

Motion is a dynamic element in cybernetic systems

Roya Vasal Azad¹, Ahmadreza Ahmadi Mirghaed*², Nosrat Riahinia³

Abstract

Cybernetics is the science that deals with communication and control systems in living things, machines, and organizations. Since the advent of cybernetics, most sciences have explicitly or implicitly benefited from its principles, and in this regard, each according to their own field and according to experts in that science, have provided an appropriate description of it. Humans or any moving thing is a dynamic and complex cybernetic system. Thus, the mobile system follows the rules and principles of cybernetics. Cybernetic systems seek to control, predict, observe, and measure various movements in different systems and how these systems relate to subsystems and even other systems. In this way, they can understand, predict or even create new movements. Given the ability to observe and measure motion, and because motion represents the relationship between systems and subsystems involved in motion, and given the definition of cybernetic motion, cybernetic motion analysis is a way of learning how to make decisions. Acquisition of components of motion control systems, as well as gain deeper knowledge of immediate goals and movement perception. In this article, which has been done by library and resource review method, researchers have studied, introduced and recognized the types of motion in cybernetics, the factors affecting it, cybernetic motion, dynamics and feedback in cybernetic systems, dynamics (motion) in The library system – as a cybernetic system – as well as the most important principles of cybernetics, their application and interaction with movement, will be discussed.

1. Ph. D. student of information and knowledge retrieval, Kharazmi University, Tehran. Iran.

Corresponding author. r.vesal@khu.ac.ir

2. Ph. D. student of information and knowledge retrieval, Kharazmi University, Tehran. Iran.

(corresponding author). ahmadreza.ahmadi@khu.ac.ir

3. Full Professor. Department of Information Science and Knowledge, Kharazmi University, Tehran. Iran. sara_purriahi@yahoo.com

حرکت، عنصری پویا در نظام‌های سایبرنتیکی

رویای وصال آزاد، احمدرضا احمدی میرقاند^{۱*} و نصرت ریاحی نیا^۲

تاریخ پذیرش: ۱۸ اسفند ۱۴۰۰

تاریخ دریافت: ۱۹ آذر ۱۴۰۰

چکیده

سایبرنتیک، علمی است که به نظام‌های ارتباطی و کنترل در موجودات زنده، ماشین‌ها و سازمان‌ها می‌پردازد. پس از پیدایش سایبرنتیک، اکثر علوم، به‌گونه‌ای آشکار یا تلویحی از اصول آن بهره‌مند شده‌اند و در این راستا هر یک به فراخور حوزه خود و به‌زعم صاحب‌نظران آن علم، توصیفی مناسب از آن را ارائه داده‌اند. انسان یا هر موجود متحرک، یک نظام پویا و پیچیده سایبرنتیکی است. بنابراین، نظام متحرک از قوانین و اصول سایبرنتیک، پیروی می‌کند. نظام‌های سایبرنتیکی به دنبال کنترل، پیشبینی، مشاهده و سنجش‌پذیری حرکات مختلف در نظام‌های گوناگون و چگونگی ارتباط این نظام‌ها با زیرنظام‌ها و حتی دیگر نظام‌ها می‌باشند. تا از این طریق به درک، پیشبینی و یا حتی خلق حرکات جدید نیز دست یابند. با توجه به قابلیت مشاهده و اندازه‌گیری بودن حرکات، و به دلیل اینکه حرکات نشان‌دهنده ارتباط میان نظام‌ها و زیرنظام‌های درگیر در حرکت هستند و با عنایت به تعریف حرکت سایبرنتیکی، تحلیل سایبرنتیکی حرکت، روشی برای یادگیری چگونگی تصمیم‌گیری اجزای نظام‌های کنترل‌کننده حرکت و نیز سبب کسب دانش عمیق‌تری نسبت به اهداف فوری و درک حرکات می‌شود. در این مقاله که به روش کتابخانه‌ای و مرور منابع انجام گرفته است، محققین به بررسی، معرفی و شناخت انواع حرکت در سایبرنتیک، عوامل مؤثر بر آن، حرکت سایبرنتیکی، پویایی و بازخورد در نظام‌های سایبرنتیکی، پویایی (حرکت) در نظام کتابخانه - به‌عنوان یک نظام سایبرنتیکی - و همچنین مهم‌ترین اصول سایبرنتیک، کاربست و تعامل آن‌ها با حرکت، خواهند پرداخت.

کلیدواژگان: حرکت در سایبرنتیک، سیرنتیک، پویایی نظام، حرکت سایبرنتیکی

مقدمه و بیان مسئله

هرچند که سایبرنتیک تاریخی طولانی دارد؛ ولی رسماً در اوایل دهه ۱۹۴۰ در زمان جنگ جهانی

۱. دانشجوی دکتری بازیابی اطلاعات و دانش، دانشگاه خوارزمی تهران. r.vesal@khu.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری بازیابی اطلاعات و دانش، دانشگاه خوارزمی تهران.

(نویسنده مسئول مکاتبات: ahmadreza.ahmadi@khu.ac.ir)

۳. استاد تمام گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی، دانشگاه خوارزمی تهران. sara_purriahi@yahoo.com

دوم متولد شد. و به‌طور رسمی توسط نوربرت وینر^۱ در سال ۱۹۴۸ در کتاب مشهور خود با عنوان «سایبرنتیک یا کنترل و ارتباطات در حیوان و ماشین»^۲ نام‌گذاری شد. سایبرنتیک اغلب با کنفرانس‌های میسی^۳ در ایالات‌متحده بین سال ۱۹۴۶ تا ۱۹۵۳ شناخته می‌شود. همچنین در بریتانیا، اروپا و اتحاد جماهیر شوروی نیز رونق گرفت و در دهه ۱۹۶۰ به اوج خود رسید، پس از آن با کاهش تدریجی همراه گردید و حتی کلمه سایبرنتیک تا حد زیادی از کار افتاد، تا اینکه امروزه مجدداً رشد کرده و از رنسانسی در علوم اجتماعی و همچنین علوم طبیعی، علوم انسانی و هنر برخوردار است (پیکرینگ^۴، ۲۰۱۵).

واژه سایبرنتیک، از کلمه یونانی کایبرنتس^۵، گرفته شده و به معنای سکان، خلبان یا وسیله‌های است که برای هدایت قایق و یا حمایت از حکومت انسانی استفاده می‌شود. این کلمه برای اولین بار توسط افلاطون برای نشان دادن حکومت بر مردم استفاده شد. در دهه ۱۸۳۰، آمپر^۶، فیزیکدان فرانسوی، از آن برای توصیف «علم دولت مدنی» استفاده کرد. همچنین نوربرت وینر، سایبرنتیک را «مطالعه کنترل و ارتباطات در حیوان و ماشین» میداند (جین^۷، ۲۰۱۸). سایبرنتیک در واقع علمی است که به نظام‌های ارتباطی و کنترل در موجودات زنده، ماشین‌ها و سازمان‌ها می‌پردازد. ناتوانی فیزیک کلاسیک در توصیف پدیده‌های پیچیده (موجودات زنده) و مسائل مربوط به پیچیدگی‌های سازمان از یک‌سو و از میان رفتن خط تمایز میان علوم مختلف و گسترش علوم بینرشته‌های از سوی دیگر، انگیزه‌های شکل‌گیری تفکر و جهان‌بینی نظامی را در اوایل قرن بیستم شکل دادند. رویکرد سایبرنتیک به جهان عموماً رویکردی سامانمند است (اکبری و داورپناه، ۱۳۹۵). بنابراین می‌توان به بیان نویکوف^۸ در این خصوص اشاره کرد که «سایبرنتیک علمی بینرشته‌های است که در محل اتصال علمی از جمله: ریاضیات، منطق، نشانه‌شناسی، فیزیولوژی، زیست‌شناسی و جامعه‌شناسی واقع شده است» (نویکوف، ۲۰۱۵). از سوی دیگر، آن را علمی فرارشته‌های نیز می‌دانند و درست به همین مناسبت است که نمی‌توان تعریفی جامع و قابل کاربرد در تمامی علوم ارائه داد (آخشیک، ۱۳۹۱). اکنون که بحث فرارشته‌های مطرح گردید، لازم است اشاره کنیم که یکی از ویژگی‌های اصلی سایبرنتیک، ساخت نظریه فرارشته‌های، از طریق ایجاد قیاس بین موقعیت‌های مختلف است و چیزی که سایبرنتیک را از سایر اشکال فرارشته‌های متمایز می‌کند، این است که این قیاسها

1. Norbert Wiener
2. Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine
3. Macy conferences
4. Pickering
5. cybernetes
6. André-Marie Ampère
7. Jin
8. Novikov

براساس فرآیندهای بازخورد^۱ ساخته می‌شوند. بازخوردی که می‌تواند به‌عنوان آن دسته از فرآیندهای علی دایره‌ای در نظر گرفته شود که در آن نتایج مشاهده شده کنش، به‌عنوان ورودی برای اقدام جدید در نظر گرفته می‌شود، در زمینه‌های اجتماعی، زیست‌محیطی، زیست‌شناختی و تکنولوژیکی گسترده است و به سایبرنتیک دامنه‌های وسیع و ویژگی فرارشته‌ای آن را می‌دهد (سوتینگ و ساترلند^۲، ۲۰۲۲). قدر مسلم آن است که پس از پیدایش سایبرنتیک، اکثر علوم به‌گونه‌ای آشکار یا تلویحی از اصول آن بهره‌مند شدند و در این راستا، هر یک به فراخور حوزه خود و به‌زعم صاحب‌نظران آن علم، توصیفی مناسب از آن را ارائه داده‌اند. در علم سایبرنتیک، اعتقاد بر این است که هر پدیده در محیط و درون خود، ارتباطی ذاتی یا قراردادی دارد و شدت و ضعف این روابط، نقش، شکل و درجه پیچیدگی آن را مشخص می‌نماید (غلامزاده نقل در حسینی و برادر، ۱۳۹۵).

حرکت^۳ یکی از اصلی‌ترین شاخه‌های مورد مطالعه در علم فیزیک به شمار می‌رود. این پدیده به معنای تغییر در موقعیت یک جسم نسبت به زمان است. افتادن یک کتاب از روی میز، دویدن یک دوند، حتی هوایی که تنفس می‌کنیم، همه نشان‌دهنده حرکت هستند. حتی ذره بنیادی ماده، اتم، نیز به‌طور ثابت در حال حرکت است. حرکت به معنی عام، به هرگونه تبدیل و تغییر تدریجی گفته می‌شود (سعیدی‌مهر و مختاری، ۱۳۸۸). زندگی ما سرشار از حرکات است. عضلات ما شبانه‌روز، برای حفظ وضعیت سر، بدن و اندامهای انتهایی، فعالیت می‌کنند. برای انتقال کل بدن در فضا، برای برداشتن و دستکاری اشیاء، برای فعل و انفعال و تعامل^۴ با سایر انسانها و حیوانات، برای مبادله اطلاعات با دنیای بیرونی و غیره. اولین جنبه از حرکات انسان که با آن مواجه می‌شویم، پرمعنایی آن است. آن‌ها احساس را می‌سازند و منجر به اهداف می‌شوند. برخی اوقات ممکن است در کسب اهداف دچار شکست شوند، اما با تکرار بیشتر، به موفقیت میرسند. در دنیای فیزیکی بیرونی، با نیروهای متنوع آن، رویدادهای غیرقابل پیشبینی، اشیاء متحرک و حالات متغیر، انجام یک حرکت معیندار، تکلیف آسانی نیست (لاتاش^۵، ۱۹۹۸).

از روزگار باستان تا امروز، «حرکت» موضوع نظریه‌پردازی بسیاری از فیلسوفان و عالمان علوم طبیعی بوده است. ارسطو، به‌عنوان معلم اول، اصول و قوانینی را در باب حرکت بنیان نهاد. ارشمیدس^۶، به ارائه شاخه نظری مکانیک پرداخت و هیرون^۷، شاخه عملی و فنیت از آن را به‌دست داد. از نظر ارسطو، حرکت عبارت است از: تحقق یا فعلیت آنچه بالقوه وجود دارد، از آن‌جهت که

1. Feedback
2. Ben Sweeting, Sally Sutherland
3. Motion
4. Intraction
5. Latash, Mark L.
6. Archimedes
7. hirun

بالقوه وجود دارد. ارسطو، محرک و متحرک را ملازم یکدیگر میداند. از نظر وی، حرکت، تحقق قوه شیء قابل حرکت (متحرک)، توسط آن چیزی است که توان علت حرکت شدن را دارد (محرک) (سعیدی مهر و مختاری، ۱۳۸۸). در بدن انسان، عضلات در تولید نیرو و در استراحت کند هستند. نیروی تولیدی آن‌ها را، نمی‌توان از قبل پیش‌بینی کرد؛ مگر اینکه از تمامی جزئیات کینماتیک حرکت - یعنی تغییرات طول عضله در حین حرکت - آگاه باشیم. نظام عصبی مرکزی، در اصل نمی‌تواند نیروهایی را که در نتیجه فرمانهای مرکزی خودش تولید خواهد شد را پیش‌بینی کند. این نیروها در نتیجه تعامل عوامل متنوعی به وجود می‌آیند. از جمله علائمی که یک عضله از نظام عصبی مرکزی دریافت می‌کند و حالت واقعی، طول و سرعت خود عضله است (لاتاش، ۱۳۹۵). بنابراین، نظام پویا نظامی است که رفتار آن بر اثر نیرو یا تحریک خارجی در طول زمان تغییر می‌کند. تغییر نظام پویا، از حالتی به حالت دیگر، در اثر یک فرآیند گذار و تناوبی تعریف می‌شود. اگر هیچ یک از مختصات نظام با پیشرفت زمان تغییر نکند، می‌گوییم آن نظام در حالت تعادل است. منظور از حالت گذار، نحوه حرکت یک نظام پویا است که از یک حالت اولیه به یک حالت ماندگار تعادل یا تناوبی، تغییر می‌کند. حالت گذار، تحت تأثیر تغییرات نیروهای بیرونی یا تغییرات خواص درونی نظام رخ می‌دهد. حالت تناوبی یا حالت برگشتی، حالتی است که نظام پس از فواصل برابر، دوباره به حالتی همانند قبل برخواهد گشت (جباری و دیگران، ۱۳۹۹). حرکت، در نتیجه و در پاسخ به وظایف حرکتی و درخواستهای محیطی، سازمان‌دهی می‌شود و رفتارهای حرکتی مشخص، براساس یک محیط خاص شکل می‌گیرند. ظرفیت هر نظام پیچیده، در پاسخ به تعامل وظیفه حرکتی و خواسته‌های محیطی، ظرفیت عملکردی آن نظام را تعیین می‌کند. در درون فرد، حرکت از طریق تلاش مشترک بسیاری از ساختارها و فرآیندهای مغز پدیدار می‌شود. همچنین حرکت از تعامل فرآیندهای متعدد، از جمله آن‌هایی که به ادراک، شناخت و عمل مربوط می‌شوند، ناشی می‌شود (شاموی - کوک^۲، ۲۰۱۱). انسان یا هر موجود متحرک، یک نظام پویا و پیچیده سایبرنتیکی است. بنابراین، نظام متحرک از قوانین و اصول سایبرنتیک، پیروی می‌کند. با توجه به پیچیده بودن حرکت، تفکر سایبرنتیکی قصد دارد دریابد، نظام عصبی - حرکتی چگونه می‌تواند حرکات مختلف را مهار و کنترل نماید و چطور عواملی که در حرکت دخالت دارند، با هم ارتباط برقرار می‌کنند (داورپناه، ۱۳۹۵).

پس از بررسی و جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی مختلف اعم از داخلی و خارجی، هیچ‌گونه منبع منسجم و مشخصی که به «بررسی و نقش حرکت در سایبرنتیک» پرداخته باشد، یافت نشد؛ لذا در این مقاله، پژوهشگران بر آن شدند که به بررسی، معرفی و شناخت انواع حرکت در سایبرنتیک، عوامل مؤثر بر آن، پویایی و بازخورد در نظام‌های سایبرنتیکی، پویایی (حرکت) در نظام کتابخانه به‌عنوان

1. kinematic
2. Dynamic system
3. Shumway-Cook

یک نظام سایبرنتیکی و همچنین کاربست و ارتباط حرکت با مهم‌ترین اصول سایبرنتیک بردازند.

روش پژوهش

در نگارش این مقاله، رویکرد مروری تحلیلی مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا به روش کتابخانه‌ای (اسنادی) با بررسی منابع و متون علمی داخلی و خارجی، گذاری بر مفاهیم و اصول سایبرنتیک و همچنین مفهوم حرکت در فیزیک انجام گرفت و به این منظور یادداشتهایی در قالب فیشهای تحقیق تهیه گردید، سپس بر مبنای فیشهای گردآوری شده، برداشتهای استنباطی نگارندگان از این مقولهها ارائه و درنهایت بر مبنای برداشتهای مفهومی، به نقش حرکت در سایبرنتیک، تحلیل ارتباط و عوامل مؤثر بر آن پرداخته شد.

پیشینه پژوهش

کیم، آنجالاکی و د آنجلس^۱ (۲۰۲۲) در پژوهش خود با عنوان مکانیزم عصبی برای تشخیص حرکت جسم در حین خود حرکتی، یک مکانیسم جدید برای انجام این محاسبات براساس نورون‌ها در ناحیه زمانی میانی ماکاک (MT) با تنظیم عمق نامتجانس برای نشانه‌های اختلاف دوچشمی و حرکت منظر توصیف کردند و به این یافته رسیدند که نورون‌ها با تنظیم نامتجانس، به‌طور انتخابی به حرکت شی نسبی صحنه واکنش نشان می‌دهند و زمانی که حیوانات برای تشخیص یک شی متحرک در حین حرکت خود آموزش دیدند، پاسخهای آن‌ها پیش‌بینی کننده تصمیمات ادراکی است که این یافته، نقش عملکردی جدیدی را برای نورون‌ها با تنظیم نامتجانس برای نشانه‌های عمقی متعدد ایجاد می‌کند.

لی و ژو^۲ (۲۰۲۲) پژوهشی با عنوان نظام ردیابی و تشخیص حرکت براساس سنسور حرکت، انجام دادند که در آن، از سنسور شتاب برای به دست آوردن داده‌های شتاب جسم متحرک، استفاده شده است. به‌منظور کاهش خطای اندازه‌گیری داده‌ها، فیلتر کالمن برای حذف نویز تصادفی طراحی و اجرا شد و با اجرای این رویکرد، درنهایت دقت نظام بدون افزایش بار محاسباتی به‌طور قابل توجهی بهبود یافت.

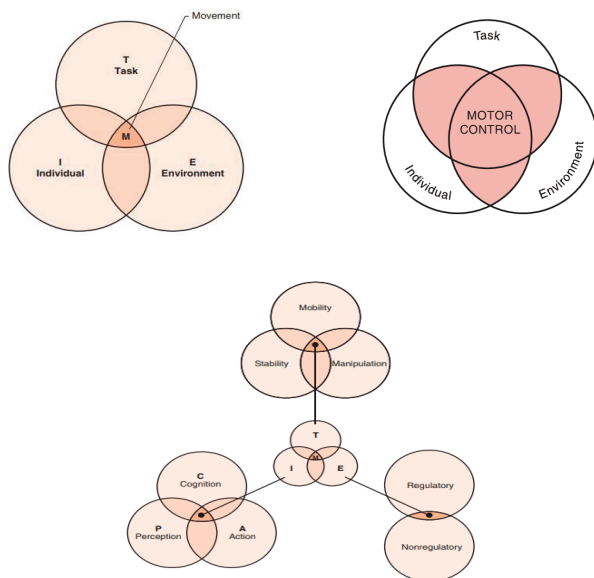
سوتینگ و ساترلند (۲۰۲۲) پژوهشی با عنوان فرارشتهای سایبرنتیک به‌عنوان آموزش، انجام دادند و به این نکته اشاره کردند که سایبرنتیک غالباً ماهیتی انتزاعی دارد و به دنبال درک اصولی است که در بسیاری از موقعیتهای کاربرد دارند. این انتزاع به سایبرنتیک دامنه‌های بسیار وسیع، قدرت توضیحی و کیفیت فوق‌العاده آن را می‌دهد، با ایده‌هایی که می‌توانند بین زمینه‌ها حرکت کنند. درنهایت نیز مزایای این امر را در زمینه آموزش برای تحقیقات طراحی مورد بحث قرار می‌دهند.

1. Hyung Goo R. Kim, Dora E. Angelaki, Gregory C. DeAngelis
2. Peng Li and Jihe Zhou

تاجر و فقیه (۱۳۹۳) در پژوهش خود با عنوان روند تکامل دانش با توجه به نقش مشاهدهگر در رویکردهای چهارگانه سایبرنتیک، که به روش بررسی و تحلیل متون منتشر شده انجام گرفته، به این یافته‌ها رسیدند که مشاهدهگر در هر مرتبه از سایبرنتیک، نقش متفاوتی ایفا می‌کند. اوج این اهمیت را می‌توان در ارتباطات علمی و سایبرنتیک نسل چهارم دید. علم اطلاعات و دانششناسی به دلیل دارا بودن ماهیتی بینرشته‌ای، زیربنای توسعه جوامع است. لذا ضروری است به مطالعات علم و فناوری از دیدگاه تکامل دانش در علم سایبرنتیک نگریسته شود.

عوامل مؤثر بر حرکت

در هر حرکت، عناصر و عوامل گوناگونی دخالت دارند که از ترکیب آنها، فرآیند حرکت شکل می‌گیرد. حرکت از تعامل سه عنصر فرد^۱، محیط^۲ و وظیفه حرکتی^۳، ایجاد می‌شود (شاموی-کوک، ۲۰۱۱). این سه عامل، کیفیت و کمیّت حرکتی که انجام می‌شود را تعیین می‌کنند. هر فردی یک عمل حرکتی را با توجه به تجربه گذشته، میزان درک حسی، دقت و انگیزه خود انجام می‌دهد. شرایط محیط و وضعیت اشیای اطراف نیز بر روند اعمال حرکتی اثر می‌گذارند. همچنین نوع وظیفه‌های که برای یک فرد تعیین می‌شود، به توالی و اشکال خاصی از حرکات می‌انجامد (برزکار، ۱۳۹۹).



شکل ۱. عوامل اثرگذار بر حرکت (شاموی-کوک، ۲۰۱۱)

1. Individual
2. Environment
3. Movement of Task

انواع حرکت

از نظر ارسطو، می‌توان سه حالت ذیل را برای حرکت هر شیء متحرک متصور شد:

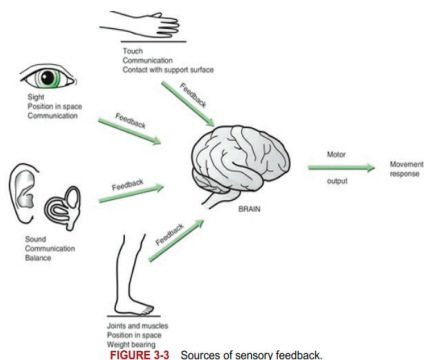
- حرکت متحرک ناشی از خود آن و حرکت طبیعی باشد.
 - حرکت متحرک ناشی از شیئی دیگر و حرکت طبیعی باشد.
 - حرکت متحرک ناشی از شیئی دیگر و حرکت غیرطبیعی باشد (سعیدی مهر و مختاری، ۱۳۸۸).
- در برابر این تقسیم، بعضیها تقسیمبندیهای دیگری را که از نقطه نظر دانش امروزی دقیق تر است، پیشنهاد می‌کنند. مثلاً به جای اشکال ششگانه حرکت، سه نوع حرکت در نظر بگیریم:
- نخست حرکت مکانیکی^۱ که حرکت در مکان است.
 - دوم حرکت ترمودینامیکی^۲ یا ترمال که حرکت فیزیکی و شیمیایی را در برمی‌گیرد.
 - سوم حرکت سایبرنتیکی^۳ که افزون شدن و جمع شدن اطلاع و آگاهی است. این حرکت، حرکت بیولوژیکی^۴ و حرکت اجتماعی و فکری را در برمی‌گیرد (زینتی، ۱۳۸۵ نقل در نریمانی و قیاسی، ۱۳۹۶).

کنترل حرکت^۵

کنترل حرکت، عبارت است از توانایی برای تنظیم عملکردهای ضروری حرکت، با مطالعه ماهیت حرکت و اینکه چطور کنترل می‌شود (شاموی- کوک، ۲۰۱۱). کنترل حرکت با سازوکارهای بازتابی و ارادی حرکات سروکار دارد (سیج^۶، ۱۳۷۸، نقل در برزکار، ۱۳۹۹). کنترل حرکت شامل توانایی حفظ و تغییر وضعیت^۷ و حرکت است. کنترل حرکتی، حاصل مجموعه پیچیده‌های از فرآیندهای عصبی و مکانیکی می‌باشد. این فرآیندها شامل رشد حرکتی، شناختی و ادراکی است. همچنین به دستگاه عصبی این امکان را می‌دهد که کدام عضلات، به چه ترتیبی و با چه سرعتی باید به کار گرفته شوند؟. اطلاعات حسی نقش مهمی در کنترل حرکت دارد. در ابتدا، احساسات، «حرکات انعکاسی»^۸ را که در آن به تواناییهای شناختی یا ادراکی کمی نیاز است، هدایت می‌کند. حواس، یک راهنما و هدایتگر همیشه حاضر، برای رفتار حرکتی در نوزاد است که به صورت رفلکس^۹ ظاهر می‌شود. همان‌طور که حرکت ارادی در طول رشد حرکتی ظاهر می‌شود، حس دقت در بازخورد را در هنگام بلند شدن و یا برای چهار دست و پا رفتن فراهم می‌کند. اطلاعات گیرنده‌های حسی برای متحرک،

1. Mechanical motion
2. Thermodynamic motion
3. Cybernetic motion
4. Biological movement
5. Motion control
6. Sage
7. Posture
8. Reflexive Movement
9. Reflex

در هنگام تعامل با اشیاء و حرکت کردن در یک محیط بسیار مهم و تعیین کننده است. یک محرک حسی، یک پاسخ حرکتی بازتابی ایجاد می کند (مارتین، کسلر، ۲۰۱۶). همیشه زمانی که از یک نظام کنترل صحبت می کنیم، در پس آن، تعداد مشخصی از حرکات وجود خواهد داشت که از میان آنها یک حرکت ترجیحی انتخاب می شود. اگر انتخابی وجود نداشته باشد، پس کنترلی نیز وجود نخواهد داشت (لرنر^۲، ۱۹۷۵). در ادامه تصویری از «منابع بازخورد حسی»^۳ آورده شده است.



شکل ۲. منابع بازخورد حسی (مارتین، کسلر، ۲۰۱۶)

حرکت و سایبرنتیک^۴

سایبرنتیک، علمی است که از یک سو، نظام‌های نسبتاً باز را از جهت تبادل اطلاعات میان آن‌ها و محیطشان مورد مطالعه قرار می‌دهد و از سوی دیگر، به بررسی ساختار این نظامها از دیدگاه تبادل اطلاعات میان عناصر مختلفشان میپردازد (ابراهیمی و فرچهپلو، ۱۳۸۹). سایبرنتیک با دیدگاهی یگانه و مشترک، پدیده‌های پیچیده جهان را تحت مطالعه قرار داده و سپس با تحلیل روابط بین یک پدیده با سایر پدیده‌های محیط اطراف، روشها و نحوه کنترل آن را بررسی مینماید. سایبرنتیک این نکته را روشن می‌سازد که هر پدیده با محیط و درون خود ارتباطی ذاتی یا قراردادی دارد و شدت و ضعف این روابط، نقش، شکل و درجه پیچیدگی آن را مشخص مینماید (غلامزاده، ۱۳۷۷). قلمرو سایبرنتیک، طراحی یا کشف و کاربرد اصول تنظیم و ارتباط است و به آن شیوه‌های رفتاری میپردازد که سعی در سازمان‌دهی، توصیف، هدایت، مهار و کنترل نظامها با استفاده از اطلاعات و ارتباطات و جریان انتقال اطلاعات دارد، تا براساس یافته‌ها و تولید قوانین، دست به مدلسازی^۵ بزند و نظام‌های مشابهی تولید کنند (آزاد، ۱۳۹۱). دینامیک و پویایی حرکت نظامها، براساس تفسیر هندسی حرکات تفسیر می‌شود.

1. Martin, Suzanne; Kessler, Mary
2. Lerner, A. Ya
3. Sources of Sensory Feedback
4. Movement and Cybernetics
5. modeling

معرفی مفهوم اطلاعات، یکی از مفاهیم اساسی سایبرنتیک، امکان استفاده از ارزیابیهای کمی را برای ارتباطات موجود در سیگنالها و برای اهداف کنترلی فراهم می‌آورد (لرنر، ۱۹۷۵).

با توجه به قابلیت مشاهده و اندازه‌گیری بودن حرکات و به دلیل اینکه حرکات، نشان‌دهنده ارتباط میان نظامها و زیرنظامهای درگیر در حرکت هستند (شاموی-کوک، ۲۰۱۱) و با عنایت به تعریف حرکت سایبرنتیکی، یعنی افزون شدن و جمع شدن آگاهی (زینتی، ۱۳۸۵ نقل در نریمانی، ۱۳۹۶)، تحلیل سایبرنتیکی حرکت، روشی برای یادگیری چگونگی تصمیم‌گیری اجزای نظامهای کنترل‌کننده حرکت و سبب کسب دانش عمیقتری نسبت به اهداف فوری و درک حرکات می‌شود. بنابراین استفاده از رویکرد سایبرنتیک در حرکت، راهی برای رسیدن به تصمیم‌گیری، تفکر، درک کردن و سایر پردازشهاست (نریمانی، ۱۳۹۶).

یکی از ویژگیهای اساسی نظامهای سایبرنتیکی این است که نظامهای کنترل را نه فقط در حالت ایستا، بلکه در خلال حرکت و پیشرفت نیز مورد بررسی قرار می‌دهند. این نحوه مطالعه، اساساً واقعیتها و روابطی را آشکار مینماید که در غیر این صورت، کشف نشده و مجهول باقی میماندند (ابراهیمی و فرج پهلوی، ۱۳۸۹).

پویایی^۲ (حرکت) در نظامهای سایبرنتیکی

اصطلاح حرکت در مکانیک، به مفهوم دقیقی به کار رفته است و معنی تغییر مکان هر شیء را در فضا همراه با پیشرفت زمان می‌دهد. اصطلاح حرکت در سایبرنتیک از مفهوم کلیتری برخوردار است. به این معنی که هر تغییری را که با پیشرفت زمان در یک شیء صورت گیرد، حرکت می‌نامند. به عنوان مثال، حرکت می‌تواند تغییر در دمای یک جسم و یا تغییر در حجم یا فشار گاز و یا در نظامهای زیستی یا در افکار و اندیشه باشد. حرکت یک نظام یعنی تغییرات حالت آن، ممکن است تحت تأثیر عوامل بیرونی و یا در اثر فرآیندهایی که در درون خود نظام رخ می‌دهند، صورت گیرد. به عبارت صریحتر، هر نظامی تحت تأثیر شمار نامحدودی از عوامل بیرونی قرار دارد، اما اهمیت همه این عوامل یکسان نیست. در رابطه با یک مسئله خاص، فقط آن دسته از اثرات بیرونی که بر حالت نظام تأثیر مهمی می‌گذارند، باید مورد بحث و بررسی قرار گیرد (لرنر، ۱۹۷۵). به عبارت دیگر، در نگرش سایبرنتیکی، منظور از حرکت این است که پویایی نظام را برحسب مقادیر متغیر در طول زمان تعریف کرد؛ مثل پدیده‌های رشد و توسعه. پویایی نظام، معمولاً به دنبال یافتن حلقه‌های بازخورد^۳ است که عبارت است از: تغذیه معکوس اطلاعات، ماده یا انرژی در درون نظام (فقیه، ۱۳۸۳). همچنین می‌توان از مفهوم

1. Static
2. Dynamics
3. feedback

«نظام حرکت»^۱ برای تعریف مکانیسمهای متعدّد و روابط بین آنها، در نظام‌های سایبرنتیکی استفاده کرد. جهتگیری و نقش عملکردی هر یک از عناصر نظام، بهوسیله اجزای ساختاری آن عنصر، به‌عنوان یک جسم حرکتی و جزئی از یک نظام حرکتی تعریف می‌شود.

بنابراین از این نظام حرکتی می‌توان برای تعریف دو دسته نظام استفاده کرد: یکی «نظام‌های ایستا»^۲ که اجزای آن با یکپارچگی برای اجرای عملکرد حرکتی متحد شده‌اند و دیگری «نظام‌های پویا»^۳ که در کنار این یکپارچگی، می‌توانند عملکرد حرکت را انجام دهند و در ارتباط متقابل با یکدیگر و کنشها، اندرکنشها و بازخوردهای داخلی، منظومه واحدی را در ایجاد تغییر و تحول به‌وجود می‌آورند (لوتسنکو^۴، ۲۰۱۶).

وینر (۱۳۶۱) برای بیان چگونگی ارتباط ساختار نظام پیچیده حرکتی با سایبرنتیک و برای بیان عواملی که ممکن است در نگاه به حرکت از دیدگاه سایبرنتیک تأثیرگذار باشند، بیان نموده است: «مدادی را برمی‌دارم. هدف، بلند کردن مداد است. ماهیچه‌های خاصی را حرکت میدهم. حرکت بازوها و دستها در جهت تکمیل کردن عمل برداشتن مداد است. گزارش آگاهانه یا ناآگاهانه از مقدار حرکت، در هر لحظه به دستگاه اعصاب ارسال می‌گردد. این گزارش، حداقل می‌تواند دیداری باشد. عمده گزارش احساس حرکت مبتنی بر احساس بافتهای عمقی است. اگر این احساس وجود نداشته باشد، برداشتن مداد میسر نخواهد بود. بازخوردهای اضافی نیز مانع جدی به شمار می‌روند. اگر ماهیچه‌ها بیش‌ازحد حرکت کنند، دستخوش نوسانهای غیرکنترل می‌شوند. بنابراین فرآیند چرخش مسیر از دستگاه اعصاب به ماهیچه‌ها باید در حالت تعادل باشد. این دستگاه اعصاب، به‌عنوان کل یکپارچه است.»

نقش بازخورد در حرکت

بازخورد، یک مدار ارتباطی است که چگونگی عملکرد نظام را مشخص و انحرافات را تعیین می‌کند و نظام با توجه به اطلاعاتی که از طریق این مدار دریافت می‌کند، اصلاحات را متناسب با شرایط زمان و مکان و موقعیت در خود ایجاد می‌کند (زاهدی، ۱۳۹۰). درحقیقت، بازخورد یا پسخوراند عبارت است از: هرگونه اطلاعات مرتبط با عمل که هنگام اجرای آن عمل یا پس از آن ایجاد می‌گردد (ادواردز^۵، ۱۳۹۵). بازخورد در کنترل حلقه بسته، به معنای اطلاعات در مورد خطاهاست. امروزه اصطلاح بازخورد، شامل مفهومی کلیتر بوده و به هرگونه اطلاعات درباره حرکت گفته می‌شود (اشمیت^۶، ۱۳۹۴، نقل

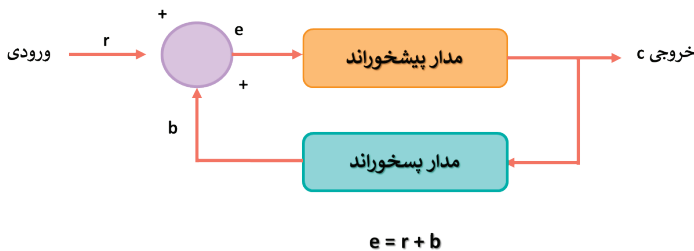
1. System of Movement
2. The Static Systems
3. The Dynamic
4. Lutsenko
5. Edwards
6. Schmidt

در برزکار، (۱۳۹۹). بازخورد، یک ویژگی بسیار مهم و اساسی در کنترل حرکت است. بازخورد از طریق اطلاعات حسی یا ادراکی دریافت شده در نتیجه حرکت، تعریف می‌شود. در حرکت دو نوع بازخورد ممکن است ایجاد شود: یکی بازخورد درونی و دیگری بازخوردی که توسط حرکت ایجاد می‌شود. از بازخورد حسی، می‌توان برای تشخیص خطا در حرکت استفاده کرد. بازخورد و سیگنال‌های خطا، به دو دلیل مهم ایجاد می‌شوند:

در حالت اول، بازخورد، معنایی را برای درک فرآیند خودکنترلی^۱ فراهم می‌کند. رفلکسها توسط محرک‌های حسی از محیط اطراف فرد شروع و کنترل می‌شوند. رفتار حرکتی تولید شده از بازخورد، در نتیجه سیگنال خطای تولید شده توسط یک فرآیند، درون فرد آغاز می‌شود. بالاترین سطح در سلسله‌مراتب بسیاری از رفتارهای حرکتی، یک تابع ارادی یا خودکنترلی است.

در حالت دوم، بازخورد، فرآیند اساسی یادگیری مهارت‌های حرکتی جدید را فراهم می‌کند. مانند گیرنده‌های عمقی و یا در خارج از بدن، زمانی که فرد می‌بیند که هدف مورد اصابت قرار نگرفته یا توپ به خارج از محدوده برخورد کرده است. بازخورد بیرونی، اطلاعات حسی اضافی یا تقویت شده‌ای است که توسط منبع خارجی به متحرک داده می‌شود. یک درمانگر یا مربی ممکن است بازخورد افزایش یافته‌ای را از عملکرد حرکتی فرد ارائه دهد. به همین دلیل، بازخورد، یک عنصر رایج در نظریه‌های کنترل حرکتی^۲ و یادگیری حرکتی است (مارتین، کسلر^۳، ۲۰۱۶).

با توجه به روش پاسخگویی به نظام، بازخورد دارای انواع مثبت و منفی است. در بازخورد مثبت، افزایش خروجی باعث افزایش ورودی و لذا افزایش خروجی در مرحله بعد می‌شود و به این ترتیب، خروجی نظام دائماً رو به تزاید و ازدیاد است (معمدی، ۱۳۸۸).

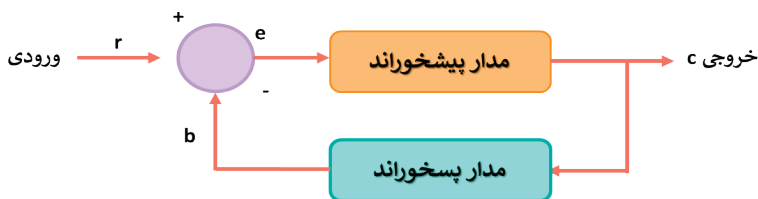


شکل ۳. مدار بازخورد مثبت (فقیه، ۱۳۸۳)

در بازخورد منفی، در شرایط وجود تزاخم، نظام دائماً براساس تفاوت بین وضع موجود و وضع مطلوب و به صفر رسانیدن این تفاوت عمل می‌کند. پس بازخورد منفی، یک پیام اشتباه است که

1. Self-control
2. Motion control theories
3. Martin and Kessler

نشاندنده انحراف می‌باشد و نظام با کاهش یا خنثی نمودن اثر انحراف، به سمت تعادل^۱ حرکت می‌کند. بازخورد منفی، در جهت نگهداری یک وضعیت ثابت عمل می‌کند، لیکن در بازخورد مثبت، نظام می‌تواند از طریق توسعه یا نگهداری انحراف، پاسخگو باشد. بازخورد مثبت، نظام را به سمت جدیدی حرکت می‌دهد و بازخورد منفی نظام را به سمت وضعیت تعادل حرکت داده و به این ترتیب دائماً در جهت اصلاح و تصحیح عملکرد نظام عمل می‌کند (لرنر^۲، ۱۹۷۵).



$$e = r - b$$

شکل ۴. مدار بازخورد منفی (فقیه، ۱۳۸۳)

پویایی (حرکت) در نظام کتابخانه به‌عنوان یک نظام سایبرنتیکی

مطابق قانون پنجم^۳ رانگانانان^۴، کتابخانه ارگانسمی زنده و پویاست. کتابخانه به‌مثابه یک نظام سایبرنتیکی، تحت تأثیر عوامل درونی و عوامل بیرونی، به‌صورت مداوم با تغییرات و تحولاتی در وضعیت و حالت خود، روبه‌رو است. حرکت یا پویایی را می‌توان در بخشهای مختلف کتابخانه از مجموعه‌سازی تا جستجوی اطلاعات، مشاهده کرد، که این حرکت خود سبب ایجاد تغییراتی در عملکرد و نحوه ارائه خدمات در کتابخانه خواهد شد (قنادی نژاد، ۱۳۹۸). بنابراین، کتابخانه‌ها با دارا بودن عناصر اصلی نظام‌های سایبرنتیکی، در قالب سه عنصر حرکت (پویایی)، کنترل و بازخورد، می‌توانند نگرش و بینش عمیقتری نسبت به شناسایی مشکلات و چالشهای موجود، به‌دست آورند. مدیران، مسئولین و دست‌اندرکاران کتابخانه‌ها، با به‌کارگیری اصول و قوانین سایبرنتیکی می‌توانند از طریق بازخوردهایی که در نتیجه ارائه خدمات به کاربران و مراجعان به آن مراکز به دست می‌آورند، کنش‌ها، جریان‌ها و ارتباطات گسترده بخش‌های مختلف کتابخانه (اعم از تعاملات درون نظامی و برون نظامی) را شناسایی و رصد نموده، بازخوردهای مسئله‌ساز، غیرموثر و اصطکاک‌آکی را از جریانات موثر، روانساز و کمک‌کننده به نظام کتابخانه، بازشناسند و در جهت پیگیری و ردیابی منشأ آنها تا رفع گره‌های موجود برآیند و از این طریق، در جهت رفع مشکلات و گره‌گاه‌های خدماتدهی و

1. balance

2. Lerner

۳. پنج قانون رانگانانان عبارت‌اند از: ۱. کتاب برای استفاده است. ۲. هر خواننده، کتابش. ۳. هر کتاب، خواننده‌اش. ۴. صرفه‌جویی در وقت خواننده. ۵. کتابخانه، ارگانسمی زنده و پویا است.

4. S. R. Ranganathan

رضایتمندی کاربران کتابخانه گام بردارند و هم اینکه در جهت ارتباط و تعامل با مراجعان خود به منظور تهیه مجموعه‌های مفید و کاربرپسند اقدام نمایند تا از این طریق، در جهت محور بهبود عملکرد و پیشرفت علمی و عملی کتابخانه‌ها حرکت کنند و هم در جهت پویایی جریان فعال علم و دانش‌گستری، گام‌هایی عملی و عینی بردارند.

مهم‌ترین اصول سایبرنتیک و ارتباط آن‌ها با حرکت

هیلینگن^۱ (۱۹۹۲؛ نقل در آخسیک، ۱۳۹۱)، از شش اصل اساسی سایبرنتیک در رویکرد هرمنوتیکی نام میبرد؛ که عبارت‌اند از:

الف) اصل پیچیدگی^۲ و حرکت

یکی از ویژگی‌های مهم نظام‌های پیچیده، توانایی آن‌ها در یافتن راه یا سازوکاری برای استخراج اطلاعات از محیط خود است، تا به کمک آن خود را با شرایط تطبیق دهند پیش‌بینی و کنترل کنند. به همین سبب برای توصیف آن‌ها نیازمند مدل‌هایی هستیم که ساختاری متفاوت با مدل‌هایی دارند که با آن‌ها به‌طور سنتی در ریاضی و علوم طبیعی آشنا هستیم. به هر جهت، ساختار نظام‌های سایبرنتیکی در بنیان پیچیده است. این پیچیدگی، حاصل تعاملات بین اجزای درونی نظام و تعامل با محیط است که با عناصر متعامل و نامتجانس به وجود آمده‌اند. این نظام‌ها نمی‌توانند بسته یا ایزوله باشد و به‌طور مستمر با محیط خود در ارتباط‌اند (اکبری و داورپناه، ۱۳۹۶). کار نظام پیچیده را نمی‌توان از طریق ساختار و ویژگی‌های عناصر آن شناخت. درک نظام پیچیده نیاز به مجموعه‌ای از مفاهیم دارد که نمی‌توان به‌سادگی از طریق بررسی اجزاء و ارتباط بین آن‌ها، به آن موارد پی برد. میزان اطلاعاتی که در مورد عناصر نظام پیچیده کسب می‌کنید اهمیتی ندارد، چراکه شما اهمیت نظام را درک نخواهید کرد، مگر اینکه اجزا را موقتاً فراموش کرده و به نظام به‌عنوان یک کلیت نگاه کنید. این رویکرد را «رویکرد نظام پیچیده»^۳ می‌نامند (لاتاش^۴، ۱۹۹۸).

در زمان حرکت، نظام عصبی ما مسئله بسیار پیچیده کنترل را انجام می‌دهد. نظام عصبی باید به‌طور کامل و بینقص، حدود ۲۰۰ ماهیچه را هماهنگ کند و اگر هماهنگی درست نباشد، زمین می‌خوریم و یا نمی‌توانیم به‌درستی حرکت کنیم. همچنین عوامل گوناگونی مثل مغز، نخاع، چشم و غیره در این حرکت دخالت دارند. به‌عنوان نمونه، دو کار مهم مغز در کنترل حرکت عبارت‌اند از: تعیین اینکه یک حرکت، با چه سرعتی باید انجام شود و دیگر اینکه، بزرگی و مقیاس حرکت را باید کنترل نماید.

1. Heylighen
2. Complexity
3. Complex System Approach
4. Latash

از نواحی بسیار مهم دیگر، قشر خلفی پاریتال^۱ است که در جایگاهی است که کنترل فضای حرکتی کل بدن و نسبت بدن با اشیای اطرافش را بر عهده دارد. تالاموس به عنوان یک زیرنظام در کنترل حرکتی، دارای ساختار پیچیده‌های بوده و شامل مجموعه‌های از هسته‌های متعدد و مجزا است که در کنار هم جمع شده‌اند و هر یک عملکرد مخصوص به خود را دارند (مختاری، ۱۳۹۴).

ب) اصل دوسویه بودن^۲ (تعامل) و حرکت

اگر اجزای یک نظام با یکدیگر تعامل نداشته باشند، تشکیل یک مجموعه می‌دهند نه یک نظام. به عبارت دیگر، مشخصه مهم یک نظام، تعامل و ارتباط است و ویژگی‌های اصلی نظام، از تعامل اجزا به دست می‌آید نه از رفتار مستقل اجزا (زینتی، ۱۳۸۵ نقل در نریمانی، ۱۳۹۶). به هر جهت، اجزای نظام‌های سایبرنتیکی با یکدیگر در تعامل هستند. این تعامل هم در اجزا و هم در زیرنظام‌هایشان وجود دارد. اجزای نظام‌های سایبرنتیکی در عین استقلال از همدیگر، به یکدیگر وابسته‌اند و در عین واگرایی، هم‌گرا نیز هستند. اصل دوسویی تأثیر و تأثر اجزا در تعامل با هم را نشان می‌دهد. تا این اصل نباشد مفهومی همچون باز خورد، معنادار نخواهد بود. چهار بخش اصلی، در حرکت دخیل هستند. اولین بخش بدن است و هرگز نباید آن را دستکم بگیریم چراکه اندازه مکانیک زیستی حرکت را ساده کرده است. بخش بعدی نخاع است. در نخاع، رفلکس‌ها اتفاق می‌افتند، رفلکس‌های متعددی که حلقه هماهنگی حسی - حرکتی را بین فعالیت عصبی در نخاع و فعالیتی مکانیکی خلق می‌کنند. بخش سوم تولیدکننده‌های الگوی مرکزی هستند. این‌ها مدارهای بسیار جالبی در نخاع مهره‌داران هستند که می‌توانند به تنهایی، الگوهای فعالیت منظم بسیار هماهنگ‌شده تولید کنند، درحالی که سیگنال‌های ورودی بسیار ساده‌ای دریافت می‌نمایند و این سیگنال‌ها که از بخش‌های بالایی مغز (بخش چهارم) مانند قشر حرکتی، مخچه و هسته‌های قاعده‌ای می‌آیند، همگی فعالیت نخاع را وقتی ما حرکت می‌کنیم، تغییر و کنترل می‌کنند. (جاسپرت^۳، ۲۰۱۶). حرکت حاصل، یک تعامل بسیار پیچیده و فعال بین این چهار بخش است. با توجه به اینکه هر یک از بخش‌های یک نظام حرکتی در عین اینکه کار خاصی انجام می‌دهند (استقلال داشتن)، در تعامل با یکدیگر (همگرا) نیز هستند، پی بردن به نقش هر بخش در این فرآیند دشوار است. این، همان جایی است که سایبرنتیک واقعاً می‌تواند کمک‌کننده باشد.

ج) اصل مکملیت^۴ و حرکت

تالاموس^۵ در انسان بزرگترین نقطه جمع‌آوری اطلاعات حسی است. همچنین، مرکزی مهم برای

1. Parietal
2. Mutuality
3. Jaspert
4. Complementarity
5. thalamus

تجمع و هماهنگی اطلاعات حسی مختلف است. برای حفظ تعادل در حرکت، سه نظام باید بدون نقصان و در هماهنگی کامل با یکدیگر عمل کنند: نظام بینایی، نظام دهلیزی (گوش میانی) و مخچه. این سه نظام در ارتباط تنگاتنگ با یکدیگر هستند و به طور لحظه به لحظه توسط پیامهایی که از محیط میرسند بازخورد دریافت می کنند و مکمل یکدیگرند (مختاری، ۱۳۹۴). نظامها و زیرنظامهایی که سازنده یک نظام کامل هستند، به تنهایی کامل نیستند؛ اما در کل، باعث ایجاد یک نظام کامل و چندوجهی می شوند. این اصل باعث پیچیدگی نظام نهایی می شود. پاسکال^۱ این اندیشه را چنین بیان می کند که من نمی توانم کل را بدون درک اجزای آن درک کنم و همین طور نمی توانم اجزا را بدون درک کل آن درک کنم.

د) اصل تکاملپذیری^۲ و حرکت

متحرک باید بتواند با کشف نقاط ضعف و قوت خود، فرصتهایی را که می تواند از آنها بهره برداری نماید و تهدیداتی را که می تواند از آنها پرهیز نماید را شناسایی نموده و با در نظر گرفتن واکنشهای به وجود آمده، یک فرصت نهایی پدید آورد که در جهت توسعه و تکامل خود به کار گیرد. در این صورت، در فرآیند حرکت از سایبرنتیک استفاده نموده است (جباری، ۱۳۹۹). به هر جهت، نظامهای سایبرنتیکی در یک موقعیت فرصت طلبانه، تهدیدها را به فرصت تبدیل می کنند و در این موقعیت، خود را گسترش، تکامل یا تغییر می دهند. به واسطه این فرصتها، تکامل نظامهای سایبرنتیک رخ می دهد.

ه) اصل ساختمندی^۳ و حرکت

نظامهای سایبرنتیکی، تمایل به روند توسعه و پیچیدگی دارند و این در حالی است که پیوند و پایبندی خود را با موقعیت قبل نظام و وضعیت سابق حفظ می کنند (هیلیگن و جوزلین^۴، ۲۰۰۱). هرگونه اشکال و اختلال در مجموعه عوامل مؤثر بر حرکت، زمینه مشکلات حرکتی را به صورتهای مختلف ایجاد می کند. عدم هماهنگی در حرکات، اختلالات تعادلی، ضعف حرکتی، لرزش به هنگام حرکت و بسیاری از موارد دیگر، مشکلاتی هستند که با آگاهی و دانش نسبت به علم کنترل حرکت، بهتر می توان به علت وجودی آن دست یافت (برزکار، ۱۳۹۹). بنابراین، تلاش پزشکان برای حل مشکلات حرکتی نوعی رویکرد سایبرنتیکی است.

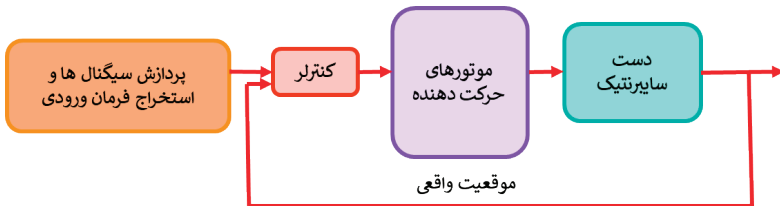
1. Blaise Pascal
2. Evolvability
3. Constructivity
4. Heylighen, Francis & Cliff Joslyn

یکی از مفاهیم اساسی رویکرد سایبرنتیک، موضوع بازخورد است که می‌توان از آن برای پویایی و کنترل بهینه حرکت استفاده نمود (وینر، ۱۳۷۲ نقل در نریمانی، ۱۳۹۶). دستگاه‌های سایبرنتیکی، دارای بازخوردهای درون و برون نظامی منفی و مثبت هستند. این غنای در بازخورد، سبب بازگشت نظام به‌سوی خود می‌شود که این انعطاف‌پذیری و نشان دادن عکس‌العمل در مقابل محرک‌های بیرونی و درونی و توانمندی در به خود بازگشتن، منجر به پویایی نظام خواهد شد (اکبری و داورپناه، ۱۳۹۶). دو نوع کنترل حرکتی وجود دارد که عبارت‌اند از: الف) کنترل محیطی^۲: عضلات در فعالیتهای حرکتی با دستگاه عصبی همکاری می‌کنند. پیامهای حسی به نخاع و همچنین به سطوح بالاتر مراکز عصبی منتقل می‌شود و جهت انجام اعمال حرکتی به کار گرفته می‌شوند. حرکات انجام شده خود، بازخوردی برای دستگاه عصبی هستند که به‌صورت یک چرخه برای ایجاد حرکات بعدی دخالت می‌کنند.

ب) کنترل مرکزی^۳: حرکات هماهنگ و پیچیده که مستلزم مهارت هستند، از قشر مغز منشأ می‌گیرند. این نوع اعمال حرکتی، از طریق مدارهایی که بین قشر مغز، عقده‌های قاعده‌ای و مخچه وجود دارد، انجام می‌شود. نظام‌های متعددی در بدن انسان با درجه‌ای از تنظیم خودکار وجود دارد که می‌توان آن را به‌عنوان نظام‌های کنترل بازخورد در نظر گرفت. هدف نهایی آنها، حفظ تعادل یا هموستازی^۴ بدن است. هموستاز، توانایی نظام در جلوگیری از عدم ثبات، یا حفظ تعادل نظام در تغییر شرایط بیرونی است. به‌عبارت‌دیگر، هموستاز را می‌توان پایداری و یا ثبات نظام دانست و پایداری و ثبات نظام را می‌توانیم حالت تعادل دینامیکی بدانیم. حرکت نظام، توسط بخش برنامه‌پذیر کنترل و ایمنشده و نگرانیهای اندک نیز به‌وسیله نظام بازخورد، خنثی می‌گردد. در واقع تعادل‌گرایی، نه خاصیتی ایستا، بلکه کیفیتی پویاست که از طریق سازوکار چرخه‌های بازخورد و کنترل، امکان تحقق می‌یابد. پایداری نظام به تنوع و انشعابات پارامترهای کنترل بستگی دارد. تنوع پارامترهای کنترل، همان آشکارسازی بینظمیهای ناگهانی و غیرکنترل شده در موقعیتهای خطرناک نظام است (داورپناه، ۱۳۹۵). به هرجهت، حرکت هوشمند انسان، به‌طور گسترده‌ای در حوزه‌های مختلف سایبرنتیک بررسی می‌شود، به‌طوری‌که به‌عنوان نمونه، تحقیقات زیادی در مورد تشخیص حرکت دست برای نظام‌های سایبرنتیک انجام گرفته است. برای دستیابی به تشخیص حرکت دست، معمولاً از فناوری پردازش تصویر، برای کمک به ردیابی حرکت انسان، به‌ویژه روش‌های ردیابی نوک انگشت استفاده می‌شود. این روش را با استفاده از ترکیب تغییر میانگین و تبدیل ویژگی ثابت مقیاس^۵ برای ردیابی شی، در

1. Reflexivity
2. Environmental control
3. Central control
4. Homeostasis
5. The Scale Invariant Feature Transform (SIFT)

سناریوهای چالشبرانگیز مورد بحث قرار دادند و از جستجوی شباهت بین دو فریم همسایه، براساس هیستوگرام رنگ و توزیع احتمال و همچنین از یک الگوریتم پیشینه‌سازی انتظار^۱، برای تعیین تخمین حداکثر احتمال، با ادغام میانگین شیف و با هم استفاده می‌کنند (کردویبولوچ^۲، ۲۰۱۴). از دیگر موارد حرکتی در سایبرنتیک، می‌توان به دست سایبرنتیکی^۳ اشاره کرد. دست سایبرنتیک، به نظامی گفته می‌شود که به‌جای دست قطع شده فرد مددجو، قرار گرفته و به‌جای آن برای فرد مددجو، عمل حرکت دست طبیعی را انجام می‌دهد، به‌گونه‌ای که شخص معلول بتواند با استفاده از نظام عصبی خود و توسط برخی سیگنالهای عصبی، که به نقطه‌های از بدن می‌فرستد، عمل کنترل دست را انجام دهد. در دست سایبرنتیکی، فرمانهای حرکت باید از عضو، نخاع و درنهایت از مراکز بالای حرکتی اخذ شود. در هر حرکت دست، عضلات متعددی شرکت دارند. برای آن‌که حرکت با نرمی و سرعت لازم و بدون نوسان و خطا انجام شود، لازم است فعالیت انقباضی هر عضله، به سبک خاصی برنامه‌ریزی شود و فعالیت دیگر عضله‌های مرتبط با آن، با هم هماهنگ باشند (میرانبیگی، ۱۳۸۹).



شکل ۵. عملکرد دست سایبرنتیکی

حرکت سایبرنتیکی و کنترل اجتماعی

در مورد رفتار انسانی نیز بحث کنترل و بازخورد، نقش مهمی را ایفا می‌کند. رفتار فعال، از خود نظام ناشی می‌شود، درحالی‌که رفتار غیرفعال نتیجه انگیزش خارجی است. تمام رفتارهای فعال به بازخوردهایی نیاز دارند که از نظر پیچیدگی متفاوت‌اند. بر همین اساس، نظام‌های پیشرفته باید قابلیت خودبازسازی^۴ را داشته باشند تا بتوانند با محیط سازگار شوند (لیتلجان^۵، ۱۳۸۴). با پدید آمدن رفتارهای متفاوت و محیط‌های گوناگون، رفتارها و جریانهای موجود وارد نظام کنترل یعنی یکی از بخشهای نظام سایبرنتیک می‌گردد. لذا کنترل اجتماعی با کنترل رفتار جامعه، نظم و روابط بین اعضای آن جامعه را سازمان می‌دهد و ماحصل این کارکرد، حرکت به سمت تداوم و پایدارسازی جامعه را در پی

1. Expectation Maximization Algorithm
2. Kerdvibulvech
3. Cybernetic Hand
4. Self-reconstruction
5. Littlejohn, Stephen W.

خواهد داشت (داورپناه، ۱۳۹۵). رفتارهای حرکتی پیچیده انسان را می‌توان همانند پردازش اطلاعات فرض کرد که با سازوکارهای کنترل بازخورد (پسخوراند)، هدایت می‌شوند و از این طریق باعث ایجاد فرآیندهای تطابقی نسبت به محیط خود می‌گردند. بازخوردها شامل اطلاعاتی هستند که در هنگام حرکت یا پس از آن دریافت می‌گردند. براین اساس، انسانها را به هنگام انجام اعمال حرکتی یا رفتارهای حرکتی می‌توان موجوداتی فعال، تصمیم‌گیرنده، حل‌کننده مسئله و پردازشگر اطلاعات در نظر گرفت.

نتیجه‌گیری

حرکت، در نتیجه و در پاسخ به وظایف حرکتی و درخواستهای محیطی، سازمان‌دهی می‌شود و رفتارهای حرکتی مشخص، براساس یک محیط خاص شکل می‌گیرند. ظرفیت هر نظام پیچیده، در پاسخ به تعامل وظیفه حرکتی و خواستههای محیطی، ظرفیت عملکردی آن نظام را تعیین می‌کند. در درون فرد، حرکت از طریق تلاش مشترک بسیاری از ساختارها و فرآیندهای مغز، پدیدار می‌شود. همچنین حرکت از تعامل فرآیندهای متعدد، از جمله آن‌هایی که به ادراک، شناخت و عمل مربوط می‌شوند، ناشی می‌شود. انسان یا هر موجود متحرک، یک نظام پویا و پیچیده سایبرنتیکی است. بنابراین، نظام متحرک از قوانین و اصول سایبرنتیک، پیروی می‌کند. با توجه به پیچیده بودن حرکت، تفکر سایبرنتیکی قصد دارد دریابد، نظام عصبی - حرکتی چگونه می‌تواند حرکات مختلف را مهار و کنترل نماید و در یک حرکت خاص، چه عناصری از نظام بدنی دخیلاند و اینکه چطور عواملی که در حرکت دخالت دارند، با هم ارتباط و تعامل برقرار می‌کنند. بنابراین نظام‌های سایبرنتیکی به دنبال کنترل، پیشبینی، مشاهده و سنجشپذیری حرکات مختلف در نظام‌های گوناگون و چگونگی ارتباط این نظامها با زیرنظامها و حتی دیگر نظامها می‌باشند. تا از این طریق به درک، پیشبینی و یا حتی خلق حرکات جدید نیز دست یابند. با توجه به قابلیت مشاهده و اندازه‌گیری بودن حرکات و به دلیل اینکه حرکات، نشان‌دهنده ارتباط میان نظامها و زیرنظام‌های درگیر در حرکت هستند و با عنایت به تعریف حرکت سایبرنتیکی، یعنی افزون شدن و جمع شدن آگاهی؛ تحلیل سایبرنتیکی حرکت، روشی برای یادگیری چگونگی تصمیم‌گیری اجزای نظام‌های کنترل‌کننده حرکت و نیز سبب کسب دانش عمیقتری نسبت به اهداف فوری و درک حرکات می‌شود و همچنان که بیان گردید بشر توسط دانش سایبرنتیک، لوازم و ابزارهای نوینی همچون «دست سایبرنتیکی» و موارد دیگری را نیز خلق نموده است و در این حوزه در حال پیشرفت و تکامل تدریجی و جریانی پویاست. بنابراین استفاده از رهیافت سایبرنتیک در حرکت، راهی برای رسیدن به تصمیم‌گیری، تفکر، درک کردن و سایر پردازشهاست. و همچنان که بیان گردید، اکثر علوم به‌گونه‌ای آشکار یا تلویحی از اصول سایبرنتیک بهره‌مند شده‌اند و در این راستا، هر یک به فراخور حوزه خود و به‌زعم صاحب‌نظران آن علم، توصیفی مناسب از آن را ارائه داده‌اند، لذا امید آن داریم که با گذر زمان، گستردگی بیشتری از جلوه‌های دانش سایبرنتیکی به روی بشریت را مشاهده و شاهد پژوهش‌های کاربردی بیشتر و روزافزون در این راستا باشیم.

منابع

- آزاد، اسدالله (۱۳۹۱). اطلاعات و ارتباطات: مفاهیم، نظریه‌ها و جغرافیای سیاسی. تهران: کتابدار.
- آخشیک، سمیه سادات (۱۳۹۱). نگاهی به مفاهیم سایبرنتیکی نهفته در نظریه کوانتومی اطلاعات. مطالعات کتابداری و علم اطلاعات، (۹)، ۳۷-۵۴.
- ابراهیمی، سعیده؛ فرج پهلوی، عبدالحسین (۱۳۸۹). رویکردی سایبرنتیکی به نظام دایره‌ای مقالات در مجلات علمی. فصلنامه کتاب، (۸۲)، ۱۸۶-۱۹۸.
- ادواردز، ویلیام اچ. (۱۳۹۵). یادگیری و کنترل حرکتی: از نظریه تا عمل. ترجمه علی حیرانی، محمد جهانگیری و امیر وزینی طاهر. تهران: انتشارات بامداد کتاب.
- اکبری، علی؛ داورپناه، محمدرضا (۱۳۹۶). تحلیل اصول سایبرنتیک در فیزیک قدیم و جدید. پژوهش‌نامه کتابداری و اطلاع‌رسانی، ۷ (۲)، ۳۱۷-۳۳۷.
- برزکار، ابراهیم؛ محمدزاده، رجبعلی (۱۳۹۹). حرکت و شناخت: مبانی عصبی و روان‌شناختی. تهران: نشر آرتینه.
- تاجر، پگاه؛ فقیه، نظامالدین (۱۳۹۴). روند تکامل دانش با توجه به نقش مشاهده‌گر در رویکردهای چهارگانه سایبرنتیک. پژوهش‌نامه کتابداری و اطلاع‌رسانی، ۵ (۲)، ۵-۲۱.
- جاسپر، اوک (۲۰۱۶). رباطی که می‌تواند مانند یک سمندر بود و شنا کند. ترجمه محمدرضا خدایاری. بازیابی شده در ۱۴۰۰/۰۸/۰۸ از https://www.ted.com/talks/auke_ijspeert_a_robot_that_runs_and_swims_like_a_salamander/transcript?embed=true&language=fa.
- جامعی، بهنامالدین (۱۳۷۱). کاربرد نورو فیزولوژی در توانبخشی: تکنیک‌های حسی و حرکتی. تهران: دانشگاه علوم پزشکی ایران.
- جباری، لیلا و دیگران (۱۳۹۹). آشنایی با مفاهیم، اصول و کاربرد سایبرنتیک. تهران: نشر چاپار.
- حسینی، الهه؛ برادر، رویا (۱۳۹۵). مطالعه تعاملات میان‌رشته‌ای حوزه سایبرنتیک. فصلنامه مطالعات ملی کتابداری و سازمان‌دهی اطلاعات، پاییز ۱۳۹۶، ۲۸ (۳)، ۱۶۲.
- داورپناه، محمدرضا (۱۳۹۵). سایبرنتیک: نظریه عمومی کنترل مکانیسم‌ها در نظام‌های مکانیکی و ارگانیکی. تهران: دبیزش.
- زاهدی، شمس‌السادات؛ اسدپور، امین و حاجی‌نوری، خاطره (۱۳۹۰). رابطه سایبرنتیک و مدیریت دانش در سازمان. فصلنامه مطالعات بهبود و تحول، ۳، ۶۳-۲۵.
- زینتی، علی (۱۳۸۵). مشکلات: گفتمان روشنگر درباره اندیشه‌های بنیادین. قم: مرکز انتشارات مؤسسه آموزشی و پژوهشی امام خمینی.
- سعیدیمهر، محمد؛ مختاری، محمود (۱۳۸۸). حرکت مکانی از طبیعیات ارسطویی تا فیزیک نیوتنی. معرفت فلسفی، ۶ (۳)، ۱۷۳-۲۱۱.
- سیج، جورج (۱۳۷۸). یادگیری و کنترل حرکتی: از دیدگاه روان‌شناسی عصبی. ترجمه حسن مرتضوی. مشهد: انتشارات سنبله.
- فریار، اکبر؛ رخشان، فریدون (۱۳۷۱). ناتوانی‌های یادگیری. چاپ سوم. تبریز: انتشارات نیا.

فقیه، نظام‌الدین (۱۳۸۳). نظام‌های پویا: اصول و تعیین هویت. تهران: سمت.
 قنادینژاد، فرزانه (۱۳۹۸). رویکرد سایبرنتیکی به کتابخانه مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه شهید چمران اهواز با تأکید بر نقش کنترل و بازخورد در شناسایی مشکلات این کتابخانه. نشریه علمی - تخصصی ادکا، ۵ (۵)، ۳۵-۵۲.

لاتاش، مارک ال. (۱۳۹۵). اصول کنترل حرکت. ترجمه محمدتقی اقدسی، محمد جهانگیری. تبریز: انتشارات دانشگاه تبریز.

لیتل جان، استیفن (۱۳۹۴). نظریه‌های ارتباطات. ترجمه مرتضی نوربخش، اکبر میرحسینی؛ ویراسته علی قاسم‌نژاد جامعی. تهران: نشر جنگل.

ملکی، بهنام؛ غرابی، اقبال (۱۳۹۳). رشد و یادگیری حرکتی. تهران: پوران پژوهش.

میران بیگی، محمد؛ جلالی، علی‌اکبر؛ میران بیگی، علی (۱۳۸۹). دست سایبرنتیکی و حرکت تحت کنترل اراده افراد معلول. دو ماهنامه هوش مصنوعی و ابزار دقیق، شهریور ۱۳۸۹، ۴ (۳) (پیاپی ۲۱)، ۶۰-۶۷.

نریمانی، حسین؛ قیاسی، میترا (۱۳۹۶). کاربرد مفاهیم سایبرنتیک در کنترل و تحلیل ساختار پیچیده حرکت. سومین همایش ملی علوم ورزشی و تربیت‌بدنی ایران، تهران، <https://civilica.com/doc/۶۵۳۹۸۷/>

هاردمن، مایکل ام؛ درو، کلیفورد جی؛ اگن ام، وینستون (۱۳۹۱). روانشناسی و آموزش کودکان استثنایی: جامعه، مدرسه و خانواده. ترجمه حمید علیزاده و همکاران. تهران: انتشارات دانژه.

هیوود، کاتلین ام. (۱۳۹۳). رشد و تکامل حرکتی در طول عمر. ترجمه مهدی نمازیزاده و محمدعلی اصلانخانی. تهران: سمت.

Jin, Zhi (2018). *Cybernetics in Environment Modeling-Based Requirements Engineering for Software Intensive Systems*. Cambridge: Morgan Kaufmann.

Heyligen, Francis (1992). *Principles of Systems and Cybernetics: an evolutionary perspective*. Available in: <http://134.184.131.111/Papers/PrinciplesCybSys.pdf>.

Heylighen, Francis; Joslyn, Cliff (2001). *Cybernetics and Second-Order Cybernetics in Encyclopedia of Physical Science & Technology*. 3rd ed., New York: Academic Press.

Kerdvibulvech, Chutisant (2014). *Hybrid Model Hand Motion for Cybernetics application*. IEEE International Conference on Systems, Men, and Cybernetics, October 5-8 2014, 2367-2372.

Kim, Hyung Goo R.; Angelaki, Dora E.; DeAngelis, Gregory C. (2022). *A Neural Mechanism for Detecting Object Motion During Self-Motion*. eLife, 11, e74971. DOI: <https://doi.org/10.7554/eLife.74971>.

Latash, Mark L. (1998). *Neurophysiological Basis of Movement*. Champaign:

Human Kinetics.

Lerner, A. Ya (1975). *Fundamentals of Cybernetics*. London: Scientific Information Consultants.

Li, Peng; Zhou, Jihe (2022). Motion Tracking and Detection System Based on Motion Sensor. *Hindawi: Mobile Information Systems*, 2022, , 1-10. <https://doi.org/10.1155/2022/8681492>.

Lutsenko, Ihor (2016). Principles of Cybernetic Systems Interaction, Their Definition and Classification. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5, 2 (83), 37–44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.79356>.

Martin, Suzanne; Kessler, Mary (2016). *Neurologic Interventions for Physical Therapy*. St. Louis: Elsevier Saunders.

Novikov, D. A. (2015). *Cybernetics: from past to future*. Heidelberg: Springer, Available in: <https://www.researchgate.net/publication/287319297>.

Pickering, Andrew (2015). *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. 2nd ed., Elsevier.

Shumway-Cook, Anne; Woollacott, Marjorie (2012). *Motor Control: translating research into clinical practice*. Philadelphia: Wolters Kluwer, Lippincott William & Wilkins.

Sweeting, Ben; Sutherland, Sally (2022). Cybernetic Transdisciplinarity as Pedagogy. See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/361582719>.