

## آینده، زیست‌فناوری و ایمنی زیستی<sup>۱</sup>

منصور امیدی<sup>۲</sup> و مینا سمیعی فراهانی<sup>۳</sup>

### چکیده

با توجه به چالش‌های جدی پیش روی بشر که ناشی از نیروهای مؤثر بر جهان آینده (جمعیت، نیازهای انسانی، جهانی شدن و تغییر اقلیم) است، برنامه‌ریزی در تمامی عرصه‌ها برای آینده بر عهده همه مسئولان است. شاید مهمترین دستاورد بشر برای رویارویی با تصویر اجتناب‌ناپذیر آینده، دانش روزافزون و فناوری او است که از طبیعت الهام می‌گیرد و پنجمین نیروی مؤثر بر جهان آینده محسوب می‌شود. اما پرسش این‌جاست که این پتانسیل تا کجا امنیت را به همراه دارد و از کجا آن را به خطر می‌اندازد؟ رویکرد مناسب و عقلانی کدام است، محافظه‌کارانه یا پذیرشی؟ به‌کارگیری صحیح و کارآمد زیست‌فناوری، برای بررسی آینده‌های ممکن ضروری است، زیرا، به طور یقین در آینده نزدیک، تحول شگرفی در عرصه‌های مهم مربوط به زندگی بشر از حوزه کشاورزی تا درمانی در سطح ملی و بین‌المللی ایجاد خواهد کرد و بنابراین اخلاق و ایمنی زیستی در آن زمان الزامی است. در جهان مسطح آینده که انسان و ماشین ادغام شده و مرز، جدایی ندارد قانون‌های جهانی یکپارچه‌ای بر جامعه انسانی در حوزه فناوری حاکم خواهد بود. در این صورت آیا هنوز هم باید شاهد بحث و مجادله بی‌ارزش بر سر تراریخت سازی بود؟ آیا هنوز هم باید دچار علم در لحظه بود و با نوآوری مبارزه کرد؟ در آینده، نوادگان انسان برنامه‌ریزی کنونی را برای آب، خاک و زیست چگونه تفسیر خواهند کرد؟ این مقاله به بررسی جایگاه اخلاق و ایمنی زیستی در آینده‌های ممکن می‌پردازد.

**واژه‌های کلیدی:** آینده‌های ممکن، ایمنی زیستی، فناوری زیستی، نیروهای مؤثر.

### مقدمه

#### آینده (جهان در سال ۲۰۵۰)

جهان آینده چگونه خواهد بود؟ سال ۲۰۵۰، کمتر از چهار دهه دیگر، جهان چگونه خواهد بود؟ اگر با نگاهی علمی به بررسی وضعیت جهان پرداخته شود، به نظر می‌رسد جهان در چهار دهه آینده منتظر هیچ واقعه غیرمعمول نخواهد بود. وضعیت ایران در آن زمان چگونه خواهد بود؟ جایگاه کشور ما در کره زمین چیست؟ مشکل یا مشکل‌های اصلی دنیا در آن زمان چیست؟ و مشکل‌های انسان چه خواهد بود؟ آیا برای مواجهه با این مشکل‌ها برنامه‌ریزی شده است؟ نفت، گاز، آهن، مس و ده‌ها ماده تجدیدناپذیر که امروزه به راحتی مصرف یا به هدر داده می‌شود، وجود دارد؟ کدام یک از منابع طبیعی در آن زمان دارای اهمیت است؟ ارزش و جایگاه نفت در آن زمان چیست؟ فناوری‌ها و علوم جدید تا چه میزان در ایران نهادینه و استفاده‌پذیر شده‌اند و چه اندازه در زندگی ملت تأثیرگذارند؟ علوم جدیدی مانند زیست‌فناوری و نانوفناوری چه جایگاهی در تولید ثروت دارند؟ اولویت‌های اول آن زمان چیست و چقدر برای آن‌ها برنامه‌ریزی شده است؟ نیازهای اجتماعی، رفاهی و دیگر نیازهای آن زمان چیست؟ و در آخر، گونه حاکم بر سیاره زمین چقدر به آنچه امروزه دیده می‌شود، شباهت دارد؟ (۲)

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۸

۲- نویسنده‌ی مسئول، پست الکترونیک: momidi@ut.ac.ir

۳- به ترتیب استاد مدعو فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران و استاد دانشگاه تهران و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه گیلان.

نگاهی علمی و واقع‌بینانه از جهان در سال ۲۰۵۰ گویای این است که روند تغییر جهان از نظر چهار نیروی مؤثر بر آن (جمعیت، تقاضای روزافزون انسانی به منابع و خدمات طبیعی، تغییرهای اقلیمی به‌ویژه مسئله آب و جهانی شدن) به گونه‌ای تغییر خواهد کرد که بررسی و برنامه‌ریزی برای آن زمان هم در عرصه اجتماعی و هم در عرصه برنامه‌ریزی برای مسئولان سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و برنامه‌ریزان جهان اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. کلید راه مقابله با شیب تغییرها و چالش جهانی آینده، دستکاری هدفمند مصنوعی با استفاده از فناوری است که پنجمین نیروی جهانی بوده و در درون آن زیست‌فناوری، تأثیر انکارناپذیری در روند آینده جهان به‌ویژه در زمینه زیستی خواهد داشت.

### تعریف زیست‌فناوری

گسترده‌گی و تنوع کاربردهای زیست‌فناوری تعریفی واحد برای آن را کمی مشکل ساخته است. به طور کلی، زیست‌فناوری از جمله علوم کاربردی و میان‌رشته‌ای است و عبارت است از به‌کارگیری تلفیقی تکنیک‌های علوم بیوشیمی، میکروبیولوژی، زیست‌شناسی مولکولی، مهندسی ژنتیک و مهندسی شیمی در استفاده کنترل‌شده از موجودهای زنده یا بخشی از موجودهای زنده مانند بافت و یاخته به منظور تولید یک فرآورده، تغییر یک محصول، ارتقای کیفی گیاهان و جانوران، تغییر و توسعه صفت‌های ریزسازواره‌ها برای کاربردهای خاص و تولید کالا و خدمات در کشاورزی، صنایع غذایی، دارویی، پزشکی و سایر صنایع که در نهایت بهبود رفاه بشر را در پی خواهد داشت. به عبارت دیگر، آنچه امروزه با نام زیست‌فناوری نوین از آن یاد می‌شود، در واقع استفاده از فناوری دی.ان.ا<sup>۱</sup> نوترکیب در تولید انواع میکروارگانیسم‌ها یا موجودهای با صفت‌های برتر در مقایسه با گونه‌های معمول و با ارزش افزوده بیشتر در مقایسه با آن‌هاست.

### نقش و اهمیت فناوری‌های نوین و زیست‌فناوری در آینده

آنچه امروزه ملاک تمایز کشورهای توسعه‌یافته و پیشرفته از کشورهای توسعه‌نیافته یا عقب‌مانده محسوب می‌شود میزان بهره‌برداری در بُعدهای مختلف توسعه و به‌ویژه توسعه فناوری است. توسعه در شرایط فعلی جهان بدون دستیابی به فناوری پیشرفته امکان‌پذیر نیست. تفاوتی که بین جهان توسعه‌یافته و نیافته وجود دارد منابع طبیعی و حتی تجهیزهای صنعتی نیست بلکه معیار اصلی تفاوت بین دنیای پیشرفته صنعتی و جهان غیرصنعتی، فناوری و به‌ویژه فناوری پیشرفته است. مهمترین دلیل این امر این است که ارزش افزوده و قدرت رقابت در حوزه فناوری‌های پیشرفته به مراتب از فناوری‌های غیرپیشرفته بالاتر است. یکی از این فناوری‌های پیشرفته، زیست‌فناوری است که به مدد پیشرفت‌های چشمگیر در حوزه زیست‌شناسی یاخته‌ای و مولکولی، توانمندی‌های فراوانی را برای تولید محصول‌های متنوع در دسترس بشر قرار داده است (۵). برای مثال، از کاربردهای این فناوری تأمین مواد غذایی برای جمعیت رو به رشد است که این امر باید از طریق کشاورزی پایدار با به‌کارگیری زیست‌فناوری صورت گیرد. زیست‌فناوری در حوزه کشاورزی به انسان این توانایی را داده است تا با الهام از طبیعت و بهره‌گیری از موجودهای زنده، بر بسیاری از مشکل‌های تولید در بخش کشاورزی مانند آفت‌ها و بیماری‌ها و تنش‌های غیرزیستی مانند شوری و خشکی فایق آید، کیفیت محصول را بهبود بخشد و کمبود عنصرهای غذایی مانند آهن، روی و ویتامین‌ها را جبران کند و به حفظ طبیعت و محیط زیست از شر سم‌ها و کودهای شیمیایی خطرناک کمک کرده موجب حفظ و افزایش تنوع زیستی و کاهش هدرروی محصول‌های کشاورزی شود و در عین حال سلامت انسان را نیز تأمین و تضمین کند.

جالب توجه این‌که برخی مسایل علمی و آرزوهای بشر که تا همین چند سال پیش در حد داستان‌های علمی-تخیلی غیرواقعی و دست‌نیافتنی به نظر می‌رسیدند اکنون با پیشرفت‌های شگرف در عرصه علوم ژنتیک و زیست‌شناسی یاخته‌ای مولکولی بسیار دست‌یافتنی شده‌اند. از جمله به احیای نسل ببر تاسمانی و ماموت‌های سیبری می‌توان اشاره کرد. از نمونه‌های بارز دیگر در

قلمرو گیاهی می‌توان از تلاش برای تولید گیاه برنج با مسیر فتوسنتزی چهارکربنه در کنسرسیونم برنج چهارکربنه<sup>۱</sup> در مؤسسه بین‌المللی پژوهش‌های برنج در فیلیپین و همچنین تلاش برای افزایش پتانسیل عملکرد گندم از طریق دستکاری ژنتیکی آنزیم فتوسنتزی روبیسکو برای افزایش میل ترکیبی آن با گازکربنیک و کاهش تنفس نوری در مگا پروژه<sup>۲</sup> در مؤسسه بین‌المللی پژوهش‌های ذرت و گندم در سیمیت نام برد (۵).

### ایمنی زیستی در آینده

آنچه تا به اینجا به اختصار گفته شد، تنها اشاره‌ای ناچیز به قدرت و پتانسیل فناوری‌های رو به رشد از جمله زیست‌فناوری است که مرزی نمی‌شناسد. با توجه به این که این فناوری نوعی دخالت در روند طبیعی زیست است حال این پرسش مطرح است که تا کجا حق دخالت وجود دارد؟ حوزه مجاز دستکاری ژنوم تا کجاست؟ تفاوت ما با دیگر موجودهای زنده در چیست و چرا دیگر موجودهای زنده ایمنی زیستی ندارند؟ اخلاق فناوری زیستی نوین چیست؟ اخلاق و رابطه آن با ژن چیست؟ فرهنگ به چه معنی است؟ رابطه جامعه‌شناسی با ژن و فرهنگ چیست؟ قانون‌ها برای پاسخ به این تردیدهای اخلاقی فناوری در آینده، شامل باید‌ها و نیاید‌هایی در جامعه است. به عبارت دیگر، اخلاق ایمنی زیستی وجه اجتناب‌ناپذیر زیست آینده است.

## **شرح و بررسی موضوع**

### آینده‌نگری

آینده‌نگری تلاش سیستماتیک برای بررسی درازمدت آینده علم، فناوری، اقتصاد، محیط و جامعه به منظور شناسایی پدیده‌های نوظهور در حوزه‌های زیربنایی پژوهش‌های راهبردی است که بیشترین سودمندی‌های اقتصادی و اجتماعی را در پی داشته باشد. یک آینده پژوه در هنگام آینده‌نگری با تلاش برای شناسایی علامت‌ها و حتی رمزگشایی آن‌ها در پی یافتن و پی بردن به امور آتی است و به منظور جلوگیری از عدم قطعیت‌های آینده از آینده‌نگری بهره می‌برد.

**الف- آینده‌پژوهی** - آینده‌اندیشی یا آینده‌پژوهی نام حوزه‌ای از دانش امروزی بشر است که همچون هر حوزه دانشی دیگر، مایل است ابزارهایی را در اختیار بشر قرار دهد تا با بهره‌گیری از آن‌ها بتواند دنیا را بهتر از قبل، بشناسد و بسازد. آینده‌پژوهی حوزه پژوهشی پیچیده، پدیده‌ها و جهان‌گستری است که مسئله‌های پیش رو در آینده را کانون توجه و تمرکز اصلی خود قرار می‌دهد. آینده‌نگری و آینده‌نگاری دو رویکرد اصلی و مهم در این حوزه هستند که در کنار هم و مکمل یکدیگرند.

**ب- نیروهای تأثیرگذار بر جهان آینده** - نگاهی علمی، واقع‌بینانه و آینده‌نگرانه از جهان آینده گویای این است که روند تغییر جهان زیر تأثیر چهار نیروی جمعیت، تقاضای روزافزون انسانی به منابع و خدمات طبیعی، تغییرهای اقلیمی به ویژه مسئله آب و جهانی شدن است. با این چهار نیرو جهان به‌گونه‌ای تغییر خواهد کرد که بررسی و برنامه‌ریزی برای آن زمان هم در عرصه اجتماعی و هم در عرصه برنامه‌ریزی برای مسئولان سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و برنامه‌ریزان جهان اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

۱- **جمعیت** - جمعیت روند افزایشی سریعتری در مقایسه با پیش از پیدایش کشاورزی، (حدود دوازده هزار سال پیش، وقتی جمعیت انسانی کره زمین یک میلیون نفر بود) داشته است و تنها در سده بیستم از ۱/۶ به ۶/۱ میلیارد نفر رسیده است.

۲- **تقاضای روزافزون نیاز انسانی بر منابع و خدمات‌های طبیعی و ذخیره‌های ژنی سیاره زمین** - افزایش جمعیت، نوین سازی و تجارت سده بیستم نیاز جامعه‌های انسانی را تشدید کرده است. جمعیت کره زمین در سال ۲۰۵۰، ۹/۲ میلیارد نفر پیش‌بینی می‌شود و اگر معیار وضعیت زندگی کشورهای آمریکا و اروپای غربی باشند نیازهای انسانی در سال ۲۰۵۰ معادل

۱۰۵ میلیارد نفر خواهد بود!! آیا کره زمین ظرفیت و تحمل آن را دارد؟ چه راهکارهایی باید برای این موضوع پیش‌بینی کرد و به طور کلی روند مصرف و تغییر الگو در مواد غذایی به چه سمتی پیش خواهد رفت؟

**۳- جهانی شدن** - سومین نیروی جهانی به معنای هم‌تراز شدن عرصه بازی جهانی در تجارت و اقتصاد است، که از سال ۱۹۴۴ شروع شده است. بسیاری از شرکت‌ها به اقتصادی سیاره‌ای تبدیل شده‌اند. باید توجه داشت که جهانی شدن با مقوله اینترنت و گسترش سریع ارتباط‌ها انجام نشده بلکه وجود این نیروی جهانی و مدار تاریخ طولانی از تصمیم‌های سیاسی به کلی هدفمند بیشتر در آمریکا و انگلستان از روزهای پایانی جنگ جهانی دوم بوده است، اما به نظر می‌رسد ادامه روند فعلی آن در ۴۰ سال آینده چندان مشخص نیست و شاید دولت‌های مرکزی با افزایش بی‌رویه قیمت نفت که مانع جابه‌جایی خواهد بود بر روند جهانی شدن تأثیر معکوس بگذارند. البته این روند، مقطعی است و جهانی و یکپارچه شدن مسیر کلی و اجتناب‌ناپذیر جهان خواهد بود.

**۴- تغییرهای اقلیمی** - تغییرهای اقلیمی یک حقیقت ساده و مسلم از تأثیر فعالیت‌های انسان بر ترکیب‌های شیمیایی جو زمین و افزایش دمای عمومی زمین است. مانند افزایش ۰/۸ سلسیوسی دمای کره زمین از اوایل سده بیستم و گسترش جهان به سمت شمال و افزایش محدودیت‌ها و فشارها در دو دامنه بین قطب و استوا. در سال ۲۰۵۰ خاورمیانه خشک‌تر و سخت‌تری خواهد شد و حدود ۳۰٪ از آب‌های آن کاهش می‌یابد. منطقه هلال حاصلخیز تا آن زمان محو شده و به دنبال آن مرگ آرام، اما دردناک کشاورزی در مهد تولد کشاورزی فرا خواهد رسید. پیش‌بینی خشکسالی‌های چند دهه‌ای، مشابه آنچه در ۷۰۰ تا ۹۰۰ سال پیش رخ داده است، در آینده به ویژه در مناطق بین استوا و قطب، چندان دور از انتظار نیست. این تغییرهای اقلیمی، تغییر دامنه زیستگاه‌ها و حذف برخی محصولات و جایگزین شدن آن‌ها با محصولات دیگر را به دنبال دارد.

**پ- مدل‌ها و دستاوردهای بشر (فناوری‌ها)** - هر موجودی از جمله انسان حاصل ژنتیک و محیط و برهمکنش این دو است. ژنوم دست‌کم ۸ میلیون ساله انسانی چگونه می‌تواند خود را با روند تغییرهای بسیار سریع محیط وفق دهد و چه میزان از این تغییرها را می‌پذیرد؟ برای ترسیم سیمای آینده بشر باید تغییرهای اجتماعی، سیاسی، اقتصادی، فرهنگی و اقلیمی همراه با مسئله‌های ژنتیکی و تکاملی بررسی و مطالعه شود. بنابراین، نیروی پنجمی هم از درون چهار نیرو برمی‌خیزد که عبارت است از فناوری. دستاوردهای علمی در زیست فناوری، نانو فناوری و علم مواد تقاضا برای ذخیره‌های مواد و منابع مختلف و به ویژه مواجهه با تغییرهای اقلیم را زیر تأثیر قرار می‌دهند. فناوری اطلاعات، شبکه‌های هوشمند، صفحه‌های خورشیدی، گیاهان و جانوران تراریخت ژنتیکی، کشاورزی هوشمند و مهندسی زمین‌شناسی شاید بتواند با تغییرهای اقلیمی و پیامدهای آن مقابله کند. در درون پنجمین نیروی مؤثر در آینده جهان "زیست‌فناوری" تأثیرگذاری ویژه‌ای دارد و روند آینده جهان در تمامی بُعدها به ویژه در زمینه‌های زیستی به شدت متأثر از آن است (۲).

## جهان آینده

میراث بشر فقط به این ۸۰۰۰ سال تاریخ مدون که به طور سنتی به رسمیت شناخته می‌شود، باز نمی‌گردد، بلکه عمر آن دست‌کم دو میلیون سال، یعنی از زمان ظهور اولین انسان "واقعی"، اولین گونه تشکیل دهنده جنس هومو<sup>۱</sup>، پیشینه دارد (۳). انسان عصر حاضر تنها ۲۰۰ تا ۳۰۰ سال عمر دارد. عمر جنس هومو<sup>۲</sup>، ۲/۵ میلیون سال برآورد شده و هوموساپینس<sup>۳</sup>، حدود ۰/۵ میلیون سال در حیات وحش می‌زیسته است. در ادامه، تنها ۱۲۰۰۰ سال است که انسان جمع‌کننده کوچ کننده در هلال بارور یا حاصلخیز، ساکن شده و شروع به کشاورزی و دامپروری کرده و از حیات وحش فاصله گرفته است و در نهایت تنها ۲۰۰ تا ۳۰۰

سال است که صنعتی شده و در ۲۰ تا ۳۰ سال گذشته قادر به دستکاری زیست و محیط زیست خود گشته است. همه این‌ها بدین معناست که تنها چند دهه است که انسان متمدن شده است و این تغییرها در زمان کوتاه در تکامل بی‌معنی بوده و تغییری در ژنوم انسان صورت نگرفته است و همین‌طور هم ادامه پیدا خواهد کرد. بنابراین دوره تکامل به پایان رسیده است. در طول این تکامل، جامعه‌های بشری برای رویارویی با چالش‌های اجتماعی خود در وهله اول به ادیان پناه برده و در ادامه به روش‌های مختلف حکومتی از دیکتاتوری تا دموکراسی متوسل شده است. اخلاق و فرهنگ زاینده این روند بوده و آنچه مسلم است پیدایش فرهنگ بشری، در این هزاران نسل، هم‌زمان زیر تأثیر شدید تحول‌هایی قرار داشته که در تکامل ژنتیکی و به ویژه در ویژگی‌های تشریحی و فیزیولوژی مغز انسان صورت می‌گرفته است. به عبارت دیگر، تکامل زیست‌شناختی مغز در جامعه صورت می‌گیرد، اما در آینده تنها قانون دست‌نویس بشر است که زندگی اجتماعی انسان را معنا می‌دهد. جهان آینده از هم‌اکنون تعریف شده و جامعه جهانی براساس ظرفیت ژنتیکی خود دارای سمت و سوی است که می‌توان آن را سریع‌تر یا کندتر کرد اما نمی‌توان مانع آن شد و نکته اینجاست که این ظرفیت ژنتیکی در زمان و مکان مفهوم پیدا می‌کند.

به واسطه روند جهانی شدن، امروزه دانش در جهان مسطح شده و در ادامه با جهانی روبه‌رو هستیم که در آن اندیشیدن نیز مسطح خواهد شد. بنابراین، نه تنها در آینده که هم‌اکنون نیز دوران نابغه‌ها گذشته است و کمتر کسی می‌تواند تحول ایجاد کند. در این بین، مایه تأسف این است که ما دچار روزمرگی و علم در لحظه هستیم در حالی که بحث آینده و حتی حال حاضر دیگر بحث تراریخت‌سازی نیست. بحث بعدی بُعد علم، ویرایش ژنوم و موجود مستعد اقلیم بوده و دنیای آینده دنیای ژنوم و حتی فراتر از آن، سال ۲۰۲۷ سال عبور از ژنتیک است. در آینده زندگی انسان به طور عمده منفرد بوده و با مبحث‌هایی چون فروش صفت، مفهوم حریم خصوصی، انسان و ربات، توانایی‌های فوق بشر، خلق مجدد طبیعت، تولد پس از مرگ، زیست مصنوعی و دیگر موردها روبه‌رو خواهد بود.

از سوی دیگر، با توجه به رشد و گسترش روزافزون فناوری‌های زیستی، به قطعیت می‌توان گفت که آینده همین جاست و انسان به نوعی قادر به انتخاب این آینده، از میان آینده‌های محتمل است. هم‌اکنون با کمک ابزارهای نوین زیستی، ژن‌های معیوب بسیاری که حامل‌ها با خود دارند را از انتقال به نسل بعد باز داشته می‌شود تا از پیدایش نسل‌های بیمار جلوگیری شده و نیز بتوان تنها با شرکت در آزمون‌هایی چون تشخیص پیش از تولد به جنسیت فرزند آینده در ابتدایی‌ترین مرحله‌های تشکیل تخم پی برد (۱).

### زیست‌فناوری، امید آینده بشر برای رویارویی با روند و چالش‌های پیش رو

پژوهشگران زیست‌فناور این علم را شاهراه اقتصاد در آینده می‌دانند. زیست‌فناوری به دلیل گستره وسیع کاربرد در بخش‌های مختلف صنعت، کشاورزی، پزشکی و محیط زیست، اجتناب‌ناپذیر و برتر است که نقش مهمی در ترسیم آینده کشورهای جهان دارد. زیست‌فناوری به مفهوم کاربرد علوم زیستی و برهمکنش آن‌ها در فناوری‌های ساخت بشر به کار برده می‌شود. استفاده از روش‌های مهندسی ژنتیک برای ارائه یک صفت خاص و مفید به یک گیاه مورد نیاز، مثالی از این کاربردها به دلیل وسعت نقش روزافزون زیست‌فناوری در صنایع غذایی و در حوزه‌های انسان، دام، آبزیان، صنایع دارویی و تولیدی گوناگون محدودیت‌های تولید و پرورش سنتی گیاهان، اعم از محدودیت منابع آبی و محدودیت سطح کاشت افزایش روزافزون جمعیت به ویژه در کشورهای در حال توسعه، است. با توجه به تأثیرهای بسیار گسترده چهار نیروی یاد شده به ویژه تغییر اقلیم و بی‌آبی (و نه کم آبی) بر کشاورزی اغلب کشورهای جهان به ویژه ایران، به نظر می‌رسد زیست‌فناوری و مهندسی ژنتیک نقش بسیار ویژه و انکارناپذیری بر کشاورزی و رفع نیازهای غذایی دارد. این موضوع فقط مربوط به ایران نیست و تمامی کشورهای جهان در مقابله با عامل‌های یاد شده به ویژه تغییر اقلیم نیاز به زیست‌فناوری و مهندسی ژنتیک خواهند داشت.

## موارد استفاده از زیست‌فناوری کشاورزی تا کنون

به نظر می‌رسد در کنار تلاش‌های معمول به منظور بهبود مستمر عملیات کشاورزی، به منظور افزایش تأمین مواد غذایی و کالاهای کشاورزی دو اقدام باید صورت گیرد: الف- جستجو برای دستیابی به گزینه‌های دیگری از منابع غذایی؛ ب- جستجو برای در اختیار گرفتن روش‌های اصلاحی زیستی کارآمد همچون زیست‌فناوری و مهندسی ژنتیک. امروزه پژوهش‌های زیست‌فناوری در حال ایجاد فرآورده‌های جدیدی است که می‌توانند راه‌حل‌های بهتری برای مشکل‌های کشاورزی سابق باشند. در مورد اقدام دوم، استفاده از روش‌هایی مانند نشانگرهای مولکولی و فناوری دی.ان.ا. نوترکیب اهمیت پیدا می‌کنند. به نحوی که این تکنیک‌ها شرایطی از قبیل کشت‌های درون شیشه‌ای، ایزوله کردن و همسانه‌سازی ویژگی‌های مفید و مناسب موجودهای تراریخت با اهمیت در کشاورزی را برای گزینش نژادگان‌های موفق فراهم می‌کند و می‌تواند در بهبود پتانسیل تولیدهای گیاهی و حیوانی کمک کنند.

زیست‌فناوری پتانسیل شگرفی را در راستای تولید آسانتر غذا و با کیفیت بیشتر از طریق افزایش تولیدهای زراعی و دامی و همچنین زیست‌فراوری ارائه می‌دهد. این علم می‌تواند روش‌های جدیدی را در راستای ایجاد رقم‌های زراعی پر بازده و مغذی‌تر و ایجاد مقاومت در برابر بیماری‌ها و شرایط نامطلوب زیست‌محیطی یا کاهش نیاز به کودهای شیمیایی و سایر موارد شیمیایی گران کشاورزی در اختیار دانشمندان قرار دهد. در زمینه دامی از زیست‌فناوری در زمینه‌های درمانی و واکسن‌های کنترل بیماری‌های دامی استفاده می‌شود.

### اهمیت و تأثیر زیست‌فناوری در آینده

داشتن نگرش و ایده از برآیند نیروهای تأثیرگذار در جهان آینده و گرفتن سهم مناسب از امکانات و تهدیدها در جهان آینده از اقدام‌هایی است که پیش روی بشریت قرار دارد. در درون پنجمین نیروی مؤثر در آینده جهان "زیست‌فناوری" تأثیرگذاری ویژه‌ای دارد و روند آینده جهان در تمامی بُعدها به ویژه در زمینه‌های زیستی به شدت متأثر از آن است. امروزه زیست‌فناوری مهمترین فناوری سده بیست‌ویکم است و دست‌مایه یافته‌ها و تلاش‌های بشر است که در کشف رمزهای زیستی و به‌کارگیری آن برای توسعه اقتصادی، اجتماعی و رفاه انسان به شمار می‌رود و یکی از هفت صنعت کلیدی است که سرنوشت اقتصادی اجتماعی جامعه‌ها را در چند دهه آینده رقم می‌زند. کاربردهای فراوان زیست‌فناوری آن را در جایگاه برجسته‌ترین نشانه پیشرفت بشر در سده حاضر قرار داده و به یکی از مهمترین ابزارها برای تأمین نیازهای متنوع و گوناگون وی در زمینه اقتصاد، بهداشت، درمان، محیط زیست، کشاورزی، صنعت، تغذیه و سایر جنبه‌های زندگی بشر تبدیل کرده است. در سال ۲۰۵۰، جنگل‌های ایران بیشتر نابود شده است. بخش بزرگی از مرتع‌ها و زیستگاه‌ها در کشور از بین رفته است. کشتزارها به بیابان تبدیل شده و جنگ واقعی جنگ آب شهرها در مقابل کشاورزان خواهد بود. در چنین شرایطی به نظر نمی‌رسد کشاورزی ارگانیک جایگاهی داشته باشد. شاید جانوران و گیاهان مقاوم به تنش‌ها و ژن‌ها نقش و اهمیت خاصی یافته باشند و بخش گسترده‌ای از نیازهای غذایی انسان را تأمین کنند. شاید در آن زمان در کشور خشکی مانند ایران اگر با درآمد نفت آب‌ها را مهار کرده و با لوله توزیع و مصرف آن را برنامه‌ریزی کرده باشند بهتر بتوان پاسخگو بود (۲). شاید در آن زمان با تغییر الگوی مصرف برای تغذیه از جلبک‌های مهندسی شده ژنتیکی (برای مثال، از محصول‌های جایگزین دارای مواد آلی و معدنی مورد نیاز بدن انسان و با طعم دلخواه و ویژگی سیرکنندگی) استفاده شود یا یاخته‌های فتوسنتزکننده را در پوست انسان طراحی کنند و از آب تصفیه شده فاضلاب استفاده شود و باکتری‌های تراریخت آلودگی‌های زیست‌محیطی را کنترل کنند، اما این‌ها فقط مثال‌های کاربردی ملموس این فناوری نیست. به راستی مرز گسترش زیست‌فناوری تا کجا خواهد بود؟ امکان دست‌ورزی یا انتقال ژن‌های مطلوب و سالم با ژن‌های معیوب و ژن درمانی، بسیاری از دردمندان و بیماران را نور امید بخشیده و از سویی زنگ خطر اصلاح نژاد را نیز دوباره به صدا درآورده، گویی این بار تهدیدی فراتر از اندیشه‌های هیتلر نسل بشر را متوجه خود کرده است (۱). آینده چه

نوع انسانی را در خود جای خواهد داد؟ تغییرهایی که نه هم‌اکنون بلکه شروع آن‌ها در چندین سال گذشته بوده، تأثیرهای مسلمی بر نسل‌های آینده خواهد داشت. بنابراین در ابتدا ضرورت داشتن یک اخلاق زیستی شرط اصلی است.

### ایمنی زیستی

حال این سؤال مطرح است که بایدها و نبایدهای جهان آینده چیست؟ محیط زیست یکی از بایدهای حاکم بر ما و دیگری ژنوم است، اما محور و تعیین‌کننده، ژنوم است. نکته با اهمیت این است که با وجود این که فناوری زیستی، فناوری حاصل از قانون‌های خلقت است اما تاکنون خطرهای بالقوه شناخته شده ناشی از این فناوری همواره مورد نقد بوده است. حتی اگر احتمال این خطرها ناچیز باشد مسئله‌ای جدی است، به ویژه که اثرهای بد و زیان‌آور آن‌ها ممکن است جبران‌ناپذیر باشد.

در سال ۲۰۵۰ میلادی، جمعیت جهان از ۹ میلیارد نفر فراتر خواهد رفت. طبق پیش‌بینی سازمان خواروبار جهانی، تولید غذا باید تا آن هنگام دست کم ۲۰٪ افزایش یابد تا تعداد گرسنگان در همین سطح امروز باقی بماند. دسترسی به غذای کافی و سالم، آب آشامیدنی سالم، و هوای پاک از بدیهی‌ترین حقوق همه انسان‌ها و تولید و تأمین این نیازها وظیفه ذاتی همه دولت‌هاست. از سویی حفظ محیط زیست در کنار فعالیت‌های تولیدی کشاورزی و صنعتی از اهمیت فراوانی برخوردار است و مبحث‌های اخلاقی نیز عنصری جدایی‌ناپذیر از همه علوم است. شوربختانه در جامعه‌های انسانی این هدف‌ها در بسیاری از موارد با هم در تضاد قرار می‌گیرند.

برای روشن شدن این تضاد می‌توان با نگاهی به گذشته، دریافت که طبیعت انسان نه در شهرها و مزرعه‌ها، بلکه در ارتباط با طبیعت و بوم‌نظام‌های پیرامون و نوین شکل گرفته است. این جا بود که هوموساپینس در صدها هزار سال تکامل یافت و آنچه امروز انسان به آن حیات وحش می‌گوید، زمانی زیستگاه او بوده است. با گسترش کشاورزی (با سابقه ۱۲۰۰۰ ساله) و پیرو آن گسترش صنعت (از ۲۰۰ سال پیش)، پیوند انسان با طبیعت قطع شد اما طبیعت انسان در همان عصر باقی مانده است. بنابراین انسان امروزی در برابر طبیعت موضع دوگانه دارد. محیط وحش را ستایش می‌کند و همان زمان سعی بر غلبه بر آن دارد تا بتواند محصول بیشتری برای انسان‌های بیشتری تولید کند و حال حفاظت از این محیط زیست، نیاز مسلم انسان است. بنابراین مفهومی اخلاقی بر پایه آگاهی صحیح و مشاهده شده انسان از طبیعت بنا شده است. به نظر می‌رسد قانون‌های ایپی‌ژنتیک رشد فکر نیز شامل سازش عمیق به محیط است و در نتیجه گسترش نیاز به تثبیت و حفظ محیط‌زیست را می‌طلبد و بنابراین گسترش پیوند بیشتر طبیعت انسان و طبیعت وحش و در نتیجه احساس بیشتر و عمیق به ایمنی زیستی.

در ایمنی، خطر تعریف شده است که منجر به تعریف قانون‌ها و مطرح شدن آن‌ها در جامعه می‌شود. در ایمنی زیستی، ایمن بودن زیست در مقابل خطرهایی مورد نظر است که در نهایت برای آن‌ها قانون‌هایی تنظیم می‌شود. در سال ۲۰۲۰، ژنوم ۱۰٪ از جامعه انسانی در دسترس خواهد بود. بنابراین در ایمنی زیستی حفاظت از این ژنومی که به راحتی در اختیار است مطرح است. برای مثال، تشخیص احتمال این که فردی در ۵ سال آینده مبتلا به نوع خاصی از یک بیماری می‌شود. به عبارت دیگر، آینده فرد به نوعی تشخیص‌دانی و تعیین‌شدنی است. آینده‌ای که باید براساس قانون‌های اخلاقی تعریف شود.

ایمنی زیستی در واقع به مجموعه قانون‌هایی گفته می‌شود که سلامتی محصول را ضمانت می‌کند، اما رشد زیست‌فناوری در تولید فرآورده‌های بهداشتی و کشاورزی آن‌چنان سریع بود که نه تنها ایران بلکه بسیاری از کشورها هنوز فرصت تدوین یک قانون جامع برای "ایمنی زیستی" محصول‌های خود را پیدا نکرده‌اند. با توجه به روند رشد سریع و اجتناب‌ناپذیر علم، چگونگی تأمین ایمنی زیستی بحثی چالش‌برانگیز است. برای مثال، براساس قانون‌های موجود کسانی که با سازواره‌های دست‌کاری شده کار می‌کنند باید به توصیه‌های اجرایی سلامت و ایمنی توجه کنند و خطرهای ناشی از کاری که انجام می‌دهند را ارزیابی کنند. همچنین از نظر اخلاقی و ایمنی، اگر خطری متوجه انسان، حیوان، تنوع زیستی و محیط زیست باشد باید اقدام‌های لازم برای مقابله با چنین خطری به عمل آید (۴).

در ایمنی زیستی همه این شاخه‌ها مؤثرند: علوم طبیعی (زیست و زیستگاه)، علوم اجتماعی (نیازهای جامعه، شرایط اجتماعی، تأثیرگذاری افراد و روش‌ها) و علوم انسانی (اخلاق، فرهنگ، نیازهای انسانی، تأثیرگذاری‌های فردی). هر کدام از این سه، به میزان مشخصی تأثیر دارند در حالی که بستر ژنوم است.

### موارد اخلاقی فناوری زیستی نوین

تحول‌های برق‌آسای زیست‌محیطی ضرورت وجود نوعی اخلاق را مطرح می‌کند، اخلاقی که در مورد همه نژادها و گونه‌ها موضع یکسانی می‌گیرد. تعریف‌های مختلفی از اخلاق تاکنون ارائه شده است. اخلاق در رهیافت کاربردی کلمه، که اخلاق زیستی نیز شاخه‌ای از آن است، رعایت حقوق و سودمندی‌های دیگران تعریف شده است و الگوی رفتار ارتباطی افراد (برای مثال، پژوهشگران و مشاوران در پژوهش‌های ژنتیکی) بر اساس "شما حق دارید من وظیفه" سامان می‌یابد (۱). اخلاق در فناوری زیستی نیز از همان اخلاق زیستی استخراج شده است و در واقع به مجموعه‌ای از اندیشه‌ها، باورها و خط‌مشی گفته می‌شود که حدود مجاز آزمایش‌ها و تجربه‌های ژنتیکی انجام‌پذیر بر روی موجودهای زنده را از دیدگاه مسئله‌های اخلاقی سنجش و ارزیابی می‌کند (۶). در فناوری، دامنه تردیدهای اخلاقی بسیار گسترده‌تر است. برای مثال، رها کردن یک ویروس تراریخت برای اپیدمی کردن یک بیماری. بنابراین با توجه به بخش‌های ناشناخته بسیار گسترده در علم زیست‌فناوری برای جلوگیری از موارد جبران‌ناپذیر، ایمنی زیستی و اخلاق باید آن‌ها را در آینده نیز پوشش دهد. پس تعریف اخلاق ایمنی زیستی باید دقیق، کامل و جهان‌شمول باشد. برای علمی که عمر کمی (۲۰ تا ۳۰ سال) دارد و رو به جلو حرکت می‌کند جایی که زیست‌شناسی و فناوری، ابزاری برای تصمیم‌گیری بوده و هوش مصنوعی تصمیم می‌گیرد، برای این فناوری در آن زمان باید برنامه‌ریزی دقیق داشت. بنابراین گیر افتادن در علم لحظه، تنها باعث عقب‌افتادگی و هدر رفت انرژی برای فرار از این عقب‌افتادگی می‌شود.

امروزه، با پیشرفت این فناوری و اوج گرفتن بحث اخلاق در دنیا مواردی که تاکنون از نظر اخلاقی و حقوقی مورد بحث قرار گرفته به شرح زیر است:

- ❖ قانون‌های ثبت سازواره‌های دست‌ورزی شده ژنتیکی.
- ❖ حق انحصاری مواد زیستی و موجودهای زنده دستکاری شده.
- ❖ مالکیت ترادف‌های ژنی.
- ❖ حفظ مخزن‌های ژنتیکی و مالکیت آن‌ها.
- ❖ بررسی‌های ژنتیکی با اهداف نژادپرستانه.
- ❖ ابداع صفت‌ها و ژن‌های جدید با اهداف نظامی و جنگ طلبانه.
- ❖ ایجاد تغییرهای ژنتیکی در موجودهای زنده با نتیجه‌های وراثتی و غیروراثتی.
- ❖ اثرهای زیان‌آور سازواره‌های دست‌ورزی شده ژنتیکی و محصول‌های آن‌ها بر انسان، محیط زیست و تنوع زیستی.
- ❖ شبیه‌سازی انسان و حیوان.
- ❖ تولید سلاح‌های زیستی.
- ❖ ژن‌درمانی.
- ❖ تولید مواد غذایی و دارویی از سازواره‌های نو ترکیب.
- ❖ ارزیابی و مدیریت خطرهای احتمالی.



## نتیجه گیری

با توجه به این که برای آینده وضعیت کره زمین هیچ معجزه‌ای در کار نیست و از سوی الگوها و نظرهای به طور کامل مناسبی برای برنامه‌ریزی در اختیار بشر قرار دارد، باید برای مقابله با شرایط پیش رو برنامه‌ریزی جامع، دقیق و گسترده‌ای کرد. برای عصری که مرز بین طبیعت<sup>۱</sup> و ابزار<sup>۲</sup> از بین می‌رود و توانایی تمیز دادن انسان از ماشین دشوار می‌شود، باید الگوواره‌ها<sup>۳</sup> را تعریف کرد.

واقعیت این است که پیشرفت زیست‌فناوری منجر به مهار و دخالت در جریان زیست شده است. بنابراین باید با ایجاد قانون‌ها و مقررات مناسب از نظر اخلاقی، مذهبی، اقتصادی، معنوی، فرهنگی و سیاسی در جهت ایجاد رفاه و امنیت عمومی برای انسان، موجودهای زنده و محیط زیست اقدام کرد. در سال ۲۰۵۰، انسان‌هایی با طول عمر ۵۰۰ سال در جامعه هستند، پس باید برای این گونه از زیست در آن زمان اخلاق و قانون‌های تعریف شده وجود داشته باشد.

انسان - محیط زیست - دانش - این سه نیاز به زنجیره "اخلاق - ایمنی - زیست" دارد و نکته در این است که تا چه میزان انسان در به کارگیری این ابزار توانمند باشد که منجر به یک اتفاق خوب شود. بنابراین، با توجه به شرایط محیط می‌توان برهمکنش محیط و انسان را برنامه‌ریزی کرد که برای این برنامه‌ریزی نیاز به قواعدی علمی برپایه کرامت انسانی، اخلاق و فرهنگ است. انسان به خاطر شرایط زیستی جدیدش از طبیعت فاصله گرفته است پس نیاز به برنامه‌ریزی دقیق و کامل برای رسیدن به جایی که هست یعنی جامعه فعلی دارد. از سوی دیگر، رشد علوم و به ویژه زیست‌شناسی و به طور مشخص، دستکاری‌های ژنتیکی این نیاز را کاملتر می‌کند. به بیانی دیگر، زیستگاه و زیست مهندسی شده‌اند، پس برای ادامه زیست در جهان آینده نیاز به این برنامه‌ریزی دقیق مهمتر می‌شود. بنابراین اخلاق و فرهنگ زیستی اجتناب‌ناپذیر است که باید دارای یک سری مشخصه باشد. باید فارغ از فرد و فردیت، احساس‌ها و غریزه‌ها، در برگیرنده سودمندی تمامی اقشار و بُعدهای جامعه، جهان‌شمول و آینده‌نگر و با بیشینه ضریب اطمینان باشد. مشخصه آخر زمانی اهمیت دوچندان می‌یابد که هوش مصنوعی دارای قدرت تصمیم‌سازی در حال جولان دادن است. پس روند جامعه نباید با دستاوردها تضاد داشته باشد. کل زندگی اجتماعی انسان در آینده، حول سه محور محیط (قانون‌های یکسان)، اپی‌ژنتیک و ژنوم می‌چرخد و این در حالی است که علم، حکمفرمای اصلی بوده و دستورها را طوری صادر خواهد کرد که منطبق با کرامت انسانی و در راستای تعالی بخشیدن به آن است.

## آینده‌نگاری و الزام آن

آینده‌نگاری یکی از رویکردهای عمده در آینده‌اندیشی است که، از سال ۱۹۷۰ میلادی در نقش یکی از ابزارهای سیاست‌گذاری در علم و فناوری استفاده شده است. این ابزار با بهره‌گیری از هم‌اندیشی بهره‌گیران مختلف اجتماع، تلاش دارد تا آینده مطلوب جامعه‌ها را رقم بزند. به عبارت دیگر، آینده‌نگاری در پی نگاشت آینده مطلوب است و نه فقط کشف و نگرش درون آن.

در حال حاضر، در ایران جای چنین بررسی‌هایی خالی است. چون مدت‌هاست که تمامی افراد و قشرهای جامعه دچار روزمرگی شده‌اند. قشرهای تحصیل کرده، دانشگاهی و متخصص، بدون نگاه به آینده در سیاست‌زدگی و روزمرگی گرفتار آمده‌اند. از این موضوع غافل شده‌ایم که امروز در حال احداث بنای چهار دهه آینده کشور هستیم. وجود آمار و اطلاعات دقیق و مستند در هر کشور باعث رشد و شکوفایی صنعت و قدرت در برنامه‌ریزی برای آینده می‌شود. بنابراین، ضرورت دارد که درباره پژوهش و توسعه علم و فناوری زیستی - محیطی و ایمنی زیستی از هم اکنون در کشور برنامه‌ریزی و اقدام‌های لازم انجام شود.

در زمینه کشاورزی، پس از شناسایی تمامی عامل‌ها و تغییرهای مؤثر یاد شده در آینده کشاورزی (آینده نگری) باید قدم در ادامه راه نهاده تا مسیری هدفمند با در نظر گرفتن تمامی بُعد‌های محتمل مربوط به ایمنی، برای آینده این بخش مهم از آینده

کشور ترسیم شود (آینده‌نگاری). زیست‌فناوری با دستاوردهای خود، همانند کاهش نیاز به زمین‌های بیشتر، آبیاری و استفاده کمتر از سم‌ها به محیط‌زیست نیز کمک خواهد کرد. در مقابل، گذشته از ایجاد قانون و مقررات ایمنی زیستی در سطوح ملی و بین‌المللی که ارزیابی خطرها برای کلیه محصولات زیست‌فناورانه و کسب مجوز از مراجع صلاحیت‌دار ملی را "اجباری" کرده است، باید دامنه فکری را از این هم فراتر برده و از هم اکنون خود را برای پاسخ به این پرسش‌ها به گونه‌ای آماده کرد که بتوان واقع‌گرایانه با آینده روبه‌رو و همگام شد.

چگونه می‌توان قانون‌های اخلاقی را در این علم تفکیک کرد؟ چگونه می‌توان اطلاعات درست و نادرست گروه‌های اجتماعی مختلف در زمینه زیست‌فناوری را از هم جدا کرد؟ تا چه حد می‌توان شرکت‌ها را مجبور کرد که اطلاعات خود را ارائه دهند؟ و آیا تجارت پنهانی مواد ژنتیکی مجاز است؟ دستکاری ژنتیکی جانوران و گیاهان یا حتی انسان تا چه حد و در چه شرایطی مجاز است؟ آیا برای مهندسی ژنتیک باید محدودیت قائل شد؟ آیا برای اصلاح نژاد بومی باید محدودیت اخلاقی قائل شد؟ با چه روشی؟ آیا دستورهای مذهبی و معیارهای مواد غذایی، مانع تولید مواد غذایی با انتقال ژن‌ها می‌شوند؟ آیا اصلاح ژنتیکی موجودهای زنده می‌تواند به انحصار شرکت‌های خاص در بیاید؟ کدام افراد حقیقی یا حقوقی حق کسب امتیاز انحصاری این موجودهای دستکاری شده را دارند؟

ژنتیک و علوم زیستی مرتبط تاکنون توانسته‌اند بسیاری از مشکل‌های نسل کنونی را حل کنند، اما نگرانی از آینده این توانمندی هنوز برطرف نشده است. رسیدن به دنیای بدون بیماری و آرمی ابزارهای خطرناکی را ایجاد خواهد کرد که آثار آن گریبان‌گیر نسل آینده خواهد بود. زمان آن رسیده است که اخلاق در زمینه زیست‌شناسی و به ویژه ژنتیک از قالب شعارگونه خارج شود و راه‌حل‌های مشکل‌های پیرامون علوم زیستی را مهیا سازد و این در حالی است که ویژگی بارز اخلاق، پاسخگو بودن به پرسش‌هایی چون سودمندی یا با ارزش بودن انجام عملی خاص است (۱).

اخلاق برای انسان بسیار گسترده بوده و هرچه حوزه‌ای گسترده‌تر، حساس‌تر و مؤثرتر باشد اخلاق مورد نیاز آن تأثیرگذارتر است. جهان آینده، جهان اخلاقی است. اخلاقی با قواعد یکسان برای همه که سود آن شامل حال تمام جامعه باشد. از سویی این اخلاق ضمانت اجرایی فردی ندارد. بنابراین باید در جامعه ابزاری فراهم شود که فرد نتواند بر خلاف جامعه عمل کند. در نتیجه، باید چارچوب‌ها و برنامه اجرایی آن تعریف شود. روش‌ها و قانون‌ها باید به صورتی تعریف شوند که خاطی‌ها با کمترین هزینه در جامعه کنترل و مشخص شوند.

حال نکته مهم این است که در جهان مسطح آینده، که قانون‌ها باید جهانی باشند، اخلاق هم جهانی می‌شود. در آینده فقط قانون‌های یکسان در کل جهان است که حکم‌فرمایی می‌کند و تمامی انسان‌ها نیز باید برپایه این قانون‌ها زندگی کنند. برای روشن‌تر شدن موضوع می‌توان برای مثال، به هیئت بین‌المللی فوتبال اشاره کرد که تنها نهاد دارای صلاحیت قانون‌گذاری در فوتبال است. قانون‌هایی که برای تمامی تیم‌ها، از کوچکترین در دور افتاده‌ترین کشور دنیا تا تیم‌های دسته اول اروپا، چنانچه بخواهند فوتبال بازی کنند یکسان و الزامی است. قانون‌های مستطیل سبز فارغ از مرزهای جغرافیایی، دولت‌ها، نژاد، رنگ پوست، دین و دیگر موردها بوده و تنها متغیرهای مؤثر موجود، ظرفیت ژنتیکی بازیکنان و آموزش‌هایی است که طبق همین قانون‌ها دیده‌اند. آینده جهان نیز به همین گونه است. به عبارت دیگر، برای زندگی کردن در این آینده اجتناب ناپذیر و داشتن تصویری از زیست آینده باید پذیرفت که این قانون‌های زیستی برای تمامی دنیا یکسان اجرا خواهد شد و فارغ از فرد و فردیت، احساس‌ها و گزینه‌ها، در برگیرنده سودمندی تمامی اقشار و بدهای جامعه است. فقط ظرفیت ژنتیکی انسان‌ها و آموزش‌های متفاوت آن‌ها می‌توانند تأثیرگذار باشند.

## پیشنهادها

**گام اول: پذیرش** - دنیای آینده، جهانی یکسان و مسطح است که باید آن را از هم‌اکنون پذیرفت و از هم‌اکنون قانون‌ها را برای مواجهه با چالش‌های آن دوران تعریف کرد.

**گام بعدی: بسترسازی، تصمیم‌سازی، سیاست‌گذاری** - تنظیم قانون‌ها یا بسترسازی پیشگیرانه در جامعه پیشگیرانه برای رویارویی و همگام شدن با آینده گامی است که نه تنها انسان را برای رویارویی با آن آماده می‌کند، بلکه قادر به انتخاب آینده مطلوب از میان آینده‌های محتمل خواهد ساخت.

گرچه ممکن است در نگاه عمومی توجه به آینده و اظهار نظر درباره وقایعی که قرار است زمانی اتفاق بیفتند نوعی پیش‌بینی محسوب شود، اما آینده‌نگاری فرآیندی پیچیده، حساس و گسترده است که چندین عامل در آن دخالت دارند و برای این که این فرآیند دقیق و مورد اعتماد باشد باید بسترسازی مناسب در حوزه‌های مختلف انجام شود. طرح‌های آینده‌نگاری فعالیت از پایین به بالا هستند، یعنی آمار و اطلاعات، نظرها و پیش‌بینی‌ها و آرمان‌های جامعه جمع می‌شوند و سپس بر مبنای آن‌ها تصمیم‌هایی در حوزه‌های سیاستگذار و در قالب سندهای از بالا به پایین، ابلاغ می‌شود. در نتیجه می‌توان گفت که بهترین راه پیش‌بینی آینده (آینده‌نگری)، ساختن آن (آینده‌نگاری) است. بنابراین با توجه به موردهای یاد شده، باید بینشی الزامی، بلامنازع و همگام با جامعه جهانی برای آینده‌نگاری مسیر رشد زیست‌فناوری در تطابق با مسئله‌های ایمنی پیش‌بینی‌پذیر شکل بگیرد.

با توجه به سودآوری اقتصادی محصول‌های زیست‌فناوری نوین باید قانون‌های محکم‌تری در این زمینه در کلیه کشورهای جهان تدوین و تصویب شود. در حال حاضر، قانون‌های وضع شده در دنیا موارد مشابه زیادی دارند و کنترل‌ها سبب کسب نتیجه‌های مطلوبی در بی‌خطر بودن بیشتر سازه‌های زیست‌فناورانه شده است. این روند باید در تمامی کشورها از جمله ایران یکسان و همه‌گیر شود تا نبود اطلاع، باعث سودجویی و عقب افتادگی از روند رو به جلو و همگام شدن با جامعه جهانی نشود.

ایران نیز در جایگاه یک کشور در حال توسعه، نیازمند کاربرد زیست‌فناوری در جنبه‌های مختلف و به ویژه کشاورزی است. در حالی که با وجود اهمیت راهبردی صنعت زیست‌فناوری، در کشور ایران نه تنها این صنعت از توان و جایگاه مناسبی برخوردار نیست و افزون بر این در حوزه کشاورزی از کمترین رونق برخوردار است، بلکه هیچ نوع آینده‌نگری و آینده‌نگاری درباره ایمنی زیستی مربوط به آن نیز مطرح نیست و این حوزه نیز درگیر و دست‌مایه مسئله‌های روزمره و بی‌ارزش شده است.

## منابع

۱. امید، م. و م. پارسا. ۱۳۸۹. ملاحظات اخلاقی در پژوهش‌های ژنتیک، پژوهش‌کده مطالعات فرهنگی و اجتماعی، صفحه‌های ۴۸۳ تا ۵۰۵.
۲. امید، م. و ن. زرین پنجه. ۱۳۹۱. جهان در ۲۰۵۰، مهریستا، ۵۴۶ صفحه.
۳. وهاب‌زاده، ع. ۱۳۷۶. تنوع حیات، موزه آثار طبیعی و حیات وحش ایران، صفحه‌های ۴۱ تا ۲۱۱.
۴. مظاهری اسدی، م. و ج. خانی جزنی. ۱۳۸۷. اخلاق و ایمنی در فناوری زیستی نوین، فصلنامه اخلاق در علوم فناوری، جلد ۴.
۵. ناخدا، ب. و م. زین العابدینی. ۱۳۹۱. زیست فناوری برای توسعه پایدار، مجله ایمنی زیستی، ۱۳۶-۲:۱۲۵.
6. Muttuscka, B. and G. Straube. 2002. Principles of the ethical practice of public health (also known as the code of ethics for public health). Amer. Reproduc. Sci. pp. 60-61, 15-29.

## Future, Biotechnology and Biosafety

M. Omidi<sup>1</sup> and M. Samiei Farahani<sup>2</sup>

Considering the serious challenges facing humanity, arising from the effective forces which shape the future (i.e., population, human needs, globalization and climate change), planning for the future in all areas of life is indispensable. Perhaps the most important human achievement to face the inevitable picture of the future is his increasing knowledge or technology, which is the fifth most effective force, man-made, inspired by nature, and effective on the nature, and has no boundaries. But the question is that how far can this potential go without endangering the security? Which approaches are more appropriate and rational, “conservative” or “receptive”? The proper and efficient use of biotechnology is necessary to examine possible future developments, because it will surely create a dramatic development in the major areas of human life from agriculture to therapeutic areas at national and international levels. Therefore, ethics and biosafety are in dire need of that time. In the flat world of the future, when the man and the machine are united and their boundary is abolished, universal rules will govern human society in the field of technology. So, do we still have to witness worthless controversy over the gene transfer? Do we still have to get trapped in the scientific routineness and fight with innovation? How will our grandchildren label our current planning for water, soil and life? This article discusses the status of ethics and biosafety in relation to predicted future developments.

**Key words:** Biosafety, Biotechnology, Effective forces, Possible futures.

---

1. Corresponding author, Email: momidi@ut.ac.ir

2. Invited Scholar of I.R. Academy of Sciences and Professor of Tehran University and M.S. Graduated of Guilan University, respectively