Research Institute for Security and Development Studies

Strategic Studies Quarterly

P-ISSN: 1735-0272 | E-ISSN: 2980-910X

Quarterly.risstudies.org

Received: September 30, 2025
Revised: November 28, 2025
Accepted: December 16, 2025
Published: May 12, 2026

The Genomic Paradigm of National Security

1. **Mohammad Masroor** - Department of Political Stability and Dynamics, Research Institute of Strategic Studies, Institute for Security and Development Studies,Tehran. Iran.

2. **Reza Nazari Emami** - PharmD, Tehran University of Medical Sciences, Tehran. Iran.

Corresponding AuthorEmail Address: m.masrour@isu.ac.ir

Introduction

The relationship between health and security has long attracted scholarly attention; however, the connection between health and national security was conceptualized more systematically in the post-Cold War era. Biological warfare and biothreats have consistently been regarded as major security concerns. Despite significant advances in biotechnology, particularly in genetics and genome-editing technologies, which have paved the way for a new generation of biological weapons, several factors-including the complexity of human biological responses, globalization, and the limited availability of population-scale genomic data-have constrained their widespread deployment. Recent developments in genomics, together with advances in artificial intelligence, big data analytics, and the emergence of Precision Public Health (PPH), have the potential to transform the collection and analysis of biological data. These developments may fundamentally reshape the role of genomic information in security affairs and give rise to a new national security paradigm in which genomic data constitute a central strategic asset.

Article type: Original Research

How to cite this article: Masroor, M. & Emami , R.N. (2026). The Genomic Paradigm of National Security. *Strategic Studies Quarterly*, 28(4),49-77. Doi:10.22034/ssq.2026.569443.4355.

This article examines the evolution of biotechnology and explores the role of the Precision Public Health genomic platform in transforming the concept of national security. It argues that these developments may establish the human body as an independent domain of warfare while simultaneously redefining social and human concepts. Focusing on Iran, the study further highlights the need for a new framework for genomic data security.

Methods

This study employs a qualitative research design based on a descriptive-analytical approach. Data were collected through documentary research, drawing on books, scholarly publications, policy reports, and official documents. The collected materials were analyzed qualitatively to identify key trends, patterns, and conceptual relationships relevant to the study.

Findings and Discussion

Although biological threats have been a persistent feature of human history and technologies such as CRISPR (short for "clustered regularly interspaced short palindromic repeats") genome editing have introduced unprecedented possibilities for biological manipulation, the lack of comprehensive population-level genomic information has limited the practical use of biological warfare, leaving it a relatively underexplored and poorly understood mode of conflict. Evidence suggests that these constraints are gradually diminishing, potentially paving the way for biological warfare to become a more conventional form of conflict. This prospect has been increasingly reflected in scientific literature, strategic reports, and statements by political leaders of major powers. The emergence of the Precision Public Health genomic platform is likely to accelerate this trend.

The Precision Public Health platform was developed to prevent disease through the integration of genomics, environmental and behavioral data, and advanced analytical technologies. Broadly speaking, the plat-

form performs two primary functions: first, the collection of genomic information through expanding digital connectivity and the generation of large-scale data from all dimensions of human life; and second, the design of continuous, adaptive, and individualized interventions based on real-time data, for the purpose of shaping and engineering future trajectories. The realization of these objectives requires the comprehensive medicalization of both individuals and society. Consequently, the platform extends beyond healthcare and seeks to manage and optimize multiple aspects of human life through genomic data.

This transformation alters traditional patterns of data collection by shifting control away from governments and private institutions toward platform-based ecosystems capable of generating continuous real-time data. Within this emerging paradigm, competition among major powers for access to and influence over genomic data becomes increasingly significant. In Iran, genomic data collection remains largely dependent on traditional academic and private-sector institutions, with a primary emphasis on personalized medicine. Nevertheless, the rapid global expansion of Precision Public Health is likely to influence Iran in the near future.

Conclusion

By generating real-time, individual-level, and population-scale genomic data through the expansion of digital connectivity, the Precision Public Health platform has the potential to remove one of the principal barriers to biological warfare. Early indications of this transformation were evident during the COVID-19 pandemic, when advances in biotechnology enabled the rapid development of vaccines within approximately one year. Current initiatives aimed at reducing vaccine and therapeutic development timelines to as little as one hundred days further illustrate this trajectory. Such achievements depend on access to detailed genomic information concerning both human populations and pathogens, information that can be generated through the Precision Public Health platform. If fully realized, these developments may signal the beginning of a new era in biological warfare.

More broadly, Precision Public Health may establish a data-driven mode of governance that gives rise to a new genomic paradigm in which social, political, and security concepts are interpreted through a genomic lens. In such a paradigm, human beings may increasingly be understood as repositories of genomic data, leading to profound transformations in identity. Likewise, the state acquires new meaning as platform-based authority increasingly influences legitimacy, policy-making, and power. Ultimately, governmental institutions may become components of a broader system of governing intelligence, operating within a data-centric framework of authority.

Keywords: *National Security; Genomics; Precision Public Health; Artificial Intelligence; Biological Warfare; Data Governance.*

Ethical Considerations

Compliance with Ethical Guidelines

This study was approved by the Ethics Committee of Research Institute for Security and Development Studies (ISDS), Tehran, Iran.

Authors' Contributions

All authors equally contributed to preparing this article.

Conflict of Interest

The authors declared no conflict of interest.

Funding Sources

This research received no external funding.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه مطالعات امنیت و پیشرفت
I.S.D.S

فصلنامه مطالعات راهبردی

شاپای چاپی: ۱۷۳۵-۰۷۲۷ | شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۰-۹۱۰X

Quarterly.risstudies.org

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۰۸
تاریخ اصلاح: ۱۴۰۴/۰۹/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۲/۲۲

پارادایم ژنومیک امنیت ملی

۱. **محمد مسرور**، گروه ثبات و پویایی سیاسی، پژوهشکده مطالعات راهبردی، پژوهشگاه مطالعات امنیت و پیشرفت، تهران، ایران.
۲. **رضا نظری امامی**، دانش‌آموخته دکتری حرفه‌ای داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

رایانامه نویسنده مسئول: m.masrour@isu.ac.ir

چکیده

پس از انقلاب هوش مصنوعی که موجب تحولی بنیادین در ابعاد مختلف امنیت ملی شد، «انقلاب ژنومیک» نیز در پیوند با پیشرفت‌های هوش مصنوعی و شکل‌گیری پلتفرم «سلامت عمومی دقیق»، به‌عنوان مرحلهٔ بعدی این دگرگونی پارادایمی مطرح می‌شود. سلامت عمومی دقیق به معنای بهره‌گیری از فناوری‌های نوین برای پیشگیری هدفمند از بیماری‌ها و ارتقای سلامت از طریق سنجش دقیق عوامل بیماری‌زا، شرایط محیطی، رفتارها و آسیب‌پذیری‌های جمعیتی است؛ مفهومی که البته فراتر از حوزهٔ سلامت، بر امنیت نیز اثرگذار خواهد بود.

مقالهٔ حاضر با رویکردی توصیفی ـ تحلیلی و با روش اسنادی، ضمن توصیف پلتفرم سلامت عمومی دقیق، به بررسی نقش آن در ایجاد تحولی اساسی در نحوهٔ جمع‌آوری اطلاعات ژنومیک می‌پردازد و نتایج آن را در امنیت ملی واکاوی می‌کند. ازاین‌رو، پرسش اصلی پژوهش حاضر آن است که چگونه به‌واسطهٔ تحقق پلتفرم سلامت عمومی دقیق، بدن انسان به حوزهٔ جدید جنگ‌ورزی بدل شده و ژنومیک، مرجع جدید امنیت ملی خواهد بود. در چنین شرایطی، جنگ‌های زیستی از حملات

نوع مقاله: پژوهشی اصیل
نحوه استناد به این مقاله: مسرور، محمد و نظری امامی، رضا. (۱۴۰۴). پارادایم ژنومیک امنیت ملی، فصلنامه مطالعات راهبردی، ۲۸ (۴)، ۴۹-۷۷. Doi: 10.22034/ssq.2026.569443.4355

محدود به مدل غالب جنگ‌ها تبدیل شده و نقطهٔ صفرِ این تقابل‌ها نزدیک خواهد بود. درنهایت، در این پارادایم نوین، نوعی «نظم ژنومیک» ایجاد و محور امنیت و قدرت از سطح فرد و دولت به «ژنوم» منتقل می‌شود؛ به‌گونه‌ای که انسان در قالب داده‌های زیستی بازتعریف شده و حفاظت از داده‌های ژنومیک، معادل صیانت از امنیت ملی تلقی می‌شود. در پایان، با بررسی شرایط کشور ایران، لزوم توجه به این تحولات جهانی و تدوین هندسه نوین امنیت ملی بررسی خواهد شد.

واژگان کلیدی: امنیت ملی، هوش مصنوعی، سلامت عمومی دقیق، ژنوم، ژنومیک.

مقدمه

امر سلامت همواره به‌عنوان عاملی مؤثر بر سرنوشت جوامع شناخته شده است (Di-amond, 1999) اما نسبت میان سلامت و امنیت ملی، عمدتاً پس از دوران جنگ سرد واکاوی شد. در سال ۲۰۰۰، با گسترش بحران ایدز، شورای امنیت سازمان ملل متحد به‌طور رسمی یک بیماری عفونی را مسئله‌ای امنیتی تلقی کرد (UN Security Council, Resolution 1308, 2000). در بررسی ارتباط سلامت و امنیت، یکی از چالش‌برانگیزترین حوزه‌ها، «تهدیدات بیولوژیک» بوده که همواره با ابهاماتی همراه است. چنان‌که کریستوفر و همکارانش (۱۹۹۷) معتقدند: «ارزیابی تاریخ جنگ زیستی دشوار است؛ زیرا عوامل متعددی، ازجمله سختی در تأیید حملات زیستی ادعایی یا واقعی، جنگ زیستی را پیچیده می‌سازند.» (Christopher et al., 1997: 412)

امروزه پیشرفت فناوری، تغییر در ژنوم انسان و عوامل بیماری‌زا را ممکن کرده و سلاح‌های زیستی را وارد عصری نوین ساخته است. جیمز کلاپر، مدیروقت سازمان اطلاعات ملی ایالات متحده، در گزارش سالانهٔ خود دربارهٔ تهدیدات جهانی، ویرایش ژنوم را در فهرست سلاح‌های کشتارجمعی[1] قرار داد (Warmflash, 2016). همچنین، در «ارزیابی جهانی تهدیدها»ی جامعهٔ اطلاعاتی آمریکا در سال ۲۰۱۶، به‌طور ویژه به ویرایش ژنوم اشاره شد. ولادیمیر پوتین نیز در جریان مبارزات انتخاباتی ریاست‌جمهوری سال ۲۰۱۲، پیش‌بینی کرد که در نیم‌قرن آینده «ابزارهای بنیاداً جدیدی برای دستیابی به

1. Weapon of mass destruction

اهداف سیاسی و راهبردی» استفاده خواهد شد. او بیان کرد که آیندهٔ جنگ‌ورزی بر پایهٔ «اصول فیزیکیِ نوین» بنا خواهد شد که شامل علم ژنتیک است و این ابزارهای جدید «به اندازه سلاح‌های هسته‌ای مؤثر خواهند بود» (Biberman, 2021: 6-7).

در همین راستا، کشورهایی مانند چین، بهره‌برداری از پیشرفت‌های زیست‌فناوری و مهندسی ژنتیک را در صدر اولویت‌های خود قرار داده‌اند؛ چراکه رهبران نظامی چین، زیست‌فناوری را «انقلاب بعدی در امور نظامی» می‌دانند. این گزارهٔ راهبردی در گزارش مهم اندیشکدهٔ RAND با عنوان «طاعون، سایبورگ و ابرسرباز» مطرح شده است. این گزارش به دنبال پاسخ به این پرسش است که بدن انسان تا چه حد می‌تواند به حوزه‌ای مستقل برای جنگ بدل شود. تحلیل نهایی این گزارش نشان می‌دهد که پس از همه‌گیری کرونا، رسیدن به چنین نقطه‌ای بسیار نزدیک و قابل لمس است: «فناوری‌های محتمل در آینده، ازجمله برخی ابزارهای مهندسی ژنتیک، می‌توانند انتخاب‌های راهبردی در مورد بدن انسان به‌عنوان یک حوزهٔ جنگی را تغییر دهند.» این امر با تولید سریع واکسن‌های mRNA بیش‌ازپیش میسر شده است (Luke J et al., 2023: 2-5).

پرسش اساسی این است: چرا با وجود خطرناک‌بودن فناوری‌های بیولوژیک، این ابزارها تاکنون به‌طور گسترده استفاده نشده‌اند؟ موانع این امر چه بوده است و آیا با رفع این موانع، بدن انسان به حوزهٔ جدید جنگ‌ورزی بدل خواهد شد؟ آیا موانع در حال رفع هستند؟

در گذشته، یکی از موانع مهم این بود که جمعیت مهاجم، به‌دلیل گستردگی ارتباطات جهانی، نمی‌توانست از خود در برابر پیامدهای احتمالی محافظت کند و این احتمال نیز وجود داشت که خود مهاجم به همان بیماری مبتلا شود. چالشِ ساخت پدافند زیستی، مانند واکسن، به‌سبب طولانی‌بودن فرایند تولید، همچنان مانع بزرگی بوده است. مانع دیگر آن است که هدف‌گیریِ اختصاصی یک هدف خاص ازسوی مهاجم درعمل امکان‌پذیر نبوده است. چگونه ممکن است عامل بیماری‌زایی که یک جمعیت را آلوده می‌کند، صرفاً همان جمعیت را آلوده سازد و این آلودگی به دیگر جمعیت‌ها گسترش نیابد؟ (Gisselsson D, 2022) به‌طورکلی، جهانی‌شدن و افزایش ارتباطات انسانی، پیچیدگی بدن انسان در پاسخ به عوامل بیماری‌زا، کمبود

داده‌های ژنومیکِ[1] جمعیت‌ها، نیاز به داده‌های انبوه برای مهندسی و طراحی دقیق یک مداخلهٔ امنیتی و نیز دشواری تحلیل این داده‌ها، همگی موجب افزایش ابهام در استفاده از فناوری‌های زیستی برای ایجاد تهدید زیستی شده‌اند.

در این میان، تحولات علوم ژنتیک و ژنومیک با میدان‌داری «هوش مصنوعی» -که صحنهٔ جنگ را دگرگون کرده و ترورهای انبوه را ممکن ساخته- «پلتفرم ژنومیک سلامت عمومی دقیق»[2] را با هدف پیشگیری از بیماری ایجاد کرده است. این پلتفرم مبتنی‌بر جمع‌آوری داده‌های ژنومیک انسان و پاتوژن‌ها[3] (عامل بیماری‌زا)، دیجیتال‌کردن حیات انسان و تبدیل وی به کدهای ژنتیکی قابل تحلیل است. این پلتفرم با ایجاد تحولی در مدل جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات، داده‌های ارزشمندی از جمعیت‌ها گردآوری می‌کند که دقت و اثربخشی تهدیدات زیستی را افزایش می‌دهد.

نحوهٔ جمع‌آوری اطلاعات زیستی در ایران و جهان تا به امروز از طریق پژوهش‌های دانشگاهی، فعالیت‌های بخش خصوصی و برخی نهادهای اجتماعی بوده است؛ اما با تحقق پلتفرم ژنومیک، انقلابی در این عرصه رخ خواهد داد. شایان ذکر است که برخی کشورهای جهان، حرکت به‌سوی پلتفرم سلامت عمومیِ دقیق را آغاز کرده‌اند؛ بااین‌حال، در ایران این روند به‌صورت جدی آغاز نشده است و حتی جامعهٔ دانشگاهی، به‌عنوان یکی از کانون‌های اصلی تولید دانش، عمدتاً بر پزشکیِ فردمحور تمرکز دارد.

این مقاله قصد دارد، ضمن تشریح تحولات و پیشرفت فناوری‌ها و تهدیدهای زیستی، جایگاه و تأثیر پلتفرم ژنومیکِ سلامت عمومی دقیق را بر تولد پارادایمی نوین برای امنیت ملی روشن سازد و به این پرسش پاسخ دهد که سلامت عمومی دقیق چگونه مفهوم امنیت ملی را دگرگون می‌کند و بشریت را با تغییر حوزهٔ جنگ‌ورزی به‌سمت گسترش تهدیدات بیولوژیک سوق می‌دهد. درنهایت، با تشریح وضعیت ایران، نشان داده می‌شود چرا ایران به طرح هندسهٔ امنیتی نوین در حوزهٔ داده‌های ژنومیک نیاز دارد. روش گردآوری داده‌ها اسنادی بوده و رویکرد مقاله توصیفی ـ تحلیلی است.

---

1. Genomic
2. Precision Public Health
3. Pathogen

الف) پیشینه پژوهش

پژوهش‌های انجام‌شده دربارهٔ پیوند امر سلامت، ژنوم، ژنومیک و امنیت ملی را می‌توان در چند دسته طبقه‌بندی کرد. دسته‌ای از این مطالعات بر کاربردهای نظامی و گاه کاربردهای دوگانه علوم ژنتیکی تأکید دارند. برای مثال، وَن آکن در مقاله‌ای نشان داد که بسیاری از پژوهش‌های علوم پایه و مهندسی ژنتیک می‌تواند محدودیت‌های استفادهٔ نظامی از پاتوژن‌ها را کاهش داد (Aken, Hammond, 2003). سایلر نیز تأثیر مهندسی ژنتیک را در بهره‌گیری نظامی از میکروب‌های پاکسازی‌کنندهٔ آلاینده‌های محیطی بررسی کرده است (Sayler, 2000). چاتوپادهای و همکارانش نیز تهدیدهای بالقوهٔ ژنومیک و گسترش جنگ به منطقهٔ خاکستری را بررسی کردند (Chattopadhyay et al., 2024). در ایران نیز پژوهش‌های مشابهی انجام شده است. برای نمونه، فتح‌اللهی و زین‌الدینی در مقاله‌ای درباره ویرایش ژن نشان دادند که زیست فناوری چگونه می‌تواند به تهدیدی برای نوع بشر بدل شود و از نظر آثار مخرب، حتی با بمب هسته‌ای مقایسه‌پذیر باشد (Fatollahi, Zeinoddini, 2023). مطالعات دیگری نیز در این زمینه وجود دارد، اما ذکر همین موارد برای فهم کلیات این دسته از پژوهش‌ها کافی است.

برخی مطالعات نیز بر گسترش تهدیدات بیولوژیک و رفع برخی موانع موجود در این حوزه تمرکز کرده‌اند. برای مثال، اندیشکدهٔ RAND در گزارشی با عنوان «طاعون، سایبورگ و ابرسرباز» بیان کرده است که پس از کرونا و در پرتو پیشرفت فناوری، برخی موانع پیشین در حال برطرف شدن‌اند (Luke J et al., 2023). افزون‌بر این، گیسل‌سون در پژوهش خود برخی از این موانع را برشمرده و نشان داده است که چگونه شرایط جدید امکان رفع آن‌ها را فراهم کرده است. با وجود آن‌که این پژوهش به تحول در جمع‌آوری اطلاعات و اهمیت جمع‌آوری داده اشاره می‌کند، دربارهٔ عامل این جمع‌آوری سکوت کرده است؛ بااین‌حال تصریح می‌کند: «نمی‌توان این احتمال را منتفی دانست که دسترسی روزافزون به داده‌های مربوط به تغییرات ژنتیکی انسان‌ها ممکن است امکان هدف‌گیری خاص افراد یا گروه‌های قومی مشخص را براساس ژنوتیپ آن‌ها فراهم کند». درنهایت، نویسنده در رویکردی نزدیک به پژوهش

حاضر، اهمیت «هوش پزشکی»[1] را در مقابله با گسترش تهدیدات برجسته می‌کند و می‌نویسد: «یافتن سریع و بسیار دقیقِ علت مرگ‌های مشکوک یا یک شیوع بیماری ـ پیش از آن‌که به محتوای ویروسی و تحریک‌کنندهٔ هیجان عمومی تبدیل شود ـ حیاتی خواهد بود. بنابراین، توسعهٔ تلاش‌های هوش پزشکی از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است». (Gisselsson, 2022: 184-185).

دستهٔ دیگر مطالعات، داده‌های ژنومیک یا ژنومی را به مثابهٔ یک مسئله و معضل امنیت ملی بررسی کرده‌اند. ارشد و همکارانش در پژوهش خود به امنیت داده‌های ژنومیک در چهارچوب شرکت‌های خصوصی این حوزه پرداختند و نمونه‌هایی از حملات سایبری به داده‌های زیستی را تشریح کردند (Arshad et al., 2021). آیدای و همکارش نیز در پژوهشی، چالش‌های حریم خصوصی داده‌های ژنومیک و اهمیت آن را بررسی کرده و برای آن راه‌حل‌هایی پیشنهاد کرده‌اند (Ayday, Pierre, 2016). فایانس و همکارانش نیز به تهدیدها علیه داده‌های ژنومی و حمله‌های سایبری به تجهیزات پزشکی پرداخته و چالش‌های حفاظت از داده‌های ژنومیک را تبیین کرده‌اند(Fayans et al., 2020) بخشی از این مطالعات نیز به جنگ ژنومیک میان کشورهایی مانند چین و آمریکا در قالب نبرد بر سر تصاحب داده‌ها پرداخته‌اند که در ادامهٔ مقاله با مثال‌های بیشتری به آن اشاره خواهد شد.

شایان توجه است که عمدهٔ مطالعات این حوزه مشابه نمونه‌های یادشده‌اند و موضوع پارادایم ژنومیکِ امنیت، طرحی نو در مباحث میان‌رشته‌ای سلامت و امنیت ملی به شمار می‌آید که تاکنون با این صورت‌بندی و با تأکید بر عاملیت یک پلتفرم ژنومیک در مقاله‌های مطرح نشده است.

ب) ارتباط امر سلامت و امنیت ملی: مجادلات نظری

در سیر بررسی‌های نظری، اختلاف‌های متعددی دربارهٔ این مسئله وجود داشته است که «چه چیزی تهدیدی برای امنیت محسوب می‌شود» و این تهدید چه ویژگی‌هایی دارد؟ همچنین، چه ارزش‌هایی باید محافظت شوند و از چه طریقی باید از آن‌ها حفاظت کرد؟ امر سلامت نیز همواره در میان این مباحثات جایگاه ویژه‌ای داشته و نظر متفکران را از

1. Medical intelligence

این جهت جلب کرده است که می‌تواند در چهارچوب مباحث امنیت ملی قرار گیرد. مفهوم مدرن امنیت ملی پس از جنگ جهانی دوم پدید آمد و به‌صورت سنتی، مهم‌ترین مسئلهٔ آن حفظ دولت به‌مثابهٔ مرجع امنیت بود. برخی دیدگاه‌ها بر محدودماندن مسائل امنیت ملی در چهارچوب مسائل نظامی و تمرکز بر دولت تأکید دارند؛ در این دیدگاه، سلامت تنها در صورتی به مسائل امنیت ملی راه می‌یابد که به صورت تهدیدی نظامی برای دولت، به‌مثابهٔ مرجع امنیت، درک شود. افزون بر این، تهدیدها به عوامل غیرطبیعی مانند سلاح‌های بیولوژیک و مواردی از این قبیل محدود می‌شوند.

در دیدگاه دوم، امر سلامت از منظر تأثیر آن بر مؤلفه‌های قدرت دولت بررسی می‌شود. این دیدگاه پس از پایان جنگ سرد گسترش یافت و مسائل غیرنظامی، ازجمله اقتصاد و تجارت، محیط زیست و بیماری‌های عفونی، تهدیدهای بالقوه‌ای برای امنیت دولت محسوب شدند. چهارچوب اصلی بحث این است که سلامت -به‌ویژه در قالب بیماری‌های همه‌گیر- چگونه می‌تواند دولت و نهادهای مختلف جامعه را تضعیف کند. بخش اعظم این تفکر درخصوص مسائل مرتبط با همه‌گیری‌ها و بیماری‌های عفونی شکل گرفت. پرایس اسمیت در کتاب «سرایت و آشوب»، سلامت جمعیت را محور و نقطهٔ اتکای قدرت مادی، ستون فقرات ظرفیت اقتصادی، مشروعیت و قدرت دولت و در مرکز منافع دولتِ حاکمِ مدرن می‌داند و تأثیرات سلامت را بر ابعاد مختلف عملکرد دولت بررسی می‌کند. «پژوهشگران عرصهٔ سیاست بین‌الملل چنین فرض کرده‌اند که بیماری‌های عفونی نوپدید و بازپدید می‌توانند به‌سبب آثار منفی‌شان بر دولت‌های ملی، تهدیدی برای امنیت بین‌المللی به شمار آیند. سلامت جمعیت، مستقیماً به رفاه درونی و ثبات یک نظام سیاسی کمک می‌کند، به تحکیم و گسترش قدرت حاکمیت یاری می‌رساند و درنهایت، به امنیت دولت منجر می‌شود» (Smith, 2008: 1- 2, 214).

در دیدگاه سوم، انسان در مقامِ فرد، مرجع امنیت است و آنچه او را تهدید کند، حائزاهمیت است. این دیدگاه نتیجهٔ تحول مفهومی امنیت و شکل‌گیری مفهوم «امنیت انسانی» است: «در این رویکرد، نیازهای انسان‌ها ـ چه در مقامِ افراد و چه در قالب گروه‌های کوچک ـ در مرکز توجه قرار دارد. این نیازها با دغدغه‌های دولت‌ها تفاوت دارد. امنیت یک دولت، دست‌کم در کوتاه‌مدت، الزاماً به امنیت تک‌تک افراد آن وابسته

نیست. در مقابل، امنیت افراد نه‌تنها به امنیت دولت، بلکه به مجموعه‌ای از عوامل دیگر نیز بستگی دارد که برخی از آن‌ها خارج از کنترل دولت‌ها هستند. امنیت انسانی در سطح جهانی به‌عنوان نیازی همگانی مطرح شده است. هیچ‌کس نمی‌تواند کاملاً در امنیت باشد، مگر آنکه همهٔ مردم از حداقلی از امنیت برخوردار باشند» (WHO, 2002: 1).

امنیت انسانی و مفهوم «امنیت سلامت»[1] به‌طور دقیق و مفصل در گزارش UNDP[2] در سال ۱۹۹۴ مطرح شد؛ گزارشی که به تبیین مفهوم امنیت انسانی و ابعاد هفت‌گانهٔ آن، ازجمله سلامت و محیط‌زیست، پرداخت (UNDP, 1994).

در یک جمع‌بندی کلی، تفاوت اصلی دیدگاه‌های یادشده در تعریف، مرجع و مصادیق امنیت نهفته است. در این دیدگاه‌ها، نوعی تحول پارادایمی در مرجع امنیت از دولت به انسان دیده می‌شود و دامنهٔ تهدیدها از مسائل نظامی به‌سوی تهدیدهای طبیعی گسترش یافته است.

شایان ذکر است که با وجود این تفاوت‌ها، تهدیدهای زیستی در هر سه دیدگاه دارای اهمیت بنیادین هستند؛ چراکه این تهدیدها در اشکال گوناگون، هر دو مرجع سنتی امنیت را تهدید می‌کنند. نکتهٔ درخور توجه این است که با تحقق «پلتفرم سلامت عمومی دقیق» (که در ادامه به‌تفصیل بررسی خواهد شد)، به‌دلیل همین تغییر پارادایم، رابطهٔ سلامت و امنیت وارد فضای نوینی می‌شود و مرجع امنیت از «دولت» و «انسان» به «ژنوم» تغییر جهت می‌دهد. در ادامه، با معرفی برخی تهدیدهای زیستی و تبیین چیستی و کارکردهای سلامت عمومی دقیق، نشان خواهیم داد که چگونه با تحول در روش‌های جمع‌آوری اطلاعات، ژنومیک به پارادایم نوین امنیت ملی تبدیل شده و بسترهای جدیدی از جنگ‌ورزی را پیش‌روی بشر می‌گشاید.

ج) تهدیدهای زیستی: ویرایش ژنوم از طراحی پاتوژن تا ساخت ابرسرباز

همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، امروزه ویرایش ژنوم در قامت یک تهدید و حتی سلاح کشتارجمعی شناخته شده است. اما چرا ویرایش ژنوم با وجود آنکه می‌تواند در خدمت بشر

1. Health security

2. United Nation Development Program

باشد، چنین سایه‌ای از ترس بر جامعهٔ انسانی افکنده است؟ در ادامه، با ذکر مثال‌هایی نشان داده می‌شود که چگونه ویرایش ژنوم، در صورت فقدانِ حفاظتِ مناسب از داده‌های ژنومی، می‌تواند امنیت ملی را به خطر اندازد.

یکی از این موارد، دست‌کاری پاتوژن‌هاست. تلاش دانشمندان این است که بتوانند مقاومت پاتوژن در برابر دارو را از بین ببرند، اما مهندسی ژنتیک می‌تواند به‌صورت معکوس نیز عمل کند. «واردکردن ژن مقاومت به آنتی‌بیوتیک در پاتوژن‌های باکتریایی، امروزه در اکثر آزمایشگاه‌های میکروب‌شناسی کار معمول است»(Aken, Hammond, 2003: 57) . داده‌های ژنومیک، با شناختی که از ژنومیک انسان و پاتوژن به دست می‌دهد، می‌تواند چنین عملیات‌هایی را هدفمندتر سازد. «سوءاستفاده از یک پاتوژن طبیعی به‌گونه‌ای که جمعیتی با حساسیت ژنتیکیِ منطبق را هدف قرار دهد. سلاح‌سازی از پناه‌جویان از طریق حامل‌کردن یک پاتوژن طبیعی یا مصنوعی با دورهٔ کمونِ[1] کافی برای عبور از مرزها و دارای حساسیت ژنتیکی نسبت به آن جمعیت هدف» (Chattopadhyay et al., 2024: 1-2)نیز از دیگر نمونه‌های ویرایش ژنوم در پاتوژن‌هاست که می‌تواند تهدیدآمیز باشد.

به‌واسطه ویرایش ژنوم، تغییر آیندهٔ انسانی امکان‌پذیر شده که می‌تواند از دوران جنینی هم آغاز شود و نگرانی‌هایی درباره انتخاب صفات خاص جسمی یا شناختی در نسل‌های آینده ایجاد کرده است (Roberts et al., 2024). «امروزه برخی دانشمندان به‌صورت پنهانی از ویرایش ژن برای پژوهش بر روی جنین‌های انسانی به‌منظور طراحی و خلق انسان‌هایی «عاری از بیماری» با قابلیت‌های ویژه استفاده می‌کنند. چنین کودکان طراحی‌شده‌ای ممکن است دارای هوش بالا، ذهن خلاق، حواس پنج‌گانهٔ بسیار قوی و مقاومت در برابر بیماری‌ها باشند. برخی این فناوری را «موتور آفرینش» خوانده‌اند؛ زیرا به‌زعم خود به دانشمندان توانایی خدایی می‌دهد تا انسان‌های آتی را خلق و بهبود بخشند. ویرایش ژن جنینی ممکن است به تغییرات ارثی در ژنوم انسانی منجر شود. دانشمندان درباره طراحی و تولید «انسان‌های برنامه‌ریزی‌شده» و ویرایش جنین‌های انسانی هشدار داده‌اند و در سطح ملی و بین‌المللی به تدوین قوانین

---

۱. مدت زمان ورود پاتوژن به بدن تا ظهور عوامل بیماری‌زا

در این زمینه پرداخته‌اند». شایان توجه است که دانشمند چینی، هِ جیان‌کوی،[1] در هشتم اکتبر ۲۰۱۸ خبر تولد دو نوزاد دوقلوی دختر چینی را اعلام کرد که با فناوری CRISPR[2] ویرایش شده بودند. در این دوقلوها که از پدری مبتلا به ایدز و مادری سالم متولد شدند، ژن مرتبط با این بیماری ویرایش شد تا نوزادانی مقاوم به ویروس ایدز متولد شوند.

ویرایش ژنوم می‌تواند زمینه‌ساز ایجاد «بمب سرطان» باشد و با طراحی پاتوژنی کشنده، صرفاً جمعیت‌هایی را هدف قرار دهد که شرایط ژنتیکی لازم برای آلوده‌شدن را دارند. «این فناوری به‌دلیل سهولت توسعه و دقت بالای کاربردش، از سلاح‌های هسته‌ای نیز خطرناک‌تر تلقی می‌شود؛ چراکه برخلاف جنگ هسته‌ای، دیگر مفهوم «بازدارندگی متقابل تضمین‌شده» در آن موضوعیت ندارد و جهان با امکان نسل‌کشی هدفمند و دقیق مواجه است» (Fatollahi, Zeinoddini: 6, 7, 8).

فناوری دیگر، «درایو ژنی»[3] یا «بمب ژنی» است. درایوهای ژنی می‌توانند ضمن همراه‌شدن با ارگانیسم‌های تعداد بسیار کمی از ناقلان که تولیدمثل جنسی دارند، تعداد بسیاری از یک گونهٔ زنده را هدف قرار دهند و ژنوم آن‌ها را ویرایش کنند. «درایوهای ژنی مبتنی‌بر CRISPR در حال حاضر روی موجوداتی مانند مگس میوه، پشه و مخمر، به‌صورت کنترل‌شده داخل محیط آزمایشگاه، بررسی شده‌اند» (Anderson et al., 2024: 729; brier, 2022: 5-22). «حشرات آلوده‌شده با درایوها، تولیدمثل می‌کنند و ژن مرتبط با درایوها را به‌طور نامحدود به نسل‌های بعدی انتقال می‌دهند»؛ این مسئله درایوهای ژنی را قدرتمند و خطرناک کرده است (Champer et al., 2020: 1082; Deplazes et al., 2020). درایوهای ژنی همان‌قدر که می‌توانند در مهار تهدیدهای زیستی مانند کنترل پشه‌های ناقل بیماری و آفات کشاورزی مؤثر واقع شوند، «قابلیت تسلیحاتی‌شدن، ارتقای سلاح‌های زیستی، تغییر یک گونه و اصلاح نژادی را نیز دارا هستند» (Min et al., 2018: 40-65). «درایوهای ژنی این پتانسیل را دارند که به‌سرعت در یک جمعیت شایع شوند، آن‌ها همچنین

---

1. He Jiankui

2.Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeat (یکی از فناوری‌های ویرایش ژن)

3. Gene Drive

حامل قابلیتی هستند که یک هدف خاصِ مهندسی‌شده و محمولهٔ ژنی خاصی را حمل می‌کند؛ می‌توانند یک بیماری برنامه‌ریزی‌شده را به‌طوری که قابل ارث باشد، درون یک جمعیت شایع کنند و یک اصلاح ژنتیکی هدفمند را در جمعیت مشخصی اعمال کنند» (زین‌الدینی و مردشتی، ۱۴۰۳: ۲۲۹۹-۲۲۹۷).

همان‌طور که در مثال‌های پیشین مشهود است، ویرایش ژنوم می‌تواند ویرانگر باشد، اما پیش‌نیاز چنین عملیات‌های دهشتناکی، وجود اطلاعات کامل ژنومیک از «هدف» است تا این تغییرات به‌درستی اعمال شود و عملیات بیولوژیک به سرانجام برسد. با وجود نیاز به حجم انبوهی از داده‌های دقیق، پرسش اینجاست که این مانعِ بزرگ در مسیر دستیابی به داده‌های ژنومیک جمعیت‌ها چگونه مرتفع می‌شود؟ اطلاعات دقیق، هم برای هدف قراردادن و هم برای محافظت از جمعیت مهاجم حیاتی است؛ ازاین‌رو، فقدان این داده‌ها از بزرگ‌ترین محدودیت‌های گسترش عملیات‌های بیولوژیک به شمار می‌رود. درنهایت، چه عاملی این سدِ بزرگ را از پیشِ پای گسترش تهدیدهای زیستی برمی‌دارد؟

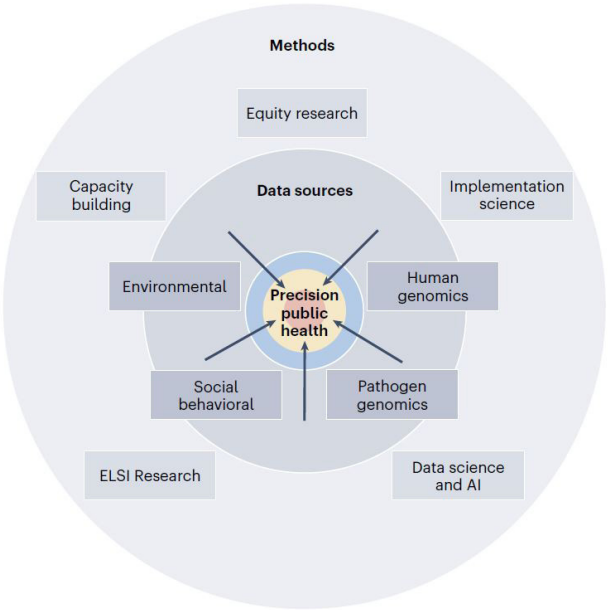
د) پلتفرم سلامت عمومی دقیق: تجزیه‌وتحلیل

نتایج پژوهش‌های علمی در ژنومیک، تأثیرات شگرفی بر پزشکی و سلامت عمومی داشته و موجب تولد حوزه‌هایی مانند پزشکی و سلامت عمومی دقیق شده است. پزشکی دقیق تقریباً معادل «پزشکی شخصی‌سازی‌شده»[1] است. پیشروانِ این حوزه، پزشکی دقیق را مجموعه‌ای از فعالیت‌ها تعریف می‌کنند که با هدف جمع‌آوری، ارتباط‌دهی و به‌کارگیری حجم عظیمی از داده‌های پژوهشی و سوابق سلامت افراد -از درکِ مولکولی بیماری گرفته تا داده‌های بالینی، محیطی، روانی ـ اجتماعی و سبک زندگی ـ تلاش دارد تا دریابد چرا افراد به درمان‌ها واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند (Naumova, 2022: 481, 482). مفهوم «سلامت عمومی دقیق»، پس از عبارتِ «پزشکی دقیق»[2] ابداع شد. «اگر پزشکی دقیق به معنای ارائه درمان مناسب، به بیمارِ مناسب، در زمانِ مناسب باشد، سلامت عمومی دقیق را نیز

1.Personalized medicine

2. Precision medicine

می‌توان چنین تعریف کرد: ارائهٔ مداخلهٔ مناسب، به جمعیت مناسب، در زمانِ مناسب» (Muin et al., 2016: 1). طرفداران این ایده بر این باورند که سلامت عمومی دقیق، فراتر از درمان‌های شخصی‌سازی‌شده است. در این زمینه، اصطلاح «دقیق» به معنای بهبود توانمندی نظام سلامت برای پیشگیری از بیماری و ارتقای سطح سلامت در جمعیت‌هاست؛ این امر از طریق به‌کارگیری روش‌ها و فناوری‌های نوظهور برای سنجش دقیق بیماری‌ها، عوامل بیماری‌زا، مواجهات محیطی، رفتارها و آسیب‌پذیری‌های جمعیتی و درنهایت، توسعهٔ سیاست‌ها و برنامه‌های بهداشتی هدفمند محقق می‌شود (Cinseros, 2016). در شکل زیر، شمایی کلی از «سلامت عمومی دقیق» ترسیم شده است. این تصویر نشان‌دهندهٔ نسبتِ دانشِ ژنومیک (به معنای بررسی عملکرد ژنوم انسان و پاتوژن در پیوند با محیط و رفتارهای اجتماعی) و همچنین جایگاه فناوری‌های نوظهوری نظیر هوش مصنوعی و علوم داده در این حوزه است. هم‌افزایی این مؤلفه‌ها، «سلامت عمومی دقیق» را در قامتِ یک پلتفرم ژنومیک تعریف می‌کند که می‌توان دو کارکرد اصلی برای آن متصور بود: نخست، «جمع‌آوری داده و داده‌کاوی». اساس این پلتفرم بر جمع‌آوری داده و کلان‌داده بنیان نهاده شده است. موضوع عمده این است که داده‌های جمع‌آوری‌شده وسعت زیادی دارند و با هدف پیشگیری از بیماری در آینده، تمام اطلاعات زندگی انسان را ثبت می‌کنند. کارکرد مهم بعدی نیز مهندسی آینده بر پایهٔ تحلیل اطلاعات، از طریق طراحی مداخلات داده‌بنیان است. در ادامه، این دو کارکرد مهم شرح داده می‌شود.



شکل ۱. نحوه ارتباط ژنومیک، فناوری‌های سلامت، هوش مصنوعی و تولد مفهوم سلامت عمومی دقیق

منبع: (Roberts et al., 2024: 1867)

ه) اقتدار داده‌بنیان و نظم ژنومیک: تزلزل بنیان امنیت ملی

در جمع‌آوری و تحلیل داده، نخست بررسی «ارتباط ژنوم و تمامی عوامل محیطی» اهمیت بنیادین دارد و سپس «گردآوری این اطلاعات» نیز نقشی تعیین‌کننده دارد. در سلامت عمومی دقیق، «مجموعهٔ کلان‌داده‌ها» یعنی داده‌های متنوع جغرافیایی، دموگرافیک، محیطی، زیستی و اجتماعی اهمیت دارد. درخصوص داده‌های مکانی، منظور توصیف دقیق‌تر شرایط جغرافیایی و اجتماعی است.

از سوی دیگر، داده‌های شخصی نیز باید فراتر از شاخص‌های سنتی مانند سن، نژاد و قومیت حرکت کند و ویژگی‌های فردی بیماران را نیز در بر گیرد. داده‌هایی که از دستگاه‌های شخصی مانند حسگرها، گوشی‌های هوشمند و سایر ابزارهای دیجیتال جمع‌آوری می‌شوند، داده‌های دقیق‌تر و گسترده‌تر فراهم می‌کنند و تصویری روشن‌تر

از چگونگی اجرای مداخلات و نتایج حاصل از آن‌ها ارائه می‌دهند». لازمهٔ تحقق سلامت عمومی دقیق، با «پزشکی‌سازی[1] کامل فردی و اجتماعی» مفهوم‌سازی شده است: «سلامت عمومی دقیق تنها زمانی می‌تواند به‌طور کامل محقق شود که اطلاعات کاملی دربارهٔ عوامل تعیین‌کنندهٔ سلامت هر فرد و هر گروهِ شناسایی‌شده از افراد در اختیار باشد و این اطلاعات با سازمان‌دهی کامل زندگی فردی و اجتماعی بر پایهٔ اصول سلامت‌محور ترکیب شود». تحققِ این امر صرفاً از طریق یک «رویکرد اقتدارگرایانه» ممکن است (Nowacka, 2024: 315, 320, 321). «پلتفرم ژنومیک» نوعی کنترل اجتماعی، اقتدار و «نظم ژنومیک» خلق می‌کند که منشأ آن داده‌های پلتفرمی است. در این شرایط، ارادهٔ دولت سلب می‌شود و مشروعیت آن برای سیاست‌گذاری از بین می‌رود؛ به‌گونه‌ای که دیگر نه اقتدار دولت، بلکه «اقتدار پلتفرمی» نمایان می‌شود. تمامی این تحولات با «گسترش‌پذیری اتصال دیجیتال» ممکن شده است که توانایی پلتفرم را برای اندازه‌گیری مواجهات محیطی و نظارت بر داده‌های اجتماعی و رفتاری در سطوح مختلف افزایش می‌دهد. درنهایت، این فرایند به ظهور «مداخلات تنظیم‌شوندهٔ پیوسته»[2] می‌انجامد؛ یعنی مداخلاتی که با توجه به داده‌های لحظه‌ای فرد، بر پایهٔ الگوریتم‌های یادگیری ماشین و مهندسی سامانه‌ها به‌طور پویا تنظیم می‌شوند»(Roberts et al., 2024: 1868) . در «جامعهٔ پلتفرمی»، دولت‌ها به‌مثابهٔ اعضای بدن یک هوشِ حاکم شده‌اند؛ در این نظام، با انسان در قالبِ مجموعه‌ای از داده برخورد می‌شود و هویتی دیجیتال برای او تعریف می‌شود. درنهایت، «سلامت عمومی دقیق»، در پرتوِ سلب اراده از دولت و با تبدیل انسان‌ها به کدهای ژنتیکی، آینده را مهندسی می‌کند.

و) تحقق پلتفرم ژنومیک: نقطهٔ صفر جنگ‌های بیولوژیک

همان‌گونه که بیان شد، یکی از کارکردهای پلتفرم، جمع‌آوری داده‌های تمام ابعاد زندگی و درنهایت «حکمرانی داده‌بنیان» است که داده‌های ژنومیک را در قلب امنیت ملی قرار می‌دهد. حجم عظیم این داده‌ها، ماهیت منحصربه‌فردشان (که

1. Medicalization

2. continuously tuned interventions

مجموعه‌ای از اطلاعات ژنومی، محیطی و اجتماعی هستند)، دقت بالای آن‌ها و درنهایت تحلیل دقیق این داده‌ها، بستر عملیاتی‌شدن تهدیدهای بیولوژیک را فراهم می‌آورد و محدودیت‌های پیشین در زمینه‌هایی مانند پایداری پاتوژن، تولید پاتوژن مهاجم، اثرگذاری دقیق بر هدف، عدم شیوع و درنهایت ساخت واکسن یا عوامل محافظت‌کننده را به‌عنوان پدافند زیستی از میان می‌برد. در این صورت، جنگ بیولوژیک « واقعی» میسر شده و ما با یک تغییر پارادایمی در حوزهٔ جنگ روبه‌رو هستیم: گذار از میدان نظامی به «بدن انسان» جایی که چهرهٔ اصلی جنگ‌ها به‌کلی دگرگون می‌شود. آنچه ژنومیک را به پارادایم نوینی در امنیت ملی بدل می‌کند، صرفاً «اهمیت تهدیدهای زیستی» نیست؛ چراکه چنین تهدیدهایی پیش از این نیز وجود داشته و اهمیت آن‌ها نزد متخصصان محرز بوده است. اما پدیدهٔ نوظهور در این حوزه، «امکان تبدیل تهدیدهای بیولوژیک به تهدیدهای غالب زندگی بشری» و تبدیل تهدیدهای محدود به تهدیدهای گسترده، راهبردی ودقیق است. امری که پیش‌ازاین امکان‌پذیر نبود، اما اکنون با تحققِ «پلتفرم» ممکن شده و ژنوم را نه‌تنها ارزشمندتر از گذشته، که به مرجع امنیت بدل کرده است.

اهمیت داده‌های ژنومیک در نبرد نوین بیولوژیک موجب شده است نبردی بر سر تصاحب این داده‌ها میان قدرت‌های جهانی آغاز شود؛ زیرا این داده‌ها می‌توانند در به‌کارگیری سلاح‌های زیستی نقش ایفا کنند. در واقع، «استفاده از سلاح‌های زیستی در نقشِ عامل بازدارندهٔ استراتژیک، می‌تواند توانایی دیگر قدرت‌ها را برای بهره‌گیری از تسلیحات متعارف پیشرفته و فناورانه محدود سازد» .(Enemark, 2003: 10)

ز) جنگ ژنومیک و نبرد بر سر تصاحب داده‌ها

امنیت ژنومیک و اهمیت داده‌های زیستی در جنگ ژنومیک میان آمریکا و چین به‌وضوح نمایان است. جمع‌آوری داده‌های ژنومی، حتی با ظاهری کاملاً موجه می‌تواند کارکردهای امنیتی داشته باشد. برای نمونه، خبرگزاری رویترز در گزارشی که ازسوی «صدای آمریکا» بازنشر شده، به بررسی فعالیت یک شرکت چینی در زمینهٔ جمع‌آوری داده‌های ژنومی پرداخته است؛ فعالیتی که از طریق ارائهٔ تست‌های

غربالگری پیش از تولد انجام می‌گیرد: «یک شرکت چینی فعال در حوزهٔ ژنتیک، از طریق آزمایش‌های پیش از تولد در بیش از پنجاه کشور جهان، در حال جمع‌آوری داده‌های ژنتیکی زنان باردار برای تحقیق دربارهٔ ویژگی‌های جمعیت‌هاست. این موضوع نگرانی‌های فزاینده‌ای را برانگیخته است؛ زیرا ایجاد چنین پایگاه داده‌ای عظیمی از DNA، می‌تواند برتری فناورانه و راهبردی چشمگیری به چین ببخشد و این کشور را در موقعیتی قرار دهد که بر صنعت جهانی داروسازی تسلط یابد». در این گزارش آمده است که چین از طریق ارائهٔ تست‌های غربالگری جنین (که برای تشخیص ناهنجاری‌های ژنتیکی طراحی شده‌اند) اقدام به جمع‌آوری اطلاعات ژنتیکی در ۵۲ کشور جهان کرده است؛ اقدامی که هشدارهای جدی مشاوران دولت آمریکا را در پی داشته است. به اعتقاد آن‌ها، داده‌های ژنومی که شرکت «بی‌جی‌آی»[1] با بهره‌گیری از هوش مصنوعی جمع‌آوری و تحلیل می‌کند، می‌تواند مسیر برتری اقتصادی و نظامی چین را هموار سازد: «جمع‌آوری بزرگ‌ترین و متنوع‌ترین مجموعهٔ ژنوم انسان، می‌تواند چین را به قدرت مسلط داروسازی جهانی تبدیل کند و حتی به ساخت «سربازان ژنتیکی پیشرفته» (ابرسرباز) یا عوامل بیماری‌زای مهندسی‌شده‌ای بینجامد که قادرند جمعیت یا منابع غذایی ایالات متحده را هدف قرار دهند.» (Zhang, 2021). کریستال گرانت، دانشمند داده و زیست‌شناس مولکولی گفت: با استفاده از «این حجم عظیم از داده‌ها» و «ابررایانه‌ها» برای «رمزگشایی از این کدها»، تهدیدی برای سیاست‌های ژنومی در تمامی کشورها پدید خواهد آمد» (Zhang, 2021). در نمونه‌ای دیگر، مرکز ملی ضدجاسوسی و امنیت ایالات متحده[2] در سال ۲۰۲۱ گزارشی با عنوان «جمع‌آوری داده‌های ژنومی و سایر داده‌های بهداشتی آمریکا ازسوی چین: خطراتی برای حریم خصوصی، امنیت اقتصادی و امنیت ملی ایالات متحده» منتشر کرد. در این گزارش آمده است که چین داده‌های ژنومیک را یک «دارایی راهبردی» می‌داند و با سرمایه‌گذاری گسترده در انقلاب زیست‌فناوری و تصویب سیاست‌های

1. BGI Group

شرکت چینی که پیش‌تر با نام مؤسسه ژنومیک پکن شناخته می‌شد و اکنون در شهر شنژن مستقر است.

2. The National Counterintelligence and Security Center

ملی متعدد، اولویت ویژه‌ای به جمع‌آوری داده‌های بهداشتی در داخل و خارج از کشور داده است تا به هدف خود، یعنی تبدیل‌شدن به رهبر جهانی زیست‌فناوری، دست یابد: «دولت چین درک می‌کند که جمع‌آوری و تحلیل مجموعه‌های بزرگ داده‌های ژنومی از جمعیت‌های متنوع می‌تواند به کشف‌های جدید پزشکی و درمان‌های نوآورانه منجر شود؛ مواردی که ارزش تجاری قابل توجهی دارند و به رشد هوش مصنوعی و پزشکی دقیق در چین کمک می‌کنند. چین در سال ۲۰۱۶ پروژه‌ای پانزده‌ساله به ارزش ۹میلیارد دلار را برای جمع‌آوری، تحلیل و تعیین توالی داده‌های ژنومی آغاز کرد تا به رهبر جهانی در پزشکی دقیق تبدیل شود». در ادامه، این گزارش به فعالیت شرکت‌های چینی برای دسترسی به داده‌های ژنومیک ایالات متحده پرداخته و نمونه‌هایی، حتی به‌شکل حملات سایبری، را برشمرده است. همچنین، سابقه دولت چین در استفاده از DNA برای نظارت ژنتیکی و کنترل اجتماعی اقلیت‌های قومی در منطقه سین‌کیانگ به‌عنوان نمونه‌ای از سوءاستفاده از داده‌های ژنومیک بیان شده است. درنهایت، نگرانی خود را از سلطهٔ چین بر زیست‌فناوری و وابستگی آمریکا به چین، به‌وِیژه در زمینه داروهای وابسته به ژنومیک، بیان می‌کند (National Counterintelligence and Security Center, 2021: 2-4).

ح) وضعیت امنیت ژنومیک در ایران

در ایران، اهمیت تهدیدهای زیستی و ضرورت حفاظت از داده‌ها به‌طورکلی موردتوجه قرار گرفته است. در همین راستا، سازمان پدافند غیرعامل، بخشی از فعالیت‌های خود را به پدافند زیستی اختصاص داده است. تاکنون، جمع‌آوری اطلاعات ژنتیکی در ایران محدود به فعالیت‌های دولتی (در مجامع دانشگاهی)، بخش خصوصی و برخی فعالیت‌های اجتماعی بوده است. به‌عنوان نمونه، در مطالعه‌ای با عنوان «واریاسیون ژنتیکی متمایز و هتروژنیتی در جمعیت ایرانی» (Mehrjoo et al., 2019)، طی همکاری مشترک میان مرکز تحقیقات ژنتیک دانشگاه علوم بهزیستی و توان‌بخشی ایران و مرکز ژنومیک دانشگاه کلن آلمان، مشخصات ژنتیکی گستره ژنومی جمعیت ایرانی شناسایی شد. در پژوهش ملی دیگری با عنوان «بررسی پنل ژن‌های شایع

فارماکوژنومیک در جمعیت ایران» که در دانشگاه علوم پزشکی تهران به سرپرستی دکتر ماندانا حسن‌زاد طراحی و انجام شد، هدف شناسایی تنوع ژنتیکی ایرانیان در ژن‌های مؤثر بر متابولیسم و پاسخ دارویی بود (پایگاه خبری دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۱۴۰۴). نتایج این مطالعه در پزشکی فردمحور کاربرد دارد. گفتنی است که شرکت‌های خصوصی نیز در ایران در جمع‌آوری اطلاعات ژنتیکی سهیم هستند. به‌عنوان مثال، شرکت خصوصی Life and me از طریق نمونه‌گیری از بزاق دهان افراد، اطلاعات ژنتیکی را استخراج می‌کند. سیدعارف سلیمانیان، هم بنیانگذار این شرکت، می‌گوید می‌توانند از طریق بزاق دهان، داده‌هایی را به دست آورند و تحلیل و پیش‌بینی کنند هر فرد استعداد چه نوع بیماری‌هایی را دارد (شنبه‌مگ، ۱۳۹۸). در مثالی دیگر، شرکت هومن ژن پارس با ایجاد پایگاه داده‌ای از ۱۲۰هزار نمونه ژنتیکی، گام بزرگی در حوزهٔ ژنومیک برداشته است. گفته شده این مهم با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته و هوش مصنوعی محقق شده است (شرق، ۱۴۰۴). نمونه‌های متعددی از جمع‌آوری اطلاعات ژنتیکی ایرانیان وجود دارد، اما باید توجه داشت که مجامع علمی و بخش خصوصی عمدتاً بر پزشکی فردمحور تمرکز داشته‌اند. با وجود گسترش سریع جهانی این حوزه، موضوع سلامت عمومی دقیق هنوز در ایران مطرح نشده است. گسترش این مسئله در جهان به‌گونه‌ای است که جمع‌آوری داده‌های ژنومیک را حتی به خارج از محیط‌های سنتی آزمایشگاهی منتقل می‌کند: «توالی‌یاب‌های رومیزی کوچک و از همه مهم‌تر توالی‌یاب‌های قابل‌حمل در حال توسعه‌اند. این روندها نشان می‌دهند که در آیندهٔ نزدیک، بخش فزاینده‌ای از داده‌های توالی‌یابی میکروبی خارج از محیط‌های آزمایشگاهی سنتی تولید خواهند شد؛ برای مثال، در محیط‌های میدانی هنگام تحقیقات، در بالین بیماران، در خانه‌ها و حتی در مکان‌های غیرمتعارف مانند فضا» (Fayans et al., 2020: 1). تحقق سلامت عمومی دقیق، تحول بزرگی در شیوه جمع‌آوری داده ژنومیک رقم خواهد زد؛ زیرا با گسترش اتصال دیجیتال می‌تواند حجم وسیعی از داده‌های انسانی را در لحظه مخابره کند. هرچند شیوه حفاظت از اطلاعات ژنومیک ایرانیان در پروژه‌های دولتی و خصوصی مشخص نیست و این مسئله، با وجود تأکید مسئولان بر اهمیت داده‌ها، نیازمند بررسی است،

اما تحقق پلتفرم ژنومیک با تحولی که ایجاد می‌کند، پارادایم کنترل داده‌های ژنومیک را تغییر می‌دهد و کنترل چرخه اطلاعات را از دولت به پلتفرم منتقل می‌کند. در چنین شرایطی، باید هندسه نوینی از امنیت ژنومیک برای ایران طراحی و پی‌ریزی شود تا از آسیب‌های احتمالی آینده مصون بماند.

نتیجه‌گیری

ارتباط «سلامت» و «امنیت» از دیرباز کانون توجه بوده و به‌طورکلی سه رویکرد تحلیلی در این زمینه قابل ترسیم است: نخست، رویکردی که مرجع امنیت را «دولت» دانسته و سلامت را صرفاً در قالب «سلاح‌های زیستی» به‌مثابه تهدیدی امنیتی قلمداد می‌کند. در دو رویکرد دیگر، امر سلامت به‌ویژه در بستر بیماری‌های عفونی تهدیدکننده امنیت است؛ با این تفاوت که در یکی، مرجعیت امنیت همچنان با دولت است و در دیگری، «انسان» به‌عنوانمرجع امنیت در کانون توجه قرار می‌گیرد.

شایان ذکر است تهدیدهایی که با فناوری‌هایی مانند «ویرایش ژنوم» تحقق می‌یابد، هر دو مرجع امنیت (دولت و انسان) را تهدید کرده و ذیل هر سه رویکرد تعریف می‌شود. این فناوری‌ها می‌توانند پاتوژن طراحی کنند، جمعیتی را بیمار سازند و همچنین موجب تحقق پدیده‌هایی مانند «ابرسرباز»، تغییر ژنوم جنین و آیندهٔ نسل انسان شوند. این تحولات به‌دلیل نیاز به اطلاعات گسترده از ژنوم انسان، پاتوژن و پیچیدگی تحلیل رفتار ژنوم، تاکنون به‌صورت گسترده نمود نیافته‌اند؛ اما این مهم با تحقق «پلتفرم سلامت عمومی دقیق» در حال تغییر است.

دستاوردهای علوم ژنتیکی و ژنومیک در کنار تحولات شگرف هوش مصنوعی، پلتفرم ژنومیکی نوینی با عنوان «سلامت عمومی دقیق» متولد کرده است. این پلتفرم بر دو رکن اصلی استوار است:

۱. **جمع‌آوری داده به‌واسطهٔ گسترش اتصال‌پذیری دیجیتال:** داده‌های مدنظر در «سلامت عمومی دقیق» گسترهٔ وسیعی را شامل می‌شوند و تمامی ابعاد حیات انسانی را در بر می‌گیرند. این رویکرد به دنبال تجمیع داده‌های ژنومیک، یعنی داده‌های حاصل از تعامل ژنوم با تمامی محیط‌های زیستی، رفتارهای اجتماعی

و سایر عوامل تأثیرگذار است. درنهایت، این داده‌ها به «کلان‌داده» تبدیل شده و با هوش‌مصنوعی تحلیل می‌شوند. این پلتفرم انسان را به‌مثابه داده‌های ژنتیکی تفسیر می‌کند و هویتی دیجیتال برای او می‌سازد.

۲. **طراحی و تجویز مداخلات برای مهندسی آینده:** داده‌های ژنومیک، بسترساز تجویز مداخلات برای ساخت آینده می‌شوند. در شرایط گذار قدرت از دولت به پلتفرم و شکل‌گیری «اقتدار پلتفرمی»، مشروعیت سیاست‌گذاری و ارادهٔ دولت، در گرو میزان اتکای آن‌ها به داده‌های ژنومیک است. در چنین شرایطی، پلتفرم جایگزین دولت می‌شود و دولت و ملت به‌مثابه عضوی از پیکرهٔ «هوش حاکم» و کارگزار آن عمل خواهند کرد؛ امری که درنهایت، استقلال ملی را به‌عنوان بنیان امنیت ملی به محاق می‌برد.

یکی از عوامل اصلیِ فراگیرنشدن جنگ‌های بیولوژیک و تمرکز بر بدن انسان به عنوان محور جنگ، موانع حاصل از این نوع نبردها بوده است. مشکلاتی مانند حفظ پایداری پاتوژن، هدف‌گیری دقیقِ یک جمعیت، به‌گونه‌ای که جمعیت دیگر آلوده نشود، ازجمله این موانع‌اند. همچنین می‌توان به معضلات فرایند ساخت واکسن -که نوعی محافظ برای جمعیت مهاجم بوده و کارکردی پدافندی دارد- از قبیل کمبود اطلاعات از پاتوژن و نیز طولانی‌بودن زمان ساخت، اشاره کرد. تهدیدهای زیستی، به‌علت تحقق تسلط اطلاعاتی‌ای که پلتفرم ژنومیک رقم می‌زند، می‌توانند بدن انسان را به بستر جدید جنگ‌ورزی تبدیل کنند. در صورتی که این اتفاق محقق شود، شیپور شروع جنگ‌های بیولوژیک نواخته خواهد شد. پس از کرونا، فرایند تولید واکسن به کمک فناوری از چند سال (چهار تا ده سال) به یک سال کاهش پیدا کرد. بیل‌گیتس، یکی از فعالان حوزه فناوری و سلامت که مدت مدیدی است حضور مهمی در هر دو عرصه دارد، در کتابش این افق را کوتاه‌تر کرده و بیان می‌کند که باید به توانایی تولید واکسن در صد روز دست پیدا کرد(Gates, 2022) که در صورت تحقق این مهم، به نقطه صفر شروع رسمی جنگ‌های زیستی رسیده‌ایم.

با توجه به این‌که پلتفرم ژنومیک همهٔ مفاهیم را بر بنیان داده‌ها بازتعریف می‌کند، چالش حفاظت از داده‌ها و پی‌ریزی «هندسهٔ امنیتی جدید» برای حفظ کیان امنیت

ملی، اهمیت فوق‌العاده‌ای می‌یابد. به‌جهت درک ضرورت بازتعریف این هندسه مبتنی‌بر داده‌های ژنومیک و اهمیت مسئلهٔ امنیت ژنومیک، توجه به جنگ ژنومیک میان چین و آمریکا و گزارش‌های ایالات متحده مبنی‌بر این‌که چین با ذخیره‌سازی داده‌های ژنومیک جهانی، در حال تبدیل‌شدن به قدرت برتر این حوزه است، بسیار مفید فایده و ضروری است.

در جمهوری اسلامی ایران نیز پروژه‌های متعددی برای جمع‌آوری اطلاعات ژنتیکی و ژنومیک در دست اجراست. با وجود ابهام در وضعیت حفاظت از داده‌ها و پروتکل‌های مرتبط، انحصار این فعالیت‌ها تا به امروز عمدتاً در اختیار دولت و بخش خصوصی بوده است؛ وضعیتی که با تحقق «پلتفرم سلامت عمومی دقیق»، تحول در شیوهٔ جمع‌آوری اطلاعات و گسترش اتصال دیجیتال، دستخوش تغییری پارادایمی شده و نیازمند هندسه‌ای نوین و تفکری جدید برای حفاظت از داده‌هاست.

تعارض منافع

تضاد منافع: در انجام مطالعه حاضر هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان: در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

موازین اخلاقی: در انجام این پژوهش تمامی اصول و موازین اخلاقی رعایت گردیده است.

شفافیت داده‌ها: داده‌ها و مآخذ پژوهش حاضر در صورت درخواست از نویسنده مسئول و ضمن رعایت اصول کپی رایت ارسال خواهد شد.

حامی مالی: این پژوهش حامی مالی نداشته است.

منابع

پایگاه خبری دانشگاه علوم پزشکی تهران (۱۴۰۴، ۱۱ آبان). پژوهش ملی فارماکوژنومیک؛ نقشه ژنتیکی ایرانیان برای درمان ایمن‌تر و اثربخش‌تر. بازیابی‌شده در ۱۲ آبان ۱۴۰۴، از: https://pr.tums.ac.ir/news/.

زین‌الدینی، مهدی، مردشتی، زهرا (۱۴۰۳). درایوژنی: چالش‌ها و مخاطرات امنیت زیستی. مجله طب نظامی، ۲۶ (۴)، ۲۲۹۷-۲۲۹۹.

شرق (۱۴۰۴، ۱۰ آبان). ایران به جمع پیشروان ژنومیک پیوست؛ ۲۱۰ هزار نمونه در یک سامانه ایمن. بازیابی‌شده در ۱۰ آبان ۱۴۰۴، از: https://www.sharghdaily.com/fa/tiny/news-1063245.

شنبه‌مگ (۱۳۹۸، ۱۹ بهمن). تحلیل داده‌های ژنتیکی؛ پیش‌بینی بیماری‌ها. بازیابی‌شده در ۸ آبان ۱۴۰۴، از: https://shanbemag.com/.

Anderson, M. A. E., Gonzalez, E., Edgington, M. P., Ang, J. X. D., Purusothaman, D. K., Shackleford, L., Nevard, K., Verkuijl, S. A. N., Harvey-Samuel, T., Leftwich, P. T., Esvelt, K., & Alphey, L. (2024). A multiplexed, confinable CRISPR/Cas9 gene drive can propagate in caged Aedes aegypti populations. Nature Communications;15(1), 729.

Arshad S, Arshad J, Khan MM, Parkinson S. (2021). Analysis of security and privacy challenges for DNA-genomics applications and databases. J Biomed Inform, 119. 2, 3.

Ayday, Erman & Hubaux, Jean-Pierre. (2016). Privacy and Security in the Genomic Era. Proceedings of The 2016 Acm Sigsac Conference On Computer and Communications Security. Vienna. Austria.1863-1865.

Biberman, Yelena. (2021). The Technologies and International Politics of Genetic Warfare. Strategic Studies Quarterly 15. no. 6,7.

Buzan, Barry. (1983). Peoples, States and Fear: The National Security Problem in International Relations. Chapel Hill: University of North Carolina Press. 36-73.

Champer J, Lee E, Yang E, Liu C, Clark AG, Messer PW. (2020). A toxin-antidote CRISPR gene drive system for regional population modification. Nature Communications.;11(1), 1082.

Chattopadhyay, S., Ingesson, T., Rinaldi, A., Larsson, O., Widen, J. J., Almqvist, J., & Gisselsson, D. (2024). Weaponized genomics: potential threats to international and human security. Nature reviews. Genetics, 25(1), 1–2.

Christopher, G. W., Cieslak, T. J., Pavlin, J. A., & Eitzen, E. M. (1997). Biological warfare: A historical perspective. JAMA, 278(5), 412.

Cisneros L. White House and Gates Foundation to Convene Precision Public Health Summit at UCSF. Campus News. May 27, 2016. Visited in:

Deplazes-Zemp A, Grossniklaus U, Lefort F, Müller P, Romeis J, Rüegsegger A, et al. (2020). Gene drives: benefits, risks, and possible applications. Swiss Academies Factsheet. 15(4), 1-7.

Diamond. Jared M. (1999). Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human societies. W. W. Norton & Company.

Enemark, Christian (2003). Biological Weapons: An Overview Of Threats And Responses, National Library of Australia Cataloguing-in-Publication entry, Working Paper NO: 379, 10.

Fatollahi Arani S, Zeinoddini M. (2023). Gene editing: biosecurity challenges and risks. J Police Med. 12(1), 7.

Fayans, I., Motro, Y., Rokach, L., Oren, Y., & Moran-Gilad, J. (2020). Cyber security threats in the microbial genomics era: Implications for public health. Eurosurveillance, 25(6). 1-3.

Fayans, I., Motro, Y., Rokach, L., Oren, Y., & Moran-Gilad, J. (2020). Cyber security threats in the microbial genomics era: implications for public health. Euro surveillance: bulletin Europeen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin, 25(6), 1.

Gates, bill, (2022). How to Prevent Next Pandemic, Alfred A. Knopf, a division of Penguin Random House LLC, New York.

Gisselsson D. (2022). Next-generation biowarfare: Small in scale, sensational in nature? . Health security, 20(2), 184–185.

https://www.ucsf.edu/news/2016/05/403091/white-house-and-gates-foundation-convene-precision-public-health-summit-ucsf. (Accessed 6 august 2025).

Luke J. Matthews, Mary Lee, Brandon De Bruhil, Daniel Elinoff, Christopher A. Eusebi. (2024). Plagues, Cyborgs, and Supersoldiers the Human Domain of War. RAND Corporation, Santa Monica, Calif, 2,5.

Mehrjoo Z, Fattahi Z, Beheshtian M, Mohseni M, Poustchi H, et al. (2019). Distinct genetic variation and heterogeneity of the Iranian population. PLOS Genetics 15(9): e1008385.

Min J, Smidler AL, Najjar D, Esvelt KM. (2018). Harnessing gene drive. Journal of Responsible Innovation. 5(sup1), S40-65.

Muin J. Khoury, Michael F. Iademarco, William T. Riley. (2016). Precision Public Health for the Era of Precision Medicine, American Journal of Preventive Medicine, Volume 50, Issue 3, 1.

The National Counterintelligence and Security Center. (2021). China's Collection of Genomic and Other Healthcare Data from America: Risks to Privacy and U.S. Economic and National Security. Visited in: https://www.dni.gov/files/NCSC/documents/SafeguardingOurFuture/NCSC_China_Ge€nomics_Fact_Sheet_2021revision20210203.pdf. (Access in October 16, 2025). 2-4.

Naumova EN. (2022). Precision public health: is it all about the data? J Public Health Policy. Dec;43(4), 481.

Nowacka M. (2024). Precision public health – hopes and threats. Annals of agricultural and environmental medicine: AAEM, 31(3), 315, 320, 321.

Price-Smith, Andrew T. (2008) Contagion and chaos: disease, ecology, and national security in the era of globalization, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, December 5, 214.

Roberts, M.C., Holt, K.E., Del Fiol, G. et al. (2024). Precision public health in the era of genomics and big data. Nat Med ,30, 1865–1873.

Sayler, G. S., & Ripp, S. (2000). Field applications of genetically engineered microorganisms for

bioremediation processes. Current opinion in biotechnology, 11(3), 286–289.

UN Security Council, Resolution 1308. (2000). Available in: https://digitallibrary.un.org/record/418823?v=pdf (accessed in October 28, 2025).

UNDP. (1994). "Human development report", New York, Oxford, Oxford University Press. Available in: https://hdr.undp.org/system/files/documents/hdr1994encompletenostats.pdf. (accessed in October 28, 2025). 24.

van Aken, J., & Hammond, E. (2003). Genetic engineering and biological weapons. New technologies, desires and threats from biological research. EMBO reports, 4 Spec No (Suppl 1), 57.

Warmflash, David, Genome editing: Is it a national security threat, September 6, 2016, visited in: https://geneticliteracyproject.org/2016/09/06/genome-editing-national-security-threat/ (access in October 16, 2025).

World Health Organization. (2002). Health and Human security, Available in: https://applications.emro.who.int/docs/em_rc49_7_en.pdf. (accessed in October 28, 2025). 1-4.

Zhang, Adrianna, Genetic data collection by Chinese company poses global policy challenge, experts say, July 16, 2021, Visited in: https://www.voanews.com/a/silicon-valley-technology_genetic-data-collection-chinese-company-poses-global-policy-challenge/6208323.html (Access in October 23, 2025).