



Biotechnology and the Model of Sustainable Economy within the Framework of Defensive Realism

Received:2025/08/04

Accepted:2025/08/23

Fathollah Tahmasebi:

PhD student, Department of International Relations, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

E-mail: fathollah.tahmasbi.academic@gmail.com

ORCID: 0009-0008-4292-6465

Ardeshtir Sanaei: Associate Professor, Department of Political Science, Faculty of Law and Political Science, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (Corresponding Author)

E-mail: ardeshtir.sanaie@iau.ac.ir

ORCID: 0000-0001-6204-6504

Reza Jalali: Assistant Professor, Department of International Relations, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

E-mail: rez.jalali@iauctb.ac.ir

ORCID: 0000-0001-7776-2722

Morteza

Noormohammadi:

Assistant Professor, Department of International Relations, Allameh Tabatabaei University, Tehran, Iran

E-mail: politic110@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2196-4402

Abstract:

This research adopts an analytical and interdisciplinary approach to examine the nexus of strategic biotechnologies, sustainable economic models, and food security within the framework of Defensive Realism. In this perspective, states, seeking survival in an anarchic international system, rely not on aggressive expansion but on technological self-help and non-offensive deterrence. The study demonstrates that biotechnology and sustainable economic practices have transcended purely economic functions, emerging as soft defense institutions that generate knowledge-based power. Each cycle of sustainable production and resource reproduction becomes part of a state's cognitive shield against climate crises, sanctions, and geo-economic uncertainties. Findings indicate that states facing resource constraints and external pressures increasingly adopt a defensive bio-sustainable economic model, where biotechnology and sustainable resource systems act as complementary pillars of resilience and technological independence. This approach reduces vulnerability to external shocks while redefining food security from a linear, development-focused paradigm to a survival-centered perspective. In this context, Iran's biotechnological strategy reflects defensive logic: initiatives such as resistant seeds, indigenous seed banks, domestic genetic engineering, and sustainable production cycles have enhanced technological independence and scientific deterrence. Under Defensive Realism, biotechnology and sustainable economy function not merely as development tools but as elements of national defensive power, enabling knowledge-based resilience and technological deterrence without threatening global order.

Keywords: Defensive Bio Economic Realism, Sustainable Food Security, Technological Self Help, Defensive Biotechnology, Southern Bio Knowledge Order

تحول ژئوپلیتیک پژوهش در رئالیسم تدافعی زیستی و رقابت جهانی بر سر داده‌های زیستی

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۴

تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۹/۰۲

چکیده:

در این پژوهش، پیوند میان فناوری‌های راهبردی زیستی، اقتصاد پایدار و امنیت غذایی در چارچوب رئالیسم تدافعی تحلیل می‌شود. در منطق این رهیافت، دولت‌ها برای حفظ بقاء در نظام آنارشیک بین‌المللی، به جای گسترش طلبی، از خودیاری فناورانه و بازدارندگی غیرتهاجمی بهره می‌گیرند. یافته‌ها نشان می‌دهد زیست‌فناوری و اقتصاد پایدار از سطح مفاهیم اقتصادی فراتر رفته و به ابزارهای دفاعی نرم و تولیدکننده قدرت پژوهشی تبدیل شده‌اند؛ به گونه‌ای که هر چرخه تولید پایدار منابع، بخشی از سپر دفاعی دولت در برابر بحران‌های اقلیمی، تحریم‌ها و نااطمینانی‌های ژئواقتصادی است. کشورها در واکنش به محدودیت منابع و فشارهای تحریمی، به سوی «اقتصاد زیستی پایدار دفاعی» حرکت کرده‌اند؛ الگویی که در آن فناوری زیستی و بازتولید پایدار منابع، دو رکن اصلی ایجاد تاب‌آوری و استقلال فناورانه هستند. این سازوکار با کاهش آسیب‌پذیری در برابر شوک‌های خارجی، مفهوم جدیدی از امنیت غذایی بقاءمحور را مطرح می‌کند. در این میان، راهبرد زیستی جمهوری اسلامی ایران نیز در چارچوب منطق تدافعی شکل گرفته است. تمرکز بر بذره‌های مقاوم، بانک‌های بذر بومی، مهندسی ژنتیک داخلی و چرخه‌های تولید پایدار، سطح استقلال فناورانه کشور را تقویت کرده و به بازدارندگی علمی تبدیل کرده است. از این منظر، زیست‌فناوری و اقتصاد پایدار اجزای قدرت تدافعی ملی محسوب می‌شوند و سیاست‌های زیست‌فناورانه ایران بیانگر دفاع پژوهشی و بقاء فناورانه در محیطی پرقابله است.

کلید واژه‌ها: رئالیسم تدافعی زیستی-اقتصادی، امنیت غذایی پایدار، خودیاری فناورانه، زیست‌فناوری دفاعی، نظم زیست‌پژوهشی جنوبی

فتح‌الله طهماسبی : دانشجوی دکتری گروه روابط بین‌الملل، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
ایمیل:

fathollah.tahmasbi.
academic@gmail.com
کد ارکید: ۰۰۰۹-۰۰۰۸-۴۲۹۲-۶۴۶۵

اردشیر سنایی : دانشیار گروه علوم سیاسی، دانشکده حقوق و علوم سیاسی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
ایمیل:

ardeshir.sanaie@iau.ac.ir

کد ارکید: ۶۵۰۴-۶۲۰۴-۰۰۰۱-۰۰۰۰
رضا جلالی : استادیار گروه روابط بین‌الملل، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
کد ارکید:

۲۷۲۲-۷۷۷۶-۰۰۰۱-۰۰۰۰

ایمیل:

rez.jalali@iauctb.ac.ir

مرتضی نورمحمدی : استادیار گروه روابط بین‌الملل، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
کد ارکید:

۴۴۰۲-۲۰۹۶-۰۰۰۲-۰۰۰۰

politic110@gmail.co

چکیده مبسوط:

این پژوهش با رویکردی تحلیلی و میان‌رشته‌ای، به بررسی و واکاوی پیوند میان فناوری‌های راهبردی زیستی، الگوی اقتصاد پایدار و امنیت غذایی در چارچوب نظری رئالیسم تدافعی می‌پردازد. در منطق رئالیسم تدافعی، دولت‌ها برای تضمین بقا و حفظ امنیت ملی خود در یک نظام بین‌المللی آنارشیک و پرقابلیت، به جای روی آوردن به سیاست‌های توسعه‌طلبانه یا رقابت تهاجمی، از سازوکارهای خودیاری فناورانه، تاب‌آوری ساختاری و بازدارندگی غیرتهاجمی بهره می‌گیرند. در این رویکرد، قدرت ملی به شکل گسترده‌تری تعریف می‌شود و تنها محدود به توان نظامی نیست؛ بلکه محصول شبکه‌ای از دانش، فناوری و بازتولید منابع حیاتی است که به دولت‌ها امکان می‌دهد در مواجهه با فشارهای خارجی، تحریم‌ها و بحران‌های اقلیمی، استقلال فناورانه و تاب‌آوری داخلی خود را افزایش دهند. در دهه‌های اخیر، زیست‌فناوری به عنوان یکی از محورهای اصلی امنیت ملی کشورها ظهور کرده است. این فناوری، ظرفیت تولید منابع غذایی، دارویی و ژنتیکی را ارتقا می‌دهد و همزمان به عنوان یک ابزار بازدارندگی علمی و پژوهشی عمل می‌کند. دولت‌ها با مدیریت چرخه‌های تولید پایدار داخلی، می‌توانند آسیب‌پذیری خود در برابر تهدیدات خارجی و بحران‌های جهانی را کاهش دهند. این تحول، مفهوم سنتی امنیت ملی را بازتعریف می‌کند؛ به جای تمرکز صرف بر رشد اقتصادی خطی، بر ایجاد تاب‌آوری ساختاری، تقویت استقلال فناورانه و توسعه اقتصاد زیستی پایدار تأکید دارد. اقتصاد زیستی پایدار نه تنها به تولید و بازتولید منابع حیاتی کمک می‌کند، بلکه نقش یک نهاد دفاعی نرم را ایفا می‌کند که می‌تواند از امنیت غذایی و بقا ملی محافظت کند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد کشورهایی که با محدودیت منابع حیاتی، فشارهای تحریمی و نوسانات ژئواکونومیک مواجه‌اند، به سوی الگوی اقتصاد زیستی دفاعی حرکت کرده‌اند؛ الگویی که در آن فناوری زیستی و نظام بازتولید پایدار منابع، دو ستون مکمل در ایجاد تاب‌آوری و استقلال فناورانه محسوب می‌شوند. این رویکرد، به دولت‌ها امکان می‌دهد تا هم منابع داخلی خود را محافظت کنند و هم از ظرفیت‌های پژوهشی و علمی برای ایجاد بازدارندگی استفاده کنند. در این میان، جمهوری اسلامی ایران نمونه بارز به کارگیری استراتژی زیستی دفاعی محسوب می‌شود. سیاست‌های زیست‌فناورانه ایران با منطق تدافعی شکل گرفته است. این کشور با تمرکز بر توسعه بذره‌های مقاوم، ایجاد بانک‌های بذر بومی، توسعه مهندسی ژنتیک داخلی و بهینه‌سازی چرخه‌های تولید پایدار، توانسته سطح بالایی از استقلال فناورانه و تاب‌آوری ملی ایجاد کند. این رویکرد نه تنها امنیت غذایی را تقویت می‌کند، بلکه با بهره‌گیری از فناوری‌های راهبردی زیستی، ایران را در مواجهه با تغییرات اقلیمی، تحریم‌های بین‌المللی و نوسانات جهانی غذا مقاوم می‌سازد. زیست‌فناوری و اقتصاد پایدار در این چارچوب، به

اجزای قدرت تدافعی ملی تبدیل شده و نه صرفاً ابزار توسعه اقتصادی. در چارچوب رئالیسم تدافعی، توانمندی زیستی یک کشور فراتر از تولید اقتصادی صرف است و به بخشی از قدرت ملی تبدیل می‌شود که می‌تواند بقاء و استقلال فناورانه را در محیطی پررقابت و ناامن جهانی تضمین کند. این توانمندی‌ها شامل مدیریت چرخه تولید منابع غذایی، دارویی و ژنتیکی، تقویت ظرفیت‌های تحقیق و توسعه داخلی و ایجاد شبکه‌ای از بازدارندگی علمی و فناورانه است. ایران با پیاده‌سازی این رویکرد، نه تنها آسیب‌پذیری خود در برابر فشارهای خارجی را کاهش داده، بلکه سطح قابل توجهی از خودکفایی و استقلال فناورانه ایجاد کرده است که به‌طور مستقیم با امنیت ملی و توان دفاعی کشور مرتبط است. تحلیل ژئوپلیتیک این پژوهش نشان می‌دهد که رقابت جهانی بر سر داده‌های زیستی و فناوری‌های راهبردی، به یکی از مؤلفه‌های اصلی قدرت ملی در قرن بیست و یکم تبدیل شده است. کشورهایی که قادر به مدیریت و بازتولید منابع داخلی خود هستند، در شرایط تحریم یا بحران‌های جهانی، توان بیشتری برای حفظ ثبات داخلی و ایجاد بازدارندگی در برابر تهدیدات خارجی خواهند داشت. این تحولات نشان می‌دهد که زیست‌فناوری و اقتصاد پایدار نه تنها رفاه اقتصادی را افزایش می‌دهند، بلکه قدرت سخت و نرم دولت‌ها را تقویت کرده و امنیت ملی را تثبیت می‌کنند. در سطح بین‌المللی، کشورهای پیشرفته به دنبال جمع‌آوری، پردازش و استفاده از داده‌های زیستی هستند تا قدرت ملی خود را افزایش دهند. این داده‌ها شامل اطلاعات ژنتیکی، بذرهای مقاوم و ظرفیت‌های زیست‌فناورانه است که می‌تواند در شرایط بحران یا محدودیت منابع، ابزار بازدارندگی و افزایش استقلال فناورانه باشد. کشورهای در حال توسعه نیز با الگوگیری از این روند، به سمت ایجاد اقتصاد زیستی پایدار و ارتقای توان داخلی خود حرکت کرده‌اند. ایران با بهره‌گیری از راهبرد زیستی تدافعی، توانسته با مدیریت پایدار منابع و توسعه فناوری‌های داخلی، سطح بالایی از تاب‌آوری و استقلال فناورانه ایجاد کند. راهبرد زیستی ایران پاسخ عقلانی به مجموعه تهدیدات ژئواکونومیک و زیست‌محیطی است. تمرکز بر نوآوری، تحقیق و توسعه داخلی و مدیریت پایدار منابع، امکان افزایش استقلال فناورانه و کاهش آسیب‌پذیری در برابر تحریم‌ها و نوسانات جهانی را فراهم کرده است. زیست‌فناوری به‌عنوان موتور محرک بازدارندگی علمی و فناورانه، ایران را قادر ساخته است تا امنیت غذایی، تاب‌آوری ملی و استقلال فناورانه خود را در چارچوب بقاءمحوری تقویت کند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که سیاست‌های زیست‌فناورانه ایران در چارچوب رئالیسم تدافعی، نه به معنای تهدید نظم بین‌المللی، بلکه به‌عنوان صورت‌بندی عقلانی دفاع پژوهشی و بقاء فناورانه، عمل می‌کنند. این رویکرد به ایران امکان می‌دهد تا هم منابع داخلی را محافظت کرده و هم ظرفیت‌های علمی و فناورانه خود را ارتقا دهد. ایجاد شبکه‌ای از

تاب‌آوری و بازدارندگی، به کشور این امکان را می‌دهد که نقش فعال و مستقل در عرصه بین‌المللی ایفا کند و توانایی مقابله با بحران‌ها و فشارهای خارجی را افزایش دهد. در جمع‌بندی، می‌توان گفت که ترکیب فناوری زیستی و اقتصاد پایدار در چارچوب رئالیسم تدافعی، یک مدل نوین امنیت ملی و بازدارندگی ارائه می‌دهد. این مدل به دولت‌ها اجازه می‌دهد در شرایط بحرانی، با خودیاری و مدیریت منابع حیاتی، آسیب‌پذیری خود را کاهش دهند و از توان علمی و فناورانه برای تقویت امنیت ملی بهره‌برداری کنند. ایران به‌عنوان نمونه‌ای از پیاده‌سازی این استراتژی، توانسته با مدیریت پایدار منابع زیستی و توسعه فناوری‌های داخلی، سطح بالایی از استقلال فناورانه، تاب‌آوری ملی و امنیت غذایی و پژوهشی ایجاد کند. این چارچوب، نمونه‌ای روشن از کاربرد زیست‌فناوری و اقتصاد پایدار به‌عنوان ابزارهای دفاع غیرتهاجمی و ایجاد قدرت ملی در نظام بین‌المللی رقابتی و آنارشیک ارائه می‌دهد. علاوه بر این، سرمایه‌گذاری بلندمدت در زیست‌فناوری، توسعه ظرفیت‌های تحقیقاتی و آموزش نیروی انسانی متخصص، به ایجاد یک چرخه بازتولید دانش و فناوری منجر می‌شود که نه تنها مزیت رقابتی ملی را افزایش می‌دهد، بلکه بستر مناسبی برای نوآوری و توسعه اقتصاد زیستی پایدار فراهم می‌کند. در نهایت، این ترکیب هوشمندانه از فناوری زیستی، اقتصاد پایدار و منطق رئالیسم تدافعی، الگوی مدرنی از قدرت ملی ارائه می‌کند که قابلیت حفظ استقلال، بقاء و تاب‌آوری در مواجهه با بحران‌های جهانی را داراست. علاوه بر این، اهمیت استراتژی زیستی تدافعی ایران در حوزه سیاست‌گذاری کلان نیز قابل توجه است. این رویکرد نه تنها بر حفاظت از منابع حیاتی و استقلال فناورانه تمرکز دارد، بلکه چارچوبی برای همگرایی بین بخش‌های تحقیق و توسعه، صنعت، کشاورزی و محیط زیست ایجاد می‌کند. با ایجاد هماهنگی میان این حوزه‌ها، کشور قادر است به‌صورت یکپارچه و مستمر، ظرفیت‌های داخلی خود را تقویت کرده و از ایجاد شکاف فناورانه جلوگیری کند. همچنین، این استراتژی امکان پیش‌بینی و مدیریت بحران‌های احتمالی، کاهش ریسک وابستگی به واردات حیاتی و افزایش تاب‌آوری اجتماعی و اقتصادی را فراهم می‌آورد. در نتیجه، ترکیب زیست‌فناوری و اقتصاد پایدار، فراتر از یک رویکرد فناورانه، به یک سیاست جامع ملی تبدیل می‌شود که هم قدرت بازدارندگی و هم رفاه عمومی را همزمان ارتقا می‌دهد و ایران را در عرصه بین‌المللی به بازیگری فعال و مستقل بدل می‌کند.

Extended Abstract:

This research, adopting an analytical and interdisciplinary approach, examines the nexus between strategic biotechnologies, sustainable economic models, and food security within the theoretical framework of defensive realism. According to defensive realism, states, in order to ensure their survival and protect national security within an anarchic and competitive international system, rely on mechanisms of technological self-reliance, structural resilience, and non-aggressive deterrence rather than pursuing expansionist policies or aggressive competition. In this approach, national power is defined more broadly not solely in military terms but as the outcome of a network of knowledge, technology, and the reproduction of critical resources. This network enables states to enhance technological independence and domestic resilience when facing external pressures, sanctions, and climate crises. In recent decades, biotechnology has emerged as a central component of national security. This technology increases the capacity to produce food, pharmaceutical, and genetic resources while simultaneously serving as a tool for scientific and research-based deterrence. By managing sustainable domestic production cycles, states can reduce their vulnerability to external threats and global crises. This development redefines the traditional concept of national security: instead of focusing solely on linear economic growth, it emphasizes building structural resilience, strengthening technological independence, and developing a sustainable bioeconomy. A sustainable bioeconomy not only facilitates the production and reproduction of critical resources but also acts as a soft defense mechanism capable of protecting food security and national survival. The research findings indicate that countries facing critical resource limitations, sanctions, and geoeconomic fluctuations are increasingly moving toward a defensive bioeconomic model. In this model, biotechnology and sustainable resource reproduction form complementary pillars for resilience and technological independence. This approach allows states both to safeguard internal resources and leverage scientific and technological capacities to establish deterrence. In this context, the Islamic Republic of Iran represents a prominent example of implementing a defensive bio-

strategy. Iran's biotechnology policies have been shaped by a defensive logic: by focusing on the development of resilient seeds, establishing indigenous seed banks, advancing domestic genetic engineering, and optimizing sustainable production cycles, the country has achieved a high level of technological independence and national resilience. This approach not only strengthens food security but also makes Iran more resistant to climate change, international sanctions, and global food fluctuations through strategic biotechnologies. Within this framework, biotechnology and a sustainable economy have become components of national defensive power rather than mere tools of economic development.

Within defensive realism, a country's biotechnological capability extends beyond economic production and becomes a part of national power that ensures survival and technological independence in a competitive and insecure global environment. These capabilities include managing the production cycles of food, pharmaceutical, and genetic resources, strengthening domestic R&D capacities, and establishing a network of scientific and technological deterrence. By implementing this approach, Iran has not only reduced its vulnerability to external pressures but also achieved significant self-sufficiency and technological independence directly linked to national security and defense capabilities. The geopolitical analysis of this research demonstrates that global competition over biological data and strategic technologies has become a core component of national power in the 21st century. Countries able to manage and reproduce their internal resources possess greater capacity to maintain internal stability and establish deterrence against external threats under sanctions or global crises. These developments suggest that biotechnology and sustainable economies not only enhance economic welfare but also strengthen both the hard and soft power of states, consolidating national security. Internationally, developed countries are striving to collect, process, and utilize biological data including genetic information, resilient seeds, and biotechnological capacities to strengthen national power, which can serve as a deterrent and enhance technological independence during crises or resource constraints. Developing countries are increasingly emulating this trend

by building sustainable bioeconomies and enhancing domestic capacities. Iran, through a defensive bio-strategy, has achieved high levels of resilience and technological independence by sustainably managing resources and developing domestic technologies. This strategy represents a rational response to a range of geoeconomic and environmental threats. Focusing on innovation, domestic R&D, and sustainable resource management has enabled Iran to increase technological independence and reduce vulnerability to sanctions and global fluctuations. Biotechnology, as a driver of scientific and technological deterrence, allows Iran to strengthen food security, national resilience, and technological independence within a survival-oriented framework. The findings of this study indicate that Iran's biotechnological policies, grounded in defensive realism, do not threaten the international order but rather function as a rational form of research-based defense and technological survival. This approach enables Iran both to protect internal resources and enhance scientific and technological capacities. By creating a network of resilience and deterrence, the country can play an active and independent role internationally and improve its ability to respond to crises and external pressures. In conclusion, the combination of biotechnology and sustainable economic models within the framework of defensive realism presents a novel model of national security and deterrence. This model enables states to reduce vulnerability through self-reliance and the management of critical resources in times of crisis while leveraging scientific and technological capacities to strengthen national security. Iran, as an example of implementing this strategy, has achieved high levels of technological independence, national resilience, and food and research security through sustainable management of biological resources and domestic technology development. This framework clearly demonstrates the application of biotechnology and sustainable economies as non-aggressive defense tools and instruments of national power in a competitive and anarchic international system. Furthermore, long-term investment in biotechnology, the development of research capacities, and the training of specialized human resources create a cycle of knowledge and technology reproduction, which not only enhances national competitive advantage but also provides a foundation for innovation and sustainable bioeconomic development. Ultimately, this strategic

combination of biotechnology, sustainable economy, and defensive realist logic offers a modern model of national power capable of maintaining independence, survival, and resilience in the face of global crises. Additionally, the importance of Iran's defensive bio-strategy in macro-policy is significant: it not only focuses on protecting vital resources and technological independence but also provides a framework for convergence across research and development, industry, agriculture, and environmental sectors. By coordinating these areas, the country can continuously strengthen domestic capacities, prevent technological gaps, anticipate and manage potential crises, reduce reliance on critical imports, and increase social and economic resilience. Consequently, the combination of biotechnology and sustainable economy evolves beyond a technological approach into a comprehensive national policy that simultaneously enhances deterrence capacity and public welfare, positioning Iran as an active and independent player on the international stage.

رنالیسم تدافعی زیستی-اقتصادی در چارچوب نظریه‌های اثبات‌گرایی روابط بین‌الملل

در چارچوب نظریه‌های اثبات‌گرایی روابط بین‌الملل که اغلب با عنوان جریان اصلی یا خردگرایان شناخته می‌شوند، معیار اساسی برای سنجش اعتبار و کارآمدی هر نظریه، منطق تبیین جامع آن در پاسخ‌گویی به پدیده‌های چندسطحی و پویا در نظام جهانی است. نظریه‌ای از قدرت تحلیلی بالاتری برخوردار است که بتواند افزون بر ابعاد سیاسی و امنیتی، لایه‌های اقتصادی، فناورانه، پژوهشی و زیست‌محیطی ساخت قدرت را در رفتار دولت‌ها توضیح دهد. از این منظر، میزان انسجام تحلیلی هر نظریه تابع گستره‌ی پوشش آن نسبت به واقعیت‌های چندبعدی جهان معاصر است. در راستای این منطق، پژوهش حاضر با رویکردی میان‌رشته‌ای میان روابط بین‌الملل و سیاست علم و فناوری، می‌کوشد به پرسش بنیادینی پاسخ دهد: کدام شاخه از نظریه‌های واقع‌گرایی توانایی بیشتری در تبیین تعامل میان زیست‌فناوری، اقتصاد پایدار و امنیت غذایی در نظم ژئوپلیتیکی جدید دارد؟ بر اساس تقسیم‌بندی درونی مکتب واقع‌گرایی، رنالیسم تدافعی را می‌توان جامع‌ترین و تطبیق‌پذیرترین گونه برای درک منطق بقاء و خودیاری دانست. (Lobell, 2010) این شاخه برخلاف رویکردهای تهاجمی، سلطه‌جویانه یا ساختارگرایی مطلق، بقاء دولت را نه در

تهاجم یا انباشت قدرت فیزیکی، بلکه در تبدیل دانش و فناوری به ابزار دفاع غیرتهاجمی تحلیل می‌کند؛ ابزاری نرم، پژوهش‌محور و انعطاف‌پذیر که از مسیر تاب‌آوری اقتصادی و فناوریانه، امنیت ملی را تضمین می‌سازد بر این اساس، زیست‌فناوری و اقتصاد پایدار به دو بازوی هم‌افزای قدرت تدافعی دولت‌ها بدل می‌شوند: اولی در مقیاس زیستی و تغذیه‌ای، دومی در حوزه تولید و منابع استراتژیک. زیست‌فناوری با قابلیت تولید بذره‌های مقاوم، اصلاح ژنتیک محصولات، کاهش وابستگی زنجیره تأمین و افزایش بهره‌وری اکولوژیکی، مستقیماً آسیب‌پذیری دولت‌ها را در برابر بحران‌های اقلیمی و تحریم‌های غذایی کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، اقتصاد پایدار با طراحی چرخه‌های بهینه‌ی تولید و مصرف، مدیریت منابع حیاتی، کاهش ضایعات و شکل‌دهی به اقتصاد مدور، زیرساخت‌های مقاومتی کشور را در برابر تکانه‌های جهانی تقویت می‌کند در منطق رئالیسم تدافعی زیستی-اقتصادی، این دو محور دیگر صرفاً طرح‌های توسعه‌ای نیستند، بلکه به مثابه مؤلفه‌های دفاع فناوریانه عمل می‌کنند؛ اجزایی که بقاء دولت را در نظام جهانی بدون اقتدار مرکزی، یعنی محیط آنارشیک، تضمین می‌نمایند. در چنین چارچوبی، افزایش توان پژوهشی و زیستی کشورهای جنوب جهانی از جمله ایران، هند، برزیل یا چین، غالباً به اشتباه در نگاه قدرت‌های بزرگ، تهدیدی علیه نظم موجود تلقی می‌شود؛ در حالی که از منظر رئالیسم تدافعی، این رشد معرفتی سیاست بقاء است، نه جاه‌طلبی ژئوپلیتیکی کنش‌هایی که در واقع برای کاهش وابستگی فناوریانه طراحی شده‌اند، ممکن است به دلیل سوءبرداشت ساختاری در نظام بین‌الملل، به عنوان تهدیدی تلقی شوند، در حالی که ماهیت آن‌ها تدافعی و بقاء‌محور است. این پدیده نمونه‌ی کلاسیک معمای امنیت است — وضعیتی که اقدامات تدافعی یک دولت می‌تواند از سوی دیگری تهدیدآمیز تفسیر شود (Klieman, 2015) بر همین اساس، راهبرد زیست‌فناورانه جمهوری اسلامی ایران را باید نه به عنوان جست‌وجوی سلطه، بلکه به عنوان پروژه‌ای تدافعی برای خودکفایی پژوهشی تحلیل کرد؛ مسیری که طی آن امنیت غذایی و بذره‌ای بومی به مثابه زیرسیستم‌های دفاع ملی عمل می‌کنند. این راهبرد با اصول رئالیسم تدافعی همساز است: افزایش قدرت ملی از مسیر پژوهش، نه از مسیر انباشت سخت‌افزار؛ تکیه بر استقلال فناوریانه، نه وابستگی وارداتی؛ و دستیابی به بازدارندگی غیرتهاجمی هوشمند که از تعامل میان فناوری، بقاء اقتصادی و مدیریت اقلیمی حاصل می‌شود. (Mahboudi, Hamedifar, & Aghajani, 2012)

گذار از بازدارندگی سخت‌افزارمحور به بازدارندگی دانشی

در منطق واقع‌گرایی کلاسیک، بازدارندگی به مفهوم توانایی «تخریب متقابل قابل تضمین» تعریف می‌شد؛ وضعیتی که توازن قدرت بر پایه انباشت سخت‌افزار نظامی، زرادخانه‌های هسته‌ای و توان ضربه دوم استوار بود. دولت‌ها برای حفظ امنیت ناچار به انباشت سلاح بودند و نگاه والتزی به امنیت ملی نیز بر همین بنیان قرار داشت؛ حفظ ثبات نه از مسیر تولید دانش بلکه از طریق توازن تهدید. با ورود به قرن بیست‌ویکم و ظهور فناوری‌های شناختی، هوش مصنوعی زیستی، (Bio AI) (Bhardwaj, Kishore, & Pandey, 2022) و اقتصاد داده‌محور، بنیان این منطق دگرگون شد و مفهوم امنیت از عرصه قدرت تخریبی به عرصه استمرار حیاتی و پژوهش تغییر جهت داد، تحول ساختار قدرت جهانی از سخت‌افزار به دانش صرفاً یک جهش فناورانه نیست؛ بلکه جابه‌جایی پارادایمی در فلسفه امنیت به‌شمار می‌رود. بازدارندگی دیگر در «امکان تخریب» معنا نمی‌یابد، بلکه در «توان بقاء و بازسازی سریع سیستم» نمایان می‌گردد؛ توان پژوهشی برای حفظ استمرار حیاتی جامعه حتی پس از ضربه یا بحران. این نقطه، زایش عقلانیتی تازه در منطق تدافعی است که می‌توان آن را «رئالیسم دانشی» یا «بازدارندگی دانشی» نامید (Jervis, 1999). در تبارشناسی این تحول، مرحله نخست در دهه‌های پایانی قرن بیستم با بحران‌های سایبری و شکل‌گیری جنگ‌های شناختی آغاز شد؛ زمانی که قدرت دیگر در موشک و تانک خلاصه نمی‌شد، بلکه در تسلط بر داده، رمزنگاری و مدیریت جریان اطلاعات معنا یافت. مرحله دوم، عصر زیست‌فناوری بود؛ جایی که قدرت از انرژی نظامی به انرژی زیستی منتقل شد. توانایی مهندسی ژنتیکی، پیش‌بینی جهش‌های بیماری و توسعه الگوریتم‌های Bio AI برای مدل‌سازی حیات، دولت‌ها را قادر ساخت تا از مسیر دانش زیستی، پایداری جمعیتی، تغذیه و سلامت ملی را به سطح سپر دفاعی نرم ارتقا دهند. مرحله سوم، یعنی بازدارندگی پژوهشی نهادی، به استقلال سیاست‌گذاری علمی بازمی‌گردد؛ دولت‌هایی چون هند، ایران و برزیل که توان تصمیم‌سازی علمی مستقل دارند، با تکیه بر خودیاری پژوهشی و بدون وابستگی شدید به زیرساخت مالی غرب، نوعی تاب‌آوری ملی هوشمند می‌سازند. از همین رو، بازدارندگی از عرصه کنترل نظامی به کنترل زیرساخت پژوهش انتقال یافته است. در فلسفه امنیت سنتی، قدرت به توان تخریب تعبیر می‌شد؛ اما در رئالیسم تدافعی زیستی، قدرت در توان بازسازی و ادامه زندگی معنا می‌یابد. تفاوت بنیادی میان این دو نگرش در گذار از فلسفه جنگ به فلسفه بقاء نهفته است (Snyder, 2014). پژوهش برخلاف تسلیحات، ماهیتی درونی، بازتولیدپذیر و غیرتهاجمی دارد؛ اگر سلاح ارزشمند بود چون می‌توانست نابودی ایجاد کند، دانش امروز ارزشمند است چون توان احیا و ترمیم دارد. در این جابه‌جایی معرفتی، علم به استراتژی امنیتی تبدیل می‌شود و زیست‌فناوری به بازوی اخلاقی و اقتصادی قدرت بدل

می‌گردد. امنیت ملی دیگر در مرزهای جغرافیایی محدود نمی‌ماند، بلکه در مرزهای شناختی و زیستی تعریف می‌شود؛ دولت‌های تولیدکننده و حافظ دانش بقاء، نوعی بازدارندگی پژوهشی پایدار ایجاد می‌کنند، نظامی که توان جذب و ترمیم شوک‌های جهانی مانند تحریم، پاندمی یا فروپاشی زنجیره غذا را دارد. بازدارندگی پژوهشی را می‌توان از خلال شاخص‌های کمی سنجید؛ از جمله نرخ استقلال فناورانه که نسبت تولید دانش بومی به واردات فناوری حیاتی را نشان می‌دهد، شاخص تاب‌آوری زیستی که ظرفیت پاسخ‌گویی به بحران‌های سلامت و تغذیه بر پایه زیرساخت Bio AI داخلی را اندازه‌گیری می‌کند (Wu & Li, 2024)، نسبت حاکمیت داده و سایبر که میزان مالکیت ملی بر داده‌های علمی و زیستی را بیان می‌کند، و عامل سرمایه انسانی دانا که سهم نیروی متخصص در حوزه‌های راهبردی همچون هوش مصنوعی، زیست‌فناوری و مدل‌های امنیت غذایی را مشخص می‌سازد. کشورهایی که در این شاخص‌ها به خودبسندگی می‌رسند دیگر نیازی به قدرت تحمیلی ندارند، زیرا پژوهش جایگزین سلاح می‌شود. این گذار ژئوپلیتیک کلاسیک را نیز بازتعریف کرده است. در نظم جدید جهانی، منابع حیاتی نه نفت و گاز بلکه ژن، داده و زیرساخت هوش زیستی‌اند. رقابت‌ها از تسلیحات سخت به رقابت بر سر الگوریتم‌های بیوزیستی، بانک‌های ژنتیکی و انحصار معنایی دانش منتقل شده‌اند. کشورهای برخوردار از ظرفیت بومی علم زیستی می‌توانند ائتلاف‌های پژوهش شکل دهند؛ دیپلماسی دانش جنوبی میان ایران، برزیل و هند نمونه‌ای از این نظم نوظهور است که بر هم‌افزایی بقاء استوار است و از منطق سلطه فاصله می‌گیرد. در نتیجه، بازدارندگی پژوهشی جغرافیای تازه‌ای از امنیت خلق کرده است؛ جغرافیایی که قلمرو آن ذهن و داده است و دفاع نه با موشک بلکه با الگوریتم صورت می‌گیرد. این دگرگونی تاریخی منجر به تولد «رئالیسم تدافعی فناورانه» شده است؛ مکتبی که پایه‌های امنیت دولتی را بر سه محور استوار می‌سازد: پژوهش به مثابه سپر دفاعی، خودیاری فناورانه به‌عنوان منبع استقلال، و بازدارندگی پژوهشی به جای بازدارندگی نظامی. هم‌اکنون جهان از دوران امنیت مبتنی بر نابودی به سوی امنیت مبتنی بر تداوم حیات در حرکت است؛ لحظه‌ای تاریخی که رئالیسم تدافعی زیستی را از سایر شاخه‌های واقع‌گرایی متمایز می‌سازد، زیرا در این مکتب، بقاء نتیجه پژوهش است، نه سلطه. (Waltz, 2014)

تبدیل دانش زیستی به اقتصاد پایدار

زیست‌فناوری در عصر جدید، بزرگ‌ترین صحنه‌ی تجلی رئالیسم تدافعی به شمار می‌آید؛ چراکه در این قلمرو، پژوهش نه صرفاً ابزار شناخت بلکه سازوکار بقاء و تداوم ملی است.

اگر در منطق کلاسیک قدرت، سخت‌افزار و منابع فیزیکی ضامن اقتدار دولت بودند، در منطق زیستی، قدرت به توانایی طراحی و بازآفرینی حیات از درون داده و ژن وابسته است. بانک‌های ژنتیکی، زیرساخت‌های مدل‌سازی مولکولی و بذره‌های مهندسی‌شده مقاوم به خشکی، دیگر صرفاً پدیده‌های علمی نیستند؛ این‌ها دیواره‌های تدافعی در برابر شکنندگی زیستی و وابستگی غذایی محسوب می‌شوند. هر فناوری زیستی، یک «واحد بازدارندگی دانشی» است که می‌تواند مسیر تهدید را به مسیر بازسازی و خودیاری تبدیل کند. در این منظومه، دانش زیستی شکلی از قدرت نرم پایدار می‌گیرد (Waltz, 2014). کشوری که توان مهندسی بذر، کنترل ژنتیکی گیاهان بومی و به‌کارگیری سامانه‌های هوش مصنوعی زیستی برای پیش‌بینی تغییرات اقلیمی را دارد، نه فقط توسعه‌پذیر بلکه بازدارنده است. چنین ساختارهایی میزان وابستگی راهبردی را کاهش می‌دهند و توان جذب شوک‌های جهانی مانند بحران امنیت غذایی یا تحریم منابع حیاتی را به‌شدت افزایش می‌دهند. بدین‌سان، زیست‌فناوری از سطح ابزار اقتصادی فراتر رفته و به ستون اصلی دفاع ملی تبدیل می‌شود؛ دفاعی که به جای تکیه بر سلاح، بر ظرفیت بازسازی زندگی متکی است (Faulkner, Murphy, & Scott, 2024). در منطق رئالیسم تدافعی زیستی، علم دیگر در خدمت توضیح طبیعت نیست بلکه به کار دفاع از آن درمی‌آید. این گذار معرفتی سبب شده زیست‌فناوری به «قلب رئالیسم تدافعی علم» تبدیل شود؛ جایی که تولید دانش زیستی، امنیت غذایی و فناوری‌های احیایی محیط‌زیست با یکدیگر پیوند می‌خورند و سامانه‌ای از تاب‌آوری فناورانه را می‌سازند. هر گام در توسعه Bio AI، هر اصلاح در ساختار گیاهان مقاوم یا بازیافت زیستی منابع، در واقع تقویت سپر پژوهش دولت‌هاست. زیست‌فناوری در این معنا، قدرتی بازسازی‌کننده است نه تخریب‌گر؛ قدرتی که از منطق بقاء تغذیه می‌کند و امنیت را از درون بدن اجتماعی تولید می‌نماید. این همان نقطه‌ای تمایز رئالیسم تدافعی پژوهشی از منطق‌های سنتی قدرت است: پژوهش نه برای سلطه، بلکه برای دوام و احیای زندگی به کار گرفته می‌شود و به این ترتیب، زیست‌فناوری شکل مدرن عقلانیت تدافعی را بنیان می‌گذارد. عقلانیتی که در برابر تهدید، به جای انباشت سلاح، ظرفیت بازآفرینی خود را توسعه می‌دهد. در جهان امروز که بحران آب، خاک و غذا به ابعاد ژئوپلیتیکی رسیده است، زیست‌فناوری چهره‌ی جدید امنیت ملی را ترسیم می‌کند. هر برنامه ژنتیکی حفظ بذر، هر الگوریتم هوش زیستی برای کنترل بیماری‌های گیاهی یا دام، و هر شبکه داده‌محور تغذیه، پاره‌ای از دیوار بازدارندگی پژوهشی است. وقتی پژوهش به قدرت بقاء تبدیل می‌شود، زیست‌فناوری تنها بخش علمی اقتصاد نیست؛ بلکه شریان حیاتی رئالیسم تدافعی زیستی است. جایی که دانش، بقاء را تضمین می‌کند و امنیت، معنایی زیست‌محور می‌یابد.

(Salman, Ahmed, Khan, Raza, & Latif, 2017).

تحول امنیت ملی ایران در دهه‌ی اخیر را می‌توان یکی از نمونه‌های برجسته‌ی گذار از منطق سخت‌افزارمحور به منطق پژوهش‌محور در رئالیسم تدافعی زیستی دانست. این تحول نشان‌دهنده‌ی تغییر عمیق در فهم قدرت و امنیت است؛ جایی که دانش نه ابزار رشد صرف بلکه سپر بقاء ملی محسوب می‌شود. کاهش وابستگی بذر از حدود شصت و پنج درصد به نزدیک سی و یک درصد، افزایش بهره‌وری کشاورزی تا یازده درصد و کاهش ضایعات غذایی در حدود هجده درصد بیانگر حرکت ایران از ساختار امنیت مبتنی بر منابع به امنیت مبتنی بر دانش است. در این رویکرد هر داده‌ی زیستی، هر سامانه‌ی هوش بیولوژیکی و هر زیرساخت علمی بومی، جزء حیاتی از دفاع نرم کشور به شمار می‌رود. در منطق رئالیسم تدافعی زیستی-اقتصادی، امنیت دیگر تنها در حفاظت از قلمرو جغرافیایی تعریف نمی‌شود، بلکه در حفاظت از زیرساخت پژوهش و توان بازسازی فناورانه معنا می‌یابد. واکنش‌های بومی، پروژه‌های مهندسی ژنتیکی داخلی و الگوریتم‌های هوش زیستی همچون Bio AI که برای مدل‌سازی واکنش‌های ژنی و پیش‌بینی رفتار مولکولی طراحی شده‌اند، نشان‌دهنده‌ی شکل‌گیری دفاع نرم مبتنی بر دانش‌اند. این ساختار دفاعی الگوریتمی از بقاء پژوهش‌محور را شکل می‌دهد.

(RezaeeDaryakenari, Asadzade, & Thies, 2024)

که در آن سه محور کلیدی هم‌پوشان به صورت درونی در سامانه‌ی تدافعی ایران ادغام شده‌اند: محور پیش‌بینی زیست‌محور، محور تاب‌آوری سیستمیک و محور حاکمیت پژوهش. محور پیش‌بینی زیست‌محور شبکه‌ای از داده‌های ژنی، اقلیمی و تغذیه‌ای را در یک سیستم هوشمند یکپارچه می‌سازد تا بتواند تهدیدات زیستی و غذایی را پیش از وقوع رصد کند و مدیریت ریسک را از سطح واکنش به سطح پیشگیری منتقل نماید؛ بدین ترتیب تصمیم‌سازی به‌جای واکنش، بر اساس پیش‌بینی و هوش داده رقم می‌خورد.

محور تاب‌آوری سیستمیک تعامل میان Bio AI و داده‌های کشاورزی را برای حفظ پایداری زنجیره تولید غذایی و منابع طبیعی برقرار می‌کند و توان ترمیم سامانه در برابر شوک‌های خارجی را تضمین می‌سازد. این بخش، جوهره‌ی مقاومت هوشمند است که قابلیت بازسازی اقتصادی و زیستی را پس از هر بحران فعال می‌سازد. محور حاکمیت پژوهش در سوی دیگر، لایه‌ی راهبردی و حاکمیتی نظام دفاعی پژوهشی است؛ این محور شامل زیرساخت‌های ذخیره‌سازی داده‌های زیست‌ملی، سیاست‌های حمایت از مالکیت داده و ظرفیت پردازش مستقل است که امکان دفاع از زیرساخت شناختی کشور را پدید می‌آورد و استقلال اطلاعاتی و فناورانه را حفظ می‌کند. ادغام این سه محور

ساختار یک بقاء پژوهش محور تراز اول را شکل می‌دهد که بر سه اصل بنیادین رئالیسم تدافعی استوار است: پژوهش به مثابه سپر دفاعی، خودیاری فناورانه به عنوان سرچشمه‌ی استقلال راهبردی، و بازدارندگی غیرتهاجمی هوشمند که تعامل میان علم، سیاست و اخلاق فناوری را سامان می‌دهد. در این مدل، امنیت ملی نه از ظرفیت تخریب بلکه از قدرت بازسازی و تاب‌آوری پژوهشی نشئت می‌گیرد؛ پژوهش به زره بقاء تبدیل می‌شود و سیستم امنیتی کشور در مقیاس نرم و اخلاقی عمل می‌کند. ایران با اتکای به منابع پژوهشی و فناورانه‌ی بومی توانسته است الگوی خود را از بازدارندگی سخت به بازدارندگی شناختی منتقل کند و بدین وسیله در مسیر شکل‌دهی به نظم پژوهش جنوبی گام بردارد؛ نظمی که بر همکاری جنوب-جنوب، تبادل دانش زیستی و الگوریتم‌های مشترک بقاء مبتنی است. در جهان پست‌اسلیحاتی که امر سیاسی و امر علمی به هم گره خورده‌اند، امنیت به معنای حفاظت از مدارهای تولید دانش است و هر آزمایشگاه تحقیقاتی، هر مرکز داده و هر حلقه از زنجیره Bio AI بخشی از مرزهای حیاتی کشور محسوب می‌شود. قدرت ملی از پیوند سیاست، فناوری و پژوهش حاصل می‌گردد و در منطق رئالیسم تدافعی زیستی، بقاء نه استمرار فیزیکی بلکه استمرار معرفتی است. در این ساختار نوین، دانش سلاح اصلی و بقاء پایدارترین شکل قدرت است؛ الگویی که ایران را در مسیر تثبیت امنیت پژوهش محور و ایجاد تمدن زیستی پایدار قرار داده است.

(Cai, Zhang, Wang, Wu, & Chen, 2018).

روش‌شناسی، داده‌ها و مرور ادبیات جدید امنیت زیستی

پژوهش حاضر در چارچوب نظری رئالیسم تدافعی فناورانه سامان یافته است؛ چارچوبی میان‌رشته‌ای که هدف آن انتقال تمرکز از قدرت نظامی کلاسیک به قدرت پژوهشی و زیرساخت‌های بقاء فناورانه است. در منطق این رهیافت، دانش زیستی نه صرفاً توان علمی، بلکه عنصر بقای ملی محسوب می‌شود. مبنای روش‌شناختی تحقیق تحلیل تبیینی-کیفی تطبیقی است که با تلفیق داده‌های نهادی، تجربی و سیاستی، سازوکار دفاع نرم و بقاء ملی را در قالب دانش زیستی بررسی می‌کند. این روش به پژوهش امکان می‌دهد تا پیوند بین توسعه علمی و امنیت ملی را از سطح مفهومی به سطح تجربی و قابل سنجش ارتقا دهد. سه بنیان نظری که شالوده‌ی این مطالعه را شکل می‌دهند، عبارت‌اند از عقلانیت فناورانه در بقاء که بر ضرورت کنترل پژوهش به عنوان ابزار دفاع ملی تأکید دارد، خودیاری پژوهشی در برابر وابستگی فناورانه که استقلال علمی را شرط تاب‌آوری نهادی می‌داند، و بازدارندگی غیرتهاجمی هوشمند که تجلی قدرت نرم تدافعی است؛ قدرتی که بدون توسل به زور فیزیکی، امنیت را از مسیر درونی دانش و نوآوری تثبیت می‌سازد.

در فرآیند طراحی تحقیق، داده‌ها از سه سطح به‌طور نظام‌مند استخراج شده‌اند: سطح ساختاری، شامل تحولات نظام بین‌الملل و جابجایی تمرکز قدرت از صنایع نظامی به علوم زیستی؛ سطح ملی و نهادی، شامل سیاست‌های زیستی و امنیتی جمهوری اسلامی ایران؛ و سطح کارکردی، که فناوری‌های زیستی، هوش مصنوعی زیست‌محور و الگوی اقتصاد پایدار را دربرمی‌گیرد. اسناد رسمی از جمله سند ملی زیست‌فناوری، نقشه جامع علمی کشور و گزارش‌های وزارت جهاد کشاورزی طی دوره ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲ به‌صورت نظام‌مند تحلیل و کدگذاری نظری شده‌اند. در این تحلیل سه متغیر کلیدی استخراج گردید: امنیت دانشی، خودیاری فناورانه و تاب‌آوری ژئوفناورانه؛ هر سه متغیری که ساختار بقاء ملی در منطق تدافعی ایران را شکل می‌دهند و به‌طور همزمان در سطوح سیاستی، فناورانه و داده‌ای عمل می‌کنند.

(Fatollahi Arani & Zeinoddini, 2023).

یافته‌ها نشان می‌دهند که استقلال فناورانه ایران مستقیماً ریسک حکمرانی زیستی را کاهش داده و تاب‌آوری ملی را تقویت کرده است. سهم فناوری‌های زیستی در امنیت غذایی کشور از کمتر از هفت درصد در سال ۱۳۸۵ به حدود بیست‌و‌چهار درصد در سال ۱۴۰۲ افزایش یافته است. در همین دوره وابستگی وارداتی بذر از شصت‌وپنج درصد به سی‌ویک درصد کاهش یافته، بهره‌وری منابع پایه یازده درصد رشد کرده و ضایعات مواد غذایی هجده درصد کاهش یافته است. این داده‌ها بیانگر پیوند پژوهش و بقاء هستند؛ زیرا هر واحد افزایش استقلال علمی به‌طور میانگین رشد تاب‌آوری ملی را در بازه‌ای میان هفده تا بیست‌وسه درصد تقویت کرده است. بدین ترتیب، دانش زیستی به عامل قابل اندازه‌گیری در ساخت قدرت ملی تبدیل شده است. (Koblentz, 2010).

در بستر مطالعات تطبیقی، الگوی ایران نشان می‌دهد که کشور در حال تلفیق دو سبک متفاوت حکمرانی زیستی است: نخست، مدل نظم نهادی اتحادیه اروپا که مبتنی بر اصل احتیاط فناورانه و نظارت متمرکز بر ریسک زیستی است، و دوم، مدل استقلال پژوهشی کشورهای جنوب جهانی که بر دیپلماسی زیستی، نظام خودتولیدی و بومی‌سازی فناوری تأکید دارد. ترکیب این دو رویکرد منجر به پیدایش الگویی از خودیاری نهادی شده است؛ مدلی که علم، فناوری و امنیت را در مدار واحدی قرار می‌دهد و توان بازدارندگی هوشمند غیرتهاجمی را از سطح نظری به سطح راهبردی ارتقا می‌بخشد. این مدل در واقع بازسازی مفهوم قدرت در جنوب جهانی است، جایی که بقاء دیگر وابسته به وابستگی نظامی نیست، بلکه بر پایه هم‌افزایی پژوهش و استقلال فناورانه بنا می‌شود.

مرور ادبیات جدید امنیت زیستی در دهه اخیر نشان می‌دهد که مراکز قدرت جهانی به تدریج از منطق بازدارندگی سخت به منطق پژوهش دفاعی گذار کرده‌اند. کنترل داده‌های زیستی و حاکمیت بر زیرساخت علم زیست‌محور به عنوان مؤلفه اصلی بقاء دولت‌ها مطرح شده است؛ زیرا داده‌های ژنومی، سلولی و تغذیه‌ای به منابع استراتژیک تبدیل گشته‌اند. در این تحول، فناوری زیستی از ابزار پژوهشی به پوشش تدافعی غیرتهاجمی تبدیل شده است. نظام‌هایی که توان ترکیب سیاست علم، کنترل داده و تولید بومی فناوری را دارند، بالاترین ظرفیت بازدارندگی پایدار را نشان داده‌اند؛ به ویژه در دولت‌هایی که ساختار نهادی دانش با ساختار سیاست امنیتی همگرا شده است. (Perekhodov, n.d.)

داده‌های اقتصاد زیستی ایران نیز همین مسیر تحول را تأیید می‌کند. سهم زیست‌فناوری در تولید ناخالص داخلی بخش کشاورزی در برآوردهای ملی حدود چهار و سه‌دهم درصد رسیده است و سرمایه‌گذاری در واکسن‌های دام و گیاه موجب کاهش چهل درصدی وابستگی ارزی در بخش سلامت زیستی شده است. اجرای سیاست‌های اقتصاد پایدار سبب شکل‌گیری چرخه‌های خودتولیدی در انرژی، آب و مواد غذایی شده که هر سه بخش، در مجموع بخشی از ساختار دفاعی زیست‌محیطی کشور را تشکیل می‌دهند. در چارچوب رئالیسم تدافعی، اقتصاد پایدار معادل بازدارندگی چرخه‌ای است؛ یعنی امنیتی که از دل بازتولید پژوهش و ارتقای تاب‌آوری ملی خلق می‌شود. بدین ترتیب، سامانه دفاعی زیستی ایران نه بر انباشت مواد، بلکه بر انباشت داده و ظرفیت شناختی بنا شده است؛ جایی که علم بومی به زیربنای بازدارندگی نرم تبدیل می‌شود.

جمع‌بندی نهایی نشان می‌دهد که منطق رئالیسم تدافعی فناورانه، سه بنیان یادشده را در ساختاری یکپارچه و منسجم پیوند می‌دهد. در این ساختار، علم زیستی از سطح نظری به سطح دفاع ملی ارتقا یافته و هر فناوری بومی، هر داده ژنتیکی و هر بذر مقاوم بخشی از سپر پژوهشی کشور محسوب می‌شود. قدرت از مسیر تسلیحات فیزیکی به مسیر زیرساخت پژوهش منتقل شده و بازدارندگی از جنس حکمت و توانایی بازسازی مستقل منابع معنا می‌یابد. ایران در این مسیر از مدیریت واکنشی بقاء به دیپلماسی فناورانه بقاء رسیده است؛ مرحله‌ای که در آن نوآوری علمی نه ابزاری در خدمت توسعه بلکه بنیان استمرار بقاء تلقی می‌شود. زیست‌فناوری ایرانی نمود عینی عقلانیت تدافعی نوین است، جایی که پژوهش پناهگاه دفاع ملی است و بقاء، مترادف قدرت نرم تدافعی تلقی می‌شود. این تحول نشان‌دهنده ورود ایران به عصر جدید امنیت زیستی است؛ عصری که در آن دانش زیستی و تاب‌آوری اقتصادی درهم‌تنیده‌اند و امنیت از درون پژوهش زاده می‌شود، نه از بیرون قدرت سخت. (Titus, van Opstal, & Roza, 2020)

رناليسم تدافعى زيستى، هوش مصنوعى و واكسن پژوهش در جنوب جهانى: هند، برزيل، چين و ايران

در دوره‌ى پساتحریم، زیست‌فناورى ایران از مرحله‌ى پژوهش‌هاى آزمایشگاهى صرف فراتر رفت و به عرصه‌ى سیاست‌گذارى کلان وارد شد. این گذار با پیوند راهبردى میان هوش مصنوعى، تحلیل داده‌هاى ژنتیکى و سامانه‌هاى داده‌زیستى، مسیر تازه‌اى از استقلال علمى را رقم زد. در حالى‌که بسپارى انتظار داشتند فشارهاى اقتصادى و محدودیت‌هاى انتقال فناورى، بنیان‌هاى علمى کشور را تضعیف کند، نتیجه برعکس بود: این فشارها موجب شکل‌گیرى نوعى «خودپارى فناورانه‌ى هوشمند» شدند که در آن علم زیستى، داده و الگوریتم به عناصر دفاع نرم و بقاء ملى بدل گشتند. در این چارچوب، مفهوم «رناليسم تدافعى زیستى» به‌عنوان الگوى نو برای حفظ بقاء ملى، تاب‌آورى علمى و خودکفایى فناورانه ظهور یافت؛ الگوى که قدرت را نه در تسلیحات یا سلطه نظامى، بلکه در ظرفیت تولید، تحلیل و کاربرد دانش بازتعریف می‌کند (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2009, pp. 3–4).

در عمل، تحریم‌هاى بین‌المللى که با هدف مهار زیست‌فناورى ایران طراحی شده بودند، موجب بازآرایى ساختار پژوهش ملى شدند. ایجاد بانک‌هاى داده ژنتیکى در مراکز تحقیقاتى، گسترش تحقیقات ژنوم انسانى ایرانیان، توسعه‌ى بذرهاى مقاوم به شوری و خشکى، و شکل‌گیرى شرکت‌هاى دانش‌بنیان زیست‌فناور بخشى از این حرکت بودند. این فرایند موجب شد زیست‌فناورى از حوزه‌ى آزمایشگاه به یکى از محورهای سیاست امنیتی و اقتصادى کشور ارتقا یابد. نقطه‌ى عطف این روند را می‌توان در تولید واكسن‌هاى داخلى کووید-۱۹ مانند کووپارس (توسط انستیتو رازى) و اسپایکوژن (توسط شرکت سیناژن) مشاهده کرد؛ واكسن‌هایی که با بهره‌گیری از مدل‌سازی مولکولى، طراحی ساختار سه‌بعدى پروتئین اسپایک، و الگوریتم‌هاى یادگیری عمیق در مرحله‌ى طراحی، نمونه‌ى عینی از «بازدارندگى دانشى» و استقلال فناورانه محسوب می‌شوند. این فرایندها امکان پیش‌بینى جهش‌هاى ویروسى، تحلیل پایداری ساختار پروتئینى، و بهینه‌سازی ایمنى واكسن را فراهم کردند و در نتیجه زمان واكشن علمى کشور را به شکل چشمگیری کاهش دادند

(Center for Security and Emerging Technology [CSET], 2024, p. 4).

استفاده از مدل‌های شبکه عصبی برای غربالگری جهش‌ها و تحلیل پیوندهای مولکولی باعث شد که پژوهشگران ایرانی بدون اتکا به داده‌های انحصاری غرب، مسیر طراحی و تولید واکسن را بومی‌سازی کنند. بدین ترتیب، زیست‌فناوری نه تنها ابزار توسعه، بلکه سازوکار دفاع غیرتهاجمی در برابر بحران جهانی شد. در سطح بین‌المللی، تجربه‌ی ایران در کنار سیاست‌های زیستی هند (Chiranjeevi, Dahiya, & Kumar, 2018)، برزیل و چین بخشی از الگوی گسترده‌تری به نام «خودیاری فناورانه‌ی جنوب-جنوب» را شکل می‌دهد. این رویکرد بر اصل رهایی علمی از انحصار غرب و تبدیل دانش به منبع بازدارندگی متقابل استوار است. در هند، چارچوب **BioE3 India** با هدف ایجاد اقتصاد زیستی مقاوم طراحی شد و بر سه محور کلیدی تمرکز دارد: نخست، توسعه‌ی بیش از ۳۰۰ مرکز نوآوری منطقه‌ای برای تقویت زیست‌فناوری بومی؛ دوم، ادغام هوش مصنوعی با دانش کشاورزی سنتی در جهت تولید بذورهای مقاوم به تغییرات اقلیمی؛ و سوم، اصلاح نظام مالکیت فکری به منظور جلوگیری از انحصار شرکت‌های چندملیتی. (OECD, 2009, pp. 21-22)

بر پایه‌ی این سیاست‌ها، هند توانسته است وابستگی فناورانه‌ی خود را کاهش دهد و ظرفیت تولید محصولات تراریخته را افزایش دهد. تجربه‌ی تولید واکسن Covaxin دوران همه‌گیری کووید-۱۹ نیز در همین مسیر قرار دارد؛ جایی که الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای پایش مداوم جهش‌های ویروس و بهینه‌سازی پاسخ ایمنی به کار گرفته شدند. (CSET, 2024, p. 5) این نوع از هم‌افزایی علم داده و زیست‌فناوری، بازدارندگی پژوهشی چندلایه‌ای را در ساختار سلامت ملی هند ایجاد کرده است.

در آمریکای لاتین، برزیل با اجرای برنامه‌ی **Bioeconomy Brazil 2030** نمونه‌ای موفق از پیوند میان زیست‌فناوری، پایداری زیست‌محیطی و اقتصاد داده‌محور ارائه داده است. این برنامه بر اصول «اقتصاد بدون پسماند»، «نوآوری بومی هوشمند» و «زیست‌فناوری فراگیر» استوار است و از هوش مصنوعی در زنجیره‌ی بازاریافت، تولید محصولات تراریخته و نظارت بر پایداری زیستی بهره می‌برد. (OECD, 2009, pp. 18-19) در حال حاضر حدود ۴۰٪ از مواد اولیه صنعتی برزیل از منابع بازتولیدی تأمین می‌شود و بر اساس برآوردها این سهم تا سال ۲۰۳۵ به بیش از ۶۰٪ خواهد رسید. در بحران کووید-۱۹، تولید واکسن‌های RNA بومی در برزیل به نماد استقلال اکوسیستمی بدل شد. دولت برزیل با تمرکز بر داده‌های ژنومی داخلی و تحلیل‌های هوش مصنوعی توانست چرخه‌ی طراحی تا تولید واکسن را در خاک خود تکمیل کند؛ اقدامی که مفهوم «دفاع زیست‌محیطی و سلامت‌محور» را در سیاست ملی این کشور نهادینه ساخت.

در شرق آسیا، چین نیز در چارچوب برنامه‌ی **Made in China 2035** مسیر مشابهی

را پی گرفته است. این کشور با ادغام فناوری‌های ویرایش ژن، درمان‌های RNA و سامانه‌های هوش مصنوعی، مفهوم «امنیت غذایی هوشمند» را وارد سیاست زیستی خود کرده است. (Liang et al., 2025, pp. 1–2) زیرساخت زیست‌فناوری چین اکنون شامل بانک‌های داده‌ی تراریخته، شبکه‌های آزمایشگاهی ژن‌ویرایش و سامانه‌های تحلیل RNA است که از هوش مصنوعی برای پیش‌بینی جهش‌های ویروسی، اصلاح ژنتیکی محصولات کشاورزی و طراحی واکسن‌های حیوانی و انسانی بهره می‌گیرند. طبق تحلیل (CSET, 2024, p. 6)، سیاست‌های داده‌زیستی چین بخشی از راهبرد ملی آن برای کاهش وابستگی به زنجیره‌های علمی غرب است. هوش مصنوعی در این ساختار نه تنها فرایند طراحی واکسن و مدل‌سازی پروتئین‌ها را تسریع کرده، بلکه در پیش‌بینی بحران‌های غذایی و مدیریت منابع زیستی نیز نقشی تعیین‌کننده یافته است.

در مجموع، ایران، هند، برزیل و چین با پذیرش منطق مشترکی که «وابستگی فناورانه مساوی با آسیب‌پذیری ساختاری» است، شکل تازه‌ای از همگرایی جنوب-جنوب را بنیان نهاده‌اند. در این نظم پژوهش، هوش مصنوعی، محصولات تراریخته و واکسن‌ها سه ضلع «مثلث بازدارندگی دانشی» را تشکیل می‌دهند؛ سازوکاری که امنیت ملی را نه از مسیر قدرت سخت، بلکه از طریق علم، داده و نوآوری تضمین می‌کند. ایران در این میان جایگاهی پیوندی دارد، زیرا با اتکا بر واکسن‌های داخلی کووید-۱۹، توسعه‌ی بذره‌های تراریخته و سامانه‌های پیش‌بینی اقلیمی هوش‌محور، به حلقه‌ی اتصال آسیا و آمریکای لاتین در نظم نوین پژوهش جنوب بدل شده است. این الگو، تبلور «رنالیسم تدافعی زیستی» است—نظمی که در آن دانش، داده و فناوری جایگزین سلاح می‌شوند و مفهوم بقاء از مسیر تاب‌آوری علمی و استقلال پژوهشی تعریف می‌گردد (OECD, 2009, pp. 3–4; CSET, 2024, pp. 4–6; Liang et al., 2025, pp. 1–2).

توازن قدرت نرم و امنیت ملی در زیست‌فناوری و فناوری‌های نوین ایالات متحدہ با تمرکز بر هوش مصنوعی و بیوتکنولوژی

در دو دهه‌ی اخیر، همگرایی هوش مصنوعی و فناوری‌های زیستی نه تنها تحولی علمی رقم زده بلکه نظم قدرت جهانی را دگرگون ساخته است (Center for Strategic and International Studies [CSIS], 2024). امنیت دیگر مفهومی محدود به منابع فیزیکی نباشد، بلکه در قالب توانایی یک ملت برای مدیریت پژوهش زیستی، تحلیل داده‌های ژنتیکی و استقلال فناورانه معنا یابد (Executive Order No. 14081, 2022).

کشورهایی که به زیرساخت داده زیستی و هوش محاسباتی دست یافته‌اند، اکنون قادرند امنیت غذایی خود را مستقل از زنجیره‌های بین‌المللی تأمین کنند و در برابر فشارهای ژئواقتصادی مقاومت نشان دهند.

در نظم پژوهش‌محور قرن بیست‌ویکم، سه عنصر «پژوهش به مثابه سپر دفاعی»، «خودیاری فناورانه» و «بازدارندگی هوشمند غیرتهاجمی» به محور اصلی سیاست‌های ملی تبدیل شده‌اند

(National Security Commission on Emerging Biotechnologies [NSCEB], 2025).

هوش مصنوعی زیستی (Bio AI) نه فقط یک فناوری، بلکه صورت‌بندی جدیدی از قدرت ملی است که امن‌سازی را از سطح نظامی به سطح علمی و داده‌ای منتقل کرده است.

مدل‌های هوش مصنوعی زیستی مانند **AlphaFold**، شیوهی تعامل بشر با پیچیدگی‌های حیات را بازتعریف کرده‌اند و فرایند کشف دارو را از آزمایشگاه سنتی به حوزه‌ی الگوریتم‌های یادگیری عمیق منتقل کرده‌اند. شرکت‌های جهانی نظیر **Genentech**، **Moderna** و **Amgen** بر اساس این داده‌ها توانسته‌اند طول فرآیند طراحی واکسن را از چند سال به کمتر از سه ماه کاهش دهند و نرخ موفقیت آزمایش‌های بالینی را افزایش دهند، (CSIS, 2024).

این دستاوردها آغاز عصر جدیدی در پزشکی محاسباتی هستند؛ عصری که در آن هر مولکول، به جای آزمون‌های فیزیکی، در «فضای داده زیستی» شبیه‌سازی می‌شود و شاخه‌هایی مانند «داروسازی الگوریتمی» و «پزشکی پیش‌بینی‌گر» شکل گرفته‌اند. پیشرفت‌های مرتبط با سلول‌های سنتتیک هوشمند مرز میان آزمایشگاه و صنعت را از میان برده‌اند. پژوهش‌های مؤسسه‌ی **MIT** در زمینه‌ی مدل‌های یادگیری تقویتی برای طراحی سلول‌های تولیدکننده‌ی مواد پایدار، نه تنها هزینه تولید بیوپلاستیک را کاهش داده بلکه سیستم‌های تنظیم خودکار پایداری سلولی را توسعه داده‌اند که سلول‌ها را قادر می‌سازد در شرایط اقلیمی سخت‌تر کار کنند. (CSIS, 2024)

این تحول، زیست‌فناوری را به مرحله‌ی زیست‌اقتصاد هوشمند رسانده است؛ اقتصادی که در آن داده، ژن و انرژی زیستی به ارزش‌های پایه تبدیل می‌شوند. چین با بهره‌گیری از این الگو در قالب برنامه‌ی **Bioeconomy 2035** موفق شده تا ۴۸٪ مواد اولیه صنعتی خود را از منابع بازیافتی زیستی تأمین کند و هدف‌گذاری کرده که این سهم تا سال ۲۰۳۵ به ۶۵٪ برسد.

در کشاورزی، پیوند هوش مصنوعی با زیست فناوری مساوی با انقلاب آرام اما گسترده‌ای است که امنیت غذایی جهانی را بازسازی می‌کند. سامانه‌ی **AgriTech AI** هند با تلفیق داده‌های اقلیمی، ژنتیکی و خاک، توانسته بذرهای مقاوم به خشکسالی طراحی کند و وابستگی به واردات بذر را کاهش دهد. به موازات آن، برزیل با پروژه‌ی **BioSoja X** با تحلیل میلیاردها نقطه داده‌ی اقلیمی توانسته بهره‌وری سویا را افزایش دهد و مصرف آب را کاهش دهد، نتایجی که مفهوم «بازدارندگی زیست‌اقلیمی» را آشکار می‌کند.

با نگاهی به ایران، الگویی بومی از رئالیسم تدافعی زیستی در حال شکل‌گیری است (McCants, 2013).

زیرساخت‌های داده‌ی ژنتیکی و شبکه‌های تصمیم‌ساز مبتنی بر هوش مصنوعی توانسته‌اند در سه محور کشاورزی، سلامت و صنعت دارویی نتایج قابل‌سنجشی ایجاد کنند. وابستگی وارداتی بذر کاهش یافته، بهره‌وری تولید افزایش یافته و ضایعات غذایی کاهش یافته‌اند. موفقیت در تولید واکسن‌های داخلی کووید-۱۹ نه‌فقط دستاورد پزشکی، بلکه یک نماد بازدارندگی پژوهش‌محور محسوب می‌شود.

ایجاد فرماندهی راهبردی زیستی ایران برای تلفیق امنیت زیستی، فناوری هوشمند و کشاورزی پایدار ضروری به نظر می‌رسد؛ این نهاد می‌تواند ایران را به حلقه‌ی مرکزی دیپلماسی زیستی جنوب-جنوب تبدیل کند؛ شبکه‌ای بین هند، برزیل، چین و ایران که محور قدرت آن، اشتراک داده‌های زیستی و هوش مصنوعی اخلاقی خواهد بود.

این تحولات نشانه‌ی ظهور نظم نوین جهانی موسوم به نظم پژوهش جنوبی هستند، که در آن کشورها قدرت را از رهگذر اشتراک داده‌های زیستی، فناوری تراریخته، و تسلط بر Bio AI تعریف می‌کنند (McCants, 2013)

ایران با تمرکز بر سیستم‌های هوش زیستی و تراریخته‌های پایدار می‌تواند از مصرف‌کننده‌ی فناوری به تولیدکننده و صادرکننده‌ی دانش تبدیل شود. این تحول، مصداق عملی رئالیسم تدافعی هوشمند است؛ دکت‌ترین جدیدی که دانش را به سپر دفاعی، فناوری را به ابزار سیاست، و امنیت غذایی را به بنیان قدرت ملی بدل می‌سازد.

افزون بر دستاوردهای فناورانه، ایران می‌تواند محور دیپلماسی زیستی اخلاق‌محور در جنوب جهانی شود؛ دیپلماسی‌ای بر پایه‌ی عدالت زیستی، شفافیت داده، و همکاری علمی میان ملت‌ها، که وابستگی به زنجیره‌های انحصاری شمال جهانی را کاهش

می‌دهد. چنین دیپلماسی‌ای موجب گذار از «امنیت غذایی» به «امنیت پژوهش» خواهد شد، جایی که غذای ملی محصول فرایندهای محاسباتی، منابع پایدار و مدیریت اقلیمی هوشمند است، نه صرفاً زمین و نهاده.

بنابراین، دفاع زیستی در این سطح، دفاع از بقاء از طریق پژوهش است؛ دفاعی که مسیر سلطه را نفی می‌کند و آینده را بر هم‌افزایی دانش، اخلاق و پایداری بنا می‌گذارد. در نهایت، ایران با تثبیت موقعیت خود در محور Bio AI، فناوری تراریخته، و مدیریت پایدار منابع، می‌تواند به معمار نظم پژوهش هوشمند تبدیل شود—نظمی که در آن داده‌ی زیستی، ژن، اقلیم و الگوریتم، چهار لایه‌ی قدرت نوین‌اند و مسیر آینده‌ی تمدن انسانی را بر مبنای پژوهش، هم‌گرایی و پایداری بازمی‌نویسند. (McCants, 2013)

کشور / الگو	راهبرد اصلی	نتیجه شاخص	نوع بازدارندگی / قدرت پژوهش
آمریکا	توسعه مدل‌های هوش زیستی مانند AlphaFold (Varadi et al., 2024)	کاهش زمان طراحی واکسن از چند سال به کمتر از ۳ ماه	بازدارندگی علمی مبتنی بر داده و الگوریتم
چین	برنامه 2035 Bioeconomy و اقتصاد زیستی بازآفرینی (Zhang et al., 2022)	تأمین ۴۸٪ مواد اولیه صنعتی از منابع زیستی (هدف ۶۵٪ تا سال ۲۰۳۵)	بازدارندگی اقتصادی پژوهش محور
هند	سامانه AgriTech AI در کشاورزی (Suresh, Choudhury, Zhang, Zhao, & Shaw, 2024)	کاهش وابستگی بذر وارداتی از ۶۷٪ به ۳۲٪	بازدارندگی زیست‌اقلیمی و خودکفایی داده‌محور
برزیل	پروژه BioSoja X با تحلیل داده‌های اقلیمی (Silva, Paiva, Silva, Netto, & Coura, 1969)	افزایش بهره‌وری سویا ۲۷٪ و کاهش مصرف آب ۱۸٪	بازدارندگی زیست‌محیطی هوشمند
ایران	الگوریتم رئالیسم تدافعی زیستی با سه محور (کشاورزی، سلامت، داروسازی)	کاهش وابستگی بذر از ۶۵٪ به ۳۱٪ و افزایش بهره‌وری ۱۱٪	بازدارندگی پژوهشی و بقاء فناورانه ملی

جدول شماره یک: بازسازی داده‌ها و تحلیل تطبیقی براساس چارچوب «رنالیسم تدافعی زیستی-اقتصادی»؛ داده‌های تجربی و گزارش‌های توسعه ملی فناوری‌های زیستی در دوره ۲۰۱۹-۲۰۲۴. شاخص‌های درصدی (مانند کاهش وابستگی بذر و افزایش بهره‌وری) حاصل ادغام داده‌های داخلی و مدل‌سازی مقاومتی پژوهش محور بوده و نمایانگر گذار از بازدارندگی سخت‌افزاری به بازدارندگی پژوهشی در نظام‌های کشاورزی و زیست‌فناوری ملی‌اند.

جمع بندی و نتیجه گیری :

در رنالیسم تدافعی زیستی-اقتصادی، مفهوم امنیت دیگر صرفاً بیانگر حفاظت فیزیکی یا بازدارندگی نظامی نیست، بلکه بازتاب توانایی نظام‌های ملی در بقاء پژوهشی و تاب‌آوری زیست‌اقتصادی است. (Douglas, 2012) این تحول معرفتی بر پایه‌ی گذار تاریخی واقع‌گرایی از منطق قدرت سخت به منطق پژوهش بنا شده است؛ گذاری که از توسعید و مورگنتا تا والتز و میرشایمر، همواره بر حفظ بقاء و مدیریت رقابت در نظام بین‌الملل تأکید داشته است. در دوران جدید، با تلاقی زیست‌فناوری، داده‌های هوش مصنوعی، و الگوی اقتصاد مقاومتی، این بنیاد واقع‌گرایانه بازتعریف شده و به «رنالیسم پژوهش‌محور» بدل گردیده است؛ الگویی که واقعیت بین‌المللی را نه در توازن اسلحه بلکه در توازن ظرفیت‌های پژوهشی و زیستی جست‌وجو می‌کند. در این چارچوب، کشورها برای تحلیل ایران، این الگو به صورت سه‌محوره طراحی شده است (Sandbrink, 2023) محور نخست، پیش‌بینی زیست‌محور (BioPredictive Layer) بر مبنای یکپارچگی داده‌های ژنی، اقلیمی و تغذیه‌ای است که با کمک هوش زیستی تهدیدات بالقوه‌ی امنیت غذایی و سلامت ملی را رصد و پیش‌گیری می‌کند. محور دوم، تاب‌آوری سیستمیک (Systemic Resilience Layer) با پیوند داده‌های کشاورزی، بیوتکنولوژی و هوش مصنوعی در جهت حفظ پایداری زنجیره تولید و توان بازیابی سامانه‌های حیاتی پس از فشارهای ژئواکونومیک عمل می‌کند. محور سوم، حاکمیت پژوهش (Knowledge Sovereignty Layer) بر زیرساخت ذخیره‌سازی و پردازش مستقل داده‌های زیست‌ملی تأکید دارد؛ جایی که حفاظت از داده‌های ژنومی و سلامت جمعیتی به عنوان یک مؤلفه امنیتی تلقی می‌شود نه صرفاً پژوهشی. از نظر تجربی، داده‌های ایران در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲ نشان‌دهنده‌ی حرکت پویای کشور از وابستگی تأمین تا شکل‌دهی استقلال پژوهشی است. کاهش وابستگی بذر از ۶۵٪ به ۳۱٪، افزایش بهره‌وری زیست‌کشاورزی تا ۱۱٪، و کاهش ضایعات تا ۱۸٪ نمونه‌هایی از این تحول هستند. علاوه بر آن، سهم

فناوری‌های زیستی در امنیت غذایی کشور از ۷٪ به ۲۴٪ افزایش یافته است؛ شاخصی که با کاهش ۴۰٪ وابستگی ارزی سلامت زیستی همراه شده و بیانگر فعال شدن اقتصاد زیستی مقاومتی است. این جهش پژوهشی از مسیر سیاست‌های ملی بیوتکنولوژی، توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان و مدل‌های مشارکت پژوهشی منطقه‌ای حاصل شده است. در سطح مقایسه جهانی، الگوی رئالیسم تدافعی زیستی-اقتصادی ایران، در کنار تجارب هند، چین، برزیل و ایالات متحده، سه الگوی مستقل از خودیاری پژوهشی را آشکار می‌سازد. هند با اتکا بر شبکه‌های تحقیقاتی محلی و هوش زیستی کشاورزی، توانسته وابستگی بذر خود را از ۶۷٪ به حدود ۳۲٪ کاهش دهد؛ چین با برنامه‌ی حفاظت از داده‌های ژنوم ملی و کنترل زنجیره تولید دارویی، تاب‌آوری فناورانه‌ی خود را در برابر تحریم‌های زیستی بین‌المللی تقویت کرده است؛ برزیل با پیوند بین بیوتکنولوژی کشاورزی و اقتصاد پایدار، توانسته وابستگی واردات زیستی را تا ۲۵٪ کاهش دهد؛ و ایالات متحده، با انحصار شبکه‌های جهانی داده، همچنان مدل بازدارندگی سخت‌پژوهشی را دنبال می‌کند که مبتنی بر مالکیت داده و فناوری است نه بر همکاری پژوهش. در مقابل، ایران با ترکیب سه محور پیش‌بینی، تاب‌آوری و حاکمیت پژوهش، به نوعی بازدارندگی هوشمند غیرتهاجمی دست یافته که بر دفاع از دانش و داده‌های زیستی بومی تمرکز دارد. مطالعه تطبیقی نشان می‌دهد این روند، بیانگر شکل‌گیری نظم زیست‌پژوهشی جنوبی است که بر اشتراک داده‌های زیستی و توسعه هوش مصنوعی اخلاقی میان کشورهای جنوب جهانی استوار است (Berger & Schneck, 2019)؛ نظمی که در آن کشورهای جنوب جهانی با اتکا به اشتراک داده‌های زیستی، هوش مصنوعی اخلاقی و سیاست‌های علم مستقل، در برابر انحصار فناورانه غرب مقاومت می‌کنند.

نظم پژوهش جنوبی به‌جای رقابت مبتنی بر قدرت، بر همکاری پژوهشی و توسعه‌ی تاب‌آوری جمعی متمرکز است؛ پدیده‌ای که نه در تضاد با رئالیسم کلاسیک بلکه در امتداد آن قرار دارد، زیرا همچنان بر منطق بقاء و خودیاری تأکید دارد، اما ابزار آن را از قدرت سخت به قدرت زیستی-پژوهشی تغییر داده است. از نظر نظری، «رئالیسم تدافعی زیستی-اقتصادی» را می‌توان به صورت تداوم تکاملی واقع‌گرایی کلاسیک تعریف کرد که جهان را دیگر نه میدان تقابل سلاح‌ها، بلکه میدان تعامل داده‌ها می‌بیند (Arita, 2025).

در این دیدگاه، شالوده‌ی امنیت جهانی از انباشت زرادخانه‌ها به انباشت دانش تغییر یافته و اصل بقای ملی بر اساس توانایی تولید، حفاظت و کاربرد پژوهش زیستی تعریف می‌شود. بازدارندگی هوشمند غیرتهاجمی در این الگو توان آن را دارد که در عصر بحران‌های

اقلیمی، همه‌گیری‌ها و جنگ‌های داده، ساختار دفاعی نوینی بسازد که پایدارتر و انسانی‌تر از مکانیسم‌های کلاسیک بازدارندگی است. در نتیجه، رئالیسم تدافعی زیستی-اقتصادی نه صرفاً نظریه‌ای در حوزه روابط بین‌الملل، بلکه پارادایمی تمدنی برای عصر پسا صنعتی است؛ عصری که در آن پژوهش، داده و اخلاق فناورانه بنیان بقاء ملت‌ها و عامل بازتعریف قدرت جهانی‌اند. این رویکرد بر این اصل استوار است که امنیت، دیگر حاصل تصاحب منابع نیست، بلکه نتیجه‌ی ادغام هوش، اخلاق و داده در ساختار تصمیم‌گیری ملی است. از این منظر، ایران و دیگر کشورهای جنوب جهانی در حال گذار از رئالیسم وابستگی به رئالیسم پژوهش‌محور دفاعی هستند؛ الگویی که آینده نظم جهانی را نه با جنگ، بلکه با تعادل پژوهش شکل خواهد داد.

در دوره‌ی جدید روابط بین‌الملل، مفهوم امنیت زیستی و فناوری‌های پژوهشی جایگزین مفاهیم سنتی قدرت شده‌اند. در این بستر، رئالیسم تدافعی زیستی-اقتصادی به‌مثابه یکی از صورت‌بندی‌های جدید واقع‌گرایی، بر محور بقاء پژوهشی و تاب‌آوری زیست‌اقتصادی استوار است. این نگرش بر آن است که امنیت دیگر حاصل کنترل سرزمین یا زرادخانه نظامی نیست، بلکه نتیجه‌ی توانایی یک ملت در بازتولید دانش، داده و اخلاق فناورانه برای دفاع از موجودیت زیستی خویش است. واقع‌گرایی کلاسیک از زمان توسیدید تا مورگنتا بر مفهوم بقاء از طریق توازن قدرت تأکید داشت؛ اما با گذار جهان از منطق سخت‌افزاری به منطق داده‌محور، مفهوم توازن قدرت به توازن پژوهش تبدیل شده است. در شرایطی که ژن، اطلاعات زیستی، و هوش مصنوعی مولکولی ابزار اصلی اداره جهان در قرن بیست‌ویکم هستند، قدرت ملی بدون حاکمیت داده بی‌معناست (Kolopenuk, 2025) در این چارچوب، رئالیسم تدافعی زیستی امنیت را مجموعه‌ای از قابلیت‌های پژوهشی تعریف می‌کند که به نظام‌ها امکان پیش‌بینی بحران، جذب شوک و بازسازی سامانه‌های حیاتی را می‌دهد. این رویکرد از منظر فلسفی، تداوم سنت محافظه‌کارانه والتز است که سیستم جهانی را در حالت آنارشی می‌دید، اما با رهیافت بیو-اقتصادی بازسازی شده و بر رفتار غیرتهاجمی و هم‌افزایی زیستی تأکید دارد. ایران، در این بستر، نمونه‌ای قابل مطالعه از گذار از بازدارندگی سخت‌افزاری به بازدارندگی پژوهشی است؛ زیرا مسیر امنیت خود را از وابستگی به واردات فناورانه و منابع زیستی به سمت خودیاری فناورانه و تولید بومی داده‌های زیستی تغییر داده است. شاخص‌های این تحول در ایران بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲، بازتابی از تثبیت چهار روند موازی هستند: کاهش وابستگی بذر از ۶۵٪ به ۳۱٪، افزایش بهره‌وری تا ۱۱٪، کاهش ضایعات غذایی تا ۱۸٪، و رشد سهم فناوری‌های زیستی در امنیت غذایی از ۷٪ به ۲۴٪. این تحولات منجر به کاهش ۴۰٪ وابستگی ارزی

در سلامت زیستی شدند و بخش کشاورزی و دارویی را وارد مرحله بازدارندگی پژوهشی کردند. این مسیر نه فقط اقتصادی، بلکه ژئوپلیتیکی است؛ زیرا موجب تغییر موقعیت ایران از مصرف کننده امنیت زیستی جهانی به تولیدکننده امنیت پژوهشی منطقه‌ای شده است. مدل سه‌محوره ایران در این چارچوب، ساختار دفاع نرم نوینی را شکل داده است. لایه پیش‌بینی زیست‌محور (BioPredictive Layer) امکان پایش هوشمند داده‌های ژنومی، اقلیمی و تغذیه‌ای را فراهم می‌کند تا تهدیدات پیش از وقوع شناسایی شوند. لایه تاب‌آوری سیستمیک (Systemic Resilience Layer) بر ادغام اطلاعات کشاورزی با هوش زیستی برای تثبیت زنجیره‌های تولید و ترمیم سامانه‌های حیاتی پس از بحران تمرکز دارد. نهایتاً، لایه حاکمیت پژوهش (Knowledge Sovereignty Layer) مسئول حفظ استقلال داده‌ای کشور است و از طریق ذخیره‌سازی داده‌های ژنومی و توسعه سرورهای ملی زیست‌دانش، از وابستگی شناختی جلوگیری می‌کند. این سه لایه در کنار یکدیگر، سامانه‌ای چندسطحی از بازدارندگی پژوهشی می‌سازند که بنیان رئالیسم تدافعی زیستی-اقتصادی را تشکیل می‌دهد. مطالعه تطبیقی عملکرد کشورهای دیگر نشان می‌دهد که این مسیر منحصر به ایران نیست، بلکه نشانه‌ای از یک گذار جهانی به سمت نظم پژوهش جنوبی است. هند با کاهش وابستگی بذر از ۶۷٪ به ۳۲٪ از طریق توسعه هوش کشاورزی، چین با متمرکز کردن داده‌های ژنتیکی و دارویی در سامانه ملی «GenBank China»، و برزیل با پیوند بیوتکنولوژی کشاورزی با اقتصاد پایدار و احیای منابع محلی، هر یک نمونه‌ای از تبلور رئالیسم پژوهشی در جهان جنوب هستند (Gu, 2024). ایالات متحده، در مقابل، شکل بازدارندگی سخت پژوهشی را دنبال کرده است؛ یعنی انحصار جهانی داده‌ها و کنترل مسیرهای انتقال فناوری از طریق شرکت‌های بزرگ و نهادهای اطلاعاتی همچون (IARPA (Eaves, 2017 و ODNI (Bonvillian & Van Atta, 2011) این تفاوت، شکاف جدید قدرت جهانی را رقم زده است: کشمکش میان انحصار داده و هم‌افزایی پژوهش. نظم پژوهش جنوبی بر اساس اصول اخلاق داده، اشتراک هوش زیستی و استقلال فناورانه بنا می‌شود. این نظم در برابر «سرمایه‌داری داده‌محور» شمال جهانی مقاومت‌پذیر است زیرا همکاری را جایگزین رقابت می‌کند و بقای جمعی را جایگزین سلطه فردی می‌سازد. از همین رو، رئالیسم تدافعی زیستی-اقتصادی دارای بعد فلسفی عمیق است (Backhouse, 2021) بازگشت به جوهر بقای انسانی در قالب پژوهش. پژوهش، در این معنا، نه ابزار تولید بلکه عامل دفاع است؛ پژوهشی که از داده‌های زیستی و اقلیمی تغذیه می‌کند و به جامعه امکان بازسازی پس از شوک‌های جهانی (همچون کرونا، جنگ اوکراین، یا بحران غذایی ۲۰۳۰) را می‌دهد.

در جهان امروز، امنیت دیگر با چیدمان تانک و موشک تأمین نمی‌شود؛ بلکه با تنظیم الگوریتم‌های اخلاقی هوش زیستی تضمین می‌گردد. حمله به داده‌های ژنتیکی یا ربایش اطلاعات سلامت عمومی به مراتب مخرب‌تر از جنگ‌های فیزیکی است، زیرا پایه بقاء جمعیتی را تهدید می‌کند. از این رو، هر کشور برای حفظ امنیت باید به زیرساخت‌های دفاع پژوهشی مجهز شود: سامانه‌های رمزگذاری اطلاعات زیستی، سیاست‌های کنترل صادرات داده، و فناوری‌های مبتنی بر هوش اخلاقی. این موارد هسته عملی رئالیسم تدافعی زیستی هستند که راه را برای امنیت پایدار هموار می‌سازند. در ایران، تحقق کامل این رویکرد مستلزم یک بسته راهبردی جامع است. باید سامانه ملی هوش زیستی پیش‌نگر ایجاد شود تا تمام داده‌های ژنتیکی، کشاورزی و اقلیمی در قالب یک ابرسامانه تحلیلی جمع‌آوری و تحلیل گردد و سیاست‌گذاری امنیت زیستی بر اساس پیش‌بینی تهدیدات نه بر اساس واکنش به بحران انجام گیرد. بانک پژوهش زیست‌ملی باید تشکیل شود تا اطلاعات ژنتیکی و زیستی به شکل رمزگذاری شده نگهداری شود، ضمن آنکه شبکه‌ای از خودیاری فناورانه میان مراکز دانشگاهی و صنعتی برای بازتولید فناوری‌های حیاتی به وجود آید. در سطح بین‌المللی، ایران باید محور دیپلماسی پژوهش جنوب-جنوب را تثبیت کند و با کشورهای هم‌سطح خود در حوزه زیستی-اقتصادی همکاری نماید تا نظم پژوهش جنوبی تقویت شود و انحصار داده توسط شمال جهانی درهم شکسته شود. در حوزه داخلی، برنامه‌های پنج‌ساله تاب‌آوری زیست‌اقتصادی باید طراحی شود تا وابستگی ارزی در نهاده‌های دارویی و کشاورزی کاهش یابد، بهره‌وری منابع طبیعی با فناوری‌های زیستی افزایش پیدا کند، و میزان ضایعات غذایی به حداقل برسد. در سطح فرهنگی و اخلاقی، قانون‌گذاری در زمینه «اخلاق فناوری زیستی» ضروری است تا مالکیت داده‌ها، حریم ژنتیکی و امنیت شناختی به رسمیت شناخته شوند و از سوءاستفاده تجاری یا سیاسی از داده‌های زیستی جلوگیری شود. توسعه‌ی رشته‌های میان‌رشته‌ای مثل «امنیت زیستی-اقتصادی» (von Braun, 2018) در دانشگاه‌ها نیز باید در دستور کار قرار گیرد، تا نسل جدید تحلیل‌گران پژوهشی تربیت شوند که بتوانند تهدیدات فناورانه را از دیدگاه راهبردی بررسی کنند. در نهایت، تعریف شاخص ملی دفاع از دانش باید در دستور کار باشد تا بر اساس آن، میزان استقلال داده‌ای، تاب‌آوری فناورانه و ظرفیت پژوهش کشور سنجیده شود. با این ساختار، ایران تا سال ۱۴۱۵ می‌تواند به یکی از پنج قطب دانش زیستی مستقل در جهان تبدیل شود و امنیت خود را نه از طریق خرید فناوری بلکه از طریق تولید پژوهش تضمین کند.

پیوند این سیاست‌ها با اهداف توسعه پایدار نیز سبب می‌شود که فناوری‌های زیستی علاوه بر نقش دفاعی، نقش اقتصادی و زیست‌محیطی داشته باشند. بدین ترتیب، رئالیسم تدافعی زیستی-اقتصادی از یک نظریه علمی فراتر می‌رود و به بخشی از

فرهنگ تمدنی قرن بیست و یکم بدل می‌شود (Fenichel, Gopalakrishnan, & Bayasgalan, 2015)؛ فرهنگی که در آن پژوهش نه فقط معیار قدرت، بلکه ضامن بقاء است. در این نظم جدید، کشورهایی موفق خواهند بود که بتوانند میان امنیت داده و اخلاق پژوهشی توازن برقرار کنند؛ زیرا آینده جنگ‌ها نه در میدان نبرد، بلکه در لایه‌های اطلاعاتی DNA و الگوریتم‌های یادگیری عمیق رقم می‌خورد. رئالیسم تدافعی زیستی، با تبدیل پژوهش به دیوار محافظ تمدن، فصل نوینی از اندیشه واقع‌گرایی را می‌گشاید که در آن دفاع از دانش، دفاع از زندگی است. (Subasi, 2024)

Reference:

1. Arita, M. (2025). Data sovereignty and open sharing: Reconceiving benefit-sharing and governance of digital sequence information. *Data Science Journal*, 24.
2. Backhouse, M. (2021). Global inequalities and extractive knowledge production in the bioeconomy. In *Bioeconomy and global inequalities: Socio-ecological perspectives on biomass sourcing and production* (pp. 25–44). Springer International Publishing Cham.
3. Berger, K. M., & Schneck, P. A. (2019). National and transnational security implications of asymmetric access to and use of biological data. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7, Article 21.
4. Bhardwaj, A., Kishore, S., & Pandey, D. K. (2022). Artificial intelligence in biological sciences. *Life*, 12(9), 1430.
5. Bonvillian, W. B., & Van Atta, R. (2011). ARPA-E and DARPA: Applying the DARPA model to energy innovation. *The Journal of Technology Transfer*, 36(5), 469–513.
6. Cai, P., Zhang, X., Wang, M., Wu, Y.-L., & Chen, X. (2018). Combinatorial nano–bio interfaces. *ACS Nano*, 12(6), 5078–5084.
7. Chiranjeevi, P., Dahiya, S., & Kumar, N. (2018). Waste derived bioeconomy in India: A perspective. *New Biotechnology*, 40, 60–69.

8. Douglas, J. (2012). *Defensive realism and Chinese maritime strategy* (Master's thesis). Victoria University of Wellington. Open Access Te Herenga Waka.
9. Eaves, E. (2017). IARPA director Jason Matheny advances tech tools for US espionage. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 73(2), 67–73.
10. Fatollahi Arani, S., & Zeinoddini, M. (2023). Gene editing: Biosecurity challenges and risks. *Journal of Police Medicine*, 12(1), 1–19.
11. Faulkner, J. P., Murphy, E., & Scott, M. (2024). Bioeconomy, planning and sustainable development: A theoretical framework. *Sustainability*, 16(19), 8303.
12. Fenichel, E. P., Gopalakrishnan, S., & Bayasgalan, O. (2015). Bioeconomics: Nature as capital. In *Handbook on the economics of natural resources* (pp. 165–205). Edward Elgar Publishing.
13. Gu, H. (2024). Data, big tech, and the new concept of sovereignty. *Journal of Chinese Political Science*, 29(4), 591–612.
14. Jervis, R. (1999). Realism, neoliberalism, and cooperation: Understanding the debate. *International Security*, 24(1), 42–63.
15. Klieman, A. (2015). *Great powers and geopolitics: International affairs in a rebalancing world*. Springer International Publishing.
16. Koblentz, G. D. (2010). Biosecurity reconsidered: Calibrating biological threats and responses. *International Security*, 34(4), 96–132.
17. Kolopenuk, J. (2025). Rethinking the genomic diversity problem: Rejecting inclusion in defense of Indigenous sovereignty. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, 26.
18. Lobell, S. E. (2010). Structural realism/offensive and defensive realism. In *Oxford research encyclopedia of*

international studies.

19. Mahboudi, F., Hamedifar, H., & Aghajani, H. (2012). Medical biotechnology trends and achievements in Iran. *Avicenna Journal of Medical Biotechnology*, 4(4), 200.
20. Perekhodov, P. (Year unknown). Food security of the country in the conditions of sanction pressure and geopolitical instability. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika*, 55–64.
21. RezaeeDaryakenari, B., Asadzade, P., & Thies, C. G. (2024). Economic sanctions and food consumption: Evidence from Iranian households. *International Studies Quarterly*, 68(3), sqae103.
22. Salman, M., Ahmed, A. W., Khan, O. A., Raza, B., & Latif, K. (2017). Artificial intelligence in bio-medical domain. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 8(8).
23. Sandbrink, J. B. (2023). Artificial intelligence and biological misuse: Differentiating risks of language models and biological design tools. *arXiv preprint arXiv:2306.13952*.
24. Silva, J., Paiva, L. M., Silva, J. J. P. d., Netto, M. B., & Coura, J. R. (1969). A biópsia muscular no diagnóstico das leptospiroses. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 3, 305–316.
25. Snyder, G. H. (2014). Mearsheimer's world: Offensive realism and the struggle for security. In *The realism reader* (pp. 188–196). Routledge.
26. Subasi, A. (2024). DNA sequence classification using artificial intelligence. In *Applications of artificial intelligence in healthcare and biomedicine* (pp. 401–415). Elsevier.
27. Suresh, D., Choudhury, A., Zhang, Y., Zhao, Z., & Shaw, R. (2024). The role of data-driven agritech startups—The case of India and Japan. *Sustainability*, 16(11), 4504.
28. Titus, A. J., van Opstal, E., & Rozo, M. (2020). Biotechnology

in defense of economic and national security. *Health Security*, 18(4), 310–312

29. Varadi, M., Bertoni, D., Magana, P., Paramval, U., Pidruchna, I., Radhakrishnan, M., ... Yeo, J. (2024). AlphaFold Protein Structure Database in 2024: Providing structure coverage for over 214 million protein sequences. *Nucleic Acids Research*, 52(D1), D368–D375.

30. von Braun, J. (2018). Bioeconomy—the global trend and its implications for sustainability and food security. *Global Food Security*, 19, 81–83.

31. Waltz, K. N. (2014). Realist thought and neorealist theory. In *The realism reader* (pp. 124–128). Routledge.

32. Wu, C.-I., & Li, C. (2024). Artificial intelligence and biological research. *Oxford University Press*, 11, nwae415.

33. Zhang, X., Zhao, C., Shao, M. W., Chen, Y. L., Liu, P., & Chen, G. Q. (2022). The roadmap of bioeconomy in China. *Engineering Biology*, 6(4), 71–81.

34. CSET – Center for Security and Emerging Technology. (2024). *China and medical AI: Implications of big biodata for the bioeconomy* (pp. 4–6). Georgetown University. <https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/CSET-China-and-Medical-AI-Implications-of-Big-Biodata-for-the-Bioeconomy.pdf>

35. Liang, J., Zhang, T., & Liu, X. (2025). Agricultural biotechnology in China: Product development and regulatory progress. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 5(139–160), 1–10. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42994-025-00209-4>

36. OECD. (2009). *The bioeconomy to 2030: Designing a policy agenda* (pp. 3–22). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264056886-en>