdiqləyir ki, gələcək müdafiə strategiyaları üçün ən optimal həll yolu strateji hədəflər üçün raketləri, kütləvi ucuz təhdidlər üçün isə lazerləri özündə birləşdirən “Çoxqatlı Hibrid Müdafiə Modeli”-dir. ● *H2: Lazer silahlarının komplementar xarakteri:* Təhlillər göstərir ki, lazerlərin PUA-lara qarşı “xərc-mübadilə nisbəti”-ndə mütləq üstünlüyə (*bir atəşin cüzi maliyyə dəyəri*) malik olmasına baxmayaraq, atmosfer şərtləri və enerji təminatı kimi fiziki məhdudiyyətlər onların təkbaşına həll yolu olmasına mane olur. Burada yalnız atmosfer şərtləri deyil, həm də fiziki “Görünüş Xətti (*Line-of-Sight*)” problemi həlledicidir. Lazerlər ballistik trayektoriya cızmadığı üçün, relyefdən (*binalar, təpələr və s.*) istifadə edərək gizlənən və qəfil ortaya çıxan dronlara qarşı “taktiki korluq” yaşaya bilər. Bu əsasda Səudiyyə Ərəbistanının real döyüş təcrübəsi sübut edir ki, lazerlər effektivdir, lakin “vahid həll yolu” deyil, konvensional sistemləri tamamlayan komplementar vasitə funksiyasını daşıyır. ● *H3: Silahlanma yarışının keyfiyyət müstəvisində dərinləşməsi:* ABŞ, Rusiya, Çin, Böyük Britaniya və Türkiyənin paralel şəkildə inkişaf etdirdiyi lazer proqramları, PUA və lazer texnologiyalarının proliferasiyasının qlobal silahlanma yarışını yeni mərhələyə daşdığını təsdiqləyir. Regional səviyyədə isə bu prosesin kiçik və orta dövlətlər üçün həm asimmetrik imkanlar yaratdığı, həm də strateji təchizat baxımından yeni asılılıq paradigması formalaşdırdığı qənaətinə gəlinir.

Bu nəticələr OSINT əsaslı məlumat bazası və məhdud sayda empirik “case-study” üzərində qurulduğu üçün, ümumiləşdirmə səviyyəsi konkret əməliyyat mühitindən (*hava şəraiti, relyef, hədəf profili*), texniki parametrlərdən (*güc-soyutma dövrü, sensor keyfiyyəti*) və rəqibin adaptasiya tempindən asılı olaraq dəyişə bilər. Xüsusilə ‘xərc-mübadilə nisbəti’ və ‘atış başına xərc’ iddiaları marjinal xərc üstünlüyünü göstərsə də, tam həyat dövrü xərcləri (*LCC*) və logistika-infrastruktur yükü daxil edildikdə nəticənin şiddəti ölkədən-ölkəyə fərqlənə bilər. Buna görə, burada təqdim olunan qənaətlər ‘vahid universal resept’ deyil, daha çox şərtlili-strateji çərçivə kimi anlaşılmalıdır.

Nəticə olaraq apardığımız araşdırma belə bir nəticəyə gəlməyə əsas verir ki, pilotsuz uçuş aparatları və lazer silahları müasir hərbi əməliyyatların epizodik elementi deyil, struktur komponentinə çevrilmişdir. Bu kontekstdə ən səmərəli strateji yanaşma, hər iki texnologiyanın inteqrasiya olduğu hibrid müdafiə arxitekturasının tətbiqidir. Bu qənaəti şərtləndirən əsas amil ondan ibarətdir ki, tədqiqat boyu müşahidə edilən “xərc-mübadilə nisbəti”-ndəki kəskin disbalans və PUA-ların yaratdığı “doyma” effekti, ənənəvi Hava Hücümündən Müdafiə sistemlərinin təkbaşına dayanıqlılığını paradigmatik böhrana məruz qoymuşdur. Nəzəri və empirik təhlillər göstərir ki, yönləndirilmiş enerji silahları (*DEW*) bu böhrandan çıxış üçün ən aşağı marjinal xərc üstünlüyü verən və dayanıqlılığı artıran əsas alternativlərdən biri olsa da, “texno-realizm” prizmasından yanaşdıqda, onların atmosfer asılılığı və enerji məhdudiyyətləri kinetik raketlərin tamamilə arsenaldan çıxarılmasını qeyri-mümkün edir. Buna görə də, gələcək müdafiə doktrinaları “vahid həll” illüziyasından imtina edərək, ucuz hədəflər üçün lazerləri, strateji təhdidlər üçün isə raketləri birləşdirən çoxqatlı arxitektura keçidi imperativ kimi qəbul etməlidir.

Geosiyasi müstəvidə araşdırma belə bir nəticəyə gəlməyə əsas verir ki, bu texnologiyaların paralel proliferasiyası qlobal güc iyerarxiyasında “texno-millətçilik” tendensiyasını gücləndirərək, dövlətlərarası rəqabəti daha aqressiv və mürəkkəb formaya salır. Böyük güclər (*ABŞ, Çin, Rusiya*) texnoloji suverenliklərini qorumaq üçün proteksionist siyasət yürütdüyü halda, kiçik və orta dövlətlər asimmetrik müdafiə imkanları qazansalar da, təchizat zəncirində yaranan strateji asılılıq səbəbindən yeni növ təhlükəsizlik dilemması ilə üzləşirlər. Bu, beynəlxalq münasibətlər sistemində qeyri-sabitliyi artıran və eskalasiya riskini “boz zona”-lara daşıyan fundamental faktordur. Eyni zamanda milli lazer proqramları dövlətlərə “texnoloji suverenlik” vəd etsə də, nadir torpaq elementləri və kritik komponentlər üzrə qlobal inhisar “Təchizat Zənciri Paradoksu” yaradaraq yeni, gizli asılılıqlar formalaşdırır.

Hüquqi və normativ aspektlərin təhlili isə onu deməyə əsas verir ki, mövcud beynəlxalq hüquq rejimləri, xüsusilə Raket Texnologiyalarına Nəzarət Rejimi (*MTCR*) və Beynəlxalq Humanitar Hüququn ənənəvi təsnifatları, müasir “ikili təyinatlı” PUA-ların və “qeyri-kinetik” lazer silahlarının tənzimlənməsində ciddi normativ boşluqlara malikdir. Lazerlərin anti-personal deyil, anti-material vasitə kimi tətbiqi indiki mərhələdə legitim hesab olunsada, texnologiyanın sürətli inkişafı və avtonomluq səviyyəsinin artması gələcəkdə bu sahədə spesifik konvensiyaların və “davranış kodeksləri”-nin işlənilməsini zəruri edir.

Sonda qeyd edək ki, tədqiqat işimiz sübut edir ki, XXI əsr müharibələrinin strateji taleyi sadəcə hərbi arsenalın kəmiyyəti ilə deyil, müdafiənin iqtisadi səmərəliliyinin təmin edilməsi və texnoloji adaptasiya sürəti ilə həll olunacaqdır. Bu kontekstdə lazer silahlarının inteqrasiyası texnoloji yenilikdən əlavə, həm də kinetik rəqabəti foton enerjisinə davamlı “ağıllı materiallar” yarışına çevirən “Materialşünaslıq Müharibəsi”-nin (*Geomaterial baxış*) başlanğıcıdır. Əməliyyat sürətinin insan fiziologiyasını (*OODA dövrəsini*) aşması isə gələcək doktrinalarda Süni İntellektə əsaslanan avtonom qərarvermə mexanizmlərini və “spektr hakimiyyəti” anlayışını zərurətə çevirəcəkdir. Bundan əlavə, lazerlərin təqdim etdiyi “təmiz müharibə” görüntüsü, münaqişələrin psixoloji baxımdan “oyunlaşmasına” (*gamification*) və güc tətbiqi baryerinin təhlükəli həddə aşağı düşməsinə səbəb ola bilər. Yekun olaraq, qlobal təhlükəsizlik arxitekturasında həlledici üstünlük yalnız yüksək texnologiyaya sahib olanlarda deyil, bu gücü hibrid model çərçivəsində strateji səbrlə idarə edə bilən dövlətlərdə olacaqdır.

16. REFERENCES

1. Wikipedia. (2019, September 13). *Abqaiq-Khuraish attack*. Retrieved December 25, 2025, from https://en.wikipedia.org/wiki/Abqaiq%E2%80%93Khuraish_attack (in English)
2. Barotte, C. (2025, April 4). In Ukraine, gamers make the best drone pilots. *Le Monde*. Retrieved from https://www.lemonde.fr/en/international/article/2025/04/04/in-ukraine-gamers-make-the-best-drone-pilots_6739849_4.html (in English)
3. Baseley-Walker, B., & Weeden, B. (2010). *Verification in space: Theories, realities and possibilities*. Secure World Foundation. (in English)
4. Bergen, P., Salyk-Virk, M., & Stermann, D. (2020, July 30). *World of drones: Who has what?* New America. Retrieved from <https://www.newamerica.org/future-security/reports/world-drones/introduction-how-we-became-a-world-of-drones/> (in English)
5. Wikipedia. (n.d.). *Beriev A-60*. Retrieved December 12, 2025, from https://en.wikipedia.org/wiki/Beriev_A-60 (in English)

6. Boothby, W. H. (2025, January 12). The drone threat, the laser response, and the law – Part II. *Lieber Institute*. Retrieved from <https://lieber.westpoint.edu/drone-threat-laser-response-law-part-ii/> (in English)
7. Bronk, J., Reynolds, N., & Watling, J. (2022, November 7). *The Russian air war and Ukrainian requirements for air defence*. Royal United Services Institute. Retrieved from <https://static.rusi.org/SR-Russian-Air-War-Ukraine-web-final.pdf> (in English)
8. Campbell, M. (2024). *Drone proliferation dataset*. Center for a New American Security (CNAS). Retrieved from <https://www.cnas.org/publications/reports/drone-proliferation-dataset> (in English)
9. Capri, A. (2020, August). *Techno-nationalism: The US–China tech innovation race*. Hinrich Foundation. Retrieved from [https://research.hinrichfoundation.com/hubfs/White%20Paper%20PDFs/US-China%20innovation%20race%20\(Alex%20Capri\)/Hinrich%20Foundation%20-%20Techno-nationalism%20and%20the%20US-China%20tech%20innovation%20race%20-%20Alex%20Capri%20-%20August%202020.pdf](https://research.hinrichfoundation.com/hubfs/White%20Paper%20PDFs/US-China%20innovation%20race%20(Alex%20Capri)/Hinrich%20Foundation%20-%20Techno-nationalism%20and%20the%20US-China%20tech%20innovation%20race%20-%20Alex%20Capri%20-%20August%202020.pdf) (in English)
10. Center for Civilians in Conflict. (2025). *Protection of civilians trends report | Overview*. CivilianProtectionTrends.org. Retrieved from <https://www.civilianprotectiontrends.org/> (in English)
11. Clausewitz, C. V. (1984). *On war* (M. Howard, P. Paret, & B. Brodie). Princeton University Press. (Original work published 1832). (in English)
12. Dang, Y. (2025, September 29). Last line of defence: Military journal sheds light on China’s new LY-1 shipborne laser weapon. *South China Morning Post*. Retrieved from <https://www.scmp.com/news/china/military/article/3327271/last-line-defence-military-journal-sheds-light-chinas-new-ly-1-shipborne-laser-weapon> (in English)
13. Davis, I. (2022). Global peace and conflict trends. In *Stockholm International Peace Research Institute: Yearbook 2022* (pp.29–44). SIPRI. Retrieved from <https://www.sipri.org/sites/default/files/SIPRIYB22c02sI.pdf> (in English)
14. Declercq, W. (2021, March 9). Laser weapons in international humanitarian law: Opportunities and challenges. *Finabel – European Army Interoperability Centre*. Retrieved from <https://finabel.org/laser-weapons-in-international-humanitarian-law-opportunities-and-challenges/> (in English)
15. Defense Blog. (2025, September 5). Saudi’s Chinese SKYSHIELD gamble to protect oil “falls short” [Video]. *YouTube*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=ITMTvxMzVCY> (in English)
16. Defense Mirror. (2025, May 25). China’s “Skyshield” anti-drone system underperforming in Saudi Arabia. *Defense Mirror*. Retrieved from https://defensemirror.com/news/40170/China_s_Skyshield_Anti_drone_System_Underperforming_in_Saudi_Arabia (in English)
17. Congressional Research Service. (2024, October 25). *Defense primer: Categories of uncrewed aircraft systems*. Congressional Research Service. Retrieved from https://www.congress.gov/crs_external_products/IF/PDF/IF12797/IF12797.2.pdf (in English)
18. DIMMI. (2011, December 30). *Terra program / 5N76 Terra-3 complex*. MilitaryRussia.Ru (archived copy). Retrieved from <https://ia600506.us.archive.org/9/items/DnaEm1CapabilitiesOfNuclearWeapons/Russian%20nuclear%20missiles%20history108.pdf> (in English)
19. Duffner, R. W. (1997). *Airborne laser: Bullets of light*. Plenum Trade. (in English)

20. Dysa, Y. (2023, December 20). Ukraine to produce a million FPV drones next year – minister. *Reuters*. Retrieved from <https://www.reuters.com/world/europe/ukraine-plans-produce-1-million-fpv-drones-2024-minister-2023-12-20/> (in English)
21. Dysa, Y. (2024, February 20). Ukraine seeks to expand its military drone coalition with allies. *Reuters*. Retrieved from <https://www.reuters.com/world/europe/ukraine-seeks-expand-its-military-drone-coalition-with-allies-2024-02-20/> (in English)
22. European Simulation & Training Academy (ESTA). (2025, September 16). *How are drones classified?* Est-a.no. Retrieved from <https://est-a.no/how-are-drones-classified/> (in English)
23. Aliyeva, S. (2025). The United Kingdom will deploy the “DragonFire” laser weapon on “Type 45” destroyers in 2027. *Ordu.az*. Retrieved from <https://ordu.az/az/news/400451/britaniya-dragonfire-lazer-silahini-2027-ci-ilde-type-45-esmineslerine-yerlesdirecek> (in Azerbaijani)
24. Aliyeva, S. (2025). Japan tests a 100 kW ship-based laser weapon. *Ordu.az*. Retrieved from <https://ordu.az/az/news/400047/yaponiya-100-kvt-gucunde-gemi-esasli-lazer-silahini-sinaqdan-kecirir> (in Azerbaijani)
25. Faulconbridge, G. (2022, May 19). Russia uses new laser weapons in Ukraine, Zelenskiy mocks “wonder weapon”. *Reuters*. Retrieved from <https://www.reuters.com/world/europe/russia-touts-new-generation-blinding-laser-weapons-2022-05-18/> (in English)
26. Frantzman, S. J. (2025, May 29). Israel has used “high-power lasers” to down “scores” of threats to homeland. *Breaking Defense*. Retrieved from <https://breakingdefense.com/2025/05/israel-has-used-high-power-lasers-to-down-scores-of-threats-to-homeland/> (in English)
27. Gettinger, D. (2019). *The drone databook*. Center for the Study of the Drone at Bard College. Retrieved from <https://dronecenter.bard.edu/files/2019/10/CSD-Drone-Databook-Web.pdf> (in English)
28. Gettinger, D. (2020). *Drone databook update: March 2020* (p.30). Center for the Study of the Drone at Bard College. Retrieved from <https://dronecenter.bard.edu/files/2020/03/CSD-Databook-Update-March-2020.pdf> (in English)
29. Gormley, D. M. (2008). *Missile contagion: Cruise missile proliferation and the threat to international security*. Praeger. (in English)
30. Gunzinger, M. (2012). *Changing the game: The promise of directed-energy weapons*. Center for Strategic and Budgetary Assessments. Retrieved from <https://csbaonline.org/research/publications/changing-the-game-the-promise-of-directed-energy-weapons> (in English)
31. Hacker, T. (2024, March 6). How the US Army can close its dangerous and growing small drone gap. *Modern War Institute*. Retrieved from <https://mwi.westpoint.edu/how-the-us-army-can-close-its-dangerous-and-growing-small-drone-gap/> (in English)
32. Hammes, T. (2016, October 18). The democratization of airpower: The insurgent and the drone. *War on the Rocks*. Retrieved from <https://warontherocks.com/2016/10/the-democratization-of-airpower-the-insurgent-and-the-drone/> (in English)
33. Harper, S. (2025, March 17). Factory-to-frontline pipeline: How Ukraine’s 2025 drone surge is reshaping the battlefield. *Warquants.com*. Retrieved from <https://www.warquants.com/p/factory-to-frontline-pipeline> (in English)
34. Heyns, C. (2013). *Report of the Special Rapporteur on extrajudicial, summary or arbitrary executions* (A/HRC/23/47). United Nations. Retrieved from <https://undocs.org/A/HRC/23/47> (in English)

35. International Committee of the Red Cross. (1995, October 13). *Protocol on blinding laser weapons (Protocol IV to the 1980 Convention)*. Retrieved from <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/ccw-protocol-iv-1995> (in English)
36. International Committee of the Red Cross. (2003). The review of weapons in accordance with Article 36 of Additional Protocol I. *International Review of the Red Cross*, 85(850), 397–415. Retrieved from https://www.icrc.org/sites/default/files/external/doc/en/assets/files/other/irrc_850_mccelland.pdf (in English)
37. International Institute for Strategic Studies. (2024). *The military balance 2024*. Routledge. (in English)
38. Iran International. (2022, March 12). *Iran claims deploying “laser cannon” against aerial targets*. Retrieved from <https://www.iranintl.com/en/202203127833> (in English)
39. Jane's Defence Weekly. (2017, March 8). China-made Silent Hunter laser air defense system exhibited at IDEX 2017. *Army Recognition*. Retrieved from <https://www.armyrecognition.com/archives/archives-land-defense/land-defense-2017/china-made-silent-hunter-laser-air-defense-system-exhibited-at-idex-2017-80903172> (in English)
40. Jervis, R. (1978, January). Cooperation under the security dilemma. *World Politics*, 30(2), 167–214. (in English)
41. JINSA. (2021, October 24). *Gaza Conflict 2021 Assessment: Observations and Lessons*. Jewish Institute for National Security of America. Retrieved from <https://jinsa.org/wp-content/uploads/2021/10/Gaza-Assessment.v8-1.pdf> (in English)
42. Knorr, W. (1983). The geometry of burning mirrors in antiquity. *Isis*, 74(1), 53–73. <https://doi.org/10.2307/232280> (in English)
43. Kopp, C. (2008). High energy laser directed energy weapons. *Air Power Australia Analysis*, 4(1). Retrieved from <http://www.ausairpower.net/APA-DEW-HEL-Analysis.html> (in English)
44. Kosoy, D. (2025, June 24). Why Russia’s drone swarms are getting deadlier by flying higher. *UNITED24 Media*. Retrieved from <https://united24media.com/war-in-ukraine/why-russias-drone-swarms-are-getting-deadlier-by-flying-higher-9305> (in English)
45. Lagrone, S. (2023, September 28). Iranian forces harass Marine attack helo with laser in Persian Gulf. *USNI News*. Retrieved from <https://news.usni.org/2023/09/28/iranian-forces-harass-marine-attack-helo-with-laser-in-persian-gulf> (in English)
46. Missile Technology Control Regime (MTCR). (n.d.). *MTCR Guidelines*. (in English)
47. Lockheed Martin. (2022, June 14). More than a laser, HELIOS is an integrated weapon system. *Lockheed Martin*. Retrieved from <https://www.lockheedmartin.com/en-us/news/features/2021/more-than-a-laser-helios-is-an-integrated-weapon-system.html> (in English)
48. NATO Science and Technology Organization. (2018, June 26). *Unmanned air systems: Part 1 – An introduction*. Retrieved from <https://www.sto.nato.int/document/unmanned-air-systems-part-1-an-introduction/> (in English)
49. NATO Science and Technology Organization. (2023, July 5). *Defeat of low slow and small (LSS) air threats*. NATO Science and Technology Organization. Retrieved from <https://www.sto.nato.int/document/defeat-of-low-slow-and-small-lss-air-threats-2/> (in English)
50. Newdick, T. (2025, November 25). Unique Russian A-60 laser testbed jet destroyed in Ukrainian attack. *The War Zone*. Retrieved from <https://www.twz.com/air/unique-russian-a-60-laser-testbed-jet-destroyed-in-ukrainian-attack> (in English)

51. Nielsen, P. E. (1994). *Effects of directed energy weapons*. National Defense University. (in English)
52. O'Rourke, R. (2015, June 12). *Navy shipboard lasers for surface, air, and missile defense: Background and issues for Congress* (R41526). Congressional Research Service. Retrieved from <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R41526> (in English)
53. Pettyjohn, S., & Campbell, M. (2025). *Countering the swarm: Protecting the joint force in the drone age*. Center for a New American Security. Retrieved from <https://www.cnas.org/publications/reports/countering-the-swarm> (in English)
54. Physic History. (2024). *Physics history*. APS. Retrieved from <https://www.aps.org/archives/publications/apsnews/201005/physicshistory.cfm> (in English)
55. Press TV. (2025, January 13). Iran Army unveils "daunting" laser-powered air defense system guarding nuclear sites. *Press TV*. Retrieved from <https://www.presstv.ir/Detail/2025/01/13/740813/Iran-Army-unveils-daunting-laser-air-defense-system-guarding-nuclear-site-Fordo-uranium-enrichment> (in English)
56. Rai, D. (2025, May 19). Who has armed drones? *India Today*. Retrieved from <https://www.indiatoday.in/diu/story/armed-drones-turkey-us-iran-modern-warfare-bayraktar-male-drones-2727112-2025-05-19> (in English)
57. Robinson, A. (2015). Will they ever be ready? *National Defense*, 100(740), 24–27. <https://doi.org/10.2307/27020925> (in English)
58. Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press. (in English)
59. Rose, M., & Levantovskaia, K. (2024, May 7). The drones are small, the arms race may not be: Here's how the US can win. *Atlantic Council*. Retrieved from <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/new-atlanticist/the-drones-are-small-the-arms-race-may-not-be-heres-how-the-us-can-win/> (in English)
60. Rumbaugh, W. (2024, February 13). Cost and value in air and missile defense intercepts. *Center for Strategic and International Studies (CSIS)*. Retrieved from <https://www.csis.org/analysis/cost-and-value-air-and-missile-defense-intercepts> (in English)
61. Saudi Aramco. (2019, September 13). *Incidents at Abqaiq and Khurais*. Retrieved from <https://www.aramco.com/en/news-media/news/2019/incidents-at-abqaiq-and-khurais> (in English)
62. Savunma Sanayi. (2021). *Turkey's laser weapons: ARMOL, LSS and ALKA*. Savunma Sanayi. Retrieved from <https://www.savunmasanayi.org/turkiyenin-lazer-silahlari-armorl-lss-ve-alka/> (in Turkish)
63. Saylor, K. M., DiMascio, J., Feickert, A., & O'Rourke, R. (2024, July 11). *Department of Defense directed energy weapons: Background and issues for Congress* (CRS Report No. R46925). Congressional Research Service. Retrieved from <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46925> (in English)
64. Segura, C. (2022, October 12). Iranian "suicide" drones: Russia's new favorite weapon in Ukraine war. *EL PAÍS English*. Retrieved from <https://english.elpais.com/international/2022-10-12/iranian-suicide-drones-russias-new-favorite-weapon-in-ukraine-war.html> (in English)
65. Seifer, M. J. (1998). *Wizard: The life and times of Nikola Tesla: Biography of a genius*. Citadel Press. (in English)
66. Sengupta, K. (2024, April 12). British military laser could appear on front line in Ukraine to take down Russian drones. *The Independent*. Retrieved from

- <https://www.independent.co.uk/news/uk/home-news/british-military-laser-ukraine-b2527367.html> (in English)
67. Shaw, M. (2005). *The new western way of war: Risk-transfer war and its crisis in Iraq*. Polity Press. (in English)
68. Shenk, D. (1997). *Data smog: Surviving the information glut*. HarperCollins. (in English)
69. Wikipedia. (2018, July 6). *Silent Hunter (laser weapon)*. Retrieved January 9, 2026 from [https://en.wikipedia.org/wiki/Silent_Hunter_\(laser_weapon\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Silent_Hunter_(laser_weapon)) (in English)
70. Spink, L. (2024, November 4). Drones are changing how wars harm civilians. *Just Security*. Retrieved from <https://www.justsecurity.org/123474/drones-are-changing-how-wars-harm-civilians/> (in English)
71. Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI). (2022). *SIPRI yearbook 2022: Armaments, disarmament and international security*. Oxford University Press. (in English)
72. Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI). (2024). *SIPRI arms transfers database*. Retrieved from <https://www.sipri.org/databases/armstransfers> (in English)
73. Svitlyk, Y. (2025, November 26). A-60 aircraft: Soviet dream of laser weapons in the sky. *AERONAUT.media*. Retrieved from <https://aeronaut.media/articles-en/en-a-60-soviet-laser-dream/> (in English)
74. Wikipedia. (n.d.). *Terra-3*. Retrieved December 2, 2025 from <https://en.wikipedia.org/wiki/Terra-3> (in English)
75. Tollast, R. (2025, February 4). Israel's Iron Dome system overwhelmed on October 7, inquiry reveals. *The National*. Retrieved from <https://www.thenationalnews.com/news/mena/2025/02/04/israels-iron-dome-system-overwhelmed-on-october-7-inquiry-reveals/> (in English)
76. Turk Silahlı Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı (TSKGV). (2025). *ASELSAN GOKBERK mobile laser weapon system*. Retrieved from <https://tskgv.org.tr/savunmasanayii/gundem/aselsan-gokberk-mobil-lazer-silah-sistemi> (in Turkish)
77. U.S. Army Operational Environment Watch. (2022, February 4). Saudi Arabia turns to China for low-altitude air defense. Retrieved from <https://oe.tradoc.army.mil/product/saudi-arabia-turns-to-china-for-low-altitude-air-defense/> (in English)
78. U.S. Department of Defense. (1985). *Soviet military power 1985: Chapter III—Strategic defense and space programs*. Federation of American Scientists. Retrieved from https://irp.fas.org/dia/product/smp_85_ch3.htm (in English)
79. U.S. Department of Defense. (2015). *Law of war manual* (June 2015, updated July 2023). Office of General Counsel. Retrieved from <https://media.defense.gov/2023/Jul/31/2003271432/-1/-1/0/DOD-LAW-OF-WAR-MANUAL-JUNE-2015-UPDATED-JULY-2023.PDF> (in English)
80. U.S. Department of Defense. (2023, July). *Department of Defense law of war manual*. Office of General Counsel. Retrieved from <https://media.defense.gov/2023/Jul/31/2003271432/-1/-1/0/DOD-LAW-OF-WAR-MANUAL-JUNE-2015-UPDATED-JULY%202023.PDF> (in English)
81. U.S. Marine Corps. (2024). *Clarification of Group 1 and 2 unmanned aircraft systems (UAS) policy*. Retrieved from <https://www.marines.mil/News/Messages/Messages-Display/Article/3810224/clarification-of-group-1-and-2-unmanned-aircraft-systems-uas-policy-for-the-ope/> (in English)

82. United Nations. (1995). *Protocol on blinding laser weapons (Protocol IV to the 1980 Convention on Certain Conventional Weapons)*. Retrieved from https://www.un.org/en/genocideprevention/documents/atrocity-crimes/Doc.43_CCW%20P-IV.pdf (in English)
83. United States Institute of Peace. (2025, January). *How small drones are changing conflict and peace*. United States Institute of Peace. Retrieved from <https://www.usip.org/publications/2025/01/how-small-drones-are-changing-conflict-and-peace> (in English)
84. Wassenaar Arrangement. (2006). *Best practices for implementing intangible transfer of technology controls*. Retrieved from https://www.wassenaar.org/app/uploads/2019/consolidated/ITT_Best_Practices_for_public_statement_2006.pdf (in English)
85. Yildirim, G. (2025). *Laser shield of the Blue Homeland: NAZAR and domestic laser weapon systems*. Anadolu Agency (AA). Retrieved from <https://www.aa.com.tr/tr/savunma-sanayii/mavi-vatanin-lazer-kalkani-nazar-ve-lss> (in Turkish)
86. Yu, J., Liu, Y., Bai, Y., & Liu, F. (2020). A double-threshold target detection method in detecting low slow small target. *Procedia Computer Science*, 174, 616–624. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.13> (in English)
87. Anand, A., & Puscas, I. (2023). *Proposals related to emerging technologies in the area of lethal autonomous weapons systems: A resource paper (updated)*. Geneva: United Nations Institute for Disarmament Research (UNIDIR). Retrieved from https://unidir.org/files/2023-05/UNIDIR-Proposals_Emerging_Technologies_Lethal_Autonomous_Weapons_Systems_2023.pdf (in English)

ƏDƏBİYYAT

1. Wikipedia. (2019, September 13). *Abqaiq-Khuras attack*. Retrieved December 25, 2025, from https://en.wikipedia.org/wiki/Abqaiq%E2%80%93Khuras_attack
2. Barotte, C. (2025, April 4). In Ukraine, gamers make the best drone pilots. *Le Monde*. Retrieved from https://www.lemonde.fr/en/international/article/2025/04/04/in-ukraine-gamers-make-the-best-drone-pilots_6739849_4.html
3. Baseley-Walker, B. & Weeden, B. (2010). *Verification in space: Theories, realities and possibilities*. Secure World Foundation.
4. Bergen, P. & Salyk-Virk, M. & Sterman, D. (2020, July 30). *World of drones: Who has what?* New America. Retrieved from <https://www.newamerica.org/future-security/reports/world-drones/introduction-how-we-became-a-world-of-drones/>
5. Wikipedia. (n.d.). *Beriev A-60*. Retrieved December 12, 2025, from https://en.wikipedia.org/wiki/Beriev_A-60
6. Boothby, W. H. (2025, January 12). The drone threat, the laser response, and the law – Part II. *Lieber Institute*. Retrieved from <https://lieber.westpoint.edu/drone-threat-laser-response-law-part-ii/>
7. Bronk, J. & Reynolds, N. & Watling, J. (2022, November 7). *The Russian air war and Ukrainian requirements for air defence*. Royal United Services Institute. Retrieved from <https://static.rusi.org/SR-Russian-Air-War-Ukraine-web-final.pdf>
8. Campbell, M. (2024). *Drone proliferation dataset*. Center for a New American Security (CNAS). Retrieved from <https://www.cnas.org/publications/reports/drone-proliferation-dataset>
9. Capri, A. (2020, August). *Techno-nationalism: The US–China tech innovation race*. Hinrich Foundation. Retrieved from

- [https://research.hinrichfoundation.com/hubfs/White%20Paper%20PDFs/US-China%20innovation%20race%20\(Alex%20Capri\)/Hinrich%20Foundation%20-%20Techno-nationalism%20and%20the%20US-China%20tech%20innovation%20race%20-%20Alex%20Capri%20-%20August%202020.pdf](https://research.hinrichfoundation.com/hubfs/White%20Paper%20PDFs/US-China%20innovation%20race%20(Alex%20Capri)/Hinrich%20Foundation%20-%20Techno-nationalism%20and%20the%20US-China%20tech%20innovation%20race%20-%20Alex%20Capri%20-%20August%202020.pdf)
10. Center for Civilians in Conflict. (2025). *Protection of civilians trends report | Overview*. Civilianprotectiontrends.org. Retrieved from <https://www.civilianprotectiontrends.org/>
 11. Clausewitz, C. V. (1984). *On war* (M. Howard & P. Paret & B. Brodie). Princeton University Press (Original work published 1832).
 12. Dang, Y. (2025, September 29). Last line of defence: Military journal sheds light on China's new LY-1 shipborne laser weapon. *South China Morning Post*. Retrieved from <https://www.scmp.com/news/china/military/article/3327271/last-line-defence-military-journal-sheds-light-chinas-new-ly-1-shipborne-laser-weapon>
 13. Davis, I. (2022). Global peace and conflict trends. In *Stockholm International Peace Research Institute: Yearbook 2022* (pp.29–44). SIPRI. Retrieved from <https://www.sipri.org/sites/default/files/SIPRIYB22c02sI.pdf>
 14. Declercq, W. (2021, March 9). Laser weapons in international humanitarian law: Opportunities and challenges. *Finabel – European Army Interoperability Centre*. Retrieved from <https://finabel.org/laser-weapons-in-international-humanitarian-law-opportunities-and-challenges/>
 15. Defense Blog. (2025, September 5). Saudi's Chinese SKYSHIELD gamble to protect oil "falls short" [Video]. *YouTube*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=ITMTvxMzVCY>
 16. Defense Mirror. (2025, May 25). China's "Skyshield" anti-drone system underperforming in Saudi Arabia. *Defense Mirror*. Retrieved from <https://defensemirror.com/news/40170/China-s-Skyshield-Anti-drone-System-Underperforming-in-Saudi-Arabia>
 17. Congressional Research Service. (2024, October 25). *Defense primer: Categories of uncrewed aircraft systems*. Retrieved from https://www.congress.gov/crs_external_products/IF/PDF/IF12797/IF12797.2.pdf
 18. DIMMI. (2011, December 30). *Terra program / 5N76 Terra-3 complex*. MilitaryRussia.Ru (archived copy). Retrieved from <https://ia600506.us.archive.org/9/items/DnaEm1CapabilitiesOfNuclearWeapons/Russian%20nuclear%20missiles%20history108.pdf>
 19. Duffner, R. W. (1997). *Airborne laser: Bullets of light*. Plenum Trade
 20. Dysa, Y. (2023, December 20). Ukraine to produce a million FPV drones next year – minister. *Reuters*. Retrieved from <https://www.reuters.com/world/europe/ukraine-plans-produce-1-million-fpv-drones-2024-minister-2023-12-20/>
 21. Dysa, Y. (2024, February 20). Ukraine seeks to expand its military drone coalition with allies. *Reuters*. Retrieved from <https://www.reuters.com/world/europe/ukraine-seeks-expand-its-military-drone-coalition-with-allies-2024-02-20/>
 22. European Simulation & Training Academy (ESTA). (2025, September 16). *How are drones classified?* Est-a.no. Retrieved from <https://est-a.no/how-are-drones-classified/>
 23. Əliyeva, S. (2025). Britaniya "DragonFire" lazer silahını 2027-ci ildə "Type 45" esmineslərinə yerləşdirəcək. *Ordu.Az*. <https://ordu.az/az/news/400451/britaniya-dragonfire-lazer-silahini-2027-ci-ilde-type-45-esmineslerine-yerlesdirecek>
 24. Əliyeva, S. (2025). Yaponiya 100 kVt gücündə gəmi əsaslı lazer silahını sınaqdan keçirir. *Ordu.Az*. Retrieved from <https://ordu.az/az/news/400047/yaponiya-100-kvt-gucunde-gemi-esasli-lazer-silahini-sinaqdan-kecirir>

25. Faulconbridge, G. (2022, May 19). Russia uses new laser weapons in Ukraine, Zelenskiy mocks “wonder weapon”. *Reuters*. Retrieved from <https://www.reuters.com/world/europe/russia-touts-new-generation-blinding-laser-weapons-2022-05-18/>
26. Frantzman, S. J. (2025, May 29). Israel has used “high-power lasers” to down “scores” of threats to homeland. *Breaking Defense*. Retrieved from <https://breakingdefense.com/2025/05/israel-has-used-high-power-lasers-to-down-scores-of-threats-to-homeland/>
27. Gettinger, D. (2019). *The drone databook*. Center for the Study of the Drone at Bard College. Retrieved from <https://dronecenter.bard.edu/files/2019/10/CSD-Drone-Databook-Web.pdf>
28. Gettinger, D. (2020). *Drone databook update: March 2020* (p.30). Center for the Study of the Drone at Bard College. Retrieved from <https://dronecenter.bard.edu/files/2020/03/CSD-Databook-Update-March-2020.pdf>
29. Gormley, D. M. (2008). *Missile contagion: Cruise missile proliferation and the threat to international security*. Praeger
30. Gunzinger, M. (2012). *Changing the game: The promise of directed-energy weapons*. Center for Strategic and Budgetary Assessments. Retrieved from <https://csbaonline.org/research/publications/changing-the-game-the-promise-of-directed-energy-weapons>
31. Hacker, T. (2024, March 6). How the US Army can close its dangerous and growing small drone gap. *Modern War Institute*. Retrieved from <https://mwi.westpoint.edu/how-the-us-army-can-close-its-dangerous-and-growing-small-drone-gap/>
32. Hammes, T. (2016, October 18). The democratization of airpower: The insurgent and the drone. *War on the Rocks*. Retrieved from <https://warontherocks.com/2016/10/the-democratization-of-airpower-the-insurgent-and-the-drone/>
33. Harper, S. (2025, March 17). Factory-to-frontline pipeline: How Ukraine’s 2025 drone surge is reshaping the battlefield. *Warquants.com*. Retrieved from <https://www.warquants.com/p/factory-to-frontline-pipeline>
34. Heyns, C. (2013). *Report of the Special Rapporteur on extrajudicial, summary or arbitrary executions* (A/HRC/23/47). United Nations. Retrieved from <https://undocs.org/A/HRC/23/47>
35. International Committee of the Red Cross. (1995, October 13). *Protocol on blinding laser weapons (Protocol IV to the 1980 Convention)*. Retrieved from <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/ccw-protocol-iv-1995>
36. International Committee of the Red Cross. (2003). The review of weapons in accordance with Article 36 of Additional Protocol I. *International Review of the Red Cross*, 85(850), 397–415. Retrieved from https://www.icrc.org/sites/default/files/external/doc/en/assets/files/other/irrc_850_mccllland.pdf
37. International Institute for Strategic Studies. (2024). *The military balance 2024*. Routledge
38. Iran International. (2022, March 12). *Iran claims deploying “laser cannon” against aerial targets*. Retrieved from <https://www.iranintl.com/en/202203127833>
39. Jane's Defence Weekly. (2017, March 8). China-made Silent Hunter laser air defense system exhibited at IDEX 2017. *Army Recognition*. Retrieved from <https://www.armyrecognition.com/archives/archives-land-defense/land-defense-2017/china-made-silent-hunter-laser-air-defense-system-exhibited-at-idex-2017-80903172>

40. Jervis, R. (1978, January). Cooperation under the security dilemma. *World Politics*, 30(2), 167–214.
41. JINSA. (2021, October 24). *Gaza Conflict 2021 Assessment: Observations and Lessons*. Jewish Institute for National Security of America. Retrieved from <https://jinsa.org/wp-content/uploads/2021/10/Gaza-Assessment.v8-1.pdf>
42. Knorr, W. (1983). The Geometry of Burning Mirrors in Antiquity. *Isis*, 74(1), 53–73. <https://doi.org/10.2307/232280>
43. Kopp, C. (2008). High energy laser directed energy weapons. *Air Power Australia Analysis*, 4(1). Retrieved from <http://www.ausairpower.net/APA-DEW-HEL-Analysis.html>
44. Kosoy, D. (2025, June 24). Why Russia’s Drone Swarms Are Getting Deadlier by Flying Higher. *UNITED24 Media*. Retrieved from <https://united24media.com/war-in-ukraine/why-russias-drone-swarms-are-getting-deadlier-by-flying-higher-9305>
45. Lagrone, S. (2023, September 28). Iranian forces harass Marine attack helo with laser in Persian Gulf. *USNI News*. Retrieved from <https://news.usni.org/2023/09/28/iranian-forces-harass-marine-attack-helo-with-laser-in-persian-gulf>
46. Missile Technology Control Regime (MTCR). (n.d.). *MTCR Guidelines*.
47. Lockheed Martin. (2022, June 14). More Than a Laser, HELIOS is an Integrated Weapon System. *Lockheed Martin*. Retrieved from <https://www.lockheedmartin.com/en-us/news/features/2021/more-than-a-laser-helios-is-an-integrated-weapon-system.html>
48. NATO Science and Technology Organization. (2018, June 26). *Unmanned air systems: Part 1 – An introduction*. Retrieved from <https://www.sto.nato.int/document/unmanned-air-systems-part-1-an-introduction/>
49. NATO Science and Technology Organization. (2023, July 5). *Defeat of Low Slow and Small (LSS) Air Threats*. NATO Science and Technology Organization. Retrieved from <https://www.sto.nato.int/document/defeat-of-low-slow-and-small-lss-air-threats-2/>
50. Newdick, T. (2025, November 25). Unique Russian A-60 laser testbed jet destroyed in Ukrainian attack. *The War Zone*. Retrieved from <https://www.twz.com/air/unique-russian-a-60-laser-testbed-jet-destroyed-in-ukrainian-attack>
51. Nielsen, P. E. (1994). *Effects of directed energy weapons*. National Defense University.
52. O’Rourke, R. (2015, June 12). *Navy Shipboard Lasers for Surface, Air, and Missile Defense: Background and Issues for Congress* (R41526). Congressional Research Service. Retrieved from <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R41526>
53. Pettyjohn, S., & Campbell, M. (2025). *Countering the swarm: Protecting the joint force in the drone age*. Center for a New American Security. Retrieved from <https://www.cnas.org/publications/reports/countering-the-swarm>
54. Physic History. (2024). *Physics History*. APS. Retrieved from <https://www.aps.org/archives/publications/apsnews/201005/physicshistory.cfm>
55. Press TV. (2025, January 13). Iran Army unveils ‘daunting’ laser-powered air defense system guarding nuclear sites. *Press TV*. Retrieved from <https://www.presstv.ir/Detail/2025/01/13/740813/Iran-Army-unveils-daunting-laser-air-defense-system-guarding-nuclear-site-Fordo-uranium-enrichment>
56. Rai, D. (2025, May 19). Who has armed drones? *India Today*. Retrieved from <https://www.indiatoday.in/diu/story/armed-drones-turkey-us-iran-modern-warfare-bayraktar-male-drones-2727112-2025-05-19>
57. Robinson, A. (2015). Will They Ever Be Ready? *National Defense*, 100(740), 24–27. <https://doi.org/10.2307/27020925>
58. Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.

59. Rose, M., & Levantovskaia, K. (2024, May 7). The drones are small, the arms race may not be: Here's how the US can win. *Atlantic Council*. Retrieved from <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/new-atlanticist/the-drones-are-small-the-arms-race-may-not-be-heres-how-the-us-can-win/>
60. Rumbaugh, W. (2024, February 13). Cost and value in air and missile defense intercepts. *Center for Strategic and International Studies (CSIS)*. Retrieved from <https://www.csis.org/analysis/cost-and-value-air-and-missile-defense-intercepts>
61. Saudi Aramco. (2019, September 13). *Incidents at Abqaiq and Khurais*. Retrieved from <https://www.aramco.com/en/news-media/news/2019/incidents-at-abqaiq-and-khurais>
62. Savunma Sanayi. (2021). *Turkiye'nin lazer silahlari: ARMOL, LSS ve ALKA*. Savunma Sanayi. Retrieved from <https://www.savunmasanayi.org/turkiyenin-lazer-silahlari-armol-lss-ve-alka/>
63. Sayler, K. M., DiMascio, J., Feickert, A., & O'Rourke, R. (2024, July 11). *Department of Defense directed energy weapons: Background and issues for Congress* (CRS Report No. R46925). Congressional Research Service. Retrieved from <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46925>
64. Segura, C. (2022, October 12). Iranian "suicide" drones: Russia's new favorite weapon in Ukraine war. *EL PAÍS English*. Retrieved from <https://english.elpais.com/international/2022-10-12/iranian-suicide-drones-russias-new-favorite-weapon-in-ukraine-war.html>
65. Seifer, M. J. (1998). *Wizard: The life and times of Nikola Tesla: Biography of a genius*. Citadel Press.
66. Sengupta, K. (2024, April 12). British military laser could appear on front line in Ukraine to take down Russian drones. *The Independent*. Retrieved from <https://www.independent.co.uk/news/uk/home-news/british-military-laser-ukraine-b2527367.html>
67. Shaw, M. (2005). *The new western way of war: Risk-transfer war and its crisis in Iraq*. Polity Press.
68. Shenk, D. (1997). *Data smog: Surviving the information glut*. HarperCollins.
69. Wikipedia. (2018, July 6). *Silent Hunter (laser weapon)*. Retrieved January 9, 2026 from [https://en.wikipedia.org/wiki/Silent_Hunter_\(laser_weapon\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Silent_Hunter_(laser_weapon))
70. Spink, L. (2024, November 4). Drones are changing how wars harm civilians. *Just Security*. Retrieved from <https://www.justsecurity.org/123474/drones-are-changing-how-wars-harm-civilians/>
71. Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI). (2022). *SIPRI Yearbook 2022: Armaments, disarmament and international security*. Oxford University Press.
72. Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI). (2024). *SIPRI arms transfers database*. Retrieved from <https://www.sipri.org/databases/armstransfers>
73. Svitlyk, Y. (2025, November 26). A-60 aircraft: Soviet dream of laser weapons in the sky. *AERONAUT.media*. Retrieved from <https://aeronaut.media/articles-en/en-a-60-soviet-laser-dream/>
74. Wikipedia. (n.d.). *Terra-3*. Retrieved December 2, 2025 from <https://en.wikipedia.org/wiki/Terra-3>
75. Tollast, R. (2025, February 4). Israel's Iron Dome system overwhelmed on October 7, inquiry reveals. *The National News*. Retrieved from <https://www.thenationalnews.com/news/mena/2025/02/04/israels-iron-dome-system-overwhelmed-on-october-7-inquiry-reveals/>

76. Türk Silahlı Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı, TSKGV. (2025). *ASELSAN GÖKBERK mobil lazer silah sistemi*. Retrieved from <https://tskgv.org.tr/savunmasanayii/gundem/aselsan-gokberk-mobil-lazer-silah-sistemi>
77. U.S. Army Operational Environment Watch. (2022, February 4). Saudi Arabia turns to China for low-altitude air defense. Retrieved from <https://oe.tradoc.army.mil/product/saudi-arabia-turns-to-china-for-low-altitude-air-defense/>
78. U.S. Department of Defense. (1985). *Soviet military power 1985: Chapter III—Strategic defense and space programs*. Federation of American Scientists. Retrieved from https://irp.fas.org/dia/product/smp_85_ch3.htm
79. U.S. Department of Defense. (2015). *Law of war manual* (June 2015, updated July 2023). Office of General Counsel. Retrieved from <https://media.defense.gov/2023/Jul/31/2003271432/-1/-1/0/DOD-LAW-OF-WAR-MANUAL-JUNE-2015-UPDATED-JULY-2023.PDF>
80. U.S. Department of Defense. (2023, July). *Department of Defense law of war manual*. Office of General Counsel. Retrieved from <https://media.defense.gov/2023/Jul/31/2003271432/-1/-1/0/DOD-LAW-OF-WAR-MANUAL-JUNE-2015-UPDATED-JULY%202023.PDF>
81. U.S. Marine Corps. (2024). *Clarification of Group 1 and 2 Unmanned Aircraft Systems (UAS) policy*. Retrieved from <https://www.marines.mil/News/Messages/Messages-Display/Article/3810224/clarification-of-group-1-and-2-unmanned-aircraft-systems-uas-policy-for-the-ope/>
82. United Nations. (1995). *Protocol on Blinding Laser Weapons (Protocol IV to the 1980 Convention on Certain Conventional Weapons)*. Retrieved from https://www.un.org/en/genocideprevention/documents/atrocities-crimes/Doc.43_CCW%20P-IV.pdf
83. United States Institute of Peace. (2025, January). *How small drones are changing conflict and peace*. United States Institute of Peace. Retrieved from <https://www.usip.org/publications/2025/01/how-small-drones-are-changing-conflict-and-peace>
84. Wassenaar Arrangement. (2006). *Best practices for implementing intangible transfer of technology controls*. Retrieved from https://www.wassenaar.org/app/uploads/2019/consolidated/ITT_Best_Practices_for_public_statement_2006.pdf
85. Yıldırım, G. (2025). *Mavi Vatanın lazer kalkanı: NAZAR və yerli lazer silah sistemləri*. Anadolu Agentliyi (AA). Retrieved from <https://www.aa.com.tr/tr/savunmasanayii/mavi-vatanin-lazer-kalkani-nazar-ve-lss>
86. Yu, J., Liu, Y., Bai, Y., & Liu, F. (2020). A double-threshold target detection method in detecting low slow small target. *Procedia Computer Science*, 174, 616–624. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.13>
87. Anand, A. & Puscas, I. (2023). *Proposals related to emerging technologies in the area of lethal autonomous weapons systems: A resource paper (updated)*. Geneva: United Nations Institute for Disarmament Research (UNIDIR). Retrieved from https://unidir.org/files/2023-05/UNIDIR-Proposals_Emerging_Technologies_Lethal_Autonomous_Weapons_Systems_2023.pdf