



Ethics in Biotechnology: Challenges and Perspectives

Amir Hossein Beiki

Corresponding author, Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, University of Qom, Qom, Iran. Email: amirbeiki@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type Research Article	This article examines the philosophical and ethical challenges of biotechnology, which have emerged despite remarkable advances in medicine, agriculture, and environmental science. These challenges arise from fundamental transformations in genetic engineering, which affect not only humans but also the environment and the very concept of identity, thereby reshaping traditional attitudes toward nature. Key topics include the impact of biotechnology on human identity, rethinking autonomy and personhood, and the diversity of cultural and religious perspectives. Religious beliefs play a crucial role in shaping ethical attitudes toward biotechnology, emphasizing the importance of global dialogue and respect for cultural values. The research methodology involves a review and analysis of philosophical and bioethical sources, as well as an examination of cultural and religious differences, demonstrating that traditional ethical frameworks require revision and adaptation to address emerging biotechnological issues. Furthermore, the study highlights the necessity of an interdisciplinary and participatory approach for the responsible governance of these technologies. The findings indicate that biotechnology offers new opportunities for improving health, agriculture, and the environment; however, it also raises challenges related to human identity, social justice, and moral responsibility, which become even more complex in light of cultural and religious diversity. In conclusion, the article stresses the need to maintain a careful balance between scientific progress and ethical considerations, proposing measures such as strengthening regulatory institutions and encouraging the active participation of all stakeholders to promote the ethical and sustainable advancement of biotechnology.
Article history Received: 8 March 2025 Revised: 24 March 2025 Accepted: 26 March 2025 Published: 9 April 2025	
Keywords Bioethics Biotechnology Genethics Human Identity	

Cite this article: Beiki, A. H. (2025). Ethical Philosophy in Biotechnology: Challenges and Perspectives. *Mind and Technology*, 1(1), 1-13. <https://doi.org/10.22091/jmt.2025.12741.1003>



©The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22091/jmt.2025.12741.1003>

Publisher: University of Qom



فلسفه اخلاق در زیست فناوری: چالش ها و چشم اندازها

امیرحسین بیکی

نویسنده مسئول، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه قم، قم، ایران. رایانامه: amirbeiki@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله پژوهشی	
تاریخچه دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۸ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۰۴ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۰۶ انتشار: ۱۴۰۴/۰۱/۲۰	
کلیدواژه‌ها اخلاق زیستی زیست فناوری ژنتیک هویت انسانی	این مقاله به بررسی چالش های فلسفی و اخلاقی زیست فناوری می پردازد که با وجود پیشرفت های چشمگیر در حوزه های پزشکی، کشاورزی و محیط زیست، مطرح شده اند. این چالش ها ناشی از تغییرات بنیادین در مهندسی ژنتیک هستند که نه تنها بر انسان، بلکه بر محیط زیست و مفهوم هویت تأثیر می گذارند و نگرش های سنتی نسبت به طبیعت را دگرگون می سازند. موضوعات کلیدی شامل تأثیر زیست فناوری بر درک هویت انسانی، بازاندیشی درباره استقلال و شخصیت، و تنوع دیدگاه های فرهنگی و مذهبی است. باورهای دینی نقشی اساسی در شکل دهی به نگرش های اخلاقی درباره زیست فناوری دارند و اهمیت گفت و گوی جهانی و احترام به ارزش های فرهنگی را برجسته می کنند. روش تحقیق این پژوهش، مرور و تحلیل منابع فلسفی، اخلاق زیستی و بررسی تفاوت های فرهنگی و دینی است که نشان می دهد چارچوب های اخلاقی سنتی نیازمند به روزرسانی اند تا بتوانند به مسائل نوظهور زیست فناوری پاسخ دهند. همچنین، بر ضرورت رویکردی چندرشته ای و مشارکتی برای مدیریت مسئولانه این فناوری ها تأکید شده است. نتایج پژوهش نشان می دهد که زیست فناوری فرصت های نوینی در بهبود سلامت، کشاورزی و محیط زیست فراهم کرده است؛ اما چالش هایی مانند تأثیر بر هویت انسانی، عدالت اجتماعی و مسئولیت های اخلاقی را نیز به همراه دارد که در پرتو تفاوت های فرهنگی و دینی، پیچیده تر می شوند. در پایان، مقاله تأکید می کند که باید میان پیشرفت علمی و ملاحظات اخلاقی توازن دقیق برقرار شود و راهکارهایی همچون تقویت نهادهای نظارتی و مشارکت فعال همه ذی نفعان را برای پیشرفت اخلاقی و پایدار زیست فناوری پیشنهاد می دهد.
استناد: بیکی، امیرحسین (۱۴۰۴). فلسفه اخلاق در زیست فناوری: چالش ها و چشم اندازها. ذهن و فناوری، ۱(۱)، ۱-۱۳. https://doi.org/10.22091/jmt.2025.12741.1003	
ناشر: دانشگاه قم	
© نویسندگان.	



مقدمه

اگرچه زیست فناوری ریشه در دانش کهن و سنت های دیرینه دارد، اما در دنیای امروز، با گسترش سریع فناوری، دیگر نه یک انتخاب، بلکه یک نیاز اساسی و غیرقابل چشم پوشی است. با گسترش دانش و کاربردهای زیست فناوری توسط پژوهشگران، نگرانی ها و چالش های مرتبط با ایمنی زیستی و مسائل فلسفی و اخلاقی نیز افزایش یافته است. این چالش ها موضوعاتی پیچیده و چندوجهی هستند که توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده اند. به ویژه تغییرات زندگی روزمره که ناشی از زیست فناوری است، اهمیت ویژه ای یافته است (Wang et al., 2024). این تغییرات معمولاً به عنوان راه حلی برای مشکلات زیستی دیده می شوند، اما وقتی زندگی روزمره را در نظر می گیریم، این مسائل پیچیده تر می شوند. فناوری های نوین به بخشی جدایی ناپذیر از زندگی بشر تبدیل شده اند.

پیامدهای اخلاقی زیست فناوری گسترده و چندبعدی هستند و بر کرامت انسانی، حریم خصوصی، حقوق فردی، برابری اجتماعی، قوانین نظارتی و ارزش های فرهنگی و اخلاقی تأثیر می گذارند. پرداختن به این مسائل نیازمند مشارکت گسترده، ارتباط شفاف و تعهد به مسئولیت اخلاقی در همه مراحل توسعه زیست فناوری است (Twine, 2010). ورود این پیامدها به جامعه نیازمند مطالعه دقیق چالش های اخلاقی است تا مطمئن شویم پیشرفت های فناوریانه به حقوق بشر و ارزش های اخلاقی آسیب نمی زند. این کار نیازمند گفتگوی مداوم بین پژوهشگران، متخصصان اخلاق، سیاستگذاران و عموم مردم است تا بتوان این مسائل را به شکل مسئولانه مدیریت کرد. یافتن تعادل میان نوآوری و ملاحظات اخلاقی برای بهره برداری از مزایای زیست فناوری و کاهش خطرات احتمالی ضروری است.

این مقاله به بررسی جنبه های مختلف اخلاق زیست فناوری می پردازد و نشان می دهد که چگونه چارچوب های فلسفی سنتی با مسائل اخلاقی جدید تطبیق می یابند و چگونه گروه های ذی نفع با ارزش ها و منافع متفاوت این روند را هدایت می کنند. همچنین به نقش نهادهای نظارتی در ایجاد تعادل میان نوآوری و احتیاط اشاره دارد. تحلیل مقاله نشان می دهد که با وجود پتانسیل عظیم زیست فناوری در بهبود سلامت انسان، کشاورزی و محیط زیست پایدار، مسائل اخلاقی عمیقی نیز مطرح می شود که نیازمند رویکردهای مشترک بین رشته ای، مشورت وسیع و نهادهای حاکمیتی منعطف است. این نهادها باید قابلیت تطبیق با فناوری های جدید را داشته باشند تا بتوانند به درستی با چالش های نوظهور مقابله کنند.

هدف اصلی مقاله، بررسی چالش ها و پیامدهای اخلاقی زیست فناوری و ضرورت ایجاد چارچوب ها و مکانیسم هایی است که بتوانند تعادل مناسبی بین پیشرفت های فناوریانه و رعایت اصول اخلاقی برقرار کنند. مقاله تأکید دارد که برای مدیریت این چالش ها نیاز به مشارکت گسترده ذی نفعان مختلف و نهادهای انعطاف پذیر است تا پیشرفت های زیست فناوریانه به نفع جامعه و بدون نقض حقوق انسانی پیش برود.

مقاله حاضر در ادامه به تبیین و تحلیل نظام مند مباحث کلیدی مرتبط با فلسفه اخلاق در زیست فناوری می پردازد. در ابتدا، مبانی تحقیق در اخلاق زیستی مورد بررسی قرار می گیرد تا چارچوب نظری و اصول اخلاقی که هدایت کننده تحلیل های بعدی هستند، روشن شوند. سپس، سیر تحول گفتمان اخلاقی در زیست فناوری از اخلاق پزشکی سنتی تا گفتمان های جهانی و آینده نگر امروزی ترسیم می شود تا تحولات تاریخی و نظری این حوزه نمایان گردد. در ادامه، به تأثیر فناوری های ژنتیک بر هویت انسانی پرداخته می شود و بررسی می شود که چگونه دستورزی ژنوم می تواند مفاهیمی همچون فردیت، آزادی ذاتی و مساوات اجتماعی را به چالش بکشد. همچنین، چالش های فناوری های تولیدمثل از منظر اخلاقی، روانی و اجتماعی مورد تأمل قرار می گیرد تا پیامدهای این فناوری ها بر ماهیت والدین، خانواده و حق به تولد طبیعی آشکار شود. در بخش بعدی، به آینده زیست فناوری کشاورزی پرداخته می شود و چالش های مرتبط با امنیت غذایی، عدالت دسترسی و اخلاق محیط زیست مورد بحث قرار می گیرد. سپس، زیست شناسی مصنوعی و امکان طراحی و ساخت حیات مصنوعی از دیدگاه فلسفی و اخلاقی بررسی می شود تا پرسش هایی درباره مرزهای حیات، مسئولیت انسان در «آفرینش» و ارزش ذاتی طبیعت مطرح گردد. در ادامه، ضرورت حکمرانی جهانی زیست فناوری مورد تأکید قرار می گیرد و پیشنهادهایی برای نهادهای سازی چارچوب های بین المللی، شفافیت و نظارت مستقل ارائه می شود. در پایان، چشم اندازهای فرهنگی مرتبط با این فناوری ها مورد بررسی قرار می گیرد تا تفاوت های تمدنی، ارزشی و معنایی در درک و پذیرش فناوری — از غرب تا شرق، از جوامع مذهبی تا سکولار — نشان داده شود و اهمیت گفت و گوی بین فرهنگی در شکل دهی به آینده انسانیت

تبیین گردد. به طور کلی، هدف این مقاله بررسی نحوه تلاقی پیشرفت‌های زیست‌فناوری با اصول اخلاقی معاصر و ارائه چارچوبی برای حکمرانی مسئولانه این فناوری‌ها است.

مبانی تحقیق اخلاق زیستی

اخلاق زیستی به عنوان یک رشته مجزا در دهه ۱۹۷۰ شکل گرفت و به نگرانی‌های مطرح‌شده درباره فناوری‌های نوین پزشکی و روش‌های تحقیقاتی پاسخ داد. این حوزه به صورت یک تلاش چندرشته‌ای توسعه یافت و از اخلاق فلسفی، الهیات، حقوق و رشته‌های علمی مختلف برای بررسی و حل مسائل اخلاقی ناشی از پیشرفت‌های علوم زیستی استفاده کرد (Tezel, 2022). این ویژگی چندرشته‌ای، پیچیدگی موضوعات مورد بحث را نشان می‌دهد که اغلب شامل جزئیات فنی علمی و همچنین سؤالات عمیق فلسفی درباره ماهیت انسان، کرامت و محدودیت‌های مناسب برای مداخله فناوری است.

چارچوب‌های اخلاقی سنتی، نقطه‌های شروع مهمی را برای تحلیل‌های اخلاقی زیستی فراهم می‌کنند، اما اغلب برای مقابله با چالش‌های جدید زیست‌فناوری نیاز به انطباق دارند. رویکردهای پیامدگرا که اقدامات را بر اساس نتایج آنها ارزیابی می‌کنند، با عدم قطعیت و تأثیرات بالقوه گسترده زیست‌فناوری دست‌وپنجه نرم می‌کنند (James, 2018). به عنوان مثال، ارزیابی پیامدهای رهاسازی یک موجود اصلاح‌شده ژنتیکی در محیط زیست، نیازمند پیش‌بینی در سیستم‌های اکولوژیکی پیچیده و در طول چندین نسل است (Aghabalyan et al., 2023).

چارچوب‌های اخلاق وظیفه‌گرا که بر وظایف، تکالیف و حقوق انسانی تمرکز دارند، در تعیین این که مفاهیم سنتی کرامت انسانی چگونه برای موجودات جدیدی مانند آمیزه‌ها^۱ (موجودات نیمه‌انسانی) یا ابرانسان‌ها^۲ به کار می‌روند، با مشکل مواجه می‌شوند. اخلاق فضیلت^۳ که بر شخصیت و شکوفایی تأکید دارد، سؤالاتی را درباره این که چه چیزی شکوفایی انسان را تشکیل می‌دهد، در زمانی که خود تعریف «انسان» ممکن است در حال تغییر باشد، ایجاد می‌کند (Aghabalyan et al., 2023).

رویکرد اصول‌گرایی که توسط بوشامپ و چایلدرس^۴ مطرح شده است، از طریق چهار اصل کلیدی استقلال^۵ (خودمختاری)، خیرخواهی^۶ (سودمندی)، عدم اضرار^۷ و عدالت، به ویژه در حوزه اخلاق زیستی تأثیرگذار بوده است (Beauchamp and Childress, 2009). این اصول چارچوبی عملی برای مقابله با معضلات اخلاقی در محیط‌های فرهنگی و فلسفی مختلف فراهم می‌کنند. اصل استقلال به انتخاب فردی و رضایت آگاهانه تأکید دارد و موضوعاتی مانند حریم خصوصی ژنتیکی و فناوری‌های بهبود را مطرح می‌کند. اصول خیرخواهی (ترویج خیر) و عدم اضرار (پرهیز از آسیب) توجه را به تجزیه و تحلیل سود و زیان و پیامدهای ناخواسته مداخلات زیست‌فناورانه معطوف می‌کنند (Wang et al., 2023). عدالت نیز بر نگرانی‌های مربوط به دسترسی عادلانه به فناوری‌های سودمند و توزیع منصفانه خطرات، به ویژه در شکاف‌های شمال-جنوب جهانی، تأکید دارد.

اخلاق زیستی معاصر فراتر از رویکردهای سنتی گسترش یافته و دیدگاه‌هایی از اخلاق فمینیستی، اخلاق مراقبت، اخلاق محیطی و سنت‌های فلسفی غیرغربی را در خود جای داده است (James, 2018). این دیدگاه‌های متنوع توجه را به جنبه‌های رابطه‌ای ملاحظات اخلاقی، پویایی قدرت در توسعه فناوری و پیامدهای اکولوژیکی گسترده‌تر زیست‌فناوری جلب می‌کند. این گسترش نشان‌دهنده شناخت رو به رشدی است که اخلاق زیست‌فناورانه نمی‌تواند به طور کافی از طریق چارچوب‌های تحلیلی محدود که کاربردهای فناوری را از زمینه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی جدا می‌کنند، مورد توجه قرار گیرد.

سیر تحول گفتمان اخلاق زیستی در زیست‌فناوری

¹. Chimeras

². Enhanced humans

³. Virtue ethics

⁴. Beauchamp and Childress

⁵. Autonomy

⁶. Beneficence

⁷. Nonmaleficence

رشد و توسعه گفتمان اخلاق زیستی به صورت تنگاتنگ با پیشرفت فناوری‌های زیستی همراه بوده است. در ابتدا، بحث‌های اخلاقی عمدتاً بر روی اخلاق پژوهش و کاربردهای پزشکی متمرکز بودند. مواردی مانند مطالعه سیفلیس در تاسکیگی^۱ نگرانی‌هایی را درباره بهره‌کشی از افراد و لزوم رضایت آگاهانه به طور واضح برجسته کردند (Wang et al., 2023). با پیشرفت فناوری‌های ژنتیکی در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰، بحث‌های اخلاقی به موضوعاتی مانند آزمایش‌های ژنتیکی، غربالگری و حریم خصوصی گسترش یافتند. پروژه ژنوم انسانی منابع قابل توجهی را به بررسی پیامدهای اخلاقی، قانونی و اجتماعی^۲ (ELSI) تحقیقات ژنتیکی اختصاص داد و الگویی برای ادغام تفکر اخلاقی در پروژه‌های علمی بزرگ ایجاد کرد (Aghabalyan et al., 2023). با شروع هزاره جدید، توجه بیشتری به اخلاق پژوهش سلول‌های بنیادی، به‌ویژه سلول‌های بنیادی جنینی انسان و سؤالات اخلاقی درباره وضعیت جنین معطوف شد (Beauchamp and Childress, 2009). در همین زمان، بحث‌های مربوط به زیست فناوری کشاورزی نیز شدت گرفتند، به‌ویژه در مورد موجودات اصلاح‌شده ژنتیکی، اثرات زیست‌محیطی آن‌ها و پیامدهای امنیت غذایی. پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های ویرایش ژن، به‌ویژه کریسپر-کس^۳، هم فرصت‌های جدید و هم چالش‌های اخلاقی بیشتری را در حوزه اصلاح ژنتیکی انسان ایجاد کرده است (Tezel, 2022). سهولت نسبی، دقت و مقرون‌به‌صرفه بودن این سیستم‌ها، دسترسی به فناوری‌های ویرایش ژن را گسترده‌تر کرده است، اما در عین حال سؤالات مهمی درباره نحوه حکمرانی و نظارت مناسب بر این فناوری‌ها ایجاد کرده است.

در طول این تکامل، گفتمان اخلاق زیستی به تدریج از طریق کمیته‌های اخلاق، هیئت‌های بررسی نهادی، کمیسیون‌های ملی اخلاق زیستی و اعلامیه‌های بین‌المللی به صورت نهادینه درآمد (Gerber and Hiernaux, 2022). این فرآیند نهادینه‌سازی نشان می‌دهد که ملاحظات اخلاقی باید به صورت سیستماتیک در تحقیقات، توسعه و قوانین گنجانده شوند، نه این‌که تنها به عنوان پیامدهای ثانویه مورد توجه قرار گیرند. با این حال، منتقدان اشاره می‌کنند که اخلاق زیستی نهادی گاهی ممکن است بیشتر به عنوان ابزاری برای مشروعیت‌بخشی به توسعه فناوری عمل کند تا اینکه به ترویج بازتاب انتقادی واقعی درباره ارزش‌ها و اولویت‌ها کمک کند.

فن آوری های ژنتیک و هویت انسانی

یکی از عمیق‌ترین چالش‌های اخلاقی در زیست فناوری، مربوط به فناوری‌های ژنتیکی است که می‌توانند هویت و توانایی‌های انسان را تغییر دهند. توسعه فناوری‌هایی مانند کریسپر و سایر ابزارهای ویرایش ژن، به طور قابل توجهی دقت و امکانات اصلاح ژنتیکی را افزایش داده است. این فناوری‌ها هم فرصت‌های درمانی و هم امکانات بهبود عملکرد انسانی را فراهم کرده‌اند، به گونه‌ای که مرزهای سنتی بین درمان و بهسازی ژنتیکی را محو می‌کنند (Wang et al., 2023). این موضوع مسائل بنیادینی را درباره ماهیت، هویت و وضعیت اخلاقی موجودات اصلاح‌شده ژنتیکی، از جمله انسان، به وجود می‌آورد. ژن درمانی سوماتیک^۴، که شامل تغییر سلول‌های غیرتولیدمثلی در افراد زنده است، مسائل اخلاقی نسبتاً ساده‌تری را در چارچوب‌های پذیرفته‌شده اخلاق پزشکی مطرح می‌کند، زیرا هدف آن درمان بیماری‌های جدی و خطرناک است (Leisinger et al., 2000). با این حال، اصلاحات ژرم‌لاین (ژن‌هایی که به نسل‌های آینده منتقل می‌شوند) نگرانی‌های اخلاقی بیشتری را درباره رضایت، پیامدهای پیش‌بینی‌نشده و کرامت انسانی ایجاد می‌کند. اعلامیه سال ۲۰۱۸ توسط دانشمند چینی جیانکوئی، که ادعا کرد اولین نوزادان ویرایش‌شده ژنتیکی را ایجاد کرده است، باعث محکومیت بین‌المللی وی شد و نشان داد که ساختارهای حاکمیتی فعلی برای جلوگیری از کاربردهای بحث‌برانگیز فناوری‌های ویرایش ژن کافی نیستند (Wang et al., 2023). این رویداد همچنین چالش‌های هماهنگی بین‌المللی در اخلاق زیست فناوری را آشکار کرد، زیرا کشورهای مختلف مقررات و دیدگاه‌های فرهنگی متفاوتی درباره اصلاح ژنتیکی دارند.

¹. Tuskegee

². Ethical, legal, and social implications

³. CRISPR-Cas9

⁴. Somatic gene therapy

کاربردهای ارتقای ژنتیکی در انسان با به‌چالش کشیدن مرز بین درمان و بهبود ترکیب ژنتیکی، تحلیل اخلاقی را پیچیده‌تر می‌کند. در حالی که درمان بیماری‌های ژنتیکی ممکن است از نظر اخلاقی ساده به نظر برسد، افزایش ویژگی‌هایی مانند هوش، توانایی ورزشی یا طول عمر، نگرانی‌هایی را درباره عدالت، دسترسی و تبدیل تنوع انسانی به موضوعی پزشکی (پزشکی‌سازی)^۱ ایجاد می‌کند (Leisinger et al., 2000). مفهوم به‌نژادی لیبرال^۲، که در آن والدین بر اساس ترجیحات شخصی خود (و نه برنامه‌های دولتی)، تصمیم به انتخاب پیشرفت‌هایی برای فرزندانشان می‌گیرند، به‌عنوان یک حوزه بحث‌برانگیز خاص مطرح شده است. فیلسوفانی مانند مایکل سندل^۳ استدلال می‌کنند که چنین رویکردهایی نشان‌دهنده نگرش‌های مشکل‌ساز به استعدادهای انسانی هستند و ممکن است ارزش‌های اجتماعی مهم را تضعیف کنند. در مقابل، دیگرانی مانند جان هریس^۴ معتقدند که فناوری‌های بهبود ترکیب ژنتیکی می‌توانند، در صورت تنظیم مناسب، شکوفایی و استقلال انسان را گسترش دهند (Räikkä, 2009). فناوری‌های ژنتیکی سؤالات عمیقی را درباره هویت و اختیار انسان ایجاد می‌کنند. همان‌طور که جبر ژنتیکی جای خود را به درک پیچیده‌تری از تعامل بین ژن‌ها و محیط می‌دهد، رابطه بین ترکیب ژنتیکی و هویت شخصی به‌تدریج ظریف‌تر و پیچیده‌تر می‌شود (Capps et al., 2017). فناوری‌هایی که اساس ژنتیکی هویت را تغییر می‌دهند، تصورات سنتی از خود را به چالش می‌کشند و سؤالاتی را درباره اصالت و کرامت انسانی مطرح می‌کنند. این پرسش‌های فلسفی با نگرانی‌های عملی درباره حریم خصوصی ژنتیکی، تبعیض و ظهور بالقوه طبقات ژنتیکی در جوامعی که فناوری‌های بهبود به‌صورت نابرابر توزیع شده‌اند، همپوشانی دارند.

فناوری‌های تولید مثل و نسل‌های آینده

فناوری‌های تولیدمثلی چالش‌های اخلاقی پیچیده‌ای را ارائه می‌کنند، زیرا شامل تصمیماتی می‌شوند که بر افرادی تأثیر می‌گذارند که هنوز وجود ندارند. تشخیص ژنتیکی پیش از لانه‌گزینی^۵ (PGD)، که امکان انتخاب بین جنین‌های ایجاد شده از طریق لقاح آزمایشگاهی را فراهم می‌کند، این سؤال را بر می‌انگیزد که کدام شرایط ژنتیکی انتخاب را توجیه می‌کند و آیا چنین اقداماتی علیه افرادی که با آن شرایط زندگی می‌کنند تبعیض قائل می‌شود یا خیر (Burright and Al-khateeb, 2024). این فناوری‌ها مرزهای بین انتخاب درمانی و به‌سازی ترکیب ژنتیکی را محو می‌کنند، به‌ویژه زمانی که انتخاب فراتر از بیماری‌های جدی به صفاتی مانند جنسیت یا ویژگی‌های فیزیکی گسترش می‌یابد.

درمان جایگزینی میتوکندریایی که با ایجاد جنین با مواد ژنتیکی از سه نفر، از انتقال بیماری‌های دارای وراثت مادری جلوگیری می‌کند، در برخی از قلمروها مورد تأیید قرار گرفته و در برخی دیگر ممنوع است و تفاوت‌های فرهنگی و مذهبی در رویکردهای اخلاق باروری را برجسته می‌کند (Räikkä, 2009). فناوری‌های احتمالی تر آینده مانند رحم مصنوعی (اکتوژنز^۶) فرآیندهای تولید مثل را بیشتر متحول می‌کند و به‌طور بالقوه روابط اساسی بین بارداری، والدین و نقش‌های جنسیتی را تغییر می‌دهد. این فناوری‌ها باعث بازنگری مفاهیمی مانند مسئولیت والدین، استقلال باروری و معنای روابط بیولوژیکی می‌شوند.

اخلاق فناوری‌های تولیدمثلی که با دیدگاه‌های حقوق معلولیت تلاقی دارد، اغلب مدل‌های پزشکی را نقد می‌کنند که شرایط ژنتیکی را عمدتاً به‌عنوان مشکلاتی که باید حذف شوند و نه جنبه‌هایی از تنوع انسانی تعریف می‌کنند (Capps et al., 2017). محققان و فعالان حوزه معلولیت، نگرانی‌هایی را مطرح کرده‌اند که فناوری‌های انتخاب ژنتیک ممکن است تحقیر و تبعیض را تقویت کند و در عین حال حمایت اجتماعی از افراد دارای معلولیت را کاهش دهد. این دیدگاه‌ها تنش‌های بین استقلال باروری فردی و ارزش‌های اجتماعی گسترده‌تر و برابری را برجسته می‌کنند. آنها همچنین نشان می‌دهند که چگونه اخلاق زیست‌فناورانه فراتر از مسائل انتخاب فردی گسترش می‌یابد و معانی اجتماعی، نهادها و روابط قدرت را در بر می‌گیرد.

زیست‌فناوری کشاورزی و اخلاق محیطی

^۱. Medicalization (گسترش نقش علوم پزشکی در زندگی اجتماعی)

^۲. Liberal eugenics

^۳. Michael Sandel

^۴. John Harris

^۵. Preimplantation genetic diagnosis

^۶. Ectogenesis

کاربردهای زیست فناوری در کشاورزی چالش‌های اخلاقی منحصربه‌فردی را مطرح می‌کند که حول محور امنیت غذایی، اثرات زیست‌محیطی و عدالت جهانی شکل گرفته‌اند. موجودات تراریخته در کشاورزی برای دهه‌ها باعث بحث و جدل شده‌اند، به طوری که این بحث‌ها شامل سؤالات علمی درباره ایمنی و اثرات زیست‌محیطی، همراه با نگرانی‌های اخلاقی در مورد کنترل شرکت‌ها بر سیستم‌های غذایی و ارزش‌های فرهنگی مرتبط با غذا هستند (Jarvis, 2022). این موضوعات نشان می‌دهند که اخلاق در حوزه زیست فناوری تنها به ارزیابی خطرات محدود نمی‌شود، بلکه به سؤالاتی مانند اینکه چه افراد یا گروه‌هایی از فناوری سود می‌برند، تصمیم‌گیری در این زمینه با چه کسانی است و چه ارزش‌ها و اصولی باید راهنمای عمل باشند نیز می‌پردازد. طرفداران زیست فناوری کشاورزی استدلال می‌کنند که این فناوری می‌تواند به مقابله با گرسنگی جهانی کمک کند. آنها به مزایایی مانند افزایش تولید محصولات، بهبود ارزش غذایی و مقاومت بیشتر در برابر تغییرات آب‌وهوایی اشاره می‌کنند (Tezel, 2022). به عنوان مثال، برنج طلایی که به منظور تولید بتاکاروتن (پیش‌ساز ویتامین A) مهندسی ژنتیکی شده است، نمونه‌ای از این است که چگونه زیست فناوری کشاورزی می‌تواند مشکلات سلامتی در کشورهای در حال توسعه را کاهش دهد (Jarvis, 2022). با این حال، منتقدان این سؤال را مطرح می‌کنند که آیا این فناوری‌ها به اندازه کافی به عوامل اجتماعی، اقتصادی و سیاسی ناامنی غذایی، مانند فقر و نابرابری، توجه دارند یا خیر. آنها معتقدند که این عوامل اغلب نقش مهم‌تری در ناامنی غذایی ایفا می‌کنند تا کمبود تولید محصولات زراعی (Wang, 2021).

نگرانی‌های اخلاقی زیست‌محیطی درباره محصولات اصلاح‌شده ژنتیکی شامل تأثیرات احتمالی این محصولات بر اکوسیستم‌ها است. این تأثیرات ممکن است شامل آسیب به موجودات غیرهدف، انتقال ژن‌های اصلاح‌شده به گونه‌های وحشی مرتبط و کاهش تنوع زیستی باشد (Tezel, 2022). اصل احتیاط، که بر ضرورت اقدام محتاطانه در شرایط عدم قطعیت علمی درباره خطرات جدی تأکید دارد، نقش مهمی در قوانین نظارتی اروپا درباره محصولات تراریخته (GMO) ایفا کرده است. با این حال، این اصل همچنان موضوع اختلاف در بحث‌های علمی و مناقشات تجاری بین‌المللی است (Wang, 2021). این رویکرد همچنین تنش‌هایی بین پیشرفت فناوری و رویکرد احتیاطی را آشکار می‌کند و پرسش‌هایی درباره نوع شواهد لازم و مسئولیت اثبات ایمنی یا خطر این فناوری‌ها مطرح می‌کند.

قوانین مالکیت معنوی در حوزه زیست فناوری کشاورزی نیز نگرانی‌های اخلاقی بیشتری را درباره عدالت و دسترسی به منابع ایجاد کرده است. به عنوان مثال، ثبت اختراع برای بذرهای اصلاح‌شده ژنتیکی باعث شده است که موضوعاتی مانند حقوق کشاورزان برای ذخیره بذر، استفاده از دانش بومی و تمرکز قدرت در دست شرکت‌های بزرگ در سیستم‌های تولید غذا مورد بحث قرار گیرد (Bhardwaj and Sekhar, 2024). این مسائل، اخلاق زیست فناوری کشاورزی را به چالش‌های گسترده‌تری درباره عدالت جهانی، اخلاق توسعه و نحوه تعادل بین تشویق به نوآوری و حفظ منافع عمومی در نظام مالکیت فکری مرتبط می‌کند.

زیست‌شناسی مصنوعی و ایجاد زندگی

زیست‌شناسی مصنوعی، که به طراحی و ساخت قطعات، دستگاه‌ها و سیستم‌های زیستی جدید می‌پردازد، مرزی از زیست فناوری را نشان می‌دهد که پیامدهای اخلاقی خاص خود را دارد. این حوزه با فراتر رفتن از اصلاح موجودات زنده موجود و حرکت به سمت ایجاد موجودات بیولوژیکی کاملاً جدید، مسائل عمیقی درباره وضعیت اخلاقی زندگی مصنوعی و مسئولیت‌های انسان در قبال این موجودات ایجاد شده مطرح می‌کند (Zhang, 2024). این موضوع چارچوب‌های اخلاقی سنتی را که تمایز واضحی بین موجودات طبیعی و مصنوعی یا بین سیستم‌های زنده و غیرزنده قائل می‌شوند، به چالش می‌کشد.

نگرانی‌های ایمنی زیستی در زیست‌شناسی مصنوعی شامل پیامدهای اکولوژیکی ناشی از رهاسازی موجودات مصنوعی و خطر پژوهش‌ها با کاربرد دوگانه است. این تحقیقات ممکن است به تسهیل بیوتروریسم یا توسعه سلاح‌های بیولوژیکی منجر شود (Hayenhjelm and Nordlund, 2025). این نگرانی‌ها تقاضایی برای رویکردهای نوآوری مسئولانه ایجاد کرده‌اند که اخلاق را در تمام مراحل تحقیق و توسعه، و نه فقط در مرحله کاربرد، مد نظر قرار دهند. با این حال، پیش‌بینی پیامدها به‌طور فزاینده‌ای

دشوارتر می‌شود؛ زیرا فناوری‌ها امکان انحراف بیشتر از سیستم‌های بیولوژیکی موجود را فراهم می‌کنند و قابلیت‌های آن‌ها از طریق هکرهای زیستی و شبکه‌های زیست‌شناسی¹ DIY به صورت گسترده‌تری توزیع می‌شوند.

فراتر از ملاحظات ایمنی، زیست‌شناسی مصنوعی سؤالات فلسفی عمیق‌تری را در مورد خلاقیت، غرور و روابط انسان با جهان طبیعی مطرح می‌کند. دیدگاه‌های مذهبی و معنوی اغلب بر مرزهای بین خلقت الهی و انسانی تأکید می‌کنند، در حالی که اخلاق محیطی سکولار ممکن است این سؤال را مطرح کند که آیا زیست‌شناسی مصنوعی نشان‌دهنده احترام مناسب برای فرآیندهای تکاملی و روابط اکولوژیکی است. این دیدگاه‌های متنوع منعکس‌کننده تنش‌های اساسی بین ارزش‌های نوآوری و تسلط انسانی در مقابل فروتنی و حفظ است که در سراسر اخلاق بیوتکنولوژی تکرار می‌شود. فراتر از نگرانی‌های ایمنی، زیست‌شناسی مصنوعی موضوعات فلسفی عمیق‌تری را درباره خلاقیت انسانی، غرور و روابط بین انسان و طبیعت مطرح می‌کند. دیدگاه‌های مذهبی و معنوی معمولاً بر مرزهای بین آنچه که توسط خداوند خلق شده و آنچه توسط انسان ساخته می‌شود تأکید می‌کنند. از سوی دیگر، اخلاق محیطی سکولار ممکن است این پرسش را مطرح کند که آیا زیست‌شناسی مصنوعی نشان‌دهنده احترام کافی به فرآیندهای تکاملی طبیعی و تعادل اکولوژیکی است یا خیر. این دیدگاه‌های مختلف، تنش‌های بنیادین بین ارزش‌های نوآوری و تسلط انسانی در مقابل فروتنی و حفظ منابع طبیعی را نشان می‌دهند. تنش‌هایی که در سراسر بحث‌های اخلاقی در حوزه بیوتکنولوژی تکرار می‌شوند (Hayenhjelm and Nordlund, 2025).

حکمرانی جهانی و چشم اندازهای فرهنگی

توسعه زیست‌فناوری به عنوان یک پدیده جهانی، چالش‌های خاصی را در حوزه‌های فرهنگی، مذهبی و سیاسی برای حکومت اخلاقی ایجاد می‌کند. تنوع بین‌المللی در رویکردهای نظارتی نه تنها نشان‌دهنده تفاوت در ارزیابی خطرات است، بلکه بازتابی از چارچوب‌های اخلاقی و ارزش‌های فرهنگی متفاوت درباره فناوری، طبیعت و مداخله انسانی نیز هست (Cwik, 2019). این تفاوت‌ها ضمن ایجاد چالش‌های عملی برای همکاری بین‌المللی در تحقیق و توسعه، لزوم گفت‌وگوی بین‌فرهنگی در زمینه اخلاق بیوتکنولوژی را نیز برجسته می‌کند.

دیدگاه‌های مذهبی نقش قابل توجهی در شکل‌دهی به اخلاق زیست‌فناوری در سنت‌های مختلف دارند. رویکردهای مسیحی معمولاً بر مفاهیمی مانند کرامت انسانی، سرپرستی خلقت و وضعیت اخلاقی جنین‌ها تأکید می‌کنند، به‌ویژه در بحث‌های مربوط به تحقیقات سلول‌های بنیادی و فناوری‌های تولیدمثلی (Alaverdyan, 2024). اخلاق زیستی اسلامی بین مداخلاتی که فرآیندهای طبیعی را پشتیبانی می‌کنند و مداخلاتی که به‌طور بنیادی خلقت را تغییر می‌دهند تمایز قائل می‌شود، که این موضوع در فناوری‌های جدید به بحث‌های علمی گسترده‌ای منجر شده است (Cwik, 2019). دیدگاه‌های بودایی نیز بر انگیزه‌های دلسوزانه و ارتباط متقابل تأکید دارند و ممکن است از کاربردهای درمانی حمایت کنند، اما در عین حال فناوری‌های تقویت‌کننده ناشی از دلبستگی‌های نفسانی را زیر سؤال ببرند (Susumu, 2011). این دیدگاه‌های متنوع مذهبی نشان می‌دهند که اخلاق زیست‌فناوری چگونه با پرسش‌های اساسی درباره ماهیت، هدف و رابطه صحیح انسان با طبیعت در ارتباط است.

تنوع فرهنگی در نگرش به اخلاق زیست‌فناوری تنها به دیدگاه‌های مذهبی محدود نمی‌شود. جوامع مختلف بر ارزش‌های متفاوتی تأکید می‌کنند، از جمله استقلال فردی در مقابل رفاه جمعی، پیشرفت فناوری در برابر هماهنگی با طبیعت و ریسک‌پذیری در مقابل احتیاط. این تفاوت‌های فرهنگی بر گفتمان عمومی، قوانین نظارتی و هنجارهای اخلاقی درباره زیست‌فناوری تأثیر می‌گذارد. به عنوان مثال، رویکرد اروپایی به محصولات اصلاح‌شده ژنتیکی (GMO) بر اصل احتیاط و حق انتخاب مصرف‌کننده از طریق برچسب‌گذاری اجباری تمرکز دارد؛ در حالی که رویکرد ایالات متحده بیشتر بر پایه ریسک‌های علمی ثابت شده است. در مناطق آسیای شرقی، گاهی بر هماهنگی اجتماعی و سود جمعی در کنار توسعه سریع فناوری تأکید می‌شود که منجر به رویکردهای متمایزی در حاکمیت اخلاق زیستی می‌شود.

بعد جهانی اخلاق زیست‌فناوری نیز پرسش‌هایی درباره عدالت و توزیع قدرت در توسعه فناوری ایجاد می‌کند. وقتی توانایی‌های تحقیقاتی، منابع نظارتی و مزایای تجاری به‌طور ناعادلانه بین کشورهای شمال و جنوب تقسیم می‌شود، نگرانی‌های اخلاقی درباره

¹. Do It Yourself

بهره‌برداری، تصاحب منابع ژنتیکی و تحمیل ارزش‌های خارجی به وجود می‌آید. این شرایط تقاضایی برای عدالت در حکمرانی بین‌المللی ایجاد کرده است که شامل مشورت گسترده و احترام به دیدگاه‌های متنوع باشد، به جای تحمیل چارچوب‌های اخلاقی جهانی که بر اساس فرهنگ‌های غالب شکل گرفته‌اند.

مشارکت دموکراتیک و اخلاق زیستی عمومی

پیامدهای اجتماعی عمیق زیست‌فناوری باعث شده است که توجه بیشتری به مشارکت دموکراتیک در مدیریت این فناوری جلب شود. رویکردهای سنتی که تنها به متخصصان وابسته بودند، هنگامی که به موضوعات ارزشی و اخلاقی پرداخته می‌شود - که فراتر از ارزیابی ریسک‌های فنی هستند - با چالش‌هایی در زمینه مشروعیت و اثربخشی مواجه می‌شوند (Laguarta Bueno, 2022). در پاسخ، مکانیسم‌های مختلفی برای مشارکت عمومی توسعه یافته‌اند، از جمله کنفرانس‌های وفاق، هیئت‌های منصفه شهروندان و ارزیابی مشارکتی فناوری. این مکانیسم‌ها در پی ادغام دیدگاه‌های متنوع در تصمیم‌گیری‌های سیاستی مرتبط با زیست‌فناوری هستند (Perez Villanueva and Albizu-Campos Espiñeira, 2023).

مؤسسات عمومی اخلاق زیستی، مانند کمیته‌های ملی اخلاق و نهادهای مشورتی، نقش مهمی در ارائه ملاحظات اخلاقی به سیاست‌گذاران و تقویت مشارکت عمومی درباره زیست‌فناوری ایفا می‌کنند (Laguarta Bueno, 2022). با این حال، این نهادها در ایجاد تعادل میان تخصص علمی و مشارکت عمومی، و همچنین در هدایت بحث‌های سیاسی قطبی‌شده با چالش‌هایی روبرو هستند. منتقدان این پرسش را مطرح می‌کنند که آیا این نهادها به اندازه کافی به موضوعات بنیادینی مانند اولویت‌های اجتماعی و مسیرهای توسعه فناوری می‌پردازند یا صرفاً پیشرفت‌های افزایشی در مسیرهای موجود را مشروعیت می‌بخشند؟ مفهوم «حکمرانی پیش‌بینی‌کننده» به عنوان چارچوبی برای مقابله با چالش‌های اخلاقی آینده در زیست‌فناوری مطرح شده است؛ چارچوبی که بر آینده‌نگری، مشارکت و همکاری بین رشته‌ای تأکید دارد (Wiek et al., 2012). این رویکرد بیان می‌کند که اخلاق نباید تنها واکنشی به تحولات فناوری باشد، بلکه باید در تعیین اولویت‌های پژوهشی، طراحی فرآیندها و ساختارهای حاکمیتی نیز مشارکت فعال داشته باشد. با این حال، اجرای این رویکرد با چالش‌های عملی‌ای همچون عدم قطعیت، تعارض ارزش‌ها و تصمیم‌گیری توزیع‌شده در نظام‌های نوآوری پیچیده مواجه است.

رویکردهای آموزشی در حوزه اخلاق زیست‌فناوری بر افزایش سواد علمی و تقویت توانایی‌های استدلال اخلاقی تأکید دارند و هدف آن‌ها آماده‌سازی شهروندان برای مشارکت آگاهانه در مدیریت این فناوری است (Wiek et al., 2012). این رویکردها تشخیص می‌دهند که مشارکت دموکراتیک معنادار، مستلزم هر دو بُعد درک فنی و هم تفکر اخلاقی است. با این حال، تلاش‌های آموزشی باید تنش‌های میان ترویج تفکر انتقادی و جلوگیری از قطبی‌سازی را مدیریت کنند، به‌ویژه در زمینه‌هایی که موضوعات زیست‌فناوری با تقسیم‌بندی‌های سیاسی و فرهنگی گسترده‌تر تلاقی می‌کنند.

مرزهای در حال ظهور و چالش‌های آینده

چشم‌انداز زیست‌فناوری که به سرعت در حال تحول است، مرزهای اخلاقی را به‌طور مداوم دگرگون می‌کند. نورو فناوری، که مستقیماً با عملکرد مغز از طریق ابزارهایی مانند رابط‌های مغز و رایانه ارتباط برقرار می‌کند، سؤالات جدیدی را درباره آزادی شناختی، حریم خصوصی ذهنی و هویت شخصی مطرح می‌سازد (Wang et al., 2024). همان‌طور که این فناوری‌ها از کاربردهای درمانی - مانند درمان فلج - به سوی برنامه‌های بهسازی ژنتیکی پیش می‌روند، مرزهای سنتی میان فرد و فناوری را به چالش می‌کشند و در عین حال نگرانی‌هایی درباره نظارت، دست‌کاری و استقلال انسانی ایجاد می‌کنند.

همگرایی زیست‌فناوری و هوش مصنوعی، پیچیدگی‌های اخلاقی بیشتری را به وجود می‌آورد. سیستم‌های یادگیری ماشینی که داده‌های زیستی را تجزیه و تحلیل می‌کنند، پرسش‌های تازه‌ای را درباره مالکیت، رضایت و استفاده مناسب از اطلاعات حساس مطرح می‌کنند (Adisa et al., 2024). این فناوری‌ها ممکن است اخلاق سنتی پژوهش را دگرگون سازند، زیرا امکان تجزیه و تحلیل در مجموعه‌های عظیم داده با شفافیت محدود درباره روش‌ها یا کاربردهای بالقوه را فراهم می‌آورند. در همین حال، سیستم‌های هوش مصنوعی که برای کمک یا جایگزینی تصمیم‌گیری انسانی در زمینه‌های زیست‌فناوری طراحی شده‌اند،

نگرانی‌هایی را درباره مسئولیت‌پذیری، سوگیری و نقش مناسب قضاوت الگوریتمی در برابر قضاوت انسانی در حوزه‌های اخلاقی پیچیده ایجاد می‌کنند.

فراتر از کاربردهای مرتبط با انسان، فناوری‌هایی که برای انقراض گونه‌ها، مهندسی اکوسیستم‌ها و اصلاح گونه‌های وحشی به منظور حفاظت طراحی شده‌اند، پرسش‌های عمیقی را درباره اخلاق زیست‌محیطی و مسئولیت انسان در قبال طبیعت مطرح می‌کنند (Wang et al., 2024). به عنوان نمونه، فناوری‌های ژن‌درایی^۱ که می‌توانند جمعیت‌هایی مانند پشه‌های ناقل مالاریا را با دست‌کاری الگوهای وراثتی از بین ببرند، چالش‌های اخلاقی مهمی را در زمینه دست‌کاری عمدی جمعیت‌های وحشی و اکوسیستم‌ها مطرح می‌سازند (Adisa et al., 2024). این فناوری‌ها موجب می‌شوند مفاهیمی همچون مداخله طبیعی در برابر مداخله مصنوعی و نقش انسان در فرآیندهای تکاملی مورد بازنگری قرار گیرند.

سرعت روزافزون پیشرفت‌های زیست‌فناوری، چالش‌های خاصی را برای حاکمیت اخلاقی به وجود آورده است. سیستم‌های نظارتی که برای نسل‌های پیشین فناوری‌ها طراحی شده‌اند، اکنون در تطبیق با کاربردهای جدید با دشواری روبه‌رو هستند. همچنین، توزیع جهانی توانایی‌های پژوهشی، پیاده‌سازی استانداردهای اخلاقی را پیچیده‌تر کرده است (Zhang et al., 2020). مفهوم "پژوهش و نوآوری مسئولانه"^۲ به عنوان چارچوبی نو ظهور کرده است که بر آینده‌نگری، دربرگیرندگی دیدگاه‌های گوناگون، بازتاب‌پذیری و پاسخ‌گویی در تمام مراحل فرآیند نوآوری تأکید دارد؛ نه صرفاً ارزیابی فناوری‌هایی که قبلاً توسعه یافته‌اند (Adisa et al., 2024). با این حال، اجرای این اصول مستلزم تغییرات بنیادی در نهادها است و ممکن است با فشارهای رقابتی در محیط‌های دانشگاهی و تجاری در تعارض باشد.

ادغام اخلاق در توسعه بیوتکنولوژی

حرکت فراتر از دیدگاه سنتی اخلاق به عنوان یک محدودیت خارجی، و یکپارچه‌سازی بازتاب اخلاقی در تمام مراحل توسعه زیست‌فناوری، یکی از مرزهای مهم برای مقابله با چالش‌های اخلاقی در این حوزه به شمار می‌رود. این ادغام می‌تواند از طریق مکانیسم‌های گوناگون تحقق یابد؛ از جمله حضور اخلاق پژوهان در تیم‌های تحقیقاتی، ارزیابی تأثیر اخلاقی پروژه‌های پیشنهادی، و آموزش اخلاق به دانشمندان و مهندسان (Zhang et al., 2020). این رویکردها نشان می‌دهند که ملاحظات اخلاقی نه تنها باید توسعه فناوری‌های خاص را هدایت کنند، بلکه باید نحوه طراحی، آزمون و پیاده‌سازی آن‌ها را نیز تعیین نمایند.

حوزه رو به رشد «اخلاق از طریق طراحی»^۳ این رویکرد یکپارچه را به کار می‌گیرد و با گنجاندن اصول اخلاقی به صورت مستقیم در فرآیندهای طراحی فناوری، اخلاق را دیگر صرفاً به عنوان یک محدودیت بیرونی در نظر نمی‌گیرد (Buedo et al., 2024). در زیست‌فناوری، این رویکرد می‌تواند شامل طراحی تغییرات ژنتیکی با مکانیسم‌های برگشت‌پذیر، توسعه کاربردهای کشاورزی با توجه به شرایط اجتماعی-اقتصادی محلی، یا اطمینان از این باشد که فناوری‌های پزشکی به نیازهای بهداشتی جمعیت‌های گوناگون پاسخ می‌دهند. این رویکردها، اخلاق زیست‌فناوری را فراتر از مباحث سنتی درباره مجاز یا غیرمجاز گسترش می‌دهند و به این موضوع می‌پردازند که چگونه ارزش‌ها می‌توانند به صورت مثبت در طراحی فناوری تجسم یابند.

همکاری بین‌رشته‌ای به‌ویژه برای مقابله با چالش‌های اخلاقی پیچیده در حوزه زیست‌فناوری ضروری است. ادغام مؤثر نیازمند شکستن مرزهای تخصصی و سلسله مراتب وضعیتی میان کارشناسان علمی و متخصصان حوزه‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی فناوری است (Buedo et al., 2024). مدل‌های موفق این همکاری‌ها، زبان مشترکی را ایجاد می‌کنند، احترام متقابل به انواع مختلف تخصص را ترویج می‌نمایند و رویکردهای حل مسئله‌ای را پیش می‌برند که هم جنبه‌های فنی و هم ارزشی چالش‌های زیست‌فناوری را در نظر می‌گیرند.

با نگاهی به آینده، اخلاق زیست‌فناوری احتمالاً نیازمند توجه بیشتر به مکانیسم‌های حکمرانی جهانی خواهد بود که بتوانند تأثیرات فرامرزی فناوری را مدیریت کرده و در عین حال به تفاوت‌های فرهنگی احترام بگذارند. رویکردهای حاکمیت چندمرکزی که در سطوح مختلف و میان انواع اختیارات هماهنگ می‌شوند، ممکن است نسبت به تلاش‌های تنظیم مقررات بین‌المللی جامع،

¹. Gene drive

². Responsible research and innovation

³. Ethics by design

انعطاف پذیرتر و سازگارتر باشند (Rinaldi and Colotti, 2019). این رویکردها ماهیت توزیع شده توسعه زیست فناوری و مسئولیت های اخلاقی را درک می کنند و در پی هماهنگی هستند؛ بدون اینکه چارچوب های اخلاقی جهانی را تحمیل کنند که ممکن است نتواند ارزش ها و شرایط متنوع را به درستی منعکس کند.

نتیجه گیری

پیشرفت های خیره کننده در زیست فناوری، توانایی بی سابقه ای برای دست کاری ژنتیکی، مهندسی موجودات زنده و حتی خلق اشکال جدید زندگی در اختیار بشر قرار داده است. این قابلیت های منحصر به فرد، پرسش های اخلاقی عمیقی را درباره مرزهای اخلاقی علم مطرح می کنند:

- مرز بین درمان بیماری ها و بهبود ویژگی های انسانی کجاست؟
- چه چیزی «طبیعی» محسوب می شود و چه چیزی «دست کاری شده» است؟
- چگونه می توان تعریف «انسانیت» را در عصر مهندسی ژنتیک حفظ کرد؟
- چگونه می توان چارچوب های اخلاقی را بازتعریف کرد تا با توانایی های نوین زیست فناوری هماهنگ شوند؟
- چگونه می توان مفاهیم هویت و کرامت انسانی را در مواجهه با دست کاری های ژنتیکی بازاندیشی کرد؟
- چه مسئولیت هایی در قبال نسل های آینده و محیط طبیعی داریم و چگونه باید آنها را در سیاست گذاری زیست فناوری لحاظ کرد؟
- چگونه می توان از نگرش های صرفاً فناورانه و ریسک محور فراتر رفت و ابعاد فرهنگی و ارزشی زیست فناوری را در تصمیم گیری ها نهادینه کرد؟

برای پاسخ به این پرسش های بنیادین، نیازمند ترکیبی چندبعدی از عوامل کلیدی هستیم:

- تلفیق دانش تخصصی علوم زیستی با فلسفه اخلاق
- در نظر گرفتن دیدگاه های متنوع فرهنگی و دینی
- ایجاد چارچوب های حکمرانی کارآمد در تمام مراحل تحقیق و توسعه

مسیر آینده زیست فناوری تنها به پیشرفت های آزمایشگاهی وابسته نیست، بلکه بیش از هر چیز به این موارد نیاز دارد:

- بازنگری و تکمیل چارچوب های اخلاق زیستی با توجه به مقتضیات جدید و پذیرش نگاه بین رشته ای
- توسعه اصول اخلاقی پویا که همگام با فناوری تکامل یابند
- ایجاد نهادهای نظارتی هوشمند و پاسخ گو
- تمرکز بر تحقیقات آینده پژوهی
- گفت و گوی مستمر میان دانشمندان، فیلسوفان، رهبران دینی و عموم مردم
- ارتقای انعطاف پذیری و شفافیت نهادهای نظارتی با محوریت اخلاق و پاسخگویی اجتماعی
- ترویج گفت و گو بین المللی و انجام پژوهش های تطبیقی برای رسیدن به هم گرایی جهانی، همراه با احترام عمیق به ویژگی های فرهنگی و مذهبی جوامع مختلف

چالش اصلی پیش روی ما، یافتن راهی برای بهره گیری از موهبت های زیست فناوری است؛ در حالی که ارزش های اساسی انسانی، مانند کرامت فردی، عدالت اجتماعی و مسئولیت در قبال نسل های آینده، حفظ شوند. این امر تنها از طریق گفت و گوی گسترده و تفکر جمعی، تمرکز بر تحقیقات آینده پژوهی برای بررسی تأثیرات اجتماعی، روانی و هویتی فناوریهای نوظهور، سرمایه گذاری در

آموزش و ارتقای سطح آگاهی تخصصی و عمومی به منظور مسئولیت‌پذیری فردی و اجتماعی در حوزه اخلاق زیستی و تدوین سیاست‌های مبتنی بر عدالت برای اطمینان از دسترسی برابر به دستاوردهای زیست‌فناوری و پیش‌گیری از گسترش نابرابری یا تبعیض ژنتیکی ممکن خواهد بود. اجرای این سیاست‌ها و اقدامات، زمینه را برای ایجاد تعادل میان نوآوری علمی و رعایت اصول اخلاقی فراهم می‌سازد و به ارتقا انسانی، مسئولانه و پایدار در حوزه زیست‌فناوری کمک خواهد کرد.

منابع

- Adisa, O., Blay, E. A., Asgari, Y., Di Bona, G., Dies, S., Jaramillo, A. M., ... & Leitao, A. M. D. S. (2024). *The overlooked need for ethics in complexity science: Why it matters*. *arXiv preprint arXiv:2409.02002*. <https://arxiv.org/abs/2409.02002>
- Aghabalyan, D., Ghorbani, H., & Rituraj, R. (2023). Relationship of medicine and philosophy: Mathematical modeling of moral structures—Etometry. In *2023 IEEE 17th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI)* (pp. 567–574). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SACI58274.2023.10156529>
- Alaverdyan, G. (2024). *Biotechnology – Achievements and challenges*. *Crisis Management and Technologies*.
- Bhardwaj, S., & Sekhar, S. (2024). Patenting of genetically modified crops: A global exploration of legal and ethical perspectives. *LawFoyer International Journal of Doctrinal Legal Research*, 2, 63–72.
- Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2009). *Principles of biomedical ethics* (6th ed.). Oxford University Press.
- Buedo, P., Odziemczyk, I., Perek-Białas, J., & Waligora, M. (2024). How to embed ethics into laboratory research. *Accountability in Research*, 31(7), 767–785. <https://doi.org/10.1080/08989621.2023.2165916>
- Burright, J., & Al-Khateeb, S. (2025). A comparative analysis of the ethics of gene editing: ChatGPT vs. Bard. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 31(2), 195–206. <https://doi.org/10.1007/s10588-024-09428-1>
- Capps, B., Chadwick, R., Joly, Y., Mulvihill, J. J., Lysaght, T., & Zwart, H. (2017). Falling giants and the rise of gene editing: Ethics, private interests and the public good. *Human Genomics*, 11(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s40246-017-0116-4>
- Cwik, B. (2019). Moving beyond “therapy” and “enhancement” in the ethics of gene editing. *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics*, 28(4), 695–707. <https://doi.org/10.1017/S0963180119000641>
- Gerber, S., & Hiernaux, Q. (2022). Plants as machines: History, philosophy and practical consequences of an idea. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 35(1), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s10806-022-09925-0>
- Hayenhjelm, M., & Nordlund, C. (2025). *The risks and ethics of human gene editing: A philosophical guide to the arguments*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-46979-5>
- James, H. S., Jr. (Ed.). (2018). *Ethical tensions from new technology: The case of agricultural biotechnology* (Vol. 6). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781786394644.0000>
- Jarvis, S. (2022). Debating the ethics of gene editing. *The Veterinary Record*, 190(10), 387. <https://doi.org/10.1002/vetr.1800>
- Laguarta Bueno, C. (2022). Richard Powers’s *Generosity: An enhancement* (2009): Transhumanism, metafiction and the ethics of increasing human happiness levels through biotechnology. *Atlantis: Journal of the Spanish Association for Anglo-American Studies*, 44(1), 141–160. <https://doi.org/10.28914/Atlantis-2022-44.1.08>
- Leisinger, K. M., Persley, G. J., & Lantin, M. M. (Eds.). (2000). Ethical challenges of agricultural biotechnology for developing countries. In *Agricultural biotechnology and the poor: Proceedings of an International Conference, Washington, DC, USA, 21–22 October 1999* (pp. 173–180). Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR).
- Perez Villanueva, O. E., & Albizu-Campos Espiñeira, J. C. (2023). The development of Cuba's biotechnology: Mechanisms and challenges. *The Journal of Law, Medicine & Ethics*, 51(S1), 136–147. <https://doi.org/10.1017/jme.2023.119>

- Räikkä, J. (2009). The ethical and political evaluation of biotechnology strategies. *Medicine, Health Care and Philosophy*, 12(3), 273–280. <https://doi.org/10.1007/s11019-008-9178-3>
- Rinaldi, T., & Colotti, G. (2019). Use of organoids in medicinal chemistry: Challenges on ethics and biosecurity. *Future Medicinal Chemistry*, 11(10), 1087–1090. <https://doi.org/10.4155/fmc-2018-0341>
- Susumu, S. (2011). The ethical issues of biotechnology: Religious culture and the value of life. *Current Sociology*, 59(2), 160–172. <https://doi.org/10.1177/0011392110391147>
- Tezel, A. (2022). The ethics of gene editing in human stem cells. In *CRISPR genome surgery in stem cells and disease tissues*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817876-8.00005-X>
- Twine, R. (2010). *Animals as biotechnology: Ethics, sustainability and critical animal studies*. Earthscan.
- Wang, G., Kong, Q., Wang, D., & Asmi, F. (2023). Ethical and social insights into synthetic biology: Predicting research fronts in the post-COVID-19 era. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11, 1085797. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1085797>
- Wang, H. (2021). Discussion on human gene editing technology from the perspective of ethics and law. *Academic Journal of Humanities & Social Sciences*, 4(11), 17–21. <https://doi.org/10.25236/AJHSS.2021.041117>
- Wang, X., Huang, M., Shao, H., Li, K., & Zhai, X. (2024). Ethical reflection of Chinese scientists on the dual-use concerns of emerging medical biotechnology. *Journal of Medical Ethics*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1136/jme-2024-110404>
- Wiek, A., Guston, D., Frow, E., & Calvert, J. (2012). Sustainability and anticipatory governance in synthetic biology. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJSESD)*, 3(2), 25–38.
- Zhang, D., Hussain, A., Manghwar, H., Xie, K., Xie, S., Zhao, S., Larkin, R. M., Qing, P., Jin, S., & Ding, F. (2020). Genome editing with the CRISPR-Cas system: An art, ethics and global regulatory perspective. *Plant Biotechnology Journal*, 18(8), 1651–1669. <https://doi.org/10.1111/pbi.13383>
- Zhang, D., Xu, F., Wang, F., Le, L., & Pu, L. (2025). Synthetic biology and artificial intelligence in crop improvement. *Plant Communications*, 6(2), 101220. <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2024.101220>