



APLICAȚIILE TEHNOLOGIEI CRISPR-CAS9 ÎN DOMENIUL MILITAR ȘI AL SECURITĂȚII INTERNAȚIONALE

Student Theodor-Eugeniu MIHAI

Universitatea Națională de Apărare „Carol I”, București

Dr. Teodora TRANDAFIR

Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară, București

DOI: 10.55535/GMR.2026.1-2.07

CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) is an adaptive immunity mechanism that occurs naturally in bacteria, protecting them against viruses by incorporating viral sequences into their genome, which confers specific resistance to pathogens.

Based on the understanding of the CRISPR mechanism in bacteria, the system was subsequently adapted as a reference technology in the field of genome editing; its principle consists of the precise recognition and cleavage of DNA sequences by the Cas9 protein complex. This genome-editing capability allows the correction of genetic mutations and the modification of heritable traits, opening possibilities for strengthening population resilience as well as managing biological risks. From this point of view, the contribution to the demographic element inevitably influences the international security environment, as well as the trends of military evolution. The main objective of the paper is to analyze its applications in the military field, and also the impact it has on the development of the security environment, encompassing not only the applications, but also the risks, threats and vulnerabilities that may arise as a result of the use and proliferation of gene editing technologies.

Keywords: CRISPR-Cas9; Gene Editing; Biosecurity, Emerging Biotechnologies; Bioethics;

INTRODUCERE

Elementul esențial al domeniului militar este omul. Indiferent de evoluțiile tehnologice, omul rămâne o constantă istorică a elementului militar și a războiului. Fie că vorbim despre controlul politic, planificarea sau comanda militară sau chiar populația civilă, putem sesiza faptul că omul este elementul primar, după care se ghidează principiile științei militare. Din acest punct de vedere, privind contextul și condițiile războiului, J.F.C. Fuller remarcă faptul că există două condiții ale războiului: natural și artificial. Condiția naturală este reprezentată de elementele prestabilite, nemodificate precum zona geografică, meteorologia sau calitatea umană a armatelor. Condiția artificială este reprezentată de elementele modificate, precum tehnica, echipamentul sau tehnologiile folosite pentru purtarea războiului. Chiar dacă aceste condiții au fost redactate acum două secole, ele au rămas relevante până în prezent (Fuller, 1993, p. 182).

Având în vedere aceste considerente, pentru prima oară în istoria umanității putem vorbi despre combinarea celor două condiții – natural și artificial, pentru a reda cea mai bună formă și pentru a controla ceea ce era în afara posibilităților tehnologice. Prin modificarea genetică, ființa umană poate controla condiția naturală, contribuind astfel, la securitatea, ducerea războiului și creșterea demografică. Cu această tehnologie, politicile și strategiile de securitate, dar și doctrinele militare vor trebui modificate și reajustate la această nouă condiție – simbioza dintre natural și artificial.

Din acest punct de vedere, am considerat că este necesară o analiză foarte concentrată a aplicațiilor *tehnologiei CRISPR-Cas9*. Posibilitățile de utilizare, limitările, dar și riscurile nu au fost complet cercetate, reprezentând o lacună majoră. Datorită impactului pe care ar putea să-l aibă asupra omului, tehnologia de modificare genetică nu mai reprezintă doar o problemă medicală sau biologică, ci se transpune în științele de securitate, științele militare, dar și în alte științe umaniste.

Datorită impactului pe care ar putea să-l aibă asupra omului, tehnologia de modificare genetică nu mai reprezintă doar o problemă medicală sau biologică, ci se transpune în științele de securitate, științele militare, dar și în alte științe umaniste.



Tehnologia CRISPR-Cas9 reprezintă o unealtă vitală a viitoarelor armate, schimbând radical mediul de securitate și modul de purtare a războaielor și conflictelor internaționale. Acesta ar putea aduce plusvaloare resursei umane și ar putea modifica radical exponenții naturali, care, până acum, erau considerați imutabili.

Astfel, este necesar să analizăm aplicațiile principale în domeniul militar, dar și riscurile, dezavantajele, amenințările, limitările și impactul pe care ar putea să-l aibă în mediul de securitate internațional. Scopul lucrării nu se rezumă la stricta înșiruire a aplicațiilor practice, ci redă o analiză compactă, dar multilaterală pentru a reorienta cercetarea în acest domeniu și pentru a face legătura dintr-un subiect, cercetat anterior doar în științele biotehnologice și medicale, cu domeniul securității și al științelor militare.

Ipoieza principală a lucrării este faptul că *tehnologia CRISPR-Cas9* reprezintă o unealtă vitală a viitoarelor armate, schimbând radical mediul de securitate și modul de purtare a războaielor și conflictelor internaționale. Acesta ar putea aduce plusvaloare resursei umane și ar putea modifica radical exponenții naturali, care, până acum, erau considerați imutabili. De asemenea, lucrarea nu urmărește doar să justifice utilizarea unor astfel de tehnologii, ci să redea, în întreg ansamblul, atât avantajele și aplicațiile practice, cât și riscurile, amenințările și vulnerabilitățile existente, pentru a reliefa un proces complex și aproape necunoscut.

În primul capitol va fi abordat noul tip de război și felul în care vor arăta armatele viitoare, schimbarea de paradigmă și revoluționarizarea elementelor tehnologice și naturale. Primul capitol, de asemenea, va acoperi procesul de bază al *tehnologiei CRISPR-Cas9* pentru a putea fi aprofundat în al doilea capitol. În acest capitol, vor fi prezentate aplicațiile practice ale *CRISPR Cas-9*, precum și problemele și vulnerabilitățile ce pot fi rezolvate prin acest tip de tehnologie. Cel de al treilea capitol va urmări să analizeze impactul asupra mediului de securitate, potențialii factori de risc, amenințările ce ar putea apărea, dar și vulnerabilitățile și limitările politice, legislative și tehnologice.

PERSPECTIVELE INOVĂRII TEHNOLOGICE. ÎN TRE RĂZBOIUL INFORMAȚIONALIZAT ȘI RĂZBOIUL TEHNO-SENTIENT

Începutul celui de al treilea deceniu al secolului XXI a fost marcat de o revoluție în afacerile militare. Chiar dacă existau precedente în această evoluție, această etapă a fost caracterizată printr-o concentrare accentuată asupra integrării tehnologiilor emergente în domeniul militar, având scopul de a completa efectivele militare tradiționale.

Această formă de „război inteligent” a apărut, ca doctrină oficială (pentru că existau, anterior, strategii conceptuale și forme abstracte), în documentul strategic ale Chinei – *Apărarea Națională a Chinei în Noua Eră*. Noua strategie a Chinei a fost ajustată pe schimbările politice americane. În 2019, Statele Unite au făcut o schimbare strategică semnificativă – de la războiul contra terorismului, înapoi, la rivalitatea convențională față de Rusia și China. Acest document reliefează readaptarea Chinei la un adversar puternic din punct de vedere economic și militar. Războiul inteligent a fost o formă de adaptare la decalajele cantitative, dar și calitative ale Statelor Unite față de China (Cordesman, 2019, pp. 1-2).

Conform documentului, apărarea națională a Chinei, „impulsionată de noul val al revoluției tehnologice și industriale, aplicarea tehnologiilor de vârf precum inteligența artificială, tehnologia cuantică, big data, cloud computing și Internet of Things, cunoaște o accelerare în domeniul militar. Competiția militară internațională traversează transformări istorice. Noile tehnologii militare de înaltă ținută, bazate pe tehnologia informației, se dezvoltă rapid. Se conturează o tendință dominantă de a dezvolta armament și echipamente cu rază lungă de acțiune și precizie, inteligente, cu caracteristici de invizibilitate sau capabile de operare fără echipaj. Războiul evoluează ca formă către războiul informaționalizat, iar războiul inteligent se află la orizont.” (State Council Information Office, 2019, p. 6).

Războiul inteligentizat sau informaționalizat reprezintă, pentru statul chinez, o formă de a câștiga avantaje operaționale reale asupra unui nou mediu de luptă, astfel putând să elimine decalajele sau vulnerabilitățile convenționale (Defense Intelligence Agency, 2019, p. 24). Forma de război informaționalizat a Chinei a fost conceptualizat mult mai amplu în perioada 2020-2021. Amplificând conceptul de complementare între efectivele tradiționale militare și tehnologiile emergente, cercetătorii chinezi au realizat definirea unui nou tip de război – meta-război (Meta-War). Prin utilizarea realității virtuale, prin meta-simulări sau interfață integrată creier-computer, se poate realiza un „super-spațiu” de luptă ce îmbină planul real cu cel virtual, conectând mediul de luptă real cu cel „mental”. Se poate afirma că primul pas către îmbinarea elementului natural cu cel artificial a fost realizat prin noțiunea de meta-război (Baughman, 2024, p. 31).



Războiul inteligentizat sau informaționalizat reprezintă, pentru statul chinez, o formă de a câștiga avantaje operaționale reale asupra unui nou mediu de luptă, astfel putând să elimine decalajele sau vulnerabilitățile convenționale.



În Occident, evidențiate de documentele strategice, tehnologiile emergente sunt văzute drept unelte complementare ale tehnicii militare tradiționale, o parte separată a unui sistem complet. Gândirea chineză pune accentul pe îmbinarea conceptelor tradiționale și tehnologice, pentru a reda un singur mediu – practic, un singur plan, care îmbină tehnologia, informația și tehnicile tradiționale sub o nouă paradigmă de apărare.

În contrast cu strategia chineză, Organizația Tratatului Nord-Atlantic nu are o doctrină sau o strategie bine definită ca paradigmă, precum China, asupra conceptului de *război informaționalizat*. Gândirea occidentală consideră spațiul cibernetic și spațiul digital drept o unealtă complementară la un concept mult mai amplu de apărare. Din acest punct de vedere, se constată diferențe uriașe între paradigma cuprinzătoare de *război informaționalizat* (Intelligentised Warfare) a Chinei și elementele de apărare cibernetică a NATO. Acest lucru este evidențiat în Conceptul Strategic al NATO din 2022, care nu delimitează concret războiul informațional, ci îl trasează drept o unealtă a războiului hibrid. În principal, misiunile centrale ale NATO se axează pe reziliență, dezvoltare, apărare cibernetică și controlul spațiului digital (NATO 2022 Strategic Concept, 2022, p. 7).

Într-adevăr, conceptul de război informațional și război net-centric au apărut, pentru prima oară, în lucrările de cercetare americane. Astfel, Eliot A. Cohen remarcă apariția unei revoluții în afaceri militare privind tehnologia. El menționează că transformarea armatelor este un rezultat al geopoliticii – al supremației americane, numind procesul de modernizare și transformare drept un „*proces american*”. De asemenea, el subliniază că decalajul tehnologic este mult mai important decât cel al antrenamentului, al moralului sau al pregătirii profesionale. Astfel, o armată tehnologizată este mai greu de înfrânt, prin faptul că își poate complementa metodele tradiționale cu cele tehnologice. În plus, majoritatea proceselor de revoluționizare pornesc de jos în sus, astfel, conducerea militară și decidenții politici aflându-se în necesitatea de a se adapta și de a reajusta gândirea strategică conform inovațiilor tehnologice. Un lucru interesant, ce merită menționat, este remarca autorului potrivit căruia revoluția tehnologiilor de luptă va atinge un apogeu odată cu implementarea „*tehnologiilor biologice*” (Cohen, 2004.)

Diferența principală între modul în care gândirea occidentală și gândirea chineză abordează conceptul de implementare a tehnologiilor emergente este, cel mult, doctrinară. În Occident, evidențiate de documentele strategice, tehnologiile emergente sunt văzute drept unelte complementare ale tehnicii militare tradiționale, o parte separată a unui sistem complet. Gândirea chineză pune accentul pe îmbinarea conceptelor tradiționale și tehnologice, pentru a reda un singur mediu

– practic, un singur plan, care îmbină tehnologia, informația și tehnicile tradiționale sub o nouă paradigmă de apărare. Această diferențiere este necesar de menționat, deoarece modificarea genetică prin CRISPR-Cas9 este o componentă a ceea ce China numește *război informaționalizat* (Billore, 2024). Acest lucru este important, deoarece războiul informaționalizat a evoluat semnificativ, ajungând chiar la conceptul de Meta-Război (Meta-Wars). Evoluțiile biotehnologice se desfășoară într-un mod similar, iar lipsa de adaptare la contextul actual și de a crea o paradigmă va crea probleme de coordonare, planificare și ajustare la evoluțiile tehnologice viitoare.

O componentă a războiului informaționalizat, conform statului chinez, este reprezentată de „*dominanța cognitivă*” și „*informaționalizarea omului*”. Astfel, pentru prima oară în istoria omenirii, omul devine subiectul inovării tehnologice. Utilizând noile tehnologii cerebrale (implanturi cerebrale, modificare genetică), Armata de Eliberare Populară dorește să sporească abilitățile cognitive (inteligența, procesul de luare a deciziilor, curajul) ale ofițerilor săi prin utilizarea acestor tehnologii – creierul uman devine un nou mediu operațional de luptă. Prin această fuziune între om și tehnologie, Armata de Eliberare Populară dorește crearea unei noi forme de comandă și control (C2), prin care omul să poată fie conectat, în mod direct, cu tehnologia (Kania, 2024, p. 86).

Războiul tehnosentient este un concept relativ nou, dezvoltat de publicația Colegiului de Război al Armatei Statelor Unite, prin lucrarea intitulată *Techno-Sentient Warfare in 2035*, publicată în 2024. Aceasta pune în vedere o nouă paradigmă pentru Occident, care să contrabalanseze conceptul de război informaționalizat al statului chinez și să creeze o nouă formă de purtare a războiului. Autorii au considerat că războiul tehnosentient nu este o simplă alternativă occidentală, ci o continuare, o evoluție a paradigmei de război informaționalizat. Prin războiul tehnosentient, aportul resursei umane va fi considerabil redus prin automatizarea graduală a tehnologiilor emergente. Astfel, decidenții politici și liderii militari vor putea opera în afara planurilor tradiționale – aerian, terestru, maritim, în zone care, până în prezent, erau în afara domeniului militar. Direcțiile principale de acțiune ale războiului tehnosentient nu se vor concentra pe direcțiile tradiționale ale domeniului militar, ci pe aspecte tehnologice,



Războiul „tehnosentient” este un concept relativ nou, dezvoltat de publicația Colegiului de Război al Armatei Statelor Unite, prin lucrarea intitulată „Techno-Sentient Warfare in 2035”, publicată în 2024. Aceasta pune în vedere o nouă paradigmă pentru Occident, care să contrabalanseze conceptul de „război informaționalizat” al statului chinez și să creeze o nouă formă de purtare a războiului.



care vor lua amploare în deceniul următor. Printre acestea se enumeră: rețele neuronale cuantice – neurotehnologia, care va conecta ființa umană cu calculatoarele cuantice, război informațional și cognitiv, care va prelua valența de neuro-război (controlul planului cognitiv al adversarului), augumentarea performanței umane și hiper-augumentarea prin tehnologii de modificare genetică, substanțe farmaceutice, augumentare tehnologică și sisteme de suport decizional (Carlson et al., 2023, passim 6-9).

Prin reproiectarea secvenței de ARN-ghid, Cas9 poate fi direcționat către aproape orice regiune a genomului, permițând introducerea, eliminarea sau modificarea genelor cu o precizie fără precedent în practica biomedicală. Un exemplu notabil îl constituie Casgevy, prima terapie CRISPR/Cas9 aprobată de către Food and Drug Administration (FDA) pentru tratamentul anemiei falciforme și al beta-talasemiei dependente de transfuzie.

APLICAȚIILE PRACTICE CRISPR-CAS9 ÎN DOMENIUL MILITAR

CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats/ repetiții palindromice scurte, grupate și intercalate regulat) reprezintă un sistem natural de imunitate adaptativă întâlnit la bacterii și arhee. Acest mecanism funcționează prin recunoașterea și neutralizarea materialului genetic provenit de la virusuri sau alte elemente genetice invazive, baza sistemului constând în secvențe scurte de ADN derivate din agenți patogeni anteriori, stocate în genomul bacterian asemenea unui „registru molecular” al infecțiilor trecute. Un element central al complexului CRISPR este proteina Cas9 (CRISPR-associated protein 9), o endonuclează capabilă să secționeze ADN-ul în regiunea indicată de un fragment de ARN-ghid. Acest ARN-ghid, complementar secvenței-țintă din genomul viral sau din orice alt ADN de interes, conferă sistemului specificitatea necesară recunoașterii. Interacțiunea dintre Cas9 și ARN-ul-ghid face posibilă identificarea și clivarea precisă a moleculelor de ADN invadatoare.

Cercetările recente au adaptat acest mecanism natural într-un instrument extrem de puternic pentru editarea genomică. Prin reproiectarea secvenței de ARN-ghid, Cas9 poate fi direcționat către aproape orice regiune a genomului, permițând introducerea, eliminarea sau modificarea genelor cu o precizie fără precedent în practica biomedicală. Un exemplu notabil îl constituie Casgevy, prima terapie CRISPR/Cas9 aprobată de către Food and Drug Administration (FDA) pentru tratamentul anemiei falciforme și al beta-talasemiei dependente de transfuzie (Singh et al., 2024). Această terapie implică editarea ex vivo a celulelor stem hematopoietice, ceea ce determină creșterea expresiei hemoglobinei fetale (HbF) și conduce la reducerea

semnificativă a crizelor vaso-occlusive, precum și la diminuarea necesității de transfuzie sanguină. În majoritatea pacienților incluși în studiile clinice, tranziția către independența transfuzională s-a menținut pe o perioadă de cel puțin 12 luni, confirmând robustețea și eficacitatea intervenției. Pe lângă aceste progrese remarcabile în terapia bolilor hematologice ereditare, există rezultate preclinice promițătoare și în domenii precum distrofia musculară Duchenne, unde modelele animale supuse editării genomice au recăpătat expresia unei proteine esențiale pentru funcția musculară normală, ceea ce indică un potențial major al terapiilor genetice corective în patologii neuromusculare severe. De asemenea, utilizările emergente ale CRISPR se extind către afecțiuni metabolice și cardiovasculare; un exemplu îl constituie tratamentul hipercolesterolemiei familiale, unde editarea de baze combinată cu vectori lipidici a generat reduceri marcate ale nivelului LDL-colesterolului (Hoekstra et al., 2024; Hughes-Castleberry et al., 2023). În plus, aplicarea tehnicii de modificare genomică în cazul bolii granulomatoase cronice a furnizat prime date clinice ce sugerează restaurarea funcției imune, asociată cu un profil de siguranță favorabil și cu reacții adverse minime raportate până în prezent. Tehnologia CRISPR-Cas9 capătă o relevanță tot mai mare și în combaterea antibioretistenței, considerată de Organizația Mondială a Sănătății una dintre principalele amenințări la adresa sănătății publice globale (CAS Insights, 2024). Prin platforma FAB-CRISPR, care utilizează markeri de rezistență la antibiotice pentru a selecta rapid celulele modificate, se îmbunătățește eficiența și trasabilitatea editării genetice (Adarska et al., 2025), deschizând perspective pentru terapii inovatoare împotriva infecțiilor multirezistente.

Dincolo de aria medicală, tehnologia CRISPR își dovedește relevanța și în agricultură, unde contribuie la consolidarea securității alimentare prin dezvoltarea unor culturi cu trăsături genetice optimizate, cum ar fi toleranța sporită la secetă, rezistența la agenți patogeni și creșterea randamentului. Aceste inovații au potențialul de a redefini reziliența sistemelor agroalimentare globale și de a oferi soluții sustenabile în fața presiunilor climatice contemporane.

Terapia genetică poate crește eficiența resursei umane militare. În primul rând, prin editarea anumitor gene, soldații ar putea avea aptitudini cognitive crescute, precum: memorie extrem de dezvoltată,



Tehnologia CRISPR își dovedește relevanța și în agricultură, unde contribuie la consolidarea securității alimentare prin dezvoltarea unor culturi cu trăsături genetice optimizate, cum ar fi toleranța sporită la secetă, rezistența la agenți patogeni și creșterea randamentului. Aceste inovații au potențialul de a redefini reziliența sistemelor agroalimentare globale și de a oferi soluții sustenabile în fața presiunilor climatice contemporane.



Tehnologia CRISPR-Cas9 deschide noi perspective asupra optimizării performanței umane. Ameliorarea umană, desemnată frecvent prin conceptul de „optimizare a performanței umane”, marchează o tranziție de la utilizarea farmaceuticelor, suplimentelor și strategiilor nutriționale destinate maximizării performanței individuale către integrarea biotehnologiilor de tip CRISPR, cu potențial de a spori reziliența biologică, de a amplifica funcțiile fiziologice și de a corecta predispozițiile genetice.

concentrare, capacități de rezolvare a problemelor, oferind soldaților un avantaj în timpul situațiilor de presiune maximă. Din privința aptitudinilor fizice, se pot modifica și se pot potența: forța fizică, enduranța, masa musculară (Billore, 2024). Un alt aspect ce poate fi modificat este rezistența la factorii de stres extern. Până în prezent, științele militare atribuiu inabilitatea eliminării acestor factori, căutând soluții și tehnologii care să poată ameliora efectele. Terapia genetică poate îmbunătăți rezistența la acești factori prin: creșterea capacității pulmonare, rezistența la temperaturi incomfortabile, astfel soldații putând face față mediilor ostile. Aceste lucruri pot fi modificate genetic, astfel de mutații existând și în starea naturală a evoluției fiziologice umane. Pre exemplu, soldații ce păzesc Siachen Muztagh au căpătat o rezistență ereditară la temperaturi de -50 de grade Celsius, iar alte segmente demografice au dezvoltat rezistență la altitudini foarte înalte, care, unui om normal, i-ar provoca tulburări fizice și psihice (Ib.).

Posibil, cea mai mare descoperire în acest domeniu este o genă rezistentă la radiație. Pe baza unor organisme microscopice – urși de mare, specialiștii chinezi au identificat celule rezistente la nivel ridicat de radiație. Urșii de mare sunt un specimen de interes pentru biotehnologia genetică – aceștia pot rezista la temperaturi de -200 de grade Celsius, pot rezista mai mult de o oră în apă în punctul de fierbere și pot supraviețui în spațiul cosmic. Mecanismul celulelor acestora este unic și funcționează prin crearea unor „scuturi” asupra tuturor celulelor sale. O echipă de cercetători militari a afirmat faptul că au inserat astfel de gene într-un embrion uman, generând o rezistență crescută la radiații. Rezistența nu este totală, dar se estimează că ar putea preveni radierea celulelor în cazul unui război nuclear (Chen, 2023.)

PROBLEMELE FUNDAMENTALE DE SECURITATE ALE TEHNOLOGIEI DE MODIFICARE GENETICĂ

În completarea studiilor clinice din domeniul medical, *tehnologia CRISPR-Cas9* deschide noi perspective asupra optimizării performanței umane (BioSpark Studio, 2025). Ameliorarea umană, desemnată frecvent prin conceptul de „*optimizare a performanței umane*” (Human Performance Enhancement), marchează o tranziție de la utilizarea farmaceuticelor, suplimentelor și strategiilor nutriționale destinate maximizării performanței individuale către integrarea biotehnologiilor

de tip CRISPR, cu potențial de a spori reziliența biologică, de a amplifica funcțiile fiziologice și de a corecta predispozițiile genetice. În acest cadru, rapoarte recente indică faptul că în China se conturează direcții de cercetare orientate către aplicarea acestor tehnologii de optimizare genetică în scopuri militare, cu un orizont de implementare estimat în jurul anului 2030 (Carlson et al., 2023). Această evoluție ilustrează modul în care biotehnologiile și, în special, editarea genomică prin CRISPR-Cas9 se integrează în strategiile de securitate națională, transformându-se din instrumente biomedicale în resurse strategice, cu implicații geopolitice majore.

Conceptul de securitate demografică, definit ca abilitatea unui stat sau a unei comunități de a menține echilibrul numeric, calitativ și structural al populației, oferă un cadru de înțelegere a modului în care CRISPR-Cas9 ar putea fi instrumentalizat politic. Editarea genetică promite corectarea mutațiilor ereditare, extinderea speranței de viață și consolidarea rezilienței populației la factori de mediu, funcționând, astfel, ca un potențial instrument de politică demografică. Totuși, beneficiile anticipate se confruntă cu riscuri semnificative, în special apariția unor „stratificări biologice” generate de accesul inegal la tehnologie. Într-un astfel de scenariu, anumite grupuri sociale ar acumula avantaje genetice sistematice, în timp ce altele ar fi marginalizate, ceea ce ar conduce la noi forme de inegalitate și excludere. Aceste tensiuni sunt amplificate în regimurile autoritare, unde biotehnologiile pot fi transformate în instrumente de control social. Standardizarea genetică impusă la nivel de stat ridică dileme etice majore privind autonomia individuală și respectarea diversității biologice, aspecte care devin cu atât mai problematice în lipsa unor mecanisme transparente de reglementare. În acest context, China a adoptat o strategie explicită de „fuziune militar-civilă” (Military-Civil Fusion), prin care descoperirile și inovațiile din sectorul civil al biotehnologiei sunt direcționate către programele militare. Documentele strategice indică obiectivul Beijingului de a deveni lider global în domeniul tehnologiilor de ameliorare umană prin CRISPR și alte metode de editare genetică până în anul 2030 (Stone, Wood, 2020, pp. 25-26). Programele derulate vizează dezvoltarea unor trăsături precum rezistența crescută la oboseală, recuperarea accelerată după traumatisme, reflexe superioare și adaptări senzoriale sporite,



GÂNDIREA
MILITARĂ
ROMÂNEASCĂ

Conceptul de „securitate demografică”, definit ca abilitatea unui stat sau a unei comunități de a menține echilibrul numeric, calitativ și structural al populației, oferă un cadru de înțelegere a modului în care CRISPR-Cas9 ar putea fi instrumentalizat politic. Editarea genetică promite corectarea mutațiilor ereditare, extinderea speranței de viață și consolidarea rezilienței populației la factori de mediu, funcționând, astfel, ca un potențial instrument de politică demografică.



Analiza strategică a tehnologiilor CRISPR trebuie completată printr-o ancorare bioetică și juridică robustă, întrucât, în lipsa unor cadre normative clare, editarea genetică riscă să fie absorbită în logica securitară și competițională a geopoliticii contemporane.

cea ce depășește sfera terapeutică și deschide dezbateri privind redefinirea condiției umane în raport cu nevoile militare și politice (Carlson et al., p. 66).

Funcționarea laboratoarelor dedicate editării genomice pentru ameliorare umană depinde de trei dimensiuni esențiale: infrastructura de biosecuritate proporțională cu riscul, mecanisme de guvernare instituțională și integrarea modelării computerizate (in silico) în procesul experimental. Manualul de biosiguranță al Organizației Mondiale a Sănătății (ediția a IV-a) propune un cadru bazat pe risc și dovezi (risk- and evidence-based), care pune accent pe adaptarea locală a facilităților, echipamentelor și practicilor microbiologice, dar mai ales pe existența unei culturi organizaționale a siguranței și pe formarea sistematică a personalului (World Health Organization/WHO, 2020). Este de menționat, de asemenea, rolul central al componentei digitale, prin care modelele computerizate (in silico), inclusiv cele bazate pe inteligență artificială (AI), devin instrumente indispensabile pentru planificarea intervențiilor de editare genetică. Acestea permit proiectarea ghidurilor CRISPR optimizate, anticiparea eficienței și identificarea efectelor nedorite prin algoritmi statistici și de învățare automată. Prin integrarea acestor metode, ciclul de dezvoltare este scurtat, iar riscurile sunt diminuate prin selecția, înainte de experiment, a variantelor cu cel mai favorabil profil molecular (Zhang et al., 2020; Listgarten et al., 2018; Sherkatghanad et al., 2023).

Această orientare tehnologică solicită însă o reflecție mai amplă, dincolo de analiza strategică. Integrarea ameliorării genetice în planificarea militară și demografică impune evaluarea limitelor morale ale modificării genomului uman și a consecințelor sociale și politice pe care le generează. În mod particular, accentul cade pe echitatea distribuției beneficiilor, pe riscul apariției unor noi forme de inegalitate genetică și pe potențialul diminuării diversității biologice. De asemenea, autonomia individului devine vulnerabilă într-un cadru în care imperativele statale tind să prevaleze asupra drepturilor persoanei. Analiza strategică a *tehnologiilor CRISPR* trebuie completată printr-o ancorare bioetică și juridică robustă, întrucât, în lipsa unor cadre normative clare, editarea genetică riscă să fie absorbită în logica securitară și competițională a geopoliticii contemporane. O astfel de evoluție ar transforma un instrument biomedical cu valoare terapeutică

incontestabilă într-un mijloc de control social și uniformizare genetică, cu efecte structurale asupra organizării societății și asupra modului în care este redefinit conceptul de umanitate. În acest sens, literatura de bioetică subliniază distincția fundamentală dintre intervențiile somatice, care afectează exclusiv organismul pacientului și nu se transmit descendenților, și intervențiile germinale, care devin parte a patrimoniului genetic colectiv și antrenează implicații intergeneraționale.

Savulescu și Singer (2019) formulează un cadru normativ care condiționează utilizarea responsabilă a editării genetice de îndeplinirea unor criterii stricte, între care se numără demonstrarea empirică a siguranței, absența alternativelor rezonabile și garantarea consimțământului informat. În absența acestor garanții, aplicarea tehnologiei riscă să erodeze principii esențiale ale bioeticii – autonomia persoanei, justiția distributivă și responsabilitatea față de generațiile viitoare. Principiile menționate au fost consacrate în documente juridice internaționale, precum Convenția de la Oviedo (1997), care permite intervențiile asupra genomului uman doar în scopuri preventive, diagnostice sau terapeutice, dar interzice în mod explicit modificările cu efecte ereditare transmise descendenților, și Declarația Universală asupra Genomului Uman și Drepturilor Omului (UNESCO, 1997), care consacră genomul uman ca patrimoniu comun al umanității. Deși aceste instrumente juridice stabilesc repere normative fundamentale, ele se dovedesc insuficiente în fața ritmului accelerat al progreselor tehnologice și al diversității contextelor geopolitice în care *tehnologiile CRISPR-Cas9* pot fi utilizate.

Din perspectiva securității demografice, CRISPR-Cas9 poate fi prezentat ca soluție tehnologică pentru probleme majore, ca: reducerea incidenței bolilor ereditare, consolidarea rezilienței populațiilor în fața schimbărilor climatice și contracararea declinului demografic. Totuși, riscul central constă în instrumentalizarea geneticii în scopuri politice, prin impunerea unor standarde biologice de sănătate sau performanță, care pot conduce la inegalități sistemice și discriminare genetică. În absența unor reglementări bioetice și legislative eficiente, această instrumentalizare ar putea inaugura noi forme de biopolitică coercitivă, în care individul devine un obiect al ingineriei sociale și al unei planificări demografice cu valențe autoritare. În consecință, se conturează



Din perspectiva securității demografice, CRISPR-Cas9 poate fi prezentat ca soluție tehnologică pentru probleme majore, precum: reducerea incidenței bolilor ereditare, consolidarea rezilienței populațiilor în fața schimbărilor climatice și contracararea declinului demografic.



Pe lângă trasabilitate, devine esențială instituirea unor protocoale obligatorii de evaluare și gestionare a bioriscului, concepute nu pentru a limita dezvoltarea biotehnologiilor în sfera militară, ci pentru a garanta că această utilizare se desfășoară în condiții de securitate și predictibilitate.

tot mai clar nevoia unui cadru tehnico-științific standardizat, care să completeze dimensiunea etico-juridică. Un asemenea cadru ar trebui să includă proceduri de trasabilitate a intervențiilor genetice, prin care fiecare proiect de editare să fie documentat și raportat într-un registru internațional accesibil autorităților competente. Trasabilitatea nu ar servi doar transparenței, ci și responsabilității, asigurând posibilitatea de a reconstrui lanțul decizional și tehnologic în eventualitatea unor incidente sau utilizări neconforme.

Pe lângă trasabilitate, devine esențială instituirea unor protocoale obligatorii de evaluare și gestionare a bioriscului, concepute nu pentru a limita dezvoltarea biotehnologiilor în sfera militară, ci pentru a garanta că această utilizare se desfășoară în condiții de securitate și predictibilitate. Aceste protocoale ar trebui să opereze în logica biosecurității globale, stabilind standarde uniforme pentru laboratoare, pentru fluxurile de date genomice și pentru circulația rezultatelor științifice, astfel încât aplicațiile militare ale CRISPR-Cas9 să fie compatibile cu principiile responsabilității științifice și ale stabilității internaționale. Integrarea unor astfel de standarde într-un cadru internațional necesită implicarea unor organizații globale cu autoritate normativă și capacitate de coordonare, precum Organizația Națiunilor Unite (ONU) și Organizația Mondială a Sănătății (OMS).

O vulnerabilitate majoră este reprezentată de deschiderea unei noi pieți – piața biotehnologiilor, cu precădere piața economică genetică. Conform unui raport al Consiliului de Consiliere de Securitate Internațională, care operează în cadrul Departamentului de Stat al Statelor Unite, chiar dacă SUA au dominat sectorul biotehologic timp de două decenii, China a reușit să reducă decalajul de cercetare-dezvoltare și implementarea de soluții biotehnologice. Acest lucru a pornit, în 2016, odată cu adoptarea celui de al 13-lea plan cincinal. Evoluția statului chinez în sectorul biotehologic s-a datorat unor practici lipsite de transparență. Cercetarea-dezvoltarea biotehnologiilor este finanțată și, de multe ori, subvenționată de stat. Motivul principal este pentru a genera profit și pentru a alinia sectorul biotehologic cu interesul strategic al țării. Acest lucru contravine principiului de piață deschisă și al cooperării științifice internaționale (U.S. Secretary of State, 2024, passim 16-20).

Având în vedere că este un sector economic nou, există o lacună majoră privind legislația internă a statelor, dar și a reglementărilor internaționale. Astfel, anumite state sau comunități pot fi expuse la exploatare prin practici prădătoare. De asemenea, lipsa unor politici statale de coordonare, control și limitare ar putea crea incidente majore și ar putea eroda securitatea individuală sau securitatea genetică. Spre exemplu, au existat cazuri, începând chiar de la finalul secolului XX, de „vânători de gene”, în China. Aceștia recoltau ADN prin probe de sânge, din rândul populațiilor locale, pentru a găsi anumite gene relevante în procesul de cercetare-dezvoltare, producând profit comercial. În apogeul „Războiului Genelor” din China (dintre comunitatea științifică chineză, guvernul chinez și „vânătorii de gene”), actorii principali aveau interese, predominant financiare, față de resursele genetice chineze. Populația locală, în special cei cu afecțiuni specifice, care ar fi beneficiat cel mai mult de terapia genetică, a fost ignorată atât de actorii implicați, cât și de mass-media (Guo, 2013, pp. 497-499).

În mod uzual, când se face referire la *tehnologia CRISPR Cas-9*, autorii preferă să precizeze beneficiile terapeutice, aplicațiile în perspectiva augmentării omului. Dar, acest lucru nu exclude faptul că *tehnologia CRISPR Cas-9* poate căpăta capacități ofensive, sub forma armelor biologice. În știința militară chineză, există, în prezent, ideea de „descurajare biologică”, aptă să amplifice potențialul distructiv și letal al războiului, chiar și prin „arme genetice cu țintă etnică” („*ethnic-specific genetic weapons*”) (Kania, 2024, p. 92).

Aceste probleme fundamentale – de la tensiunea resimțită între practicile economice și de cercetare-dezvoltare dintre Statele Unite și China la militarizarea *tehnologiei CRISPR Cas-9* și utilizarea acesteia pentru a crea arme de distrugere în masă, lipsa controlului și a normelor legale (vid legislativ) – pot conduce la amplificarea unei curse a înarmării, care ar fi realizată haotic și fără constrângeri privind bioetica sau moralitatea. Din acest punct de vedere, dacă cursa de înarmare a modificării genetice va porni, aceasta se va transforma într-un joc de sumă zero, neexistând posibilitatea de întoarcere la statu-quo-ul de astăzi.



În știința militară chineză, există, în prezent, ideea de „descurajare biologică”, aptă să amplifice potențialul distructiv și letal al războiului, chiar și prin „arme genetice cu țintă etnică” („ethnic-specific genetic weapons”).



Modificarea genetică, în special prin procesul CRISPR Cas-9, este o formă de biotehnologie emergentă care nu a fost explorată complet – nu se cunosc foarte multe specificații, mai ales cele pe termen lung. Acest lucru nu previne cercetarea-dezvoltarea sau implementarea sa în noi teorii. Ba, dimpotrivă, apreciem că este absolut necesară cercetarea acestui domeniu și ce ramificații ar putea purta în afara sferei biologice sau medicale, înainte de a fi implementată pe scală largă.

CONCLUZII

Modul de purtare a războaielor vor evolua constant, adaptându-se la cerințele contextuale, la demersurile politice și la evoluția tehnologică. Indiferent de felul în care evoluează, omul rămâne un element central al războiului și al apărării naționale. Dacă, în trecut, condiția umană a resursei umane era considerată o constantă prestabilită, dezvoltarea tehnologiilor de modificare genetică, precum CRISPR Cas-9, a creat o conexiune între natural și artificial, permițând nu doar adaptarea doctrinară sau paradigmatică a forțelor armate, ci și adaptarea omului la evoluțiile războiului.

Modificarea genetică, în special prin procesul CRISPR Cas-9, este o formă de biotehnologie emergentă care nu a fost explorată complet – nu se cunosc foarte multe specificații, mai ales cele pe termen lung. Acest lucru nu previne cercetarea-dezvoltarea sau implementarea sa în noi teorii. Ba, dimpotrivă, apreciem că este absolut necesară cercetarea acestui domeniu și ce ramificații ar putea purta în afara sferei biologice sau medicale, înainte de a fi implementată pe scală largă.

Decidenții politici și liderii militari trebuie să țină pasul cu avansurile tehnologice, în special cel de modificare genetică. În perioada actuală, se poate constata o schimbare de paradigmă în lumea academică. În perioada viitoare, conceptul de război și rolul pe care ființa umană îl va avea se vor redefini complet. Omul și tehnologia vor fuziona, iar mediul operațional va deveni din ce în ce mai difuz.

Modificarea genetică prin CRISPR Cas-9 nu mai este o simplă tehnologie complementară, ci modifică, în mod direct, ființa umană. Din acest punct de vedere, chiar dacă nu există o implementare practică în masă, *tehnologia CRISPR Cas-9* necesită o atenție mult mai sporită și un efort mult mai ridicat, având în vedere impactul pe care îl poartă asupra omului și asupra naturii.

De asemenea, tehnologia de modificare genetică nu se oprește doar la ființa umană, toate ființele vii pot fi modificate după dorințele, cerințele și imperativele strategice ale statelor sau ale actorilor privați care vor facilita astfel de soluții. Din acest punct de vedere, este necesară abordarea modificării genetice (mai ales asupra ființei umane) din perspectiva normelor de drept (atât național, cât și internațional). În momentul de față, vidul legislativ, lipsa de cooperare și transparență, dar și entuziasmul comunității științifice față de un proces nou

și revoluționar pot genera probleme serioase, care vor afecta securitatea internațională.

Din punct de vedere al domeniului militar, este important de urmărit modul în care războiul evoluează, fiind necesare crearea de soluții și răspunsuri față de noile probleme precum cursa înarmării genetice sau proliferarea armelor genetice.

Precedentul de modificare genetică a ființei umane, în special pentru adaptarea la noul tip de război tehnosentient, a fost deja setat. Problema nu mai este oprirea implementării unor programe de modificare genetică, ci controlul și limitarea acestuia. Din această perspectivă, implementarea modificării genetice a ființei umane va genera noi probleme de securitate internațională, noi probleme privind apărarea teritorială, dar și alte probleme, precum cele economice, de drept, politice etc.

Pe viitor, cercetarea în domeniul modificării genetice necesită o abordare multidimensională, ce implică o serie de contribuții din biologie, medicină, economie, științe juridice, bioetică, științe militare, având în vedere faptul că aceasta sunt mult mai mult decât o simplă temă de cercetare medicală.



Din punct de vedere al domeniului militar, este important de urmărit modul în care războiul evoluează, fiind necesare crearea de soluții și răspunsuri față de noile probleme precum cursa înarmării genetice sau proliferarea armelor genetice.

BIBLIOGRAFIE:

1. Adarska, P., Bottanelli, F., Heyza, J.R., Barnaba, C., Schmidt, J.C. et al. (2025). *Fast antibiotic resistance-based gene editing of mammalian cells with CRISPR-Cas9 (FAB-CRISPR)*, arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.12675>, accesat la 22 noiembrie 2025.
2. Baughman, J.D. (2024). *The Path to China's Intelligentized Warfare: Converging on the Metaverse Battlefield*, în *The Cyber Defense Review*, 9(3), pp. 29-36, https://cyberdefensereview.army.mil/Portals/6/Documents/2024-Fall/Baughman_CDRV9N3-Fall-2024.pdf, accesat la 2 octombrie 2025.
3. Billore, P. (2024). *Gene Editing In Soldiers: CRISPR And Human Chimeras*, în *The Defence Horizon Journal*, <https://tdhj.org/blog/post/gene-editing-soldiers-crispr/>, accesat la 22 octombrie 2025.
4. BioSpark Studio (2025). *CRISPR-Cas9 2025: Editing life, ethics & future medicine*, <https://www.linkedin.com/pulse/crispr-cas9-2025-editing-life-ethics-future-medicine-biosparkstudio-32trf>, accesat la 2 octombrie 2025.
5. Carlson, L., Arvelo, F., Cain, P., Meyer, S., Hatcher, D. (2023). *Techno Warfare 2035*. United States Army War College, Team Techno-Warfare Group, <https://media.defense.gov/2024/Aug/30/2003535969/-1/>



- 1/0/FINAL%20TWG%20BOOK%20%20MAY%2023%20V3%202.PDF, accesat la 22 octombrie 2025.
6. Chen, S. (2023). *Chinese team behind extreme animal gene experiment says it may lead super soldiers who survive nuclear fallout*. South China Morning Post, <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3215286/chinese-team-behind-extreme-animal-gene-experiment-says-it-may-lead-super-soldiers-who-survive>, accesat la 2 august 2025.
 7. Cohen, E.A. (2004). *Change and Transformation in Military Affairs*, în *Journal of Strategic Studies*, nr. 27(3), pp. 395-407. DOI: 10.1080/1362369042000283958.
 8. Cordesman, A.H. (2019). *China's New 2019 Defense White Paper. An Open Strategic Challenge to the United States, But One Which Does Not Have to Lead to Conflict*, <https://www.csis.org/analysis/chinas-new-2019-defense-white-paper>, accesat la 22 octombrie 2025.
 9. Defense Intelligence Agency (2019). *China Military Power. Modernizing a Force to Fight and Win*, https://www.dia.mil/Portals/110/Images/News/Military_Powers_Publications/China_Military_Power.pdf, accesat la 22 octombrie 2025.
 10. Fuller, J.F.C. (1993). *The Foundations of Science of War*. U.S. Army Command and General Staff College Press Reprint.
 11. Guo, S.-W. (2013). *China's "Gene War of the Century" and Its Aftermath: The Contest Goes On*. *Minerva*, 51(4), pp. 485-512, <https://doi.org/10.1007/s11024-013-9237-7>, accesat la 2 octombrie 2025.
 12. Hoekstra, M., van Eck, M. (2024). *Gene editing for the treatment of hypercholesterolemia: Editing hepatic genes to lower LDL-cholesterol*, *npj Lipidology*, <https://doi.org/10.1038/s41367-024-01198-3>, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11087331/>, accesat la 22 octombrie 2025.
 13. Hughes-Castleberry, K. (2023). *First in vivo base editing lowers cholesterol: "One-and-done" approach targeting PCSK9*, *Nature Medicine*, <https://doi.org/10.1038/s41587-023-02070-6>, accesat la 2 noiembrie 2025.
 14. Kania, E.B. (2024). *Minds at War: China's Pursuit of Military Advantage through Cognitive Science and Biotechnology*, *PRISM*, 8(3), pp. 82-101, https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/prism/prism_8-3/prism_8-3_Kania_82-101.pdf, accesat la 22 octombrie 2025.
 15. *Lead to Conflict*, Center for Strategic&International Studies, https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/190724_China_2019_Defense.pdf, accesat la 2 octombrie 2025.
 16. Listgarten, J., Weinstein, M., Kleinstiver, B.P., Sousa, A.A., Joung, J.K., Fusi, N.& Coller, J. (2018). *Prediction of off-target activities for the end-to-end design of CRISPR guide RNAs*, în *Nature Biomedical Engineering*, 2(1), pp. 38-47, <https://doi.org/10.1038/s41551-017-0178-6>, accesat la 22 octombrie 2025.

17. NATO 2022 Strategic Concept (2022). North Atlantic Treaty Organisation, https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2022/6/pdf/290622-strategic-concept.pdf, accesat la 19 octombrie 2025.
18. Savulescu, J., Singer, P. (2019). *An ethical pathway for gene editing*, în *Bioethics*, 33(2), pp. 221-222, <https://doi.org/10.1111/bioe.12570>, accesat la 22 octombrie 2025.
19. Sherkatghanad, Z., Arafat, D., Varma, M., Bifet, A. (2023). *CRISPR/Cas9 off-target prediction: A review of machine learning and deep learning approaches*. *Briefings in Bioinformatics*, 24(5), bbad189, <https://doi.org/10.1093/bib/bbad189>, accesat la 22 octombrie 2025.
20. Singh, A., Irfan, H., Fatima, E., Nazir, Z., Verma, A. et al. (2024, 8 decembrie). *FDA approves first gene therapies to treat patients with sickle cell disease*. U.S. Food and Drug Administration, <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-approves-first-gene-therapies-treat-patients-sickle-cell-disease>, accesat la 2 noiembrie 2025.
21. State Council Information Office of the People's Republic of China (2019). *China's national defense in the new era*. Foreign Language Press.
22. Stone, A., Wood, P. (2020). *China's Military-Civil Fusion Strategy: A View from Chinese Strategists*, China Aerospace Studies Institute. BluePath Labs, https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/CASI/documents/Research/Other-Topics/2020-06-15%20CASI_China_Military_Civil_Fusion_Strategy.pdf, accesat la 22 octombrie 2025.
23. U.S. Department of State, Office of the Science and Technology Adviser to the Secretary (2024). *ISAB report on biotechnology in the PRC MCF strategy (Final)*, https://www.state.gov/wp-content/uploads/2024/11/ISAB-Report-on-Biotechnology-in-the-PRC-MCF-Strategy_Final.pdf, accesat la 18 octombrie 2025.
24. World Health Organization (2020). *Laboratory Biosafety Manual* (4th ed.). World Health Organization, <https://www.who.int/publications/i/item/9789240011311>, accesat la 22 octombrie 2025.
25. Zhang, Y., Long, C., Li, H., Liu, S. (2020). *In silico methods in the CRISPR/Cas system: An expedite and comprehensive review*, în *Frontiers in Oncology*, nr. 10, 584404, <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.584404>, accesat la 22 octombrie 2025.

