"NANOMANIA," "NANOREALITY," AND THE FUTURE OF WARFARE: POTENTIAL CONTROVERSIES OF THE MILITARY APPLICATION OF NANOTECHNOLOGIES*

Srdjan T. Korać[1]

Delivered:	23.6.2026.	*Language*:	English
Corrected:	4.9.2026.	*Type of paper*:	Original paper
Accepted:	11.9.2026.	*DOI number*:	10.5937/vojdelo2603203K

Abstract: This paper examines the controversies that may arise from the application of nanotechnological innovations to the enhancement of military capabilities in the early twenty-first century, driven by the privileging of the neoliberal version of instrumental rationality at the expense of the formative social and political effects of weaponry. The author starts from the assumption that decision-making grounded in an understanding of weapons as value-neutral instruments of foreign and defence policy—that is, reducing their utility solely to their designed/technical operational characteristics and functions—creates room for new disruptive uncertainties and risks. The analysis adopts a critical-theoretical perspective and draws upon Ulrich Beck's concept of the risk society, Gilles Deleuze's and Félix Guattari's concept of desire, and Benjamin Meiches's concept of the affective power of weapons. It addresses the most plausible controversies, all sharing a common denominator in the form of the porous boundary between civilian and military research, the dual-use nature of nanotechnologies, and the complex regulation of innovations that can be readily redirected toward destructive purposes. The author concludes that the techno-optimism of political and military decision-makers, as a driving force behind the political constitution of nanoweapons, may further undermine the processes of shaping futuristic military imagination, perceiving the level of future threats, and defining the boundaries of acceptable violence.

Keywords*: nanotechnologies, warfare, weapons, defence policy, armed forces, critical war studies*

* This paper was produced as part of the 2026 research programme of the Institute for Political Studies in Belgrade, funded by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

1 Institute for Political Studies, Belgrade, Republic of Serbia; e-mail: srdjan.korac@ips.ac.rs; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0722-6419

Nanotechnologies in the Early Twenty-First Century: "Nanomania" or Technological Reality?

Success in conducting military operations has always depended on answering the question of precisely which modes of operational employment of emerging technological advances can ensure battlefield superiority and victory, within the specific context of military strategy, logistics, and command and control (Hauard, 1999; Creveld, 2000). Alongside military practice, reflection on warfare has long fuelled the imagination of technical inventions capable of compensating for the limitations of the human body and endowing it with "superhuman" abilities. The richness of literary and cinematic production bears witness to the enduring vitality of imagining the future of warfare. For example, the highly successful Terminator film franchise portrays fictional nanotechnological achievements such as the liquid metal known as polyalloy, which enables a cyborg warrior to recover instantaneously from virtually any injury, alter its physical form to replicate an adversary's appearance, or disperse into molecules and subsequently reassemble itself within seconds in order to evade damage from enemy attacks. Nanotechnology also serves as the foundation of the superhuman abilities possessed by the protagonists of the Marvel film series, while numerous video games feature it as a regenerative capability for injured combatants or in the form of nanosuits that provide enhanced strength, invisibility, and armour protection (e.g., Deus Ex and the Mortal Kombat and Crysis franchises, to mention only the most prominent examples).

Major technological breakthroughs never occur suddenly, nor are they the result of a single discovery or invention; rather, they are typically the product of cumulative advances across several scientific disciplines. This is particularly true of nanotechnology, a term that would more accurately be used in the plural because it integrates knowledge gradually accumulated in several fields of science, including chemistry, physics, and materials science. It encompasses scientific and engineering achievements related to the measurement, manipulation, and organization of matter at the atomic level, specifically on the nanometre scale (1–100 nm), that is, the manipulation of atoms, molecules, or clusters of molecules (macromolecules) in order to create new, desired structures (Andersson, 2008: 94)[2] Nanoscience and nanotechnologies thus embody an atomically precise way of perceiving material reality and engineering and controlling it so as to assign it a practical function (Ramsden, 2016: 1–2).

The enthusiasm for using the prefix nano- in the titles of research initiatives—which lasted from the late 1970s and early 1980s until roughly a decade ago—has since been exposed as a marketing strategy aimed at attracting investment to scientific and technological projects and start-ups through exaggerated promises by nanoscientists regarding the actual applicability of their research findings and inventions (Moriarty, 2022: xix–xxi). Once the exaggerations characteristic of advertising and media discourse are set aside, however, nanotechnologies can by no means be dismissed as a hoax. Why are they likely to shape the decades ahead? Because it has

2 A nanometer (nm) is one-billionth of a meter or one-millionth of a millimeter.

been discovered that, at the nanoscale, substances exhibit unique physical, chemical, or biological properties that differ from those of the same substances at the macroscale, while at the same time significantly improving existing production processes by enhancing material quality and reducing production costs (Ramsden, 2016: 13–14; Rogers et al., 2015: 15–16, 24–26; Altmann, 2006: 1, 3–4). The “nano factor” refers to the fact that the complex interaction between the composition and physical structure of a material may cause one of its individual properties to deviate from the expected behaviour (Hull, 2017: 17–18).

According to predictions made a decade and a half ago by futurist James Canton, who has also been influential in political circles through his long-standing role as an adviser to the White House, nanotechnology-based products constitute one of the four principal drivers of the global innovation economy (Kanton, 2009: 104–105), with the potential to trigger a new industrial revolution carrying far-reaching implications for the design and manufacture of products. It is therefore unsurprising that nearly four thousand scientific laboratories and research and development centres, in both the public and private sectors worldwide, are currently engaged in nanotechnology research (Nanowerk, 2026). Despite considerable expectations—accompanied, admittedly, by a degree of apprehension—the commercialization of nanotechnological advances remains limited, largely to the fields of computers and mobile phones, cosmetics, and paints and coatings. Most research efforts are still at the stage of theoretical modelling and laboratory testing, while the slow pace of commercialization reflects the fact that industry adopts only those innovations that promise substantial financial returns.

Potential Directions for the Application of Nanotechnologies

Potential directions for the application of nanotechnologies were the subject of extensive scientific and professional debate as early as two decades ago (Simonis & Schilthuizen, 2006: 23–24; Altmann, 2006: 71–117), when they were also largely outlined with the aim of improving public health protection, optimizing the psychological and physical performance of individuals, producing durable, functional, and active materials, designing miniature devices and miniature power sources, and developing quantum computers.

In terms of developing military capabilities, the envisaged applications of nanotechnologies have been directed towards the creation of a self-sustaining soldier-cyborg (equipped with a “smart” uniform and microsensors for monitoring bodily functions), the protection of personnel during combat operations against kinetic, biological, and chemical enemy attacks, increased durability of materials and devices, greater precision and lethality of weapons incorporated into smaller-sized projectiles, the revolutionization of microelectronics and computer technology, the construction of microdevices (nanodrones and nanorobots), and the creation of a hybrid form of

chemical-biological weaponry (Ostojić, 2018). Nevertheless, at present, the greatest progress in nanotechnologies in terms of controlling structures at the atomic and molecular levels has been achieved in the field of materials. The enhancement of materials crucial for weapons, military equipment, and vehicles represents an area of nanotechnology application in the development of defence capabilities where practical results are expected in the short and medium term (Hilton, 2023).

The development of military applications of nanotechnologies has also focused on exploring methods for achieving radar and sonar invisibility of military aircraft, vessels, and submarines, as well as visual camouflage and the suppression of thermal and radar signatures through the use of new types of camouflage coatings (Hilton, 2022).[3]

Critical-Theoretical Reflections on the Design and Political Constitution of Weapons

Contemporary war theorists agree that exponential technological development is leading warfare towards a turning point, but that it also carries a disruptive impulse in the form of projected far-reaching implications for future warfare (Jordan et al., 2016: 442–443). Since foreign policy decision-makers are often susceptible to the seductive promises of introducing advanced technologies for military purposes, without a rational assessment of the political and organizational context of their application (Jordan et al., 2016: 446–447), the following analysis seeks to highlight potential controversies that the military application of nanotechnological achievements may generate in the future.

We argue that, when considering the interaction between advanced technologies and the improvement of existing as well as the design of new weapons systems, it is necessary to move beyond the framework of the traditional treatment of weapons as mere instruments for achieving foreign policy objectives—a perspective that disregards their materiality, the processes of their technical design and construction, and their affective properties. Therefore, we theoretically position our analysis within the field of critical security/war studies, relying primarily on Ulrich Beck's understanding of the risk society, Benjamin Meiches's conception of the power of weapons to shape the desire for violence, and Gilles Deleuze's and Félix Guattari's thesis of desire as a primary, affirmative, and vital force that continuously creates, connects, and produces social reality.

The common denominator of these theoretical perspectives lies in an approach that transcends the one-dimensional insistence on a state-centred epistemological paradigm by incorporating considerations of human well-being and the environment, as well as broader social and moral consequences of employing advanced weapons systems.

German sociologist Ulrich Beck developed the concept of the risk society to describe a condition in which contemporary individuals experience a sense of moving

3 I base my analysis of the controversial aspects of the military application of nanotechnology on the comprehensive overview of achievements and plans in this field to date, which I presented in my previous article published in this journal (Korać, 2024).

every day through a forest inhabited by various lurking risks. This condition stems from the fact that the current level of scientific, technological, and industrial development prevents the calculation of the social consequences generated by that very development (Beck, 1992; Beck, 2000). Alongside the production of wealth comes the production of risks, understood as systematic ways of dealing with dangers and uncertainties.

According to Beck, contemporary society is dominated by risks arising from human decisions and characterized by structural threats to the survival of civilization, as they are global in terms of their potential harmful effects, frequently beyond the scope of human perception and everyday experience, and require specialized knowledge. This means that they are difficult to measure reliably and precisely, which consequently stimulates intense political debates over optimal institutional solutions (Beck, 1992: 19–50, 155–156). Unlike their ancestors, modern individuals are highly aware of the existence of risks and therefore clearly demand that authorities respond effectively to threats. This leads Beck to conclude that cultural perception and definition are what actually constitute risk; that is, “risk” and the “public definition of risk” are one and the same thing (Beck, 2000: 213).

In this respect, Beck’s argument is particularly important: uncertainties and potential insecurities associated with new technological achievements should not be treated merely as issues belonging to the domain of engineering and scientific expertise, but rather as public questions concerning legal and moral responsibility, as well as public participation in debates and decision-making regarding who benefits, who bears the risks, and how uncertainty should be governed.

Deleuze and Guattari advocated a philosophical-psychological concept of desire as a set of creative and motivational forces that construct a social field composed of people and objects, within which individuals’ responses to various combinations of possibilities offered by their relationship with those objects are subsequently shaped and directed (Deleuze & Guattari, 2004 [1972], 1–8). Desire, as a psychological condition responsible for connecting people and objects, actively constitutes reality (agency), while through reciprocal feedback it also transforms human beings as subjects—creating an altered social field.

For example, when an individual adopts the use of a new technology, both the individual and the technological device are gradually transformed as parts of the same mutually constituted relationship and flows in which they continuously participate. The device is not merely an object of passive use; rather, it reciprocally shapes the user by encouraging reflection on new ways of employing it and by linking them with established interests and objectives.

Viewed within the social field of warfare, the two theorists argue that a feedback relationship gradually emerges between humans and weapons through desire as an active force, within which people begin, through affective states, to imagine and politically consider unintended (originally unplanned) ways of using a particular weapon (Deleuze & Guattari, 1987: 395–403). The affective power of weapons, based on their designed capacity to destroy people and objects, is evident even in the very act of possessing them, which triggers emotional reactions such as fear. This demonstrates

that threat is a by-product of the latent potential of destructive power (Deleuze & Guattari, 1987: 399–400).

Potential new (unintended and unrealized) modes of weapon use generate contingent reactions among users, thereby indirectly expanding and transforming imagination in the planning and projection of military force.

Following Deleuze's and Guattari's reflections, Benjamin Meiches develops the argument that the material dimension, design, and structural characteristics of weapons should always be understood as a feedback mechanism embedded within the broader interaction between humans and objects. Meiches argues that this interaction represents a series of affective encounters that produce desire, and that the inherent power of weapons shapes the desire for violence; in other words, the diversity of relationships between humans and weapons generates an emotionally grounded affective power capable of making acts of violence not only legitimate but also desirable (Meiches, 2017: 7–10).

This is what Meiches refers to as the phenomenon of the "weaponization of politics", describing a social condition in which weapons not only coexist with humans but also become objects of concern and essential features of political life (Meiches, 2017: 2). Weapons understood in this manner encourage securitization as a process of discursively constructing threats through the development of new weapons systems with enhanced destructive capabilities. These capabilities subsequently stimulate the emergence of new fantasies and forms of desire, which together create space for violent social conditions (Meiches, 2017: 15–16).

The Utility of Nanotechnological Achievements for Military Purposes: Identifying Potential Controversies

Half a century after the Japanese scientist Norio Taniguchi first coined the term "nanotechnology," sensationalist media reports continue to reflect both the possibilities and uncertainties surrounding this promising avenue of scientific and technological development in the twenty-first century. The utility of nanotechnological achievements should be examined within the context of the question of how to simultaneously achieve two fundamentally important objectives: preserving scientific freedom for innovations and research beneficial for civilian purposes, while ensuring reliable control over the conditions of their potential military repurposing. As with any dual-use technology, legitimate applications of nanotechnological achievements can easily be redirected towards harmful purposes, or undesirable outcomes may emerge as a result of irresponsible or morally misguided choices of action.

The perspective of "nanomania" should in fact come as no surprise, as it represents a logical outgrowth of the positivist paradigm upon which the entire intellectual framework of modernity and the accompanying model of socio-economic organization of nation-states have been constructed under conditions of successive industrial revolutions. This perspective is based on the belief that objective scientific results make it possible to predict the direction of human action and that, on the basis of such predictions, bureaucratic and disciplinary procedures can be applied in order to control

its unforeseen and therefore undesirable consequences (Rosenberg, 2005: 95–97). Horkheimer and Adorno (Max Horkheimer, Theodor Adorno) referred to such practice as the triumph of instrumental rationality, criticizing the elevation of the principle of utility to the level of the primary criterion of reasoning oriented exclusively towards self-preservation rather than towards the pursuit of truth and ultimate purpose (Horkheimer & Adorno, 1974).

Proponents of critical reflections on the ontology of violence argue that an object is transformed into a weapon through the combination of its physical properties with the social context, and that only in their interaction do they create the potential for domination through threat and/or the production of death and bodily destruction directed at other human beings (Bousquet et al., 2017). In this sense, Horkheimer’s and Adorno’s warning regarding the destructive dominance of instrumental rationality also encompasses the assessment of an object’s utility based on the purposeful materialization of human will through rational decision-making processes aimed at exploiting the possibilities of its design for violent actions.

Since they have developed under the influence of a realist worldview of international relations, military techno-fetishism and the commercial utilitarianism of the military-industrial sector in post-industrial societies have historically tended to prevail easily, in the justification of foreign policy decisions, over ethically grounded normative requirements concerning the proportional use of armed force and the distinction between legitimate military targets and civilians or non-military objects. Consequently, anticipated improvements in defence capabilities and enhanced protection of personnel are themselves questionable, as they do not necessarily exclude the emergence of uncertainties related to the proliferation of nanoweapons, the initiation of a new arms race (Nichols, 2017), and their immediate and long-term effects on human health.

The very dual-use nature of nanotechnology complicates its international and national regulatory frameworks and effective oversight, since the boundary between civilian and military applications is often highly porous or difficult to identify. For example, scientific and technological achievements and technical solutions developed at the nanoscale in medicine, electronics, or materials science can subsequently be easily adapted to military requirements. Although nanotechnology applications originate in civilian research institutions and the corporate sector, converging technologies—including nanotechnology, biotechnology, information technology, and cognitive science—have transformative implications for both civilian and military sectors. This overlap makes the monitoring and control of military applications considerably more difficult (Roco & Bainbridge, 2002).

Seumas Miller and Michael J. Selgelid draw attention to the existence of the so-called dual-use dilemma, which arises from the fact that the results of the same scientific research may sometimes have the potential to be used simultaneously for both harmful and beneficial purposes. This creates tensions between the need for continuous innovation and efforts to prevent misuse (Miller & Selgelid, 2007). This is fundamentally an ethical dilemma because the development of nanotechnologies represents a step towards enhancing national defence capabilities as a public good; however, when considered in the context of their potential to cause harm to the health

and lives of innocent people, these technologies simultaneously become a source of insecurity and structural violence.

The field of ethical risks emerges along the axis of the dual-use dilemma, particularly when certain types of research must be declared impermissible or when restrictions on the dissemination of scientific findings become necessary due to significant and far-reaching risks to health and security (Miller & Selgelid, 2007: 542–548). This ethical dilemma is indirectly linked to the individual responsibility of researchers because of potential actions by malicious researchers or third parties who could use published scientific results as a step towards their own findings, subsequently applying them for immoral purposes. The dilemma also enters the domain of political and administrative responsibility, since it is necessary to find a delicate balance between the principle of transparency in scientific research and the objectives and requirements of national security. Such a balance must ensure that excessive restrictions do not hinder innovation, while insufficient oversight does not enable the dissemination of specialized knowledge necessary for designing nanoweapon systems (Miller & Selgelid, 2007: 549–554).

Beyond corporate utilitarian calculations, which are often contrary to public interests, the inherent lack of transparency in the development of military capabilities easily encourages suspicion, accompanied by anxiety, regarding the social acceptability of risks attributed to the utility of future weapons systems. This concern is also present within scientific and professional communities due to the potential for permanent damage to human health and the environment caused by contamination with nanoparticles released during combat operations.

Nanoparticles can penetrate the human body through natural biological barriers and interact with cells in entirely new and unpredictable ways. The problem lies in the fact that toxicological knowledge regarding artificially created nanoparticles remains limited, which significantly complicates the assessment of the actual scale of various security risks (Service, 2004). Current knowledge accumulated in the field of neurotoxicology indicates the limited effectiveness of natural protective mechanisms against the penetration of nanomaterials into the human brain, enabling the intentional vector-based transfer of these substances from the external environment into cerebral space (Bencsik et al., 2018).

Since neurons readily assimilate nanoparticles, nanomaterials already possess the capacity to induce inflammation within the nervous system, oxidative stress, neuronal cell death, disruption of the production of various neuroactive chemicals, and alterations in the network properties of the brain (DeFranco et al., 2019: 52–53). Military personnel involved in the production, handling, or deployment of nanomaterials may therefore face exposure risks that are still not fully understood.

The greatest security risk in the context of the (mis)use of nanoparticles and nanodevices for destructive purposes stems from the complexity of detecting and locating them once they begin operating in the natural environment and within human organisms. Nanoparticles possess high aggregation capacity and environmental reactivity, meaning that they can easily accumulate in ecosystems and consequently cause un-

predictable ecological damage and adverse health effects once they enter the human body through the skin, nose, respiratory system, or digestion (Hamdan, 2023).

The danger is evident because these are invisible particles whose chemical composition, in most cases, does not differ from that of components naturally present in the surrounding environment (Hull, 2017: 19). Consequently, forensic detection of nanoparticles and successful decontamination remain questionable, which is particularly troubling when combined with uncertainties regarding whether—in the worst-case scenario where a nanotechnological product escapes human control—its effects could be halted simply by “switching it off” (Hull, 2017: 20).

The potential application of nanotechnology in the combat employment of chemical and biological weapons would be especially controversial, since delivery systems for nano-enabled biological and chemical agents could increase the effectiveness of such harmful substances while simultaneously making their detection in the environment more difficult. This also creates the danger of blurring the boundary between legitimate scientific research and the development of prohibited weapons (Tucker, 2012). For example, advances in synthetic genomics may facilitate the production of customized DNA molecules as key components of urgently needed medicines, but they may also enable the creation of lethal viral agents for biological warfare (Lentzos & Silver, 2012; Epstein, 2012).

The possibility of employing artificial-intelligence-guided nanobots, devices invisible to the human eye, for intelligence gathering, covert combat operations, and undetected penetration into the human body represents a significant source of risk associated with future nanoweapon systems (Altmann, 2006: 4–6). Nanotechnology enables the construction of extremely small sensors and monitoring devices capable of collecting extensive and diverse battlefield intelligence more effectively and almost imperceptibly.

The use of microsensors would open possibilities for surveillance and monitoring of both military personnel and civilian populations in conflict zones, thereby undermining the right to privacy and increasing the likelihood of abuse. Practices based on integrating nanotechnology into surveillance devices would fundamentally transform existing understandings and normative regulation of the right to privacy, as they would enable continuous, decentralized, and invisible data collection (Van Den Hoven & Vermaas, 2007). The problem is that nanotechnologies deprive individuals of the ability to perceive and understand that they are being monitored or surveilled, thereby undermining generally accepted principles of consent and bodily autonomy (Ganascia, 2011: 687–688).

A serious intrusion into bodily autonomy could occur on another level as well—the creation of a self-sustaining soldier-cyborg. The development of various implants designed to enhance physical and cognitive performance, “smart” uniforms, and microsensors for monitoring health conditions (bodily functions) and the external environment in which soldiers operate ultimately aims to increase combat effectiveness and the probability of survival. However, the traditional nature of social relations established within military hierarchies and the ethos of the military profession could create an organizational culture and environment in which soldiers would accept invasive

medical and engineering procedures for transition into cyborgs under a form of institutional pressure rather than voluntarily, without autonomous decision-making based on detailed information regarding all long-term health implications (Mehlman et al., 2013; Van Den Hoven & Vermaas, 2007: 288–289).

Some authors, such as Keiper and Del Monte (Keiper, 2007; Del Monte, 2017: 178), place the level of risk posed by the apocalyptic consequences of nanoweapons on a par with dark scenarios associated with nuclear or biological weapons, because they perceive a threat to the survival of the human species. Technopessimistic reflections on nanotechnology are not new. Already in his 1986 popular science book Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology, Eric Drexler predicted that manipulating matter at the atomic-molecular level could either transform the world around us or destroy it (Drexler, 1986: 14, 172–174).

Since Drexler's bleak predictions are today considered outdated, it is useful to examine Del Monte's two major arguments (Del Monte, 2017: 178) for drawing an analogy with nuclear apocalypse. First, effective control over sophisticated nanoweapons may exceed human intellectual capacities, including the ability to predict ultimate outcomes and consequently make decisions regarding the possible use of such weapons. Second, Del Monte expresses a robo-apocalyptic concern that allowing future superintelligent computers to design nanoweapon systems, with the aim of simplifying industrial processes and reducing production costs, could remove the human factor from the chain of command (Del Monte, 2017: 178).

Furthermore, concerns regarding the future use of nanotechnology in fully autonomous weapons systems equipped with artificial general intelligence (AGI) stem from anticipating intelligent killing machines that would allegedly be unable to effectively perform combat tasks while simultaneously distinguishing between combatants and civilians and respecting the principle of proportionality in the use of force (Sparrow, 2007). The deployment of enormous numbers of miniature weapons systems on the battlefield would represent a genuine nightmare for command structures. The gap between human mental and intellectual capacities to process massive amounts of data within a short timeframe and rapidly make correct decisions in a complex and dynamic combat environment could fundamentally limit commanders' ability to exploit the projected performance of military devices incorporating nanotechnologies.

What Do Potential Controversies Entail: Problems of the Political Constitution of Nanoweapons from the Perspective of Critical Theory

In analysing plausible controversies surrounding the social constitution of nanoweapon systems, Beck's theoretical perspective of the risk society is useful because it brings to the forefront the question of whether the military application of nanotechnologies can simultaneously be made safe (for users, civilians, and the environment) and effective (for military and political leadership). It appears that the thesis of risk pro-

duction as a substantial feature of the contemporary age validates concerns regarding the realistic possibility of creating new forms of military power with long-term consequences that are currently difficult to predict, describe in detail, and fully comprehend.

Eric Drexler and Dennis Pamlin warn that the application of nanotechnologies for strengthening military capabilities could become an unpredictable disruptive factor in the event of the development of advanced conventional weapons systems that can be easily mass-produced and deployed operationally on the battlefield, as well as through the introduction of various types of portable microdevices (sensors, computers, electromechanical systems) based on surveillance and the more controlled application of force (Drexler & Pamlin, 2013: 64–65). These two authors argue that military history is replete with examples in which large-scale technological changes caused erroneous decisions by military planners and decision-makers, manifested in the overestimation or underestimation of the effectiveness of new technological inventions, existing and emerging military capabilities of adversary states, and slow institutional responses of political decision-makers to new information regarding technological achievements.

Beck’s concept of the risk society, applied to the consideration of potential controversies surrounding the military use of nanotechnologies, represents a valuable epistemological instrument because it appropriately connects numerous uncertainties regarding the long-term consequences of such use with uncertainties that may arise from the decision-making processes of foreign policy-makers, military planners, and commanders due to distortions of cognitive capacities. The assessment of the future cumulative effects of already achieved and planned nanotechnological breakthroughs that may be exploited for military purposes is therefore subject to numerous variables and consequently remains unreliable as a foundation for rational decision-making.

The very process of cognitive and normative assessment of possible consequences of technological development enters the domain of evaluating the future and the psychology of risk perception, thereby contradicting strict methodological requirements for acquiring knowledge necessary for prudent political decision-making regarding risk mitigation and the assessment of the social acceptability of technological inventions (Radinković, 2022: 98–109). Evaluating the probability of adverse outcomes resulting from the military application of nanotechnologies represents a necessary step towards mature political decision-making in the field of defence policy and military capability development, particularly with regard to areas in which revolutionary advances and rapid acceleration of nanotechnological breakthroughs are already anticipated.

The enormous investments directed every year towards nanotechnology research and innovation, driven by expectations of substantial profits, seem to indicate a high probability that responsible approaches may be neglected in pursuit of maximizing the performance of nanomaterials and nanodevices. The complex interaction of beneficial and harmful consequences that may arise from the (mis)use of scientific knowledge and technological achievements in the case of nanotechnologies can hardly be clearly predicted at present, primarily due to the absence of open dialogue between independent researchers, engineers, and technologists on the one hand, and foreign policy decision-makers and military planners on the other.

The most dangerous unknown concerns the outcome of the inevitable convergence of multiple advanced technologies of the Fourth Industrial Revolution and their application in designing a new generation of weapons systems. The application of the fruits of technological progress is closely connected with their market and utility; therefore, it is essential to take into account the lack of technical understanding of their limitations and social implications. This once again confirms the validity of Beck's argument that modes of using new technological achievements as sources of insecurity must not be treated as merely technical issues.

The question of military applications of nanotechnologies should always be considered within the framework of generally accepted democratic procedures, in such a way that the engineering and scientific factual basis serves as a foundation for informed debate and high-quality decision-making regarding plausible outcomes of such applications, particularly those that could produce unintended harm. One of the most important reasons for this is the tendency of political decision-makers to embrace unfounded techno-optimism, as it can easily be transformed through marketing manipulation into attractive electoral promises.

This is perhaps best illustrated by the fact that the famous American concept of the Revolution in Military Affairs underwent serious criticism in academic and professional circles (see: Collins & Futter, 2015), and that during the last two decades, in an attempt to mitigate the original techno-optimism, the term "revolution" was removed from official terminology in favour of the phrase "military transformation."

Maintaining the ability to effectively project military power in the international arena is closely linked to successfully identifying the utility of new weapons systems, that is, to their skilful integration into strategic and doctrinal planning frameworks (Horowitz, 2010). Consequently, quality decision-making in defence policy is hindered by the lack of clear forecasts regarding what nanotechnologies may enable in the medium and long term, as well as by the accompanying secrecy regime surrounding military projects, which prevents establishing a balance between actual technological and engineering achievements and media exaggerations regarding what might be achievable (Simpson & Sparrow, 2014: 96).

The possibility of highly effective and covert weapon systems with unprecedented destructive capabilities raises concerns regarding the destabilization of global security and the stimulation of a new arms modernization race among major powers such as the United States, China, and Russia, which have already integrated nanotechnology into their defence research programmes.

Viewed through the lens of Beck's concept of the risk society, the successful tactical and operational employment of nanotechnology-based weapons systems would undoubtedly open a new field of global insecurities and uncertainties, particularly through the emergence of new structural inequalities caused by asymmetric possession of this emerging technology. Thus, the dominance of the global core over the global periphery—historically conditioned by the accumulation of social wealth primarily in post-industrial societies at the expense of less developed ones—would extend existing inequalities into the domain of military technology. Security risks would there-

by increasingly shift towards countries of the global periphery, which would be unable to finance even partial or temporary symmetry with technologically more advanced armed forces.

Nanotechnologies have become politicized in the early twenty-first century and have consequently been constituted as an important component of military plans and military-technological development projects of leading international actors (Kosal, 2014; Dong et al., 2016). The political constitution of new weapons systems and military equipment based on advanced technologies once again brings into focus the epistemological validity of critical-theoretical reflections on the interaction between humans and weapons as a feedback relationship, in which design, material characteristics, and functional properties transformed into destructive power stimulate the elaboration of imaginative scenarios regarding practical use in specific military operations.

Expectations regarding the incorporation of nanotechnologies into military capabilities are directed towards securing unprecedented long-term strategic advantages over competitors, which would subsequently materialize either in maintaining the status of a global hegemon or in successfully challenging it. The problem emerges from the inability to achieve nanotechnological superiority in a linear manner and within a short timeframe. Therefore, the otherwise lengthy process of achieving operational reliability of new weapons systems may be shortened if military-political interests in rapidly introducing new technologies outweigh strict requirements for testing.

Under such circumstances, Meiches’s thesis becomes particularly relevant: weapons can reciprocally condition the prioritization of certain directions of planning and action within the process of (foreign) policy decision-making. Following Deleuze’s and Guattari’s reflections, it appears that the increased destructive power of nanoweapons could stimulate a desire for violence, primarily among political and military leaders, by creating psychological conditions in which the inclination to achieve foreign policy objectives through violent means becomes an acceptable, and even desirable, position.

Achieving sufficiently rapid innovation would provide an advantage over competitors in the international arena, thereby lowering the threshold for initiating war—it would make military campaigns cheaper and more efficient. The affective orientation towards the practice of armed violence would subsequently become reinforced within public opinion, contributing to the establishment of broader social consensus and then being formulated and confirmed through legitimate democratic procedures, which would make such violence more probable and acceptable within the political community by invoking legality.

Meiches’s argument that weapons constitute an active force which, through affects and fears, shapes human behaviour and creates conditions for violence can be interpreted in another dimension when applied to nanotechnology-equipped military capabilities. The very possession of an advanced weapons system can generate fear among adversaries and exert pressure on their societies through perceptions of threat and uncertainty. The emotional and affective dimension of perceiving and subsequently discursively constructing the destructive power of nanoweapons means

that such weapons exert influence even before their actual use, due to the awareness that they are designed to destroy in arbitrary and unpredictable ways.

In other words, the introduction of advanced technology leads to a transformation of the modes and directions of action not only of users but also of those who may become potential targets (i.e., adversaries). Thus, combat systems incorporating nanotechnologies may acquire, through altered modes of employment, initially unintended operational functions; for example, they may serve as instruments of mere deterrence without being operationally used on the battlefield.

Drawing upon Deleuze's and Guattari's claim that reflection on the technical characteristics of nanoweapons encourages foreign policy decision-makers and military planners to contextualize new modes of use within state interests and objectives, it appears that this also opens new possibilities in the production of knowledge. The production of official knowledge regarding defence policy and military campaigns may enter the field of controversy if the utility of advanced technologies is expressed through manipulation of the discursive meanings attributed to advanced weapons systems.

For example, development projects aimed at creating soldier-cyborgs may, from a critical-theoretical perspective, be interpreted as attempts to make the biology of the American soldier superior through discursive practices and to reconstruct the symbolism of imperial invulnerability. A discursively constructed and media-mediated representation of the soldier-cyborg as "invulnerable" and "unstoppable"—as a human being who, despite enemy action, "resurrects" and returns to the battlefield—could potentially have a demoralizing effect on enemy combatants (particularly those technologically disadvantaged), especially if battlefield practice were to verify such representation as reflecting the reality of warfare in the twenty-first century.

The analysed potential controversies of the military application of nanotechnologies demonstrate that technological progress is not unidirectional and therefore must not be instrumentalized and justified solely through measurements of efficiency and operational advantages in the context of improving defence capabilities. The military application of nanotechnologies draws us into a deep "forest" in which various uncertainties lurk: every assessment of the utility of advanced weapons systems should also incorporate the perspective of preserving the well-being of soldiers, civilians, and the environment.

Neoliberal insistence on the validity of the logic of instrumental reason opens space for overestimating the utility of nanotechnological achievements and, consequently, for the accelerated introduction of insufficiently tested solutions based on the alleged superiority of engineering expertise and driven by strong commercial pressures—while information regarding long-term harmful consequences is pushed out of public debate and democratic decision-making processes.

The techno-optimism of political and military elites, as a driving force behind the political and social constitution of nanoweapons, may become a dangerous factor in the complex and unpredictable process of shaping futuristic military imagination, perceiving the level of future threats, and defining the boundaries of acceptable violence.

References

[1] Altmann, J. (2006). Military nanotechnology: Potential applications and preventive arms control. Routledge.

[2] Andersson, K. (2008). Transparency and accountability in science and politics: The awareness principle. Palgrave Macmillan.

[3] Beck, U. (1992). Risk society: Towards a new modernity. SAGE Publications.

[4] Beck, U. (2000). Risk society revisited: Theory, politics and research programmes. In B. Adam, U. Beck, & J. Loon (Eds.), The risk society and beyond: Critical issues for social theory (pp. 211–229). SAGE Publications.

[5] Bencsik, A., Lestaevel, P., & Guseva Canu, I. (2018). Nano- and neurotoxicology: An emerging discipline. Progress in Neurobiology, 160, 45–63. https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2017.10.003

[6] Bousquet, A., Grove, J., & Shah, N. (2017). Becoming weapon: An opening call to arms. Critical Studies on Security, 5(1), 1–8. https://doi.org/10.1080/21624887.2017.1343010

[7] Collins, J., & Futter, A. (Eds.). (2015). Reassessing the revolution in military affairs: Transformation, evolution and lessons learnt. Palgrave Macmillan.

[8] Creveld, M. V. (2000). The art of war and military thought. Cassell & Co.

[9] DeFranco, J., DiEuliis, D., Bremseth, L. R., Snow, J. J., & Giordano, J. (2019). Emerging technologies for disruptive effects in non-kinetic engagements. HDIAC Journal, 6(2), 48–55.

[10] Del Monte, L. A. (2017). Nanoweapons: A growing threat to humanity. Potomac Books.

[11] Deleuze, G., & Guattari, F. (2004). Anti-Oedipus. Continuum. (Original work published 1972)

[12] Deleuze, G., & Guattari, F. (1987). A thousand plateaus: Capitalism and schizophrenia. University of Minnesota Press.

[13] Dong, H., Gao, Y., Sinko, P. J., Wu, Z., Xu, J., & Jia, L. (2016). The nanotechnology race between China and the United States. Nano Today, 11(1), 7–12. https://doi.org/10.1016/j.nantod.2016.02.001

[14] Drexler, E., & Pamlin, D. (2013). Nano-solutions for the 21st century. Low Carbon Leaders. https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/201310Nano_Solutions.pdf

[15] Drexler, K. E. (1986). Engines of creation: The coming era of nanotechnology. Anchor Press, Doubleday.

[16] Epstein, G. L. (2012). DNA shuffling and directed evolution. In J. B. Tucker (Ed.), Innovation, dual use, and security: Managing the risks of emerging biological and chemical technologies (pp. 101–116). MIT Press.

[17] Ganascia, J.-G. (2011). The new ethical trilemma: Security, privacy and transparency. Comptes Rendus Physique, 12(7), 684–692. https://doi.org/10.1016/j.crhy.2011.07.002

[18] Hamdan, M. (2023, March 13). The ethical implications of nanotechnology in modern warfare: Balancing benefits and risks. Modern Diplomacy. https://moderndiplomacy.eu/2023/03/13/the-ethical-implications-of-nanotechnology-in-modern-warfare-balancing-benefits-and-risks/

[19] Hauard, M. (1999). Rat u evropskoj istoriji. SKC.

[20] Hilton, S. (2023). Developing nanotechnology in the defence industry. Nano Chemi Group Blog. https://blog.nanochemigroup.cz/developing-nanotechnology-in-the-defence-industry/

[21] Hilton, S. (2022). Nanotechnology and the military: How tiny materials can win wars. Nano Chemi Group Blog. https://blog.nanochemigroup.cz/nanotechnology-and-the-military-how-tiny-materials-can-win-wars/

[22] Horkheimer, M., & Adorno, T. (1974). Dijalektika prosvetiteljstva. „Veselin Masleša".

[23] Horowitz, M. C. (2010). The diffusion of military power: Causes and consequences for international politics. Princeton University Press.

[24] Hull, M. (2017). National security and the nano factor. HDIAC Journal, (Special Nanotechnology Issue), 18–21.

[25] Jordan, D., Kiras, J. D., Lonsdale, D. J., Speller, I., Tuck, C., & Walton, C. D. (2016). Understanding modern warfare (2nd ed.). Cambridge University Press.

[26] Kanton, Dž. (2009). Ekstremna budućnost. Clio.

[27] Keiper, A. (2007). Nanoethics as a discipline? The New Atlantis, 16, 55–67. https://www.thenewatlantis.com/publications/nanoethics-as-a-discipline

[28] Korać, S. (2024). Nanotehnološki razvoj američkih vojnih sposobnosti u 21. veku. Vojno delo, 76(4), 81–99. https://doi.org/10.5937/vojdelo2404081K

[29] Kosal, M. E. (2014). Military applications of nanotechnology: Implications for strategic security (PASCC Final Report). Center on Contemporary Conflict, Naval Postgraduate School. https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA619702.pdf

[30] Lentzos, F., & Silver, P. (2012). Synthesis of viral genomes. In J. B. Tucker (Ed.), Innovation, dual use, and security: Managing the risks of emerging biological and chemical technologies (pp. 133–146). MIT Press.

[31] Mehlman, M. J., Lin, P., Abney, K., & Bekey, G. A. (2013). Enhanced warfighters: Risk, ethics, and policy (Case Western Reserve University School of Law Working Paper). https://case.edu/law/sites/default/files/2021-01/mehlman%20CLE%202-2021.pdf

[32] Meiches, B. (2017). Weapons, desire, and the making of war. Critical Studies on Security, 5(1), 9–27. https://doi.org/10.1080/21624887.2017.1312149

[33] Miller, S., & Selgelid, M. J. (2007). Ethical and philosophical consideration of the dual-use dilemma in the biological sciences. Science and Engineering Ethics, 13(4), 523–580. https://doi.org/10.1007/s11948-007-9043-4

[34] Moriarty, P. (2022). Nanotechnology: A very short introduction. Oxford University Press.

[35] Nanowerk. (2026, October 8). Nanotechnology company & research labs directory. https://www.nanowerk.com/nanotechnology/research/nanotechnology_links.php

[36] Nichols, G. (2017). Nanotechnology & the new arms race. HDIAC Journal, 4(2), 18–23.

[37] Ostojić, G. (2018). Nanotehnologija-perspektive i moguće opasnosti primene u vojnoj industriji. Vojno delo, 70(7), 281–297. https://doi.org/10.5937/vojdelo1807281O

[38] Radinković, Ž. (2022). Filozofija tehnike: uvod u teoriju tehničkog odnošenja prema svijetu. Akademska knjiga, Institut za filozofiju i društvenu teoriju.

[39] Ramsden, J. J. (2016). Nanotechnology: An introduction (2nd ed.). William Andrew Publishers.

[40] Roco, M., & Bainbridge, W. (2002). Converging technologies for improving human performance: Integrating from the nanoscale. Journal of Nanoparticle Research, 4, 281–295. https://doi.org/10.1023/A:1021152023349

[41] Rogers, B., Adams, J., & Pennathur, S. (2015). Nanotechnology: Understanding small systems (3rd ed.). CRC Press.

[42] Rosenberg, A. (2005). The philosophy of science: A contemporary introduction. Routledge.

[43] Service, R. F. (2004). Nanotechnology grows up. Science, 304(5678), 1732–1734. https://doi.org/10.1126/science.304.5678.1732

[44] Simonis, F., & Schilthuizen, S. (2006). Nanotechnology: Innovation opportunities for tomorrow’s defence. TNO Future Technology Center.

[45] Simpson, R., & Sparrow, R. (2014). Nanotechnologically enhanced combat systems: The downside of invulnerability. In B. Gordijn & A. M. Cutter (Eds.), In pursuit of nanoethics (pp. 89–110). Springer.

[46] Sparrow, R. (2007). Killer robots. Journal of Applied Philosophy, 24(1), 62–77. https://doi.org/10.1111/j.1468-5930.2007.00346.x

[47] Tucker, J. B. (2012). Review of the literature on dual use. In J. B. Tucker (Ed.), Innovation, dual use, and security: Managing the risks of emerging biological and chemical technologies (pp. 19–44). MIT Press.

[48] Van Den Hoven, J., & Vermaas, P. E. (2007). Nano-technology and privacy: On continuous surveillance outside the panopticon. Journal of Medicine and Philosophy, 32(3), 283–297. https://doi.org/10.1080/03605310701397040

Summary

This paper examines the controversies that may arise from the application of nanotechnology innovations in the enhancement of military capabilities in the early twenty-first century, based on the prioritization of a neoliberal version of instrumental rationality over the formative social and political effects of weapons. Nanotechnologies are conceptualized as a heterogeneous field of scientific and engineering practices concerned with the manipulation of matter at the atomic and molecular levels. The paper starts from the assumption that decision-making grounded in the understanding of weapons as value-neutral instruments of foreign and defence policy, namely in reducing their utility solely to designed technical operational properties and functions, creates space for new disruptive uncertainties and risks. The central argument is that the improvement of defence capabilities cannot be reduced solely to the role of technological innovations, since the utility of any new weapon system or military capability is mediated by the quality of (foreign) policy decisions, existing military strategies and doctrines, military organizational culture, as well as the functioning of logistics and command structures.

The analysis adopts a critical-theoretical perspective and relies on Ulrich Beck’s concept of the risk society, Gilles Deleuze and Félix Guattari’s concept of desire, and Benjamin Meiches’ notion of the affective power of weapons. It examines the most plausible controversies arising from the common denominator of porous boundaries between civilian and military research, the dual-use nature of nanotechnologies, and the complexity of regulating innovations whose technical characteristics can be rapidly redirected toward destructive purposes. In the short and medium term, the most likely military applications include lighter and more durable materials, enhanced pro-

tection of personnel and platforms, advanced camouflage technologies, miniaturized sensors, portable energy sources, improved communication systems, and potentially robotic devices at the micro- or nanoscale.

The analysis demonstrates that the most important potential controversies surrounding the future military application of nanotechnological solutions are associated with the dual-use dilemma of nanotechnology (civilian and military), blurred boundaries between civilian and military research, and difficulties in establishing effective regulatory mechanisms for controlling innovations whose technical features can be quickly adapted for destructive purposes. Particular attention is devoted to risks arising from nanoparticle toxicity, long-term environmental contamination, invasive methods of creating enhanced or cyborg soldiers, surveillance systems based on miniature devices, autonomous weapon systems, and the possible destabilization of global security through the emergence of a new arms race.

The paper also emphasizes that the secrecy surrounding military research, combined with commercial pressures for accelerated innovation, may weaken democratic oversight of the defence sector and responsible foreign policy-making. It concludes that the military application of nanotechnologies cannot be assessed exclusively through the prism of efficiency and operational advantages. Although nanotechnologies promise significant improvements in defence capabilities, they simultaneously generate a range of uncertainties concerning the security of soldiers, civilians, and the environment. A particular concern is the neoliberal reliance on the logic of instrumental reason, as it creates conditions for overestimating the utility of nanotechnological achievements and for the accelerated introduction of insufficiently tested solutions. Such an approach, based on the presumed superiority of engineering expertise and driven by strong commercial pressures, may result in the exclusion of information about long-term harmful consequences from public debate and democratic decision-making processes.

Therefore, techno-optimism among political and military elites, as a driving force behind the political and social construction of nano-weapons, may become a dangerous factor in the complex and highly unpredictable process of shaping future military imaginaries, assessing emerging threats, and defining the boundaries of acceptable violence.

Keywords: *nanotechnologies, warfare, weapons, defence policy, armed forces, critical war studies*

© 2026 The Author. Published by Vojno delo (http://www.vojnodelo.mod.gov.rs). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



„НАНОМАНИЈА”, „НАНОЗБИЉА” И БУДУЋНОСТ РАТОВАЊА: ПОТЕНЦИЈАЛНЕ КОНТРОВЕРЗЕ ВОЈНЕ ПРИМЕНЕ НАНОТЕХНОЛОГИЈА*

Срђан Т. Кораћ[1]

Достављен:	23.6.2026.	*Језик рада*:	Српски
Кориговано:	4.9.2026.	*Тип рада*:	Оригинални рад
Прихваћен:	11.9.2026.	*DOI број*:	10.5937/vojdelo2603203K

Апстракт: У раду се разматрају контроверзе које може да проузрокује примена нанотехнолошких иновација у унапређењу војних способности у раном 21. веку заснована на фаворизовању неолибералне верзије инструменталне рационалности на рачун формативних друштвених и политичких ефеката оружја. Аутор полази од претпоставке да одлучивање утемељено на разумевању оружја као вредносно неутралног инструмента спољне и одбрамбене политике, односно на свођењу његове употребне вредности само на дизајнирана/техничка оперативна својства и функције, отвара простор за нове реметилачке неизвесности и ризике. Анализа креће са критичко-теоријске позиције и ослања се на концепте ризичног друштва Улриха Бека, жудње Жила Делеза и Феликса Гатарија и афективне моћи оружја Бенџамина Меикиса. Анализом су обухваћене најплаузибилније контроверзе са заједничким именитељем у виду порозне границе између цивилних и војних истраживања, двојаке намене нанотехнологија и сложеног регулисања иновација лако преусмеривих на деструктивне сврхе. Аутор закључује да техноoптимизам политичких и војних одлучилаца, као покретач политичког конституисања наноружја, може додатно да подрије процесе обликовања футуристичке војне имагинације, опажања нивоа будућих претњи и дефинисања границе прихватљивог насиља.

Кључне речи: *нанотехнологије, ратовање*, оружје, *одбрамбена политика, оружане снаге*, *критичке студије рата*

* Рад је настао у оквиру плана научноистраживачке делатности за 2026. годину Института за политичке студије у Београду, а који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

1 Институт за политичке студије, Београд, Република Србија, e-mail: srdjan.korac@ips.ac.rs, https://orcid.org/0000-0003-0722-6419

Нанотехнологије у раном 21. веку: „наноманија" или технолошка збиља?

Успех у вођењу ратних операција одувек је био условљен одговором на питање који тачно начини оперативне употребе нових технолошких достигнућа могу да осигурају надмоћ на бојишту и победу, и то у конкретном контексту примене војне стратегије, логистике и командовања (Hauard, 1999; Creveld, 2000). Упоредо са праксом, размишљање о рату распламсавало је машту о техничким изумима који би могли да надоместе слабости људског организма и да му подаре „натприродне" способности. Богатство књижевног и филмског стваралаштва сведочи о виталности имагинације о ратовању у будућности. Примера ради, веома гледана филмска франшиза *Терминатор* представља фиктивна нанотехнолошка достигнућа која, попут течног метала названог „полиалој", омогућавају ратнику-киборгу тренутни опоравак од било које врсте нанете повреде, промену физичког облика тако да подражава телесни изглед противника, или му дају способност да се у секунди распрши у молекуле и затим поново састави у целину како би избегао оштећење од непријатељског дејства. Натприродне способности главних јунака остварене нанотехнологијом чине потку филмског серијала о авантурама Марвелових суперјунака, док се у више рачунарских игара појављују као моћ регенерације настрадалих бораца или у виду наноодеће, која даје снагу, невидљивост и оклопну заштиту (нпр. *Deus Ex* и франшизе *Mortal Kombat* и *Crysus*, да поменем најпопуларније).

Крупни технолошки пробоји никада се не одигравају изненада, нити су исход једног открића или изума, већ су најчешће плод прегнућа више научних дисциплина. То је посебно тачно у случају нанотехнологије, чији би назив заправо требало да буде у множини јер спаја примену знања постепено кумулираног у неколико научних области (хемије, физике и науке о материјалима). Реч је о научним и инжењерским достигнућима у домену мерења, руковања и организовања материје на нивоу атома, тачније у нанометарским размерама (1–100 nm), односно о манипулисању атомима, молекулима или скупинама молекула (макромолекулима) како би се од њих створила нова, жељена структура (Andersson, 2008: 94).[2] Нанонаука и нанотехнологије заправо отелотворују атомски прецизан начин опажања материјалне стварности и њеног инжењерског и контролисаног третирања, и то тако да јој се додели практична функција (Ramsden, 2016: 1–2).

Својеврсна помама за коришћењем префикса „нано" у насловљавању истраживачких подухвата – која је трајала од касних седамдесетих и раних осамдесетих година 20. века до пре десетак година – данас је проказана као маркетиншки трик усмерен на привлачење инвестиција у научно-технолошке пројекте и *start-up*-ове преувеличаним обећањима нанонаучника о стварним могућностима примене истраживачких и изумитељских резултата (Moriarty, 2022: xix–xxi). Када се

2 Нанометар (nm) је милијардити део метра или милионити део милиметра.

изузму сва претеривања рекламне и медијске природе, нанотехнологије се никако не могу окарактерисати као подвала. Зашто ће оне обележити деценије које долазе? Зато што је откривено да се на нанонивоу појављују јединствена физичка, хемијска или биолошка својства неке супстанце, различита од својстава исте супстанце узете на макронивоу, која при томе значајно унапређују постојеће производне процесе побољшањем квалитета материјала и смањењем њихове цене (Ramsden, 2016: 13–14; Rogers et al., 2015:15–16, 24–26; Altmann, 2006: 1, 3–4). „Нанофактор" упућује на то да сложено међудејство састава и физичке структуре неког материјала може да услови да његово појединачно својство одступи од очекиване реакције (Hull, 2017: 17–18).

Према деценију и по старим предвиђањима футуролога Џејмса Кантона (*James Canton*), утицајног и у политичким круговима као вишедеценијског саветника Беле куће, производи засновани на нанотехнологијама имају улогу једног од четири покретача иновацијске привреде у глобалним размерама (Kanton, 2009: 104–105), са потенцијалом да покрене нову индустријску револуцију са свеобухватним последицама по начин конструисања и производње. Стога не чуди што данас широм света постоји скоро четири хиљаде научних лабораторија и развојних центара, једнако у јавном и приватном сектору, који спроводе истраживања у овој области (Nanowerk, 2026). Упркос великим очекивањима – праћеним, додуше, извесном зебњом – комерцијализација достигнућа нанотехнологије за сада је и даље ограничена, и то највише на домен рачунара и мобилних телефона, козметичких производа и боја. Највећи део напора још увек се налази у фази теоријских моделовања и лабораторијских испитивања, а успорени темпо комерцијализације условљен је чињеницом да индустрија бира примену само оних иновација које обећавају висок принос профита.

Потенцијални правци примене нанотехнологија били су предмет опсежне научне и стручне расправе још пре две деценије (Simonis & Schilthuizen, 2006: 23–24; Altmann, 2006: 71–117), када су у значајној мери били и трасирани ради побољшања заштите јавног здравља, оптимизације психолошког и телесног учинка појединца, израде издржљивих, функционалних и активних материјала, конструисања минијатурних уређаја и минијатурних извора електричног напајања, те развоја квантних рачунара. На плану развоја војних способности осмишљавање примене нанотехнологија усмерено је на стварање самоодрживог војника-киборга (опремљеног „паметном" униформом и микросензорима за надзор телесних функција), заштиту људства у борбеним операцијама од кинетичких, биолошких и хемијских непријатељских удара, већу издржљивост материјала и уређаја, већу прецизност и убојитост оружја упакованих у пројектиле мањих димензија, револуционисање микроелектронике и рачунарске технологије, конструисање микроуређаја (нанодронова и нанороботa) и стварање хибридног облика хемијско-биолошког наоружања (Ostojić, 2018). Ипак, за сада је напредак нанотехнологија на плану контроле структуре на атомском и молекуларном нивоу најдаље остварен у области материјала. Унапређење материјала кључних

за наоружање, војну опрему и возила јесте област примене нанотехнологија у развоју одбрамбених капацитета, где се очекују практични резултати у кратком и средњем року (Hilton, 2023). Развој војне примене нанотехнологија усредсређен је и на испитивање начина постизања радарске и сонарне невидљивости војних ваздухоплова, пловила и подморница, те визуелне камуфлаже и сузбијања термичких и радарских знакова посредством нових типова маскирних боја (Hilton, 2022).[3]

Критичко-теоријско промишљање дизајна и политичког конституисања оружја

Савремени теоретичари рата сагласни су да нас експоненцијални технолошки развој води ка прекретници у ратовању, али да он носи реметилачки импулс у виду пројектованих далекосежних импликација по ратовање у будућности (Jordan et al., 2016: 442–443). Како су спољнополитички одлучиоци често подложни заводљивим обећањима увођења напредних технологија у војне сврхе, а без разложног сагледавања политичког и организационог контекста њихове примене (Jordan et al., 2016: 446–447), у наставку рада настојаће се да се укаже на потенцијалне контроверзе које у будућности може да изазове војна примена нанотехнолошких достигнућа. Сматрамо да је у промишљању међудејства напредних технологија и унапређења постојећег и дизајнирања новог наоружања неопходно искорачити ван оквира традиционалног третирања оружја као пуког средства остварења спољне политике, које није узимало у обзир његову материјалност, поступке његовог техничког пројектовања и конструисања, те његова афективна својства. Због тога анализу радије теоријски позиционирамо у подручје критичких студија безбедности/рата, превасходно ослањајући се на виђења Улриха Бека (*Ulrich Beck*) о друштву ризика и Бенџамина Меикиса (*Benjamin Meiches*) о моћи оружја да обликује жудњу за насиљем, те тези Жила Делеза и Феликса Гатарија (*Gilles Deleuze*, *Felix Guattari*) о жудњи као примарној, афирмативној и виталној сили која непрестано ствара, повезује и производи друштвену стварност. Заједнички именитељ набројаних теоријских гледишта сустиче се у приступу којим се превазилази једнодимензионалност инсистирања на државно-центричној епистемолошкој парадигми, тако што се обухватају и аспекти добробити човечанства и животне средине те сагледавање ширих друштвених и моралних последица употребе напредних оружаних система.

Немачки социолог Улрих Бек осмислио је концепт друштва ризика како би описао стање у којем савремени људи имају осећај да сваки дан корачају шумом

3 Анализу контроверзних аспеката војне примене нанотехнологија заснивам на исцрпном прегледу досадашњих достигнућа и планова у том домену који сам дао у свом претходном чланку објављеном у овом часопису (Korać, 2024).

у којој вребају разнородни ризици, што је условљено чињеницом да садашњи степен научно-технолошког и индустријског развоја онемогућава израчунавање друштвених последица које тај развој носи са собом (Beck, 1992; Beck, 2000). Упоредо са производњом богатства иде и производња ризика, схваћених као систематских начина бављења опасностима и несигурностима. Према Беку, данас доминирају ризици проистекли из људских одлука са обележјима структурне претње опстанку цивилизације, будући да су глобални према својим потенцијалним штетним ефектима, а често се налазе ван опсега моћи људског опажања и свакодневног искуства и захтевају специјализовано знање. То значи да се тешко могу поуздано и прецизно измерити, што онда подстиче жестоке политичке расправе о оптималним институционалним решењима (Beck, 1992: 19–50, 155–156). За разлику од својих предака, модеран човек изузетно је свестан постојања ризика и стога јасно захтева од власти да се ефикасно суочи са претњама, што Бека наводи на закључак да су културна перцепција и дефиниција оно што заправо конституише ризик, односно „ризик" и „јавна дефиниција ризика" су једно те исто (Beck, 2000: 213). Утолико је важна Бекова теза да неизвесности и потенцијалне несигурности нових технолошких достигнућа не треба третирати само као проблем у домену инжењерске и научне експертизе, него као јавно питање о правној и моралној одговорности и о учешћу јавности у дебати и у одлучивању о томе ко има користи, ко сноси ризике и како треба управљати неизвесношћу.

Делез и Гатари заступали су филозофско-психолошки концепт жудње као скуп стваралачких и мотивационих сила које граде друштвено поље сачињено од људи и објеката, у оквиру којег се потом обликују и усмеравају одговори појединаца на разнолике комбинације могућности које им однос спрам тих објеката ставља у изглед (Deleuze & Guattari, 2004 [1972], 1–8). Жудња, као психолошко стање са улогом спајања људи и објеката, активно конституише стварност (*agency*), а у повратној спрези мења и људе као субјекте – ствара измењено друштвено поље. На пример, када појединац усвоји примену нове технологије, и он и технички уређај временом се преображавају као део исте узајамно конституисане везе и токова у којима континуирано учествују. Уређај није само предмет пуке употребе, већ он повратно обликује корисника тако што га подстиче да промишља нове начине употребе и да их доводи у везу са усвојеним интересима и циљевима. Посматрано у друштвеном пољу ратовања, двојица теоретичара тврде да се између људи и оружја постепено ствара повратна спрега посредством жудње као делатне силе, у оквиру које људи почињу кроз афективна стања да замишљају и политички третирају ненамераване (првобитно непланиране) начине употребе неког конкретног оружја (Deleuze & Guattari, 1987: 395–403). Афективна моћ оружја, заснована на његовој дизајнираној способности уништења људи и објеката, видљива је чак и у самом чину његовог поседовања, који окида емоционалне реакције попут страха, чиме се испоставља да је претња нуспроизвод латентног потенцијала ударне моћи (Deleuze & Guattari, 1987: 399–400). Потенцијални нови (ненамеравани и неактуелизовани) начини употребе оружја

производе контингентне реакције корисника, те тиме посредно проширују и преображавају имагинацију у пројектовању борбене силе у војним плановима.

На трагу Делезових и Гатаријевих размишљања, Бенџамин Меикис развија аргументацију да материјалну димензију, дизајн и конструкционе одлике оружја увек треба сагледавати као повратну спрегу уграђену у шире схваћено међудејство човека и предмета. Меикис заступа тезу да то међудејство представља низ афективних сусрета који производе жудњу, а да инхерентна моћ оружја обликује жудњу за насиљем, односно да разноврсност односа између људи и оружја рађа емотивно утемељену афективну моћ да се чин насиља учини не само легитимним, него и пожељним (Meiches, 2017: 7–10). Реч је о, како Меикис каже, феномену тзв. наоружавања политике (*weaponization of politics*), који описује социјалну ситуацију у којој оружје не само да коегзистира са људима већ постаје предмет бриге и суштинско обележје политичког живота (Meiches, 2017: 2). Оружје схваћено на овај начин подстиче секуритизацију као процес дискурзивне конструкције претњи кроз развој нових оружаних система са унапређеном ударном моћи, која потом подстиче рађање нових фантазија и форми жудње, а оне пак у стицају отварају слободан простор за насилне друштвене услове (Meiches, 2017: 15–16).

Употребне вредности нанотехнолошких достигнућа у војне сврхе: лоцирање потенцијалних контроверзи

Пола века након што је јапански научник Норио Танигући (*Norio Taniguchi*) први почео да користи кованицу „нанотехнологија", сензационалистички медијски написи и даље једнако одражавају могућности и неизвесности те обећавајуће алеје научно-технолошког развоја у 21. веку. Употребну вредност нанотехнолошких достигнућа ваља сагледати у контексту питања како у исто време постићи две суштински важне сврхе: оставити отворен интелектуални простор за иновације и истраживања корисна за цивилне сврхе и осигурати поуздану контролу услова њихове војне пренамене. Као и код сваке технологије двојаке намене, легитимним начинима употребе нанотехнолошких достигнућа могу се лако придати лоше сврхе или може доћи до лоших непланираних исхода због неодговорног или морално погрешног избора смера делања.

Перспектива „наноманије" заправо не треба да нас изненади јер она представља логичан изданак позитивистичке парадигме, на којој је саздан читав мисаони оквир модерне и пратећи модел друштвено-економске организације националних држава у околностима сукцесивних индустријских револуција. Реч је о уверењу да објективни научни резултати омогућавају да се предвиди смер људског деловања, те да је на основу тих предвиђања могућа и примена биро-

кратских и дисциплинских процедура како би се контролисале његове непредвиђене, а тиме и непожељне последице (Rosenberg, 2005: 95–97). Такву праксу Хоркхајмер и Адорно (*Max Horkheimer*, *Theodor Adorno*) назвали су победом инструменталне рационалности, критикујући уздизање начела корисности на ниво основног мерила расуђивања оријентисаног искључиво на самоодржање, а не на трагање за истином и крајњом сврхом (Horkheimer & Adorno, 1974). Заступници критичког промишљања онтологије насиља сматрају да се предмет преображава у оружје спајањем његових физичких својстава са друштвеним контекстом, те једино у садејству творе потенцијал за доминацију посредством претње и/или производњом смрти и телесне деструкције пројектованих на друге људе (Bousquet et al., 2017). Утолико Хоркхајмерово и Адорново упозорење о погубној превласти инструменталне рационалности обухвата и процену корисности неког предмета засновану на сврсисходној материјализацији људске воље у виду процеса рационалног одлучивања усмереног на могућности употребе његовог дизајна у насилним акцијама. Будући да су гајени под окриљем реалистичког погледа на свет међународних односа, војни техно-фетишизам и комерцијална утилитарност војне индустрије у постиндустријским друштвима одувек су у образлагању спољнополитичких одлука лако односили превагу над етички утемељеним нормативним захтевима за сразмерном употребом оружане силе и разликовањем легитимних борбених мета од цивила и невојних објеката. Утолико су очекивана побољшања одрамбених способности и боље заштите људства сама по себи упитна, јер не искључују нужно појаву неизвесности у вези са ширењем наоружања, отпочињањем нове трке у наоружању (Nichols, 2017), те његовим непосредним и дугорочним утицајем на људско здравље.

Сама природа двојаке намене нанотехнологије усложњава њено међународно и национално нормативно уређење и делотворан надзор јер је граница између цивилне и војне примене често веома порозна или тешко уочљива. На пример, научна и технолошка достигнућа и техничка решења на нанонивоу остварена у медицини, електроници или материјалима могу накнадно лако да се прилагоде војним потребама. Мада примене нанотехнологије настају у цивилним истраживачким институцијама и корпоративном сектору, конвергентне технологије – укључујући нанотехнологију, биотехнологију, информациону технологију и когнитивну науку – имају трансформативне импликације једнако за цивилни и војни сектор, и то преклапање отежава праћење и контролу војних примена (Roco & Bainbridge, 2002). Милер и Селгелид (*Seumas Miller*, *Michael J. Selgelid*) скрећу пажњу на постојање тзв. дилеме двоструке примене, која настаје као последица чињенице да резултати једног те истог научног истраживања понекад имају потенцијал да се истовремено користе и у лоше и у добре сврхе, што онда проузрокује тензичне односе између потребе за сталним иновацијама и настојања да се спрече злоупотребе (Miller & Selgelid, 2007). Реч је о суштински етичкој дилеми, јер развој нанотехнологија представља корак ка унапређењу националних одрамбених способности као јавног добра, које, узето у

контексту потенцијала за наношење штете по здравље и живот невиних људи, уједно представља и извор несигурности и структурног насиља. Поље етичких ризика појављује се у оси дилеме двоструке примене поготово када се поједине врсте истраживања морају прогласити недопустивим или је неопходно ставити ограничења у ширењу научних резултата због крупних и далекосежних ризика по здравље и безбедност (Miller & Selgelid, 2007: 542–548). Наведена етичка дилема посредно је део појединачне одговорности истраживача због потенцијалних поступака злонамерних других истраживача или трећих лица, који би могли да користе објављене научне резултате као корак ка властитим налазима, које би потом применили у неморалне сврхе. Та дилема улази и у домен политичко-управне одговорности будући да је потребно наћи фину равнотежу између начела транспарентности научних истраживања и циљева и разлога националне безбедности, и то тако да прекомерна ограничења не ометају иновације, а да у исто време недовољан надзор не омогући ширење специјализованих знања за дизајнирање наоружаних система (Miller & Selgelid, 2007: 549–554).

Поред корпоративних утилитарних калкулација, често супротних јавним интересима, инхерентна нетранспарентност развоја војних способности лако подстиче сумњу, праћену зебњом, у друштвену прихватљивост ризика приписивих употребној вредности будућих оружаних система. Та зебња присутна је и у научним и стручним круговима услед потенцијалне трајне штете по људско здравље и животну средину, до које би могло да дође приликом контаминације наночестицама ослобођеним током борбених операција. Наночестице могу да продру у људски организам кроз природне телесне препреке и да ступе у међудејство са ћелијама на потпуне нове и непредвидљиве начине. Проблем је што је ниво токсиколошког знања о вештачки створеним наночестицама и даље низак, што значајно отежава процену стварних размера разноврсних безбедносних ризика (Service, 2004). Тренутно акумулирана знања из области неуротоксикологије указују на постојање мањкаве делотворности природне заштите тела против продора наноматеријала у људски мозак, што омогућава интенционално векторско преношење тих супстанци из спољне средине у церебрални простор (Bencsik et al., 2018). Пошто неурони лако асимилују наночестице, наноматеријали већ имају својство да изазову упале у нервном систему, оксидативни стрес, смрт неуронских ћелија, ометају производњу различитих неуроактивних хемикалија и утичу на мрежна својства мозга (DeFranco et al., 2019: 52–53). Војно особље које је укључено у производњу, руковање или примену наноматеријала може се суочити са ризицима изложености који још увек нису у потпуности схваћени.

Највећи безбедносни ризик у контексту (зло)употребе наночестица и наноуређаја у деструктивне сврхе извире из сложености њиховог откривања и лоцирања када једном почну да делују у природном окружењу и код људи. Наночестице имају својства високе агрегације и реактивности спрам окружења, што значи да се могу лако гомилати у животној средини и тиме на непредвидљив начин проузроковати еколошку штету и негативне ефекте по здравље када једном

продру у људски организам кроз кожу, нос, дисајне путеве и варењем (Hamdan, 2023). Опасност је очигледна јер је реч о неуочљивим честицама хемијског састава који се у највећем броју случајева не разликује од хемијског састава делова природног окружења (Hull, 2017: 19). Због тога су форензичко откривање присуства наночестица и успешна деконтаминација упитни, што је посебно узнемирујуће у спрегу са нејасноћама око тога да ли – у случају најгорег сценарија да се неки производ нанотехнологије отргне контроли – уопште постоји опција да се његово дејство заустави једноставним „искључивањем" (Hull, 2017: 20). Евентуална примена нанотехнологије у борбеном коришћењу хемијског и биолошког оружја била би посебно контроверзна, јер би системи за испоруку нано биолошких и хемијских средстава могли да повећају ефикасност тих штетних супстанци, и то уз њихово отежано откривање у окружењу. Овде такође постоји опасност од замагљене границе између легитимних научних истраживања и развоја забрањеног оружја (Tucker, 2012). На пример, достигнућа у области синтетичке геномике могу да помогну производњу прилагођених молекула ДНК као кључних састојака преко потребних лекова, али и да олакшају стварање смртоносних вирусних агенаса за биолошко ратовање (Lentzos & Silver, 2012; Epstein, 2012).

Могућности употребе наноботова вођених вештачком интелигенцијом, људском оку невидљивих уређаја, за прикупљање обавештајних података, спровођење тајних борбених операција и неопаженог продора у људско тело извори су ризика од примене будућих наоружаних система (Altmann, 2006: 4–6). Нанотехнологија омогућава конструкцију изузетно малих сензора и уређаја за праћење који могу делотворније и скоро неприметно да прикупљају опсежне и разнородне обавештајне податке са бојног поља. Употреба микросензора отворила би простор за надзор и праћење и војног особља и цивилног становништва у зонама сукоба, чиме би се поткопало право на приватност и повећала могућност за појаву злоупотреба. Праксе засноване на уградњи нанотехнологије у уређаје за надзор потпуно би преиначиле важеће разумевање и нормативно регулисање права на приватност, јер би омогућиле континуирано, децентрализовано и невидљиво прикупљање података (Van Den Hoven & Vermaas, 2007). Проблем је што нанотехнологије одузимају појединцу способност да опази и схвати да је праћен или надзиран, чиме поништавају општеприхваћена начела сагласности и телесне аутономије (Ganascia, 2011: 687–688). Озбиљно задирање у телесну аутономију одиграло би се на још једном плану – стварању самоодрживог војника-киборга. Развој различитих импланата ради побољшања физичких и когнитивних перформанси, „паметних" униформи и микросензора за надзор здравственог стања (телесних функција) и спољног окружења у којем се креће војник има за крајњи циљ да повећа ниво борбеног дејства и вероватноћу преживљавања. Ипак, традиционална природа матрице друштвених односа успостављених унутар војне хијерархије и етос војне професије могли би да створе организациону културу и амбијент у којима би војници више пристајали на инвазивне медицинске и инжењерске процедуре ради транзиције у киборге под

својеврсним притиском него добровољно, односно без аутономног одлучивања заснованог на детаљној информисаности о свим дугорочним импликацијама по здравље (Mehlman et al., 2013; Van Den Hoven & Vermaas, 2007: 288–289).

Поједини аутори, попут Кајпера и Дел Монтеа (Keiper, 2007; Del Monte, 2017: 178), степен ризика од апокалиптичних последица наоружања стављају у раван са мрачним сценаријима везаним за нуклеарно или биолошко оружје, јер постоји претња опстанку људске врсте. Технопесимистична размишљања о нанотехнологији нису нова. Још је у научно-популарној књизи из 1986. године, насловљеној *Мотори стварања – долазак ере нанотехнологије*, Ерик Дрекслер прорекао да ће манипулисање материјом на атомско-молекуларном нивоу или да преобрази свет око нас, или да га уништи (Drexler, 1986: 14, 172–174). Пошто се данас Дрекслерове суморне прогнозе сматрају превазиђеним, корисно је погледати два крупна Дел Монтеова (Del Monte, 2017: 178) разлога за аналогију са нуклеарном апокалипсом. Прво, делотворна контрола софистицираног наоружања може да превазиђе способности људске интелигенције, односно предвиђања крајњих исхода, па тиме и одлучивања о евентуалној употреби те врсте оружја. Друго, Дел Монте исказује робопокалиптичну бојазан да би препуштање дизајнирања наоружаних система будућим суперинтелигентним рачунарима, ради поједностављивања индустријског поступка и смањења производних трошкова, могло да истисне људски чинилац из командног ланца (Del Monte, 2017: 178). Такође, бојазан од будуће употребе нанотехнологије у потпуно аутономним оружаним системима опремљеним општом вештачком интелигенцијом (*artificial general intelligence* – AGI) условљена је антиципирањем интелигентних машина за убијање, за које се претпоставља да не би биле способне да ефикасно извршавају борбене задатке, а да при томе и разликују борце и цивиле и поштују начело сразмерности у примени ватрене моћи (Sparrow, 2007). Ангажовање огромног броја минијатурних оружаних система на бојишту било би својеврсна ноћна мора за командовање. Јаз између менталних и интелектуалних способности људи да обраде масовне податке у кратком року и брзо донесу исправну одлуку у сложеном и динамичном борбеном окружењу могао би суштински да ограничи способност команданата да искористе пројектоване перформансе војних уређаја са уграђеним нанотехнологијама.

Шта доносе потенцијалне контроверзе: проблеми политичког конституисања наоружја у оптици критичке теорије

У анализи плаузибилних контроверзи друштвеног конституисања наоружаних система Бекова теоријска перспектива друштва ризика помаже тако што истиче у први план питање да ли се војна примена нанотехнологија може у исто

време учинити безбедном (за кориснике, цивиле и животну средину) и ефикасном (за војно и политичко руководство). Чини се да теза о производњи ризика као супстанцијалном обележју савременог доба даје за право осећају забринутости поводом реалистичне могућности стварања нових облика војне моћи са дугорочним последицама које је сада тешко предвидети, детаљно описати и разумети. Дрекслер и Пемлин (*Eric Drexler*, *Dennis Pamlin*) упозоравају да би примена нанотехнологија ради јачања војних капацитета могла да прерасте у непредвидиви реметилачки чинилац у случају развоја напредних конвенционалних оружаних система, који се могу лако масовно производити и ставити у оперативну употребу на бојишту, те увођења различитих врста преносивих микроуређаја (сензора, рачунара, електромеханичких система) заснованих на надзору и боље контролисаној примени силе (Drexler & Pamlin, 2013: 64–65). Ова двојица аутора сматрају да је војна историја пуна примера када су технолошке промене крупних размера проузроковале погрешне одлуке војних планера и одлучилаца у виду прецењивања или потцењивања делотворности нових технолошких изума, постојећих и развојних војних способности непријатељских држава и спорих институционалних одговора сопствених политичких одлучилаца на нове информације о технолошким достигнућима.

Беков концепт друштва ризика примењен на разматрање потенцијалних контроверзи око употребе нанотехнологија у војне сврхе користан је епистемолошки инструмент, јер бројне неизвесности у погледу дугорочних последица те употребе исправно повезује са неизвесностима које могу да проистекну из процеса одлучивања спољнополитичких одлучилаца, војних планера и команданата услед дисторзије когнитивних способности. Процена будућег кумулативног учинка до сада остварених и планираних нанотехнолошких пробоја који се могу искористити у војне сврхе стога је подложна бројним променљивама, те тако и непоуздана као предложак за рационално одлучивање. Сам поступак когнитивне и нормативне процене могућих последица технолошког развоја задире у вредновање будућности и психологију опажања опасности, те тиме противречи строгим методолошким захтевима стицања знања које је неопходно за разборито политичко одлучивање о разрешавању ризика и оцени друштвене прихватљивости техничких изума (Radinković, 2022: 98–109). Вредновање вероватноће лоших исхода војне примене нанотехнологија нужан је корак ка зрелом политичком одлучивању у подручју одбрамбене политике и развоја војних способности, а посебно имајући у виду области у којима се већ очекују револуционарни помаци и рапидно убрзање нанотехнолошких искорака.

Огромне инвестиције које се сваке године уливају у нанотехнолошка истраживања и иновације са очекивањем огромних профита чини се да наговештавају велику вероватноћу да ће одговоран приступ бити занемарен ради постизања максималног учинка наноматеријала и наноуређаја. Сложено међудејство добрих и лоших последица које могу да проистекну из (зло)употребе научног сазнања и техничко-технолошких достигнућа у случају нанотехнологија тешко

да се сада може јасно предвидети првенствено због одсуства отвореног дијалога независних истраживача, инжењера и технолога са спољнополитичким одлучиоцима и војним планерима. Најопаснију непознаницу представља исход неминовне конвергенције више напредних технологија Четврте индустријске револуције и њене примене у конструисању нове генерације оружаних система. Примена плодова технолошког напретка тесно је повезана са њиховом тржишном и употребном вредношћу, па је тако важно узети у обзир мањак техничког разумевања ограничења и њихових друштвених импликација. Овде се још једном потврђује валидност Бекове тврдње да начине употребе нових технолошких достигнућа као извора несигурности не смемо да третирамо као пуко техничко питање. Питање употребе нанотехнологија у војне сврхе требало би да се увек разматра унутар оквира општеприхваћених демократских процедура, и то тако да инжењерско и научно чињенично језгро послужи као основа за информисану дебату и квалитетно одлучивање о плаузибилним исходима те употребе, посебно оним који би могли да нанесу ненамеравану штету. Један од најважнијих разлога за то је тенденција политичких одлучилаца да се препусте неутемељеном техноптимизму, јер он може да се маркетиншким манипулацијама лако претвори у звучна предизборна обећања. О томе можда најбоље сведочи чињеница да је чувени амерички концепт Револуције војних послова претрпео озбиљне критике у академским и стручним круговима (видети: Collins & Futter, 2015), па је током последње две деценије, у покушају да се ублажи првобитни техноптимизам, из званичне терминологије уклоњена реч „револуција" у корист синтагме „војни преображај".

Очување способности делотворног пројектовања војне моћи у међународној арени тесно је повезано са успешним проналажењем употребне вредности нових оружаних система, односно њиховим вештим уклапањем у оквир стратешког и доктринарног планирања (Horowitz, 2010). Утолико је квалитетно одлучивање у одбрамбеној политици осујећено мањком јасних прогноза шта нанотехнологије могу да учине могућим у средњем и дугом року, те пратећим режимом тајности података о војним пројектима, који онемогућава да се направи равнотежа између стварних технолошких и инжењерских достигнућа и медијских преувеличавања шта би могло да буде остварено (Simpson & Sparrow, 2014: 96). Могућност високо ефикасних и скривених система наоружања са невиђеним разорним способностима изазива забринутост због дестабилизације глобалне безбедности и подстицања трке у модернизацији војних капацитета великих сила попут САД, Кине и Русије, које су већ интегрисале нанотехнологију у програме одбрамбених истраживања. Гледано из угла Бековог концепта друштва ризика, успешна тактичко-оперативна употреба оружаних система заснованих на нанотехнологијама свакако би отворила ново поље глобалних несигурности и неизвесности, и то у виду јачања нових структурних неједнакости условљених асиметричним поседовањем те нове технологије. Тако би превласт глобалног центра над глобалном периферијом, хронично условљена акумулацијом друштвеног богатства искљу-

чиво у постиндустријским друштвима на рачун мање развијених, постојећу неједнакост прелила и у домен војне технологије. Безбедносни ризици тиме би већим делом били премештени на земље глобалне периферије, које не би могле да финансирају успостављање чак и делимичне или привремене симетрије спрам технолошки напреднијих војски.

Нанотехнологије се у раном 21. веку политизују и последично конституишу као важан део војних планова и војнотехнолошких развојних пројеката водећих међународних актера (Kosal, 2014; Dong et al., 2016). Политичко конституисање нових оружаних система и војне опреме заснованих на напредним технологијама изнова ставља у жижу сазнајну валидност критичко-теоријских разматрања о међудејству људи и оружја у виду повратне спреге, у којој дизајн, материјална и функционална својства преточена у ударну моћ подстичу разраду имагинативних сценарија о практичној употреби у конкретним војним операцијама. Очекивања од уградње нанотехнологија у војне капацитете иду у правцу дугорочног осигурања стратешке предности без преседана над такмацима, која би потом требало да се отелотвори у одржање статуса глобалног хегемона или, пак, у његово успешно оспоравање. Проблем се појављује услед немогућности остваривања нанотехнолошке надмоћи праволинијски и у кратком року, па иначе дуг процес достизања употребне поузданости нових оружаних система може да се скрати уколико војно-политички интереси за брзим увођењем нове технологије претегну над строгим захтевима тестирања. У таквим околностима постаје корисна Меикисова теза да оружје повратно условљава фаворизовање појединих смерова планирања и делања у процесу (спољно)политичког одлучивања. На трагу Делезових и Гатаријевих промишљања, испоставља се да би већа ударна моћ наоружја могла да подстакне жудњу за насиљем, и то првенствено код политичких и војних руководилаца, тако што би створила психолошке услове у којима би склоност ка насилном остварењу спољнополитичких циљева постала прихватљив, па чак и пожељан став. Постизање довољно брзих иновација дало би предност над такмацима у међународној арени, чиме би оне омогућиле снижавање прага за отпочињање рата– војну кампању би учиниле јефтинијом и ефикаснијом. Афективна наштиманост ка практиковању оружаног насиља потом би се учврстила у јавном мњењу, што би последично допринело успостављању ширег друштвеног консензуса, те затим формулисаног и потврђеног у легитимним демократским процедурама, које би то насиље позивањем на легалност учиниле вероватнијим и прихватљивијим у политичкој заједници.

Меикисова теза је да је оружје активна сила која кроз афекте и страхове обликује људско понашање и услове за насиље може се у случају војних капацитета опремљених нанотехнологијама тумачити у још једној равни. Сáм чин поседовања напредног оружаног система може сејати страх код непријатеља и вршити притисак на његову јавност посредством осећаја претње и неизвесности. Емоционални и афективни аспект опажања и потоње дискурзивне конструкције ударне моћи наоружја чини да оно делује и пре саме употребе због

свести да је дизајнирано да уништи на произвољан и непредвидљив начин. Другим речима, увођење напредне технологије води ка промени начина и смера деловања не само корисника већ и онога ко би могао да буде потенцијална мета (тј. непријатеља). Тако се борбеним системима са нанотехнологијама кроз измењене начине употребе могу придати првобитно непланиране оперативне функције: нпр. могу да делују и као средства пуког одвраћања непријатеља, без оперативног коришћења на бојишту.

Ослањајући се на Делезову и Гатаријеву тврдњу да рефлексија о техничким карактеристикама наоружања подстиче спољнополитичке одлучиоце и војне планере да нове начине њихове употребе доведу у контекст државних интереса и циљева, чини се да отвара и нове могућности на плану производње знања. Производња званичног знања о одбрамбеној политици и војним кампањама може да ступи у поље контроверзи уколико се употребна вредност напредних технологија искаже посредством манипулације дискурзивним значењима придатим напредним оружаним системима. На пример, развојни пројекти у области стварања војника-киборга могу се у критичко-теоријској оптици тумачити као покушај да се на плану дискурзивних пракси биологија тела америчког војника учини супериорном и реконституише симболика нерањивости империје. Дискурзивно конструисана и медијски посредована представа о војнику-киборгу као „нерањивом" и „незаустављивом", односно као о људском бићу које упркос непријатељском дејству „васкрсава" и враћа се у борбени строј, можда би деловала демотивишуће на непријатељског борца (посебно технолошки заосталог), поготово ако би борбена пракса верификовала ту представу као одраз стварности бојишта у 21. веку.

Сагледане потенцијалне контроверзе војне примене нанотехнологија показују да технолошки напредак није једнозначан, те као такав не сме да буде инструментализован и оправдаван само мерењем ефикасности и оперативних предности у контексту унапређења одбрамбених капацитета. Примена нанотехнологија у војне сврхе увлачи нас у дубоку „шуму" у којој вребају разнолике неизвесности: свака процена употребне вредности напредних оружаних система требало би да укључи и перспективу очувања добробити војника, цивила и животне средине. Неолиберално инсистирање на ваљаности логике инструменталног ума отвара слободан простор за прецењивање употребне вредности нанотехнолошких достигнућа и, последично, убрзаног увођења недовољно проверених решења заснованих на наводној супериорности инжењерске експертизе и вођених снажним комерцијалним притисцима – уз потискивање информација о дугорочним штетним последицама из јавне расправе и сфере демократског одлучивања. Техноoптимизам политичких и војних елита као покретач политичког и друштвеног конституисања наоружања може да буде опасан чинилац у сложеном и непредвидљивом процесу обликовања футуристичке војне имагинације, опажања нивоа будућих претњи и дефинисања границе прихватљивог насиља.

Литература

[1] Altmann, J. (2006). Military nanotechnology: Potential applications and preventive arms control. Routledge.

[2] Andersson, K. (2008). Transparency and accountability in science and politics: The awareness principle. Palgrave Macmillan.

[3] Beck, U. (1992). Risk society: Towards a new modernity. SAGE Publications.

[4] Beck, U. (2000). Risk society revisited: Theory, politics and research programmes. In B. Adam, U. Beck, & J. Loon (Eds.), The risk society and beyond: Critical issues for social theory (pp. 211–229). SAGE Publications.

[5] Bencsik, A., Lestaevel, P., & Guseva Canu, I. (2018). Nano- and neurotoxicology: An emerging discipline. Progress in Neurobiology, 160, 45–63. https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2017.10.003

[6] Bousquet, A., Grove, J., & Shah, N. (2017). Becoming weapon: An opening call to arms. Critical Studies on Security, 5(1), 1–8. https://doi.org/10.1080/21624887.2017.1343010

[7] Collins, J., & Futter, A. (Eds.). (2015). Reassessing the revolution in military affairs: Transformation, evolution and lessons learnt. Palgrave Macmillan.

[8] Creveld, M. V. (2000). The art of war and military thought. Cassell & Co.

[9] DeFranco, J., DiEuliis, D., Bremseth, L. R., Snow, J. J., & Giordano, J. (2019). Emerging technologies for disruptive effects in non-kinetic engagements. HDIAC Journal, 6(2), 48–55.

[10] Del Monte, L. A. (2017). Nanoweapons: A growing threat to humanity. Potomac Books.

[11] Deleuze, G., & Guattari, F. (2004). Anti-Oedipus. Continuum. (Original work published 1972)

[12] Deleuze, G., & Guattari, F. (1987). A thousand plateaus: Capitalism and schizophrenia. University of Minnesota Press.

[13] Dong, H., Gao, Y., Sinko, P. J., Wu, Z., Xu, J., & Jia, L. (2016). The nanotechnology race between China and the United States. Nano Today, 11(1), 7–12. https://doi.org/10.1016/j.nantod.2016.02.001

[14] Drexler, E., & Pamlin, D. (2013). Nano-solutions for the 21st century. Low Carbon Leaders. https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/201310Nano_Solutions.pdf

[15] Drexler, K. E. (1986). Engines of creation: The coming era of nanotechnology. Anchor Press, Doubleday.

[16] Epstein, G. L. (2012). DNA shuffling and directed evolution. In J. B. Tucker (Ed.), Innovation, dual use, and security: Managing the risks of emerging biological and chemical technologies (pp. 101–116). MIT Press.

[17] Ganascia, J.-G. (2011). The new ethical trilemma: Security, privacy and transparency. Comptes Rendus Physique, 12(7), 684–692. https://doi.org/10.1016/j.crhy.2011.07.002

[18] Hamdan, M. (2023, March 13). The ethical implications of nanotechnology in modern warfare: Balancing benefits and risks. Modern Diplomacy. https://moderndiplomacy.eu/2023/03/13/the-ethical-implications-of-nanotechnology-in-modern-warfare-balancing-benefits-and-risks/

[19] Hauard, M. (1999). Rat u evropskoj istoriji. SKC.

[20] Hilton, S. (2023). Developing nanotechnology in the defence industry. Nano Chemi Group Blog. https://blog.nanochemigroup.cz/developing-nanotechnology-in-the-defence-industry/

[21] Hilton, S. (2022). Nanotechnology and the military: How tiny materials can win wars. Nano Chemi Group Blog. https://blog.nanochemigroup.cz/nanotechnology-and-the-military-how-tiny-materials-can-win-wars/

[22] Horkheimer, M., & Adorno, T. (1974). Dijalektika prosvetiteljstva. „Veselin Masleša".

[23] Horowitz, M. C. (2010). The diffusion of military power: Causes and consequences for international politics. Princeton University Press.

[24] Hull, M. (2017). National security and the nano factor. HDIAC Journal, (Special Nanotechnology Issue), 18–21.

[25] Jordan, D., Kiras, J. D., Lonsdale, D. J., Speller, I., Tuck, C., & Walton, C. D. (2016). Understanding modern warfare (2nd ed.). Cambridge University Press.

[26] Kanton, Dž. (2009). Ekstremna budućnost. Clio.

[27] Keiper, A. (2007). Nanoethics as a discipline? The New Atlantis, 16, 55–67. https://www.thenewatlantis.com/publications/nanoethics-as-a-discipline

[28] Korać, S. (2024). Nanotehnološki razvoj američkih vojnih sposobnosti u 21. veku. Vojno delo, 76(4), 81–99. https://doi.org/10.5937/vojdelo2404081K

[29] Kosal, M. E. (2014). Military applications of nanotechnology: Implications for strategic security (PASCC Final Report). Center on Contemporary Conflict, Naval Postgraduate School. https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA619702.pdf

[30] Lentzos, F., & Silver, P. (2012). Synthesis of viral genomes. In J. B. Tucker (Ed.), Innovation, dual use, and security: Managing the risks of emerging biological and chemical technologies (pp. 133–146). MIT Press.

[31] Mehlman, M. J., Lin, P., Abney, K., & Bekey, G. A. (2013). Enhanced warfighters: Risk, ethics, and policy (Case Western Reserve University School of Law Working Paper). https://case.edu/law/sites/default/files/2021-01/mehlman%20CLE%202-2021.pdf

[32] Meiches, B. (2017). Weapons, desire, and the making of war. Critical Studies on Security, 5(1), 9–27. https://doi.org/10.1080/21624887.2017.1312149

[33] Miller, S., & Selgelid, M. J. (2007). Ethical and philosophical consideration of the dual-use dilemma in the biological sciences. Science and Engineering Ethics, 13(4), 523–580. https://doi.org/10.1007/s11948-007-9043-4

[34] Moriarty, P. (2022). Nanotechnology: A very short introduction. Oxford University Press.

[35] Nanowerk. (2026, October 8). Nanotechnology company & research labs directory. https://www.nanowerk.com/nanotechnology/research/nanotechnology_links.php

[36] Nichols, G. (2017). Nanotechnology & the new arms race. HDIAC Journal, 4(2), 18–23.

[37] Ostojić, G. (2018). Nanotehnologija-perspektive i moguće opasnosti primene u vojnoj industriji. Vojno delo, 70(7), 281–297. https://doi.org/10.5937/vojdelo1807281O

[38] Radinković, Ž. (2022). Filozofija tehnike: uvod u teoriju tehničkog odnošenja prema svijetu. Akademska knjiga, Institut za filozofiju i društvenu teoriju.

[39] Ramsden, J. J. (2016). Nanotechnology: An introduction (2nd ed.). William Andrew Publishers.

[40] Roco, M., & Bainbridge, W. (2002). Converging technologies for improving human performance: Integrating from the nanoscale. Journal of Nanoparticle Research, 4, 281–295. https://doi.org/10.1023/A:1021152023349

[41] Rogers, B., Adams, J., & Pennathur, S. (2015). Nanotechnology: Understanding small systems (3rd ed.). CRC Press.

[42] Rosenberg, A. (2005). The philosophy of science: A contemporary introduction. Routledge.

[43] Service, R. F. (2004). Nanotechnology grows up. Science, 304(5678), 1732–1734. https://doi.org/10.1126/science.304.5678.1732

[44] Simonis, F., & Schilthuizen, S. (2006). Nanotechnology: Innovation opportunities for tomorrow's defence. TNO Future Technology Center.

[45] Simpson, R., & Sparrow, R. (2014). Nanotechnologically enhanced combat systems: The downside of invulnerability. In B. Gordijn & A. M. Cutter (Eds.), In pursuit of nanoethics (pp. 89–110). Springer.

[46] Sparrow, R. (2007). Killer robots. Journal of Applied Philosophy, 24(1), 62–77. https://doi.org/10.1111/j.1468-5930.2007.00346.x

[47] Tucker, J. B. (2012). Review of the literature on dual use. In J. B. Tucker (Ed.), Innovation, dual use, and security: Managing the risks of emerging biological and chemical technologies (pp. 19–44). MIT Press.

[48] Van Den Hoven, J., & Vermaas, P. E. (2007). Nano-technology and privacy: On continuous surveillance outside the panopticon. Journal of Medicine and Philosophy, 32(3), 283–297. https://doi.org/10.1080/03605310701397040

Р е з и м е

У раду се разматрају контроверзе које може да проузрокује примена нанотехнолошких иновација у унапређењу војних способности у раном 21. веку заснована на фаворизовању неолибералне верзије инструменталне рационалности на рачун формативних друштвених и политичких ефеката оружја. Нанотехнологије су концептуализоване као хетерогено поље научних и инжењерских пракси које се баве манипулацијом материјом на атомском и молекуларном нивоу. Полази се од претпоставке да одлучивање утемељено на разумевању оружја као вредносно неутралног инструмента спољне и одбрамбене политике, односно на свођењу његове употребне вредности само на дизајнирана/техничка оперативна својства и функције, отвара простор за нове реметилачке неизвесности и ризике. Централна тврдња је да се унапређење одбрамбених способности не може свести само на улогу технолошких иновација, јер је употребна вредност било којег новог оружаног система или способности посредована и квалитетом донетих (спољно)политичких одлука, важећом војном стратегијом и доктрином, војном организационом културом, те функционисањем логистике и ланца командовања. Анализа креће са критичко-теоријске позиције и ослања се на концепте ризичног друштва Улриха Бека, жудње Жила Делеза и Феликса Гатарија и афективне моћи оружја Бенџамина Меикиса. Анализом су обухваћене најплаузибилније контроверзе са заједничким именитељем у виду порозне границе између цивилних

и војних истраживања, двојаке намене нанотехнологија и сложеног регулисања иновација лако преусмеривих на деструктивне сврхе. Краткорочно и средњорочно гледано, највероватније војне примене укључују лакше и отпорније материјале, побољшану заштиту особља и платформи, напредну камуфлажу, минијатуризоване сензоре, преносиве изворе енергије, унапређене комуникационе системе и, потенцијално, роботске уређаје микро- или наноразмере. Анализа показује да су најважније потенцијалне контроверзе будуће примене нанотехнолошких решења повезане са проблемима двојаке намене нанотехнологије (цивилне и војне), порозним границама између цивилних и војних истраживања и тешкоћама нормативног регулисања контроле иновација чије се техничке карактеристике могу брзо прилагодити потребама деструктивних циљева. Посебна пажња посвећена је ризицима који се могу појавити услед токсичности наночестица, дуготрајне контаминације животне средине, инвазивних метода стварања војника-киборга, система надзора посредством минијатурних уређаја, аутономних система оружја и могуће дестабилизације глобалне безбедности отпочињањем нове трке у наоружању. Такође, наглашава се да тајност која окружује војна истраживања, у комбинацији са комерцијалним притисцима за убрзане иновације, може ослабити демократски надзор одбрамбеног сектора и одговорно вођење спољне политике. Закључује се да се војна примена нанотехнологија не може процењивати искључиво на основу њене ефикасности и оперативних предности. Иако нанотехнологије обећавају значајно унапређење одбрамбених способности, оне истовремено отварају низ неизвесности које се односе на безбедност војника, цивила и животне средине. Посебан проблем представља неолиберално ослањање на логику инструменталног ума, јер оно ствара простор за прецењивање употребне вредности нанотехнолошких достигнућа и за убрзано увођење недовољно проверених решења. Такав приступ, заснован на претпостављеној супериорности инжењерске експертизе и подстакнут снажним комерцијалним притисцима, може довести до потискивања информација о дугорочним штетним последицама из јавне расправе и из сфере демократског одлучивања. Утолико техноoптимизам политичких и војних елита, као покретач политичког и друштвеног конституисања наноружја, може постати опасан чинилац у сложеном и тешко предвидљивом процесу обликовања футуристичке војне имагинације, процене будућих претњи и одређивања границе прихватљивог насиља.

Кључне речи: *нанотехнологије, ратовање, оружје, одбрамбена политика, оружане снаге, критичке студије рата*

© 2026 Аутор. Објавило *Војно дело* (http://www.vojnodelo.mod.gov.rs). Ово је чланак отвореног приступа и дистрибуира се у складу са лиценцом Creative Commons (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

