

## بایوسایبرنتیک، مبنای کنترل‌های نوین در حوزه‌ی زیستی

محمدعلی شکوهیان‌راد<sup>۱</sup>، امیرحسین منتظر<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>پژوهشگر ارشد آزمایشگاه پژوهشی فضای سایبر دانشگاه تهران

cm@shokoohian.ir

<sup>۲</sup>دانشجوی دانشگاه علوم پزشکی تهران

### چکیده

متأثر از تحولاتی که دانش سایبرنتیک در سایر دانش‌ها ایجاد نمود، منطق کنترل پدیده‌ها مبتنی بر اصالت جریان اطلاعات به اکثر دانش‌ها راه یافت و الگوی منطقی آنها را تغییر داد. زیست‌شناسی، یکی از مهم‌ترین حوزه‌های متأثر از سایبرنتیک است که حاصل آن از اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰ با عنوان بایوسایبرنتیک شناخته می‌شود. منظور از بایوسایبرنتیک، دانش جدیدی است که در هر سه حوزه‌ی مفاهیم، نظریات و روش‌شناسی، به‌دنبال شناسایی و شناخت سیستم‌های فرماندهی و کنترل موجودات زیستی از درون و بیرون آنهاست تا بتواند از این طریق، کنترل را بر آن پدیده‌ی زیستی اعمال نماید. بایوسایبرنتیک علاوه بر بررسی منطق فیزیکی و کارکرد فرماندهی و کنترل در موجودات زیستی، به بررسی هویت متافیزیکی و علل ترنس‌فیزیکی پدیده‌های زیستی نیز می‌پردازد. یکی از مهم‌ترین نقاط اتکای علمی و عملی بایوسایبرنتیک، حوزه‌ی دانش‌های همگرا است که از چهار دانش نانو، بیولوژی، تکنولوژی اطلاعات و دانش‌شناختی تشکیل شده است. ساخت مصنوعی پدیده‌های زیستی، ساخت مسیرهای زیستی جدید، ایجاد بیماری‌های نوین و کاملاً متفاوت، طرح‌ریزی انسان از حیث فرماندهی و کنترل مبتنی بر ژنوم نمونه‌هایی از دستاوردهای دانش بایوسایبرنتیک در حوزه‌ی فرماندهی و کنترل زیستی هستند.

**کلمات کلیدی:** بایوسایبرنتیک، سایبرنتیک، زیست‌کنترل اطلاعاتی، سایبرنتیک زیستی، کنترل اطلاعاتی، کنترل شناختی.

## ۱ مقدمه

دهه‌ی ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰ میلادی را می‌توان دهه‌ی تحول دانش‌ها و شکل‌گیری منظومه‌ی نوین دانش در نظر گرفت؛ سال‌هایی که دانشمندان و متخصصان در هر رشته، متأثر از ادبیاتی که دانش سایبرنتیک رواج داد به بازنگری در منطق پایه‌ی تخصص خود پرداخته و نسخه‌ی به‌روز شده‌ای از دانش خود را ارائه نمودند. به‌طور کل، منطق سایبرنتیک بیان می‌دارد که برای کسب سلطه می‌توان از کنترل جریان اطلاعات مؤثر بر پدیده‌ها استفاده نمود؛ به‌گونه‌ای که ادراک آن پدیده‌ها منطبق با معیارهای کنترل‌کننده شود. در نتیجه تصمیم و سپس اقدام پدیده‌های مدنظر نیز در راستای مطلوبات و ترجیحات کنترل‌کننده قرار خواهد گرفت.

منطق فوق در حوزه‌ی کنترل، ده‌ها دانش کلان و جامعه‌ساز نظیر اقتصاد، روانشناسی، جامعه‌شناسی، تاریخ، فیزیک و ... را تحت تأثیر قرار داد که محتوای پایه‌ی هر کدام از آنها موجود است. زیست‌شناسی نیز از این شرایط مستثنی نشد و با عنوان دانش بایوسایبرنتیک، نسخه‌ی سایبرنتیکی خود را عرضه نمود. لذا مبنای دانش بایوسایبرنتیک، کنترل پدیده‌های زیستی از طریق کنترل جریان اطلاعات توسط متغیرهای مختلف کنترلی است که موجودات زیستی از آنها تأثیر می‌پذیرند که حوزه‌ی موسع و گسترده‌ای شامل ژنتیک تا ذهن را در بر می‌گیرد.

بر این اساس بیش از نیم قرن است که بسیاری از روش‌ها و تکنولوژی‌های نوین کنترل پدیده‌های زیستی، بر اساس دانش بایوسایبرنتیک طراحی و عملیاتی شده است. از این رو ضرورت دارد متخصصان در کشور، به دو دلیل مهم به دانش بایوسایبرنتیک روی آورند:

۱. بسیاری از کاربردهای مفید امروزی در نسبت با گیاهان، حیوانات و انسان، ریشه در بایوسایبرنتیک دارد که امروزه در کشور برای مقاصد مختلف، به آنها نیاز داریم؛

۲. تهدیدات نوین نسبت به پدیده‌های زیستی نیز بر اساس مبانی بایوسایبرنتیک طراحی می‌شود. لذا برای شناخت و مقابله با تهدیدات و مخاطرات نوین نیز باید دانش مذکور را مطالعه و بر آن مسلط شویم.

نوآوری پژوهش حاضر از آن جنبه است که اولاً نخستین متن علمی در زبان فارسی است که به تعریف و تبیین جامع دانش بایوسایبرنتیک می‌پردازد، ثانیاً دانش‌های پایه‌ی آن را معرفی می‌نماید و ثالثاً دستاوردهای نوینی که از آن حاصل شده را شرح می‌دهد.

بدین منظور، پژوهش حاضر ابتدا دانش سایبرنتیک را بررسی می‌کند، سپس به معرفی تأثیرات سایبرنتیک بر حوزه‌ی زیست پرداخته و بایوسایبرنتیک را معرفی می‌نماید. در نهایت نیز به تشریح جدیدترین دستاوردهای بایوسایبرنتیک می‌پردازد.

## ۲ پیشینه‌ی پژوهش

به استناد جستجو در سه پایگاه علمی مقالات علمی معتبر فارسی زبان شامل نورمگز، مگیران و پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، تنها دو مقاله که در آن از عنوان بایوسایبرنتیک (با نگارش بیوسایبرنتیک) استفاده شده است، یافت شد.

نخست، حمید هادیان در مقاله‌ای با عنوان «روحیه‌ی جنگی در پروژه‌ی گذار ارتش آمریکا به قرن بیست و یکم» اشاره‌ای کوتاه به یکی از کاربردهای بایوسایبرنتیک در حوزه‌ی تجهیزات نظامی نموده و بیان داشته: «امروزه جنگجویان جدید، شامل منابع انسانی متخصص و دارنده‌ی دانش برتر نظامی و نیز هوش مصنوعی ربات‌های جنگی موسوم به سیستم‌های جدید جنگی است که با یکدیگر کنش شبکه‌ای دارند.

جنگجویان جدید معطوف به سیستم‌های جدید جنگی با فناوری‌های تأثیرپذیر از مهندسی عملکرد انسانی و شبکه‌ی به تعامل بین سیستم و انسان برای پردازش داده‌ها و تبدیل آنها به اطلاعات و نیز انتقال آنها

می‌پردازند. بدین ترتیب نوعی ارتباط بهینه بین روحیه‌ی انسان‌افزایی جنگی و روحیه‌ی سیستمی جنگی مبنی بر تعامل بین انسان و سیستم، تحت عنوان بیوسایبرنتیک چندرسانه‌ای چندبعدی دینامیک با عملکرد طبیعی و واقعیت‌های مجازی برای توسعه‌ی محیط‌های همکاری انسان و سیستم به وجود می‌آید.»

سپس محمد علی شکوهیان‌راد در مقاله‌ای با عنوان «اخلاق در سیستم‌های فرماندهی و کنترل، مبنای چهارچوب نوین طراحی تهدیدات و بحران‌ها» در خصوص بیوسایبرنتیک چنین ذکر نموده: «سیستم‌های فرماندهی و کنترل، محدود به سیستم‌های ماشینی نیست بلکه در دانش نوین، برای سیستم‌های فرماندهی - کنترل طبیعی نیز امکان برنامه‌ریزی و به تبع اخلاق وجود دارد. مهم‌ترین نمونه‌ی سیستم فرماندهی و کنترل طبیعی که با عنوان سیستم‌های بیوسایبرنتیک شناخته می‌شود انسان است که فرایند درک ذهنی و پردازش اطلاعاتی وی، همانند سیستم‌های هوشمند ماشینی است زیرا فرماندهی و کنترل ماشین از فرماندهی و کنترل انسان الگو پذیرفته است و دانش هوش مصنوعی روند مطالعات تکمیلی آن را دنبال می‌نماید.»

اما اصل پیشینه‌ی پژوهش‌های بیوسایبرنتیک را می‌توان در دو زبان انگلیسی و آلمانی ملاحظه نمود. بر اساس جستجوی پایگاه‌های علمی انگلیسی زبان، حدود ۲۳۷۰ مقاله در پایگاه ساینس دایرکت و ۱۳۷ مقاله در پایگاه گوگل اسکولار فقط برای سال ۲۰۲۲ میلادی نمایه شده که در عنوان آنها بیوسایبرنتیک به کار رفته است. همچنین به طور ویژه دو مجله‌ی علمی بین‌المللی برای این حوزه وجود دارد که عبارتند از «مهندسی بیوسایبرنتیک و بیومدیکال»<sup>۱</sup> و «بیولوژی‌یکال سایبرنتیک»<sup>۲</sup> که به صورت تخصصی مقالات مرتبط با حوزه‌ی بیوسایبرنتیک را از سراسر جهان پذیرش نموده و منتشر می‌سازند.

قطعاً نمی‌توان در این مجال به بررسی بسیاری از مقالات پرداخت اما رصد عناوین مقالات نوین حاکی از آن است که بخش چشمگیری از مقالات در حیطه‌ی کنترل انسان یا بخشی از اندام انسان توسط سیستم‌های سایبرنتیک تمرکز دارند.

همچنین بخش دیگری از مقالات اخیر در حوزه‌ی بیوسایبرنتیک به بررسی انواع مسائل بیماری‌زا یا روش‌های تشخیص بیماری‌ها در انسان از منظر سایبرنتیک پرداخته‌اند که در این خصوص، مقالات مرتبط با کرونا از تعداد قابل توجهی برخوردار است. برای نمونه مارتا کوزون و همکارانش در مقاله‌ای با عنوان «شناسایی خودکار بیماری‌های تنفسی از طریق سیگنال‌های صوتی ریه استتوسکوپی با استفاده از طبقه‌بندی کننده‌های گروهی»<sup>۳</sup> ذکر کرده است: «در این مطالعه، ما تأثیر آترواسکلروز را بر رفتار ناهمسانگرد و تراکم‌ناپذیر دیواره‌ی آئورت قفسه‌ی سینه‌ی انسان، تحت بارهای مکانیکی تجزیه و تحلیل کردیم. این مطالعه تنها مطالعه‌ای است که تاکنون تغییراتی را در خواص مکانیکی در تمام مراحل رشد آترواسکلروتیک ارائه کرده است. تعداد زیادی از آماده‌سازی‌ها در مطالعه گنجانده شد که برای نتایج به دست آمده به دلیل علت چند عاملی توسعه آترواسکلروز مهم است.»

در مقاله‌ای دیگر با عنوان «تجزیه و تحلیل سیگنال‌های EEG صرعی با استفاده از تجزیه حالت پویا و

<sup>1</sup>Biocybernetics and Biomedical Engineering

<sup>2</sup>Journal "Biological Cybernetics"

<sup>3</sup>Influence of atherosclerosis on anisotropy and incompressibility of the human thoracic aortic wall

طیف»<sup>۴</sup>، اوزلم کارابیر کورا<sup>۵</sup> تلاش نموده از طریق تشخیص و تحلیل سیگنال‌های نوار مغزی به وقوع حملات صرع، الگوریتم وقوع و زمان بندی آن پی ببرد.<sup>۶</sup>

ولادیمیر کودکین در مقاله‌ای با نام «شناسایی دیجیتالی شرایط انسانی به عنوان پیش نیاز اثربخشی عملیات سیستم‌های اتوماسیون سازمانی (بایوسایبرنتیک)» تلاش نموده کنترل انسان از طریق تعامل با ماشین را ارتقاء بخشد. وی اذعان داشته: «این مقاله به مشکلات بهبود سیستم‌های تعامل انسان و ماشین مدرن می‌پردازد. چنین سیستم‌هایی را سیستم‌های بایوسایبرنتیک می‌نامند که نشان داده شده است با تثبیت کار آنها بر اساس نظریه‌ی کنترل اتوماسیون می‌توان به افزایش قابل توجهی در کارایی انسان دست یافت. تجزیه و تحلیل طرح‌های ساختاری سیستم‌ها نشان داد که یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در این سیستم‌ها «دیجیتال سازی» ضعیف شرایط انسانی است. «دیجیتالی سازی» در اینجا شناسایی یک فرد به عنوان مشارکت کننده در تعامل با یک سیستم سایبرنتیک یا سایبری-فیزیکی است.

مشکل اصلی ساخت یک سیستم بایوسایبرنتیک، ثابت نبودن ویژگی‌های انسانی مانند زمان واکنش به اختلالات خارجی، خستگی فیزیکی یا عصبی، توانایی انجام مقدار مورد نیاز کار و ... است. در عین حال، به عنوان یک قانون، هیچ ارزیابی عینی از این غیر ایستایی وجود ندارد. تحت این شرایط، اطمینان از کنترل پذیری و کارایی سیستم‌های بایوسایبرنتیک کاری بسیار دشوار است.

برای حل این مشکل با کمک سیگنال‌های الکتروکاردیوگرام پیشنهاد شده است: در دسترس‌ترین و دقیق‌ترین اطلاعات در مورد وضعیت فعلی یک انسان گزارش شود. در این مقاله به چند نمونه از راه‌حل‌ها و نتایج مطالعات و آزمایشات نظری پرداخته می‌شود.

تمایز اصلی پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌های داخلی و خارجی که تاکنون در زمینه‌ی بایوسایبرنتیک منتشر شده است در این است که تلاش نموده تا برای نخستین بار، اساس مبانی و منطق حاکم بر بایوسایبرنتیک را از منظر دانش سایبرنتیک تشریح نموده و مشخص سازد چه تحولاتی متأثر از سایبرنتیک در زیست‌شناسی ایجاد شد که منتج به پدید آمدن بایوسایبرنتیک گشت. همچنین تلاش بر این است تا بر اساس شاخصه‌های کاربردی و تعاریف عملیاتی مشخص شود وجه تمایز بایوسایبرنتیک با زیست‌شناسی در چیست و این دانش نوین چه جایگاه و نگاهی به پدیده‌های زیستی دارد؟ در نهایت میدان‌های نظری و فنی که امروزه تحت تأثیر بایوسایبرنتیک هستند مورد اشاره، معرفی و تشریح قرار خواهند گرفت.

لذا در یک جمله می‌توان اذعان داشت پژوهش حاضر در تلاش است تا برای نخستین بار، یک متن علمی پایه، مدون و نسبتاً جامع برای معرفی دانش بایوسایبرنتیک و آثار آن در حوزه‌ی فرماندهی و کنترل پدیده‌های زیستی ارائه نماید.

<sup>4</sup>Analysis of epileptic EEG signals by using dynamic mode decomposition and spectrum

<sup>5</sup>Ozlem Karabiber Cura

<sup>6</sup>44 تا 28 صفحات هم‌ان،

## ۳ ادبیات پژوهش

### ۱.۳ دانش سایبرنتیک

بر اساس منابع موجود، پایه‌گذاری سایبرنتیک به‌عنوان یک دانش، به اوایل قرن نوزدهم میلادی بازمی‌گردد. تاکنون اولین مرجع شناخته شده‌ای که از سایبرنتیک با عنوان **دانش** یاد کرده است، مبحث «دانش آینده‌ی حکومت»<sup>۷</sup> به قلم «آندره ماری آمپر»<sup>۸</sup> فیزیک‌دان معروف فرانسوی است که در سال ۱۸۴۳ میلادی نگاشته شده است. آمپر در اثر خود، سایبرنتیک را (با تلفظ فرانسوی سیبِنتیک)<sup>۹</sup> به حوزه‌ی علوم سیاسی مرتبط کرده و آن را «**دانش حکومت‌داری مدنی**»<sup>۱۰</sup> به‌معنای «دانش سیاست‌های جاری و اداره‌ی عملی در یک دولت یا جامعه» تعریف نموده است. همچنین نظر آمپر درباره‌ی کارکرد و جایگاه دانش سایبرنتیک چنین بوده که همان «**حکومت و شعبه‌ای از علم سیاست**» است. پس از آمپر، ترنتوسکی<sup>۱۱</sup> سایبرنتیک را «**هنر چگونگی حکمرانی بر مردم**» تعریف نموده که مؤید دیدگاه آمپر می‌باشد.

اما مهم‌ترین منابع فلسفی و نظری در خصوص دانش سایبرنتیک، توسط نوربرت وینر<sup>۱۲</sup> و در قرن بیستم میلادی تألیف و منتشر شده است؛ به‌همین دلیل وی را پدر دانش سایبرنتیک می‌نامند. وینر در سال ۱۹۴۸ میلادی برای اولین بار به زبان انگلیسی در کتابی با عنوان «سایبرنتیک: یا کنترل و ارتباط در حیوان و ماشین»<sup>۱۳</sup> واژه‌ی سایبرنتیک را به‌کار برد.

وینر در خصوص انتخاب واژه‌ی سایبرنتیک چنین بیان می‌دارد: «تا دوران اخیر، واژه‌ای که مبین این گروه از افکار [منظور، کنترل پدیده‌ها از طریق اطلاعات و محتوای ارسالی به آنها] باشد، وجود نداشت و برای برگرفتن این حوزه‌ی افکار به تمامی در یک اصطلاح، مجبور به اختراع واژه‌ای مخصوص شدم. لذا سایبرنتیک را به‌معنای سکاندار و از منشأ انگلیسی Governor انتخاب کردم». وی در تعریف این واژه گفته است: «تصمیم ما بر این است که کلیات مطالعات نظری کنترل و ارتباطات در ماشین و موجودات زنده را سایبرنتیک بنامیم».

بنابر تعریف وینر، سایبرنتیک دانش کنترل پدیده‌ها از طریق جریان اطلاعات است و ابعاد آن مطابق شکل ۱ است.

لذا از سویی بر کنترل هر پدیده در جای خود تمرکز دارد و از سویی دیگر ارتباطات پدیده‌ها را با یکدیگر کنترل می‌نماید. این یعنی اعمال کنترل هم در سطح فردی و هم در سطح اجتماعی صورت می‌پذیرد. همچنین کنترل فردی و اجتماعی، هم نسبت به موجودات زیستی انجام می‌شود و هم پدیده‌های غیرزیستی. از تلفیق و ضرب ماتریسی گزاره‌های فوق، چنان نتیجه می‌شود که سایبرنتیک، کنترل تمام جامعه را مدنظر قرار داده است.

<sup>7</sup>The Future Science of Government

<sup>8</sup>André-Marie Ampère

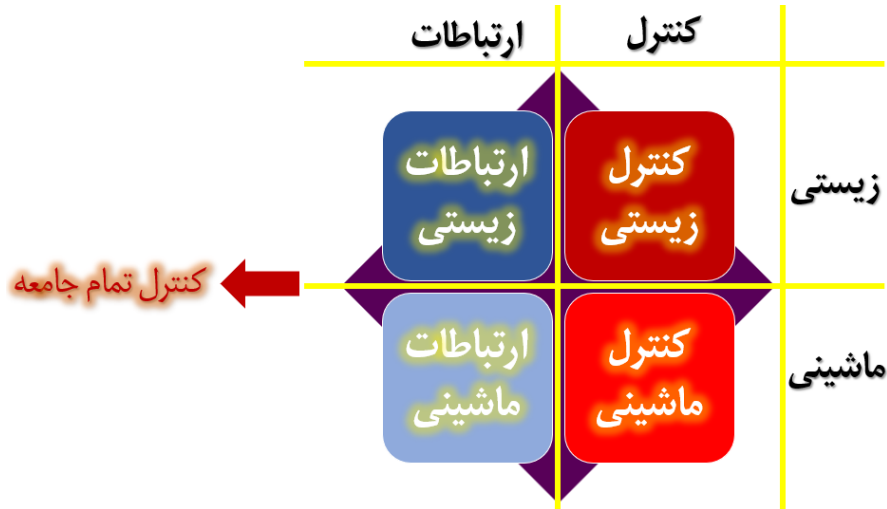
<sup>9</sup>Cybernétique

<sup>10</sup>The Science of Civil Government

<sup>11</sup>Trentowsky

<sup>12</sup>Norbert Wiener

<sup>13</sup>Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine



شکل ۱: ابعاد دانش سایبرنتیک مطابق تعریف وینر

لذا در یک جمله می‌توان سایبرنتیک را دانش کنترل تمامی پدیده‌ها در سطوح فردی و اجتماعی از طریق جریان اطلاعات تعریف نمود.

### ۲.۳ سایبرنتیک، مبنای تحول دانش‌ها در عصر حاضر

بررسی قیاسی دانش‌های پیش از سایبرنتیک و همچنین دانش‌هایی که پس از آن ایجاد شده‌اند حاکی از آن است که منطق کنترل از طریق جریان اطلاعات، به مبنای اکثر دانش‌ها راه یافته و بر آنها عمیقاً اثر گذاشته است. لذا با صدها رشته‌ی علمی مواجه هستیم که اهداف سابق خود را با شیوه‌های جدید سایبرنتیکی پیگیری می‌نمایند. در این میان، از مهم‌ترین حوزه‌های متأثر از دانش سایبرنتیک، منظومه‌ی دانش‌های زیست‌شناسی است که مسیری بسیار جدی و متفاوت را نسبت به گذشته‌ی خود رقم زده است. به عبارت دیگر، میزان اثرگذاری سایبرنتیک به‌عنوان یک نقطه‌ی عطف در دانش زیست‌شناسی، از سایر دانش‌ها عمیق‌تر و ملموس‌تر می‌باشد.

بایوسایبرنتیک یک رویکرد نوآورانه است که هدف آن، درک عمیق‌تر سیستم‌های پیچیده‌ی دارای حیات است. این توصیف ریاضی و ساختاری، مقوله‌ی پردازش اطلاعات در موجودات زنده و اکوسیستم‌ها را پوشش می‌دهد.

نخستین ریشه‌های بایوسایبرنتیک را می‌توان در آثار «هانس دریشل»<sup>۱۴</sup> دانشمند آلمانی مشاهده کرد که اثری با عنوان «درآمدی بر بایوسایبرنتیک»<sup>۱۵</sup> به زبان آلمانی تألیف نموده است. وی در کنار جمعی از دانشمندان که همگی بر حوزه‌ی بایوسایبرنتیک تمرکز داشته‌اند، از محققین اصلی «انستیتو بایوسایبرنتیک

<sup>14</sup>Hans Drischel

<sup>15</sup>Einführung in die Biokybernetik

ماکس پلانک»<sup>۱۶</sup> به‌شمار می‌آید که اساساً برای مطالعه‌ی آثار و عملکرد کنترل‌های سایبرنتیکی بر حوزه‌های زیستی تأسیس شده بود.

ادامه‌ی روند مطالعات بایوسایبرنتیک، امروز بدان‌جا رسیده که چندین ژورنال علمی نظیر «مهندسی بایوسایبرنتیک و بیومدیکال»<sup>۱۷</sup> و «بایولوژیکال سایبرنتیک»<sup>۱۸</sup> و همچنین آزمایشگاه‌های معتبر مانند «آزمایشگاه بایوسایبرنتیک دانشگاه یوسی‌ال‌ای»<sup>۱۹</sup> با تعریف ده‌ها پروژه‌ی مطالعاتی - عملیاتی راه‌اندازی شده و به‌طور عمیق و گسترده‌ای بر سیستم‌های فرماندهی و کنترل زیستی تمرکز نموده‌اند.

### ۳.۳ بایوسایبرنتیک: چیستی، چرایی و چگونگی

بقاء تمامی موجودات زنده، متشکل از یک سری امور است که اگر هر کدام از آنها دچار اختلال شود، در حداقل زمان، مشکلات جدی و حتی مرگ را برای آن موجود پدید می‌آورد. از سوی دیگر این امور حیاتی و سایر امور زیستی وابسته به آنها بر پایه‌ی مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها و اطلاعات در بدن موجودات تعریف می‌شوند، به‌گونه‌ای که اولاً تعیین‌کننده‌ی چیستی و چگونگی اقدامات و امور حیاتی می‌باشند و ثانیاً به‌صورت کامل، تحت کنترل سیستم‌های فرماندهی بالادستی هستند تا هماهنگی، یکپارچگی، به‌هنگام بودن، روند تکامل و سایر ملزومات را فراهم نماید.

مهم‌ترین قسمت دستورالعمل‌های مذکور در دو بخش:

۱. سیستم اعصاب مرکزی به‌عنوان مرکز فرماندهی و کنترل موجودات زیستی؛

۲. ژنوم (به دو صورت DNA و RNA) به‌عنوان عاملیت فرماندهی و کنترل صفات و ویژگی‌های بنیادین موجودات زیستی و منتقل‌کننده‌ی آنها به نسل‌های آینده؛

وجود دارد و قابل بررسی است.

پیشرفت‌های اخیر در حوزه‌ی بایوسایبرنتیک، دانشمندان را قادر به کنترل و جهت‌دهی هر دو بخش به‌صورت متمرکز، توده‌ای، گسترده و از راه‌دور نموده به‌گونه‌ای که از طریق کنترل اعصاب مرکزی، کلیات ادراکات و واکنش‌های موجودات زیستی را و از طریق تولید توالی‌های جدید ژنوم از ابتدای طراحی تا انتهای عملیاتی نمودن آن، ویژگی‌ها و صفات بنیادین موجودات زیستی و نسل آتی آنها را کنترل می‌نمایند. با کمک بایوسایبرنتیک، می‌توان از کوچکترین واحد حیات در سطح میکرو ارگانیسم‌های نانومتری تا موجودات در سطح ماکرو را تحت کنترل درآورد و از آنها موجودیت‌هایی نوین ایجاد نمود که دارای قابلیت‌های کاملاً جدید و متفاوت از موجودات سابق هستند. همچنین می‌توان از موجودات زیستی، کاربردهای جدید و مورد نیاز به‌دست آورد؛ برای نمونه می‌توان با کنترل ویژگی‌های زیستی برخی حیوانات، از پتانسیل آنها قابلیت‌هایی نظیر تولید سوخت‌های زیستی و ترشح پیش‌سازهای داروهای پزشکی را به‌دست آورد که سابق بر این میسر

<sup>16</sup>Max Planck Institute for Biological Cybernetics

<sup>17</sup>Biocybernetics and Biomedical Engineering

<sup>18</sup>Journal "Biological Cybernetics"

<sup>19</sup>UCLA Biocybernetics Laboratory

نبوده است. از سوی دیگر می‌توان با الحاق ترانه‌های سایبری به موجودات زیستی، انواع فعالیت‌های عصبی، ارگانی و سیستمی آنها را به سمت دلخواه سوق داد؛ یعنی می‌توان مجموعه‌ای از فعالیت‌های خودآگاه و ناخودآگاه موجودات زیستی را از طریق دانش و تکنولوژی‌های بایوسایبرنتیک به کنترل در آورد. چنین دستاوردهای نوینی بر اساس نگاه بایوسایبرنتیک به پدیده‌های زیستی است که آنها را به مثابه کامپیوترهای زیستی در نظر می‌گیرد که نیازمند یک سیستم‌عامل کنترلی برای بهره‌برداری از توان سخت‌افزاری این کامپیوترها است. لذا تلاش دارد تا با خروجی‌های نوینی که از دانش بایوسایبرنتیک حاصل می‌شود، سیستم‌های عامل متناسب با این کامپیوترهای زیستی را طراحی و روی آنها نصب نماید. از آنجا که نگاه، اهداف و روش‌های اقدام بایوسایبرنتیک در شاخه‌های مختلف بایولوژی مطرح نبوده است، لذا نباید این دانش نوین را معادل بایولوژی و حوزه‌ی متری آن نظیر سینتیک بایولوژی در نظر گرفت. وقتی صحبت از بایوسایبرنتیک می‌شود، منظور از آن دانش کاملاً جدیدی است که در هر سه حوزه‌ی مفاهیم، نظریات و روش‌شناسی، از طریق تلفیقی کاملاً هماهنگ میان دانش سایبرنتیک و بایولوژی به دنبال شناسایی و شناخت سیستم‌های فرماندهی و کنترل موجودات زیستی از درون و بیرون از آنها بوده تا بتواند از این طریق، کنترل سایبرنتیک بر آن پدیده‌ی زیستی را اعمال نماید. به همین دلیل است که یک آزمایشگاه و فضای کاری پیشرفته‌ی بایوسایبرنتیک، نه شباهتی به آزمایشگاه کاملاً الکترونیکی و کامپیوتری دانشمندان حوزه‌ی سایبر دارد، و نه فضایی است کاملاً زیستی با شمایل آزمایشگاه‌های زیستی که زیست‌شناسانی با روپوش سفید در آن مشغول به کار بر روی گونه‌های زیستی هستند؛ بلکه یک زیرساخت پیچیده و نوین است برای تحقق انواع کنترل‌ها بر پدیده‌های مختلف زیستی که حوزه‌هایی مثل مهندسی ژنتیک طبیعی و مصنوعی با تمام توان و پیچیدگی‌هایش، صرفاً یکی از زیربخش‌های آن می‌باشد.

در چنین فضایی، طراحی و آزمایش سیستم‌های عصبی مصنوعی، بازشناسی الگوریتم‌های محاسباتی موجودات زیستی برای فهم چگونگی تولید کدهای امور حیاتی‌شان، بازشناسی و بازسازی الگوی کنترل ژنوم، کشف الگوریتم‌های شناختی موجودات زنده به منظور کنترل شناخت آنها، اتصال و ارتباط عملیاتی و یکپارچه میان الگوهای زیستی از طریق یکسان‌سازی اطلاعات ارائه شده به آنها، آزمایش‌های مختلف بر سیستم‌های فرماندهی و کنترل زیستی و ... به عنوان نمونه‌هایی از حوزه‌ی مطالعاتی بایوسایبرنتیک انجام می‌پذیرد. همچنین از نکات بسیار مهم در تمایز بایوسایبرنتیک نسبت به شاخه‌های مختلف بایولوژی، آن است که بایولوژی دانشی است که عموماً مبتنی بر تجربیات آزمایشگاهی است و در سطح فیزیک هستی تعریف می‌شود. اما بایوسایبرنتیک، دامنه‌ی گسترده‌ای دارد که هر سه سطح فیزیک، متافیزیک و ترانس فیزیک هستی را مورد بحث، بررسی و مطالعه و کنترل قرار می‌دهد. سطح فیزیکی هستی، سطح طبیعیات است. متافیزیک، سطحی است که درباره‌ی موجودات «بما هو موجودات» به بحث و بررسی علمی می‌پردازد و سطح ترانس فیزیک یا ماوراء طبیعت، سطحی است که دانش‌های آن پیرامون پدیده‌های فرامادی صحبت می‌کنند. لذا رابطه‌ی بین فیزیک و متافیزیک، مصداق رابطه‌ی میان جزء و کل است و رابطه‌ی میان فیزیک با ترانس فیزیک، از نوع روابط علت و معلولی است.

پس در واقع، بایوسایبرنتیک علاوه بر بررسی منطق و کارکرد فرماندهی و کنترل در موجودات زیستی، به بررسی هویت متافیزیکی و علل ترانس فیزیکی پدیده‌های زیستی نیز می‌پردازد. حاصل چنین نگاهی است که



برخی مراکز پیشرفته‌ی علمی در سال‌های اخیر به تعریف پروژه‌هایی نظیر «ژن مقدس»<sup>۲۰</sup> می‌پردازند. ژن مقدس پروژه‌ای علمی است که یک ژن با نام ترا برنده ویزیکولی مونوآمین-۲۱۲ موجب تمایل انسان به سمت امور روحانی و عرفانی می‌شود که نخستین بار توسط «دین هیمر»<sup>۲۱</sup> (متخصص ژنتیک) بیان شده است. هدف پروژه‌ی مذکور چنین است که در نهایت بتوان با تغییرات ژنتیکی یا ایجاد ژنومی جدید که سابقاً وجود نداشته، ابعاد ایدئولوژیک انسان را دستخوش تغییرات مدنظر نموده و از این طریق حوزه‌ی معرفتی انسان را پیش از تولد وی تحت سیطره و کنترل در آورد که مصداق کنترل انسان به‌عنوان یک پدیده‌ی زیستی در سطوح متافیزیک و ترانس‌فیزیک است.

به‌طور کل، بایوسایبرنتیک را می‌توان از یک سو دانشی برای طراحی و ساخت مسیرهای نوین کنترل زیستی که در طبیعت وجود ندارند؛ و از سوی دیگر بازتعریف‌کننده‌ی مسیرهای کنترل زیستی موجود در طبیعت دانست. به‌عبارت دیگر خلق نوین ساز و کارهای کنترل زیستی و همچنین طراحی و ساخت گونه‌ای از موجودات با قابلیت‌های متفاوت شناختی، ادراکی و محاسباتی و حتی طراحی مجدد اکوسیستم‌های بایولوژیکی طبیعی (که در حال حاضر وجود دارند) به‌نحوی که مد نظر طراح است (حالتی که در حال حاضر وجود ندارد) در دانش بایوسایبرنتیک به‌واقعیت بدل شده است.

## ۴.۳ دستاوردهای بایوسایبرنتیک در حوزه‌ی فرماندهی و کنترل زیستی

بر اساس آنچه بیان شد، اهم مصادیقی که به‌عنوان دستاوردهای بایوسایبرنتیک در زمینه‌ی تحقق فرماندهی و کنترل پدیده‌های زیستی قابل طرح است عبارتند از:

۱. **ساخت مصنوعی پدیده‌های زیستی:** یعنی ساخت یک موجود زنده، بدون حضور خود آن موجود و صرفاً با ساخت اطلاعات DNA آن. به‌عنوان مثال، ژنوم یک باکتری از طریق اتصال قطعات کوچک DNA به یکدیگر ساخته می‌شود حتی اگر در آن محیط، هیچ باکتری‌ای به‌عنوان مولد وجود نداشته باشد. این امر برای گیاهان، ویروس‌ها، سلول‌ها، حیوانات، انسان‌ها و حتی موجودات جدید زیستی که تاکنون به‌صورت طبیعی وجود نداشته‌اند میسر است.

۲. **ساخت مسیرهای زیستی جدید:** ایجاد مسیرهای زیستی که در دنیای طبیعی وجود ندارند یا اگر وجود دارند، فعالیت ویژه‌ای که مد نظر ما است را انجام نمی‌دهند. برای نمونه، آنزیمی شناسایی و تولید می‌شود که در تولید ماده‌ی A کاربرد دارد، در حالی که ماده‌ی A در هیچ موجود زنده‌ای تولید نمی‌شود. سپس ژن این آنزیم در موجودی قرار می‌گیرد که پیش‌ماده‌ی A در آن وجود دارد تا از این طریق ماده‌ی A تولید گردد. پایه‌ی چنین مبحثی در سینتتیک بایولوژی مطرح است اما دریافت کاربردهای کنترلی، اتکا بر بایوسایبرنتیک دارد. برای مثال به‌صورت سنتتیک، آنزیمی تولید شود که

<sup>20</sup>God Gene

<sup>21</sup>VMAT2

<sup>22</sup>Dean Hamer

پدیده‌های زیستی نظیر انسان را با کنترل‌گرهای مغناطیسی یا اپتیکی هماهنگ سازد تا از طریق بتوان رفتارها و کنش‌های اجتماعی افراد را کاملاً تحت کنترل و نظارت درآورد.

به عبارت دیگر می‌دانیم که جهان سایبری از دنباله‌های دودویی متشکل از ۰ و ۱ تشکیل شده است، در نتیجه محاسبات آن در دستگاه لگاریتمی با مبنای ۲ انجام می‌شود. از سوی دیگر جهان زیستی از دنباله‌های چهارتایی شامل آدنین<sup>۲۳</sup>، تیمین<sup>۲۴</sup>، سیتوزین<sup>۲۵</sup> و گوانین<sup>۲۶</sup> که به ترتیب با اختصار A، C، T و G نمایش داده می‌شوند، ساخت یافته است. لذا انجام محاسبات مربوطه در دستگاه لگاریتمی با مبنای ۴ صورت می‌پذیرد. از سوی دیگر تبدیل دستگاه‌های لگاریتمی از مبنایی به مبنای دیگر، امری میسر است. این به معنای تبدیل محاسبات اطلاعاتی سایبرنتیک و بیولوژیک به یکدیگر است که می‌تواند زمینه‌ساز فضای یکپارچه‌ی کنترل اطلاعات و گامی در راستای کنترل پدیده‌های زیستی مبتنی بر زیرساخت سایبرنتیک می‌باشد.

لذا ظرفیت علمی و امکان عملیاتی نگارش و سنتز کدهای زیستی، بدون هیچگونه محدودیتی و از طریق ساز و کار سایبرنتیکی وجود دارد. این مهم توسط «پل دیویس»<sup>۲۷</sup>، فیزیک‌دان دانشگاه ایالتی آریزونا در فصل دوم کتاب «شیطان در ماشین»<sup>۲۸</sup>، چنین بیان شده است: «با اندکی توجه در می‌یابیم که تحلیل کلود شانون، کاربرد مستقیمی در زیست‌شناسی دارد. اطلاعات با استفاده از رمزهای ژنتیکی همگانی در دی‌ان‌ای ذخیره شده‌اند. محتوای اطلاعاتی ژن‌ها از طریق mRNAها به ریبوزومها ارسال می‌شود و در آنجا پس از رمزگشایی، برای ساختن پروتئین‌ها از رشته‌ای از اسیدهای آمینه مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما کانال اطلاعاتی mRNA، ذاتاً شلوغ، پرهیاهو و مستعد خطا است. بنابر این کتاب راهنمای حیات به‌طور منطقی، معادل با تحلیل شانون از اطلاعات رمزگذاری شده‌ای است که از کانال ارتباطی پراشویی ارسال می‌شود».

۳. توسعه و تعمیق فرماندهی و کنترل موجودات زیستی در مقیاس گسترده و کلان: به‌طور کلی، محل فرماندهی و کنترل در یک موجود تک سلولی، اندامک هسته‌ای آن موجود محسوب می‌شود و در صورتی که یک موجود پر سلولی بوده و دارای سیستم عصبی باشد، شبکه‌ای درهم پیچیده از سلول‌های عصبی آن موجود تحت عنوان مغز، مرکز فرماندهی و کنترل آن موجود به‌شمار می‌آید.

عوامل بیوسایبرنتیک می‌توانند با در دست گرفتن مرکز فرماندهی کنترل سلول به عنوان مثال تغییر در ژنوم سلول و افزودن یا کاستن اطلاعات ژنتیکی خاص به آن، ظرفیت آن را در اختیار خود داشته باشند. برای نمونه می‌توانند پس از کنترل مرکز فرماندهی سلول، دستورات جدیدی را به سلول داده و آن را در راستای برنامه‌ی خود مدیریت نمایند. همین موضوع را می‌توان برای مرکز فرماندهی و کنترل

<sup>23</sup> Adenine

<sup>24</sup> Thymine

<sup>25</sup> Cytosine

<sup>26</sup> Guanine

<sup>27</sup> Paul Davies

<sup>28</sup> The Demon in the Machine: How Hidden Webs of Information Are Solving the Mystery of Life?

موجودات زیستی یعنی مغز نیز در نظر گرفت. پس در صورتی که بتوان مغز را کنترل نمود، می‌توان اکثر ظرفیت حیاتی موجودات پرسولولی را نیز به دست گرفته و کنترل کرد. از این رو پروژه‌های کنترل مغز که به صورت سخت و نرم در حال انجام است، جایگاه بسیار قابل توجهی در این حوزه یافته‌اند.

۴. **تعمیق توانمندی تصرف، تغییرات بنیادین و حتی ایجاد آنچه سابقاً وجود نداشته در حوزه‌ی کنترل پدیده‌های زیستی در فرایندهای نظام هستی:** به دلیل توجه به بایوسایبرنتیک، دانشمندان متوجه این نکته‌ی مهم شده‌اند که تمام پدیده‌های زیستی - خصوصاً انسان - همانند یک کامپیوتر پیشرفته‌ی زیستی است که پتانسیل اجرایی بسیار بالایی دارد اما سیستم‌عاملی که این پتانسیل را به نحو مدنظر فعال نماید؛ در اختیار انسان نیست.

حال با استفاده از دیدگاه و تکنولوژی‌های مبتنی بر بایوسایبرنتیک، توانسته‌اند سیستم‌های عاملی که از این کامپیوتر زیستی پیشرفته، پردازش‌ها و خروجی‌های مدنظرشان را دریافت نماید؛ طراحی نموده و عملیاتی سازند. در این مسیر، ادبیات و حتی پروژه‌هایی نظیر هومودئوس<sup>۲۹</sup>، محاسبات DNA، انسان نسخه‌ی ۲۰۲۰ سال‌ها است که تعریف شده و در مسیر اجرای آنها گام‌هایی نیز برداشته شده است.

۵. **تغییر و حتی حذف انواع گونه‌ها و نژادهای زیستی در محیط زیست، گیاهان، حیوانات و حتی انسان:** جنس تغییرات زیست‌محیطی مبتنی بر سایبرنتیک؛ شبیه به تغییرات زیستی سابق نیست. به عنوان مثال شناسایی، استخراج و تغییر پوشش جانوری، آبی و گیاهی غالب در مناطقی از بخش‌های مختلف یک کشور، می‌تواند بر اساس تغییراتی از جنس بایوسایبرنتیک باشد که در آینده، آثار متعدد اقتصادی، امنیتی و زیست‌محیطی فراوان برای عموم مناطق جهان رقم خواهد زد. به این نوع از تغییرات که ذیل بایوسایبرنتیک، خاصاً معطوف به محیط زیست شکل می‌پذیرد؛ تغییرات اکوسایبرنتیکی گفته می‌شود که یک شاخه‌ی مطالعاتی بسیار مهم است. بعضی اقدامات نظیر حذف نژاد یک گونه‌ی خاص گیاهی یا جانوری؛ یا بر خلاف آن ایجاد گونه‌های زیستی جدید به طوری که پس از رهاسازی در اکوسیستم، کاری را انجام دهند که مد نظر طراح است نیز در زمره‌ی تغییرات بایوسایبرنتیک می‌باشد.

۶. **ایجاد بیماری‌های نوین و کاملاً متفاوت با بیماری‌های تجربه شده در تاریخ بشر از طرق مختلف نظیر تولید پاتوژن‌های جدید<sup>۳۱</sup> با تمرکز بر کنترل مبانی و مبادی کنترلی انسان از سلول تا سیستم عصبی:** تاکنون تصور بر این بوده که عوامل بیماری‌زا، عموماً از طریق داروها کنترل می‌شوند. برخی از عوامل جدید بایوسایبرنتیک، هر چند نسبت به پدیده‌های زیستی نظیر انسان، مهاجم هستند اما ذات زیستی ندارند. برای نمونه، عواملی که با فرکانس فعال / غیر فعال می‌شوند (موسوم به: Activated Frequency FAA) باعث بروز علائم بالینی منفی در انسان

<sup>29</sup>Homo Deus

<sup>30</sup>Human 2.0

<sup>31</sup>عوامل بیماری‌زای جدید

و سایر پدیده‌های زیستی می‌گردند و درمان دارویی ندارند. عموماً این دست عوامل به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که به‌راحتی درمان‌پذیر نیستند. در این شرایط متخصصان پزشکی اقدام به درمان‌های رایج می‌کنند در حالی که نه تنها اثر مثبتی نخواهد داشت، بلکه عوارض دارویی را نیز به فرد تحمیل می‌نمایند.

۷. **طرح‌ریزی انسان از حیث فرماندهی و کنترل مبتنی بر ژنوم:** کنترل انسان، چه پیش از تولد و چه در زمانی که یک انسان بالغ است؛ همواره یکی از دغدغه‌هایی بوده که در پروژه‌های تحقیقاتی مراکز پیشرفته‌ی علمی بایوسایبرنتیک، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. برای اینکه بتوان انسانی بالغ را تحت کنترل داشت؛ یکی از روش‌های آزموده شده، ایجاد یک رابط بین مغز و سیستم‌های کامپیوتری است که می‌تواند دستورات را به‌صورت سیستمی به مغز فرد ارائه داده و فرد با اتخاذ تصمیم اقدام به عمل نماید.

در این راستا پروژه‌هایی که بتوانند چنین رابطی را ایجاد نمایند می‌توانند بسیار حائز اهمیت باشند. آژانس تحقیقات پیشرفته دفاعی ایالات متحده آمریکا (دارپا)، با قدم گذاشتن در این فضا اقدام به طراحی و اجرای پروژه‌هایی نظیر «بازیابی حافظه‌ی فعال» و همچنین طراحی «سیستم مهندسی عصبی» نموده است. این آژانس به‌دنبال طراحی یک رابط است که شبکه‌ی گسترده‌ای از بافت‌های عصبی را شکل می‌دهد. رابط مذکور از طریق ایمپلنت در بالای قشر مغزی جایگذاری می‌شود. ساخت چنین رابطی، برقراری ارتباط به‌صورت بدون وقفه با مغز را ممکن می‌کند. گفته شده که این رابط عصبی، امکان درک فرایند پردازش‌های مغزی و رمزگشایی زبان گفتاری را به محققان خواهد داد. چنین سیستمی می‌تواند به مغز انسان کمک کند تا مستقیماً به مجموعه‌ای عظیم از اطلاعات، از تصاویر گرفته تا ویدیوها دسترسی داشته باشد و در عین حال این امکان را برای کامپیوترها فراهم می‌کند تا برای مثال آن چه را که ما با چشم‌مان می‌بینیم، ببینند.

سابقاً چنین مطالعاتی در اواخر دهه‌ی ۸۰ شمسی در کشور در حال انجام بوده اما به‌دلایل نامشخصی متوقف شده است. اما مقالات علمی حاصل از مطالعات آن ایام، کمک زیادی به فهم عملیاتی بایوسایبرنتیک می‌نمایند. برای مثال مقاله‌ی پژوهشی «کنترل ذهن با فناوری صدای خاموش خیال یا واقعیت؟» که حاصل سال‌ها مطالعه‌ی علمی روی چنین مواردی بوده، در پاییز سال ۱۳۹۱ به پرسش‌های زیادی بر اساس اسناد پاسخ می‌دهد که حتی امروز نیز برای جامعه‌ی علمی کشور مورد سؤال قرار دارند.

البته مثال فوق، یک نمونه‌ی اولیه از پروژه‌های کنترل انسان مبتنی بر بایوسایبرنتیک است. امروزه استفاده از تکنولوژی‌ها و روش‌های جدیدتر مطرح است، برای نمونه استفاده از نانوپارتیکل‌های مختلف نظیر ذرات نانو اکسید گرافن، تیتانیوم دی‌اکسید و ... در بدن انسان و سپس تحت تأثیر قرار دادن آنها از طریق میدان امواج؛ به اهدافی عمیق‌تر و وسیع‌تر از آنچه در مدل اولیه بیان شد، دست می‌یابند.

## ۴ نتیجه‌گیری

عصر حاضر، عصر تولید قدرت و اعمال کنترل بر اساس دانش‌های سایبرنتیک پایه و تکنولوژی‌های حاصل از آنها است؛ لذا تمام امور اساسی هر کشور از خط‌مشی‌گذاری تحقیق و توسعه‌ی دانش‌های مختلف در مجموعه‌های علمی، پژوهشی و دانشگاهی تا طرح‌ریزی الگوهای حاکمیتی برای پاسخ به موضوعات راهبردی نظیر دشمن‌شناسی، پدافندهای بلادرنگ و مؤثر در مقابل تهدیدات نوین، طرح‌ریزی‌های آفندی، طراحی و پیاده‌سازی راهبردهای بازدارندگی<sup>۳۲</sup> و به‌طور کل حفظ و ارتقاء قدرت ملی در سطح منطقه و بین‌الملل، کاملاً به دانش‌های ماحصل از دانش سایبرنتیک وابسته است و بدون به‌روزرسانی علمی نمی‌توان در موارد فوق و سایر موضوعات مهم، به نتایج مطلوب و به‌روز دست یافت. علت جدی این تغییر مهم، تغییر مبنای منطق دانش در جهان است؛ بدین صورت که مبنای دسته‌بندی دانش‌ها در دهه‌های اخیر به سمت مفهوم اطلاعات و اعمال کنترل بر اساس جریان اطلاعات سوق یافته، به‌گونه‌ای که هر چقدر یک دانش در حوزه‌ی اطلاعات اثرگذارتر باشد، دانش بنیادین‌تر و مهم‌تری تلقی می‌شود. لذا دانش سایبرنتیک که دانش پایه در کنترل جریان اطلاعات و اعمال کنترل از این طریق است؛ به‌عنوان دانش ثقل و مرکزی قرار گرفته و با راهیابی منطق سایبرنتیک به سایر دانش‌ها، تحولی عظیم در منظومه‌ی دانش‌ها رقم خورده است. از این رو باید توجه جدی شود که بایوسایبرنتیک، بایولوژی یا سایبرنتیک نیست اما نیازمند پیشرفته‌ترین حوزه‌های بایولوژی و سایبرنتیک و افزوده شدن مطالعات میان‌رشته‌ای است که در راستای منطق سایبرنتیک، موجودات زیستی را مطالعه نموده و به‌صورت عملیاتی کنترل نماید.

بر این اساس، در زمان حال و آینده نزدیک، شاهد آن خواهیم بود که حوزه‌های مختلف از اقتصاد گرفته تا سیاست، از تکنولوژی‌های نوین ارتباطی و محاسباتی تا الگوهای نوین جامعه‌شناختی، از عصب‌شناسی تا جدیدترین روش‌های درمانی در پزشکی؛ همگی تحت تأثیر نگاه بایوسایبرنتیک، روش‌های علمی آن و تکنولوژی‌های حاصل از آن قرار خواهد گرفت؛ زیرا در تمامی حوزه‌های فوق و سایر حوزه‌هایی که با پدیده‌های زیستی - خصوصاً انسان - سر و کار دارند؛ نگاه بایوسایبرنتیک بسیار نافذ و تأثیرگذار است. در این راستا ضرورت دارد به روزرسانی علمی کشور در حوزه‌های مختلف انجام شود که موارد زیر بخشی از آن می‌باشد:

۱. شناخت دقیق مفهومی، نظری و عملی دانش سایبرنتیک؛
۲. الگوی طراحی و تولید دانش‌های سایبرنتیک پایه حاصل شده و در مجموعه‌های علمی و دانشگاهی کشور مورد توجه قرار گیرد؛
۳. ضرورت دارد برهم‌کنش و اثرگذاری سایبرنتیک بر سایر دانش‌ها تبیین و مشخص شود؛
۴. رویکرد طراحی چشم‌انداز و آینده‌پژوهی نظام علمی کشور به سمت موارد فوق سوق یابد؛
۵. تکنولوژی‌ها و فضای آزمایشگاهی منطبق با دانش‌های جدید، شناسایی و عملیاتی گردد؛

<sup>32</sup>Deterrence Strategy

حوزه‌ی نوین دانش بایوسایبرنتیک نیز عملاً حاصل مراحل پنجگانه‌ی فوق است که یقیناً شناخت آن از سویی و طرح‌ریزی‌های علمی، تحقیقاتی و عملیاتی برای آن از سوی دیگر نیز نیازمند عملیاتی شدن مراحل فوق‌الذکر می‌باشد.

البته باید در نظر داشت که دانش و تکنولوژی، همواره دو لبه دارد و در عین اینکه می‌تواند سودمند و نافع باشد؛ ظرفیت تبدیل شدن به تهدید را نیز دارا است. لذا جمهوری اسلامی ایران می‌تواند با تسلط بر حوزه‌های نظری و عملی بایوسایبرنتیک، علاوه بر تأمین بسیاری از حوزه‌های ضروری و مورد نیاز کشور، نسبت به تهدیدات نوین ذی‌ربط نیز الگوها و برنامه‌های پدافندی را تدبیر و تدوین نماید. در پایان باز هم بر این نکته‌ی بسیار مهم در خصوص دانش بایوسایبرنتیک تأکید می‌گردد که معادل دانش زیست‌شناسی نیست و بسیار فراتر از آن است زیرا:

۱. سطح کنش‌گری را فراتر از سقفی تعریف می‌کند که در زیست‌شناسی مطرح شده است. به عبارت دیگر در بایوسایبرنتیک، جامعه‌ی انسانی به مثابه یک «سوپر ارگانیسم» دیده می‌شود که می‌توان تمامیت آن را کنترل نمود و در دو سطح میکرو ارگانیسم و ماکرو ارگانیسم که در زیست‌شناسی تعریف شده، متوقف نشده است.

۲. به دلیل اتکا به منطق فرماندهی و کنترل سایبرنتیک، دانش بایوسایبرنتیک از سایر عوامل مؤثر بر سیستم‌های فرماندهی و کنترل زیستی استفاده نموده و محدود به حوزه‌ی بایولوژی نشده است. برای مثال استفاده از امواج و تحت تأثیر قرار دادن عملکرد انسان از این طریق - که در مبحث بایو رزونانس مطرح می‌شود- از جمله جنبه‌های کنترلی در بایوسایبرنتیک است.

همچنین توصیه می‌شود به متخصصان علاقمند که برای ادامه‌ی مسیر شناخت دانش بایوسایبرنتیک و تسلط هر چه بیشتر بر آن، اولاً اسناد پایه‌ی علمی که مبانی این دانش در آنها مطرح شده، ثانیاً مقالات علمی که تازه‌های نظری و عملی بایوسایبرنتیک را دربر دارند و ثالثاً اسناد راهبردی کشورهایی که در حوزه‌ی بایوسایبرنتیک فعال هستند (نظیر آمریکا، انگلیس و آلمان) را به صورت توأمان مطالعه نمایند تا هر چه دقیق‌تر با پیوستار گذشته، حال و آینده‌ی این دانش نوین آشنا گردند.

## مراجع

- [۱] مجله‌ی علمی مطالعات عملیات روانی، شماره ۱۰، پاییز ۱۳۸۴، صفحات ۲۸ تا ۵۱.
- [۲] حمید هادیان، «روحیه‌ی جنگی در پروژه‌ی گذار ارتش آمریکا به قرن بیست و یکم»، مجله‌ی علمی مطالعات عملیات روانی، شماره ۱۰، پاییز ۱۳۸۴، صفحه‌ی ۴۶.
- [۳] محمدعلی شکوهیان‌راد، «اخلاق در سیستم‌های فرماندهی و کنترل، مبنای چهارچوب نوین طراحی تهدیدات و بحران‌ها»، یازدهمین کنفرانس ملی فرماندهی و کنترل، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر پاییز ۱۳۹۸.
- [۴] پایگاه azquotes، بخش نویسندگان، صفحه‌ی آندره ماری آمپر، پیوند:

<https://www.azquotes.com/quote/899233>

- [۵] کاظم معتمدنژاد، «وسایل ارتباط جمعی»، تهران، ۱۳۸۶ ه.ش، انتشارات دانشگاه علامه طباطبائی، چاپ ششم، ص ۴۱-۴۲.
- [۶] نوربرت وینر، «استفاده‌ی انسانی از انسان‌ها»، ترجمه‌ی مهرداد ارجمند، تهران، سازمان انتشارات و آموزش انقلاب اسلامی، ۱۳۶۶ ه.ش، صفحه‌ی ۱.
- [۷] محمدعلی شکوهیان‌راد، «نظریه‌ی جنگ در عصر سیستم‌های فرماندهی و کنترل»، تهران، مؤسسه‌ی آموزشی و پژوهشی شهید صیاد شیرازی، ۱۳۹۷، صفحه‌ی ۵۹.
- [۸] دایرةالمعارف علمی بایوسایبرنتیک، صفحه‌ی نخست به پیوند:  
<http://www.biological-cybernetics.eu/index.html>
- [۹] پایگاه علمی اسلام کوئست، «فیزیک و متافیزیک چیست؟ و رابطه آن دو چگونه است؟»، ۲۱/۲/۱۳۸۸، پیوند:  
<https://www.islamquest.net/fa/archive/fa5252>
- [۱۰] مرکز راهبردی فناوری‌های همگرا، «زیست‌شناسی مصنوعی، در گفتگو با آقای دکتر مرعشی»، ۱۰ مرداد ۱۳۹۶، پیوند:  
<https://nbic.ir/news/60060>
- [۱۱] پل دیویس، «شبح در ماشین»، مترجم: تورج حوری، انتشارات مازیار، ۱۳۹۹، صفحه‌ی ۴۷.
- [۱۲] سید حسین محمدی نجم، مجله‌ی علمی-پژوهشی مطالعات عملیات روانی، شماره ۳۴، پاییز ۱۳۹۱، صفحات ۱۹۱ تا ۲۰۶.
- [13] MartaKozuń and Coworks, "Influence of atherosclerosis on anisotropy and incompressibility of the human thoracic aortic wall," Biocybernetics and Biomedical Engineering, Volume 41, Issue 1, January–March 2021, Pages 15-27.
- [14] Vladimir L. Kodkin, "Digital Identification of the Human Condition as a Prerequisite for the Effectiveness of the Organizational Automation (Biocybernetic) Systems Operation," Journals Sensors, Volume 22, Issue 10, DOI 10.3390/s22103649.
- [15] Dmitry.A. Novikov, "Cybernetics, From Past to Future," Moscow, Springer, 2015, Page 1.
- [16] Dean Hamer, "The God Gene: How Faith Is Hardwired Into Our Genes," Anchor Books, 2005, ISBN 0-385-72031-9.
- [17] Max Planck Society, "Reproductive genome from the laboratory," 17 Feb 2020, Link: <https://phys.org/news/2020-02-reproductive-genome-laboratory.html>.
- [18] Lauren Thau and coworks, "Anatomy, Central Nervous System," National Library of Medicine (NIH), Oct 2021, Link: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542179/>.
- [19] Dr. Joanna Arthur, "Neural Engineering System Design (NESD)," DARPA, Year 2022, Link: <https://www.darpa.mil/program/neural-engineering-system-design>.

