



Asadi Shally, Adeleh (2023). Comparison of Different Control Approaches in Different Levels of Cybernetic Systems Based on Information Theories. *Journal of Knowledge-Research Studies*, 2(1): 21-32.

Doi: 10.22034/jkrs.2023.54511.1019

URL: https://jkrs.tabrizu.ac.ir/article_16390.html

The paper is an open access and licensed under the Creative Commons CC BY NC license.



Comparison of Different Control Approaches in Various Levels of Cybernetic Systems Based on Information Theories

Adeleh Asadi Shally*¹

Received: December, 17, 2022

Accepted: January, 31, 2023

Abstract

Purpose: The most essential part of cybernetics is the study of how to control exchanging of information, and the statistical phenomena resulting from this control, which simultaneously exist in advanced computing machines (such as computers) and living organisms (such as the nervous system). Therefore, it can be said that control is one of the important elements of cybernetics, and information is an essential element in the control process.

Methodology: This article is a collection of research and data obtained through searching texts and articles as well as interviews with experts in the field of quantum physics.

Findings: Examining the relationship between the features of Shannon's and quantum information theory and first & second order cybernetics shows that the topics raised in both fields are consistent. And both areas have a shared intellectual origin.

Conclusion: relativism is a prominent feature of second-order cybernetics and quantum theory, and the positivist point of view can be seen in Shannon's information theory and first-order cybernetics. Both information theories emphasize that the observer affects the system and changes its structure, and reality is defined based on the type of observation. The principle of superposition in quantum theory is consistent with the connection of components and their effect on system performance in cybernetics of the second type.

Key Words: *Cybernetics, control, information theory, Shannon theory, quantum information theory*

1. PhD. In Knowledge and Information Science, Tabriz, Iran (Corresponding Author),
adelehasadi@gmail.com.



Vol 2

Issue 1

Serial Number 3

2023

Extended Abstract

Introduction

Purpose Wiener first used the word cybernetics in the sense of the science of investigating control and communication in animals and machines (Azad, Hassanzadeh, 2012). Cybernetics is a science that talks about information exchange between systems, different elements of systems, and their environment (Lerner, 2016). As a result, cybernetics propose the model of relationships and information disorder in self-control systems (Seraei, 2013). According to the amount of exchange with the environment, cybernetic systems are three types: open systems, closed systems, and isolated systems. Unlike isolated systems, open systems exchange energy, matter, and information with their surroundings. In closed systems, there is no possibility of an exchange of matter, but the exchange of information and energy takes place (Rezaian, 2013). In the first-order cybernetic, the goal is to check and control the system, and the role of the observer's attitude toward the system is not taken into account (Mankila, 2011). cybernetic systems of the first type try to simplify relationships and limit the variables in the system and try to make the system controllable by increasing the external control systems or by restrict its functions. Second, order Cybernetic systems are observational systems, and the observer is considered one of the components inside the system. This approach examines systems that are self-organized and can determine goals and choose the tools needed to achieve the goal (such as living organisms, social systems of animals, and humans). The control of the second cybernetic system, as Ashby says, is dynamic and does not have a linear process. In such a way that all the components of the system play a role in the control and by using the coordination between the parts through positive and negative feedback, the balance of the system is maintained, and the system will be able to continue its life.

Information theory, which is sometimes considered a branch of cybernetics, was proposed a little before cybernetics (Nishath, 2016). Feedback is not included in Shannon and Weaver's theory (Shannon and Weaver, 1964). Therefore, this model is linear and only considers the sequence of signals sent from the origin to the destination. In this way, many influential factors in the flow of communication are ignored, and the efficiency of the model decreases in more complex systems.

Quantum mechanics should be interpreted based on information theory. This means that if entropy is the lack of information, and we generally imagine a set of states for the system, by using the entropy calculation of the system, we can obtain other characteristics of the system, such as its energy and mass.

Methodology

Each of the information theories has a different view on the characteristics of information. Control in cybernetic systems requires receiving and exchanging information with the environment, and knowing the characteristics of information theories will help us better understand the discussion of control of cybernetic systems. By examining two essential theories in the field of information (Shannon's information theory and quantum information theory) and different levels of cybernetic systems, this article highlights the relationships between three areas of information theories, control systems, and cybernetic levels. This article is a compilation and has been written by searching

and studying related texts and articles as well as interviewing experts in the field of quantum physics.

Findings

Examining the relationship between the characteristics of Shannon and Schram's information theory and cybernetics of the first type shows that the issues raised in both areas are consistent. In both approaches, information flow is simplified and associated with a linear process or with negative feedback. Also, in Shannon's information theory, information is in the form of a sequence of zero and one, and cybernetics, the first type of reality is absolute and non-existent. Both theories believe in the existence of objective truth, and the point of view and the kind of observation attitude of people active in communication have been ignored. Both approaches specify limits and boundaries for systems and are proposed in isolation and separately from other related systems and based on limited variables. Information in cybernetics of the first type is still defined in the continuation of the Shannon tradition (probabilities). In this way, the more order something is, it means it can be described with less information. In this way, cybernetic systems of the first type use a fixed and less flexible control method. These systems use the open circuit control system at the basic level and apply the closed circuit control in the more advanced systems. In any case, in these types of systems, the control is not applied based on the output, or if it is applied, due to the system not being dynamic, the control is delayed. Considering that these systems are generally manufactured, the use of Shannon's information theory in the design of these systems creates systems with a low ability to adapt to the environment, even though many advances have been made in the field of engineering.

Conclusion

Since cybernetic systems of the second type include dynamic systems, these systems choose the optimal methods of problem-solving by examining the surrounding environment and receiving continuous information from the environment, and gradually reducing the system error and control delay. Dynamic systems generally include biological and social systems, and considering that n-variable quantum systems are dynamic systems and there are many similarities between these two types of systems in terms of functionality. Quantum theory is relativistic because it can only predict events. Cybernetic theory of the second type also emphasizes the relative nature of the facts due to the different attitudes of different observers on the system. Quantum theory tells us that the smallest part of the universe has the power of recognition and selection, and it leads us to a dynamic system that, by examining the environment and the degree of variation of disturbance in the environment, gives a control response in proportion to the trouble with Markovian and dynamic movements.

Dynamic systems use both closed and open-loop control. In this way, in the first step of these systems, according to the feedback of the system, it investigates the random methods of solving the problem, and based on the results of applying specific control, it gradually selects the optimal way. Finally, the system uses open circuit control to increase the response speed to the stimulus by automatically applying the optimal way the following time.

Both theories emphasize that the observer affects the system and changes its structure, and reality is defined based on the type of observation. The principle



Journal of
Knowledge-Research Studies
(JKRS)

Vol 2

Issue 1

Serial Number 3

2023

of superposition in quantum theory is consistent with the connection of components and their effect on system performance in cybernetics of the second type.

References

- Ashby, W. R. (1957). An Introduction to Cybernetics. *Australasian Journal of Philosophy*, 35(2), 147-150. <https://doi.org/10.1080/00048405785200161>
- Attainable-utopias (2015). Fourth Order Cybernetics. Retrieved 4 February at: <http://attainable-utopias.org/tiki/FourthOrderCybernetics>
- Azad, A., & Hassan Zadeh, M. (2003). A slight notion of Cybernetics: Information theory and its application in library and information sciences. *Librarianship and Information Organization Studies*, 14(3), 92-99.
- Bertalanfi, L. (۱۹۸۷). Basics, evolution and applications of the general theory of systems. Translator. Kiyomarth Periani, Tehran: Thunder.
- Faghih, N. (۱۹۹۸). Control systems. Shiraz: Navid Shiraz.
- Ghomeshi Nobari, Mohammad Ali (۱۹۹۵). Quantum physics: fiction or reality? Tehran: Iranian Physics Society.
- Hori, A. (۲۰۰۸). An Introduction to Informatics: Functions and Applications. Tehran: Librarian.
- Karimipour, V. (۲۰۱۴). Quantum Computing and Information [class booklet] Faculty of Physics, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.
- Kayanian, M.; Nazari, N., & Kazemi Fard, H. (2009). Quantum bits and quantum control of information. *Scientific Information*, 24(6), 50-54.
- Khandan, Mohammad and Fadaei, Gholamreza (2008). A Survey of Tripartite Modern Paradigms in Informatology. *RISPL*; 14 (3), 3-30.
- Lerner, A. (۱۹۸۷). The basics of subentrics. Translated by Kiyomarth Periani, Tehran: Danesh Pajoh.
- Mancilla, R. G. (2013). Introduction to sociocybernetics (Part 1): Third order cybernetics and a basic framework for society. *Journal of Sociocybernetics*, 9(1/2), 35-56. DOI: https://doi.org/10.26754/ojs_jos/jos.20111/2623
- Neshat, N. (2007). From knowledge to idea: epistemological aspects of information and information. Tehran: Temperature.
- Novikov, D. A. (2016). "Cybernetics: From Past to Future". Switzerland: Springer.
- Ogata, Katsuhiko (2003). Control engineering. Translator. Mahmoud Diani, Tehran: Nass.
- Pashootanizadeh, M., & Kokabi, M. (2022). Interpreting Information Based on Quantum Theory of Physics (Quantum Theory of Information). *Iranian Journal of Information Processing and Management*, 29(3), 593-612.
- Pashutnizadeh, Mitra (201۱). Quantum laws in the world of information. *Library and Information Science*, 14(4), 189-212.
- Rezaian, Ali (2014). System analysis and design. Tehran: Samt.
- Saraei, Mana (2014). Information processing and its feedback. *Peyvast*, 21, 85-87.
- Shannon, Claude E. and Weaver, Warren (1964). The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana



Journal of
Knowledge-Research Studies
(JKRS)

Vol 2

Issue 1

Serial Number 3

2023



مقایسه رویکردهای مختلف کنترل در انواع مرتبه نظام‌های سبیرنتیکی بر اساس نظریه‌های اطلاعاتی

عادلہ اسعدی شالی^۱

^۱. دکتری علم اطلاعات و دانش شناسی، تبریز، ایران (نویسنده مسئول) adelehasadi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۲۶ آذر ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۱ بهمن ۱۴۰۱

چکیده

هدف: مهم‌ترین بخش دانش سبیرنتیک مطالعه چگونگی تبادل اطلاعات، چگونگی کنترل این تبادلات و پدیده‌های آماری ناشی از این کنترل است که هم‌زمان در ماشین‌های محاسبه‌گر پیشرفته (مانند کامپیوترها) و موجودات زنده (مانند سیستم عصبی) وجود دارد. لذا می‌توان گفت کنترل از ارکان مهم سبیرنتیک هستند و اطلاعات عنصر مهمی در فرایند کنترل محسوب می‌شود. پس دقت در ویژگی‌های اطلاعات برای درک فرآیند کنترل نظام‌های مختلف ضروری است.

روش‌شناسی: این مقاله از نوع گردآوری بوده داده‌های پژوهش از طریق جستجوی متون و مقالات و نیز مصاحبه با متخصصان رشته فیزیک کوانتومی به دست آمده است.

یافته‌ها: بررسی رابطه بین ویژگی‌های نظریه اطلاعات شانون و کوانتومی و سبیرنتیک مرتبه اول و دوم نشان می‌دهد مباحث مطرح‌شده در هر دو حوزه همخوانی دارند و هر دو حوزه دارای خاستگاه فکری مشترکی می‌باشند.

نتایج: نسبی‌گرایی ویژگی بارز سبیرنتیک نوع دوم و نظریه کوانتوم بوده و دیدگاه پوزیتیویستی در نظریه اطلاعات شانون و سبیرنتیک مرتبه اول قابل مشاهده است. هر دو نظریه اطلاعات تأکید دارند که مشاهده‌گر بر نظام تأثیر گذاشته و ساختار آن را عوض می‌کند و واقعیت بر اساس نوع مشاهده تعریف می‌شود. اصل برهم‌نهی در نظریه کوانتوم با وجود ارتباط اجزاء و تأثیر آن‌ها بر عملکرد نظام در سبیرنتیک نوع دوم هم‌راستاست.

اصالت و ارزش: رابطه بین نظریه‌های اطلاعات و سبیرنتیک را به صورت شفاف‌تری بررسی می‌کند.

کلیدواژه‌ها: سبیرنتیک، کنترل، نظریه اطلاعات، نظریه شانون، نظریه کوانتوم اطلاعات

۱. مقدمه

وینر^۱ اولین بار از واژه سیرنیتیک به معنای علم بررسی فرایند کنترل و ارتباط در حیوان و ماشین استفاده کرد (آزاد و حسن‌زاده، ۱۳۸۲). دو سال بعد وینر کلمه جامعه را نیز به تعریف خود اضافه کرد. اشبی^۲ و بیر^۳ در سال‌های بعد بر جنبه‌های زیستی و اقتصادی سیرنیتیک اشاره کردند. لذا سیرنیتیک را می‌توان علم کنترل جریان اطلاعات در حیوانات، ماشین و اجتماع دانست (نووکو^۴، ۲۰۱۶). به بیان دیگر، سیرنیتیک علمی است که نظام‌های نسبتاً باز را از دیدگاه تبادل اطلاعات میان آن‌ها و محیطشان بررسی کرده و به مطالعه ساختار تبادل اطلاعات میان عناصر مختلف این نظام‌ها می‌پردازد (لرنر^۵، ۱۳۶۶). در نتیجه سیرنیتیک تلاش دارد مدل روابط و اختلال اطلاعات در نظام‌های خودکنترلی را مطرح کند (سرایي، ۱۳۹۳).

از بحث قبل دریافتیم که مهم‌ترین بخش دانش سیرنیتیک مطالعه چگونگی تبادل اطلاعات، چگونگی کنترل این تبادلات و پدیده‌های آماری ناشی از این کنترل است که هم‌زمان در ماشین‌های محاسبه‌گر پیشرفته (مانند کامپیوترها) و موجودات زنده (مانند سیستم عصبی) وجود دارد (سرایي، ۱۳۹۳). کنترل از ارکان مهم سیرنیتیک است و اطلاعات عنصر مهمی در فرایند کنترل محسوب می‌شود. لذا بررسی و شناخت ویژگی‌های اطلاعات برای درک فرآیند کنترل نظام‌های مختلف مفید است.

هر یک از نظریه‌های اطلاعات نگاه متفاوتی به ویژگی‌های اطلاعات دارند. کنترل در نظام‌های سیرنیتیکی نیازمند دریافت و تبادل اطلاعات با محیط است و شناخت ویژگی‌های نظریه‌های اطلاعات ما را در درک بهتر بحث کنترل نظام‌های سیرنیتیکی کمک خواهد کرد. مقاله حاضر با بررسی دو نظریه مهم در حوزه اطلاعات (نظریه اطلاعات شانون^۶ و نظریه اطلاعات کوانتومی) و مرتبه‌های مختلف نظام‌های سیرنیتیکی، به برجسته‌سازی روابط بین سه حوزه نظریه‌های اطلاعاتی، کنترل نظام‌ها و مرتبه‌های سیرنیتیکی پردازد. این مقاله از نوع گردآوری بوده و با جستجو و مطالعه متون و مقالات مرتبط با موضوع و نیز مصاحبه با متخصصان رشته فیزیک کوانتوم نگارش یافته است.

۲. انواع نظام‌های سیرنیتیک

نظام‌های سیرنیتیکی با توجه به میزان تبادل با محیط در حالت کلی سه نوع هستند: نظام‌های باز، نظام‌های بسته و نظام‌های ایزوله. نظام‌های باز برخلاف نظام‌های ایزوله با محیط اطراف خود انرژی، ماده و اطلاعات تبادل می‌کنند. در نظام‌های بسته امکان تبادل ماده وجود نداشته ولی تبادل اطلاعات و انرژی صورت می‌گیرد (رضائیان، ۱۳۹۳).



نشریه مطالعات دانش پژوهی

صفحه ۲۲

دوره ۲، شماره ۱

پیاپی ۳

۱۴۰۲

1. Wiener
2. Ashby
3. Beer
4. Novikov
5. Lerner
6. Shannon

نظام‌های باز خود به دو نوع نظام‌های باز دارای کنترل مدارباز (برتالنفی^۱، ۱۳۶۶) یا حلقه باز و نظام‌های باز دارای کنترل مدار بسته یا حلقه بسته تقسیم می‌شوند. سیستم‌های باز دارای کنترل مدارباز نظام‌هایی هستند که در آن‌ها خروجی بر عمل کنترلی تأثیر ندارد. به عبارت دیگر خروجی نظام نه اندازه‌گیری می‌شود و نه برای مقایسه با ورودی بازخورد می‌شود. بدین ترتیب به ازای هر ورودی یک شرایط کاری ثابت وجود دارد، بنابراین دقت نظام به تنظیم اولیه آن بستگی دارد. اگر اغتشاشی در حین کار صورت گیرد نظام مدارباز نمی‌تواند وظیفه مطلوب را انجام دهد. نظام مدارباز زمانی می‌تواند به کار رود که رابطه ورودی و خروجی معلوم باشد و اغتشاش خارجی و داخلی وجود نداشته باشد. هر نظامی که بر اساس زمان‌بندی کار می‌کند نظام مدارباز است (اوگاتا، ۱۳۸۲). در نظام مدارباز عمل کنترل مستقل از خروجی نظام است (فقیه، ۱۳۷۷) و برای کنترل فرآیند نظام، نیاز به نظام کنترلی جداگانه خارج از خود نظام داریم.

نظام‌های باز دارای کنترل مدار بسته نظامی است که در آن عمل کنترل با خروجی نظام مرتبط است (فقیه، ۱۳۷۷) یا به عبارتی نظامی که برای ایجاد ارتباط مطلوب بین خروجی و ورودی مرجع، از مقایسه آن‌ها و تفاضلشان استفاده کند و مقدار این تفاضل از طریق سیگنال بازخورد به کنترل‌کننده نظام داده می‌شود. هدف حلقه بازخورد کاهش خطای نظام است.

۳. انواع مرتبه‌های سیرنیتیک

نظام‌های سیرنیتیکی نوع اول^۲ توسط بنیان‌گذار علم سیرنیتیک مطرح شد. نظام‌های سیرنیتیکی نوع اول نظام‌هایی مصنوعی و ساخته دست بشرند. این نظام‌ها هدفی خودجوشی ندارند و بر اساس اهداف انسان سازنده‌شان شکل گرفته‌اند. از این رو در این نوع نظام‌ها تعداد متغیرهای مؤثر بر نظام محدود است و قابلیت کنترل بیشتری وجود دارد. در رویکرد سیرنیتیک نوع اول هدف بررسی و کنترل نظام است و نقش نوع نگرش مشاهده‌گر بر نظام لحاظ نمی‌شود (مانکیلا^۳، ۲۰۱۱). در اصل نظام‌های سیرنیتیک نوع اول به گونه‌ای دست به خطی کردن و ساده‌سازی روابط، و محدود کردن متغیرهای مؤثر در نظام می‌زند و سعی دارد با افزایش نظام‌های کنترل بیرونی و یا با محدود کردن کارکردهای آن، نظام را قابل کنترل کند. همان‌طور که گفته شد این نظام‌ها غیر زیستی و مکانیکی هستند و مدل شبیه‌سازی شده نظام با متغیرهای محدود و ساده‌سازی شده است.

سیرنیتیک مرتبه دوم^۴ بر نقش مشاهده‌گر^۵ در بررسی نظام سیرنیتیکی تأکید دارد و بررسی میزان تأثیر مشاهده‌گر در طراحی و ارزیابی نظام را مهم می‌داند. پس این رویکرد نوع نگرش مشاهده‌گر از نظام را نیز وارد مدل تحلیل نظام می‌کند (نووکو، ۲۰۱۶). سیرنیتیک نوع دوم اولین بار با عنوان

1. Bertalanfi
2. First-order cybernetics
3. Mancilla
4. Second-order cybernetics

۵. منظور از مشاهده‌گر موجودی است که قادر به تمیز ذهنیت و عینیت می‌باشد.

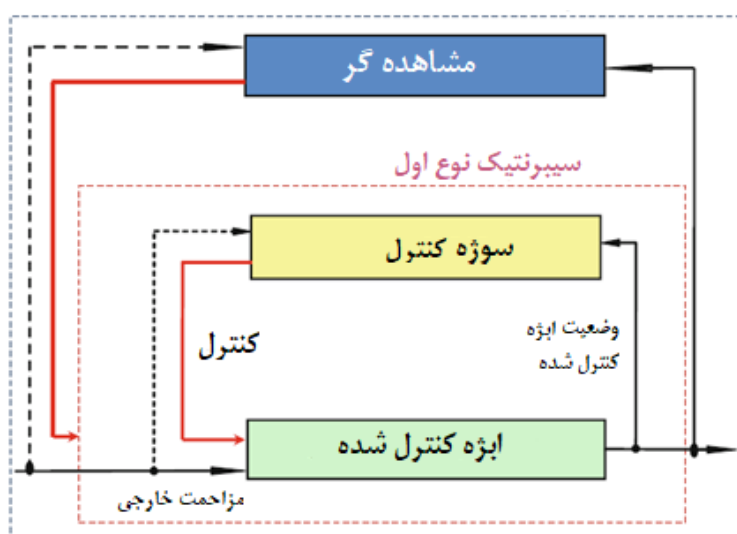


سیرنیتیک سیرنیتیک توسط مارگارد مید^۱ در کنفرانس میسی^۲ ۱۹۶۸ مطرح شد و تعریف جدیدی را برای علم سیرنیتیک بیان کرد. به نظر وی سیرنیتیک علم نگرش به اشیاء و زبان بیان آنچه می بینیم است؛ بنابراین آنچه وجود دارد چیزی است که ما می بینیم و از آنجا که هر یک از ما یک شی واحد را به گونه ای متفاوت می بینیم، واقعیت عینی و واحدی در مورد نظام ها وجود ندارد.

نظام های سیرنیتیکی نوع دوم نظام های مشاهده ای هستند و برخلاف نظام نوع اول که مشاهده گر عنصری خارج از نظام است، در این نوع رویکرد، مشاهده گر از اجزاء درون نظام محسوب می شود. این رویکرد به بررسی نظام هایی می پردازد که خودسازمان ده هستند و قادر به تعیین اهداف و انتخاب ابزارهای مورد نیاز برای رسیدن به هدف (مانند موجودات زنده، نظام های اجتماعی حیوانات و انسان ها) هستند. این نظام ها برخلاف نظام های نوع اول خود مشاهده گر هستند و برای دستیابی به اهداف خود با محیط تعامل می کنند (مانکیلا، ۲۰۱۱). کنترل نظام های سیرنیتیک دوم همان طور که اشبی می گوید پویا بوده و روند خطی ندارد. بدین صورت که تمام اجزاء نظام در کنترل نقش داشته و با استفاده از هماهنگی بین اجزاء از طریق بازخورد مثبت و منفی، تعادل نظام حفظ شده و نظام قادر به ادامه حیات خود خواهد بود. تعادل در این نوع نظام ها به معنی بقاء با توجه به تنوع مزاحمت محیط است. در این نوع از نظام ها اجزا به صورت دسته های مرتبط به لحاظ کارکردی شکل گرفته و ارتباط دارند. باین وجود بین دسته های مختلف ارتباط کمتری بوده ولی همچنان وجود دارد.

در نظام های نوع دوم علاوه بر بازخورد منفی که موجب تعادل نظام می شود، بازخورد مثبت نیز وجود دارد. این نوع بازخورد موجب تقویت عکس العمل نسبت به عمل شده و شدت آن را افزایش می دهد و با توجه به اینکه اجزاء مختلف یک نظام باهم (حتی در شکل بسیار کم) ارتباط هستند، متغیر بسیار ضعیف نیز می تواند با استفاده از نظام بازخورد مثبت و تأثیرات متقابل اجزاء عامل ایجادکننده یک مزاحمت قوی بر نظام باشد. بدین سان به دلیل تأثیر عوامل مختلف و بسیار زیاد بر نظام که ما قادر به مشاهده آن نیستیم، قدرت پیش بینی ما در مورد عملکرد و رفتار نظام کاهش می یابد. شکل زیر رابطه مشاهده گر و نظام در نظام های مرتبه دوم را نشان می دهد.

شکل ۱: سیرنیتیک مرتبه اول و دوم



نشریه مطالعات دانش پژوهی

صفحه ۲۵

مقایسه رویکردهای

مختلف کنترل در انواع

مرتبه نظام‌های ...

سیرنیتیک مرتبه سوم به بررسی نظام‌های خود یادگیرنده می‌پردازد و مجموعه گروهی را تداعی می‌کند که در عین اینکه مشاهده هستند با بررسی رفتارهای اعضاء دیگر گروه، رفتار خود را تنظیم می‌کنند. موضوعاتی اعم از کنترل اجتماعی، نگهداری، مدل‌سازی، سازمان‌دهی، خود بالندگی در حیطه این رویکرد قرار می‌گیرند (نووکو، ۲۰۱۶). در نهایت مرتبه چهارم سیرنیتیک به بررسی نظام‌هایی می‌پردازد که قابلیت بازتعریف خود را دارند. این رویکرد به بررسی نظام با بافت پیرامون آن در ابعاد جهانی می‌پردازد (سیرنیتیک، ۲۰۱۵). رویکردهای سوم و چهارم موضوعاتی مفهومی هستند و در حال حاضر پذیرش علمی عمومی نیافته‌اند (نووکو، ۲۰۱۶). لذا در این مقاله دو مرتبه اول و دوم سیرنیتیک بررسی خواهد شد.

۴. نظریه اطلاعات شانون

نظریه اطلاعات شانون یکی از مدل‌های معروف تبیین‌کننده فرآیند ارتباط و انتقال اطلاعات است. البته در این نظریه اطلاعات با سیگنال و پیام تقریباً هم‌معنی گرفته شده و به‌جای هم بکار می‌رود (خندان و فدایی، ۱۳۸۷). در نظریه ریاضی ارتباط، هدف اصلی شانون و ویور دست یافتن به شیوه‌ای بود که کارایی کانال ارتباطی را به حداکثر برسانند.

نظریه اطلاعات که گاهی به‌عنوان شاخه‌ای از علم سیرنیتیک تلقی می‌شود، کمی قبل از سیرنیتیک مطرح شد (نشاط، ۱۳۸۶). کلود شانون در سال‌های ۱۹۴۸ و ۱۹۴۹ نظریه‌ای را عرضه کرد که با عنوان نظریه ریاضی ارتباطات در مقاله‌ای با همین نام آمده است. این نظریه که با انتقال علائم سروکار دارد، به چگونگی رمزگذاری پیام، وجود اختلال و ظرفیت کانال می‌پردازد (حری، ۱۳۸۷). بر اساس نظریه اطلاعات شانون، فرستنده پیام را از طریق کانال ارسال کرده و توسط گیرنده دریافت می‌شود. گاردنر با تأثیر از نظریه اطلاعات شانون، طرح دستگاهی رقومی برای توصیف فرآیند منطقی به‌صورت دودویی را مطرح کرد (حری، ۱۳۸۷). پس بسته اطلاعات



شانونی شامل دو حالت صفر و یک است. این اطلاعات رشته‌ای از حروف را شامل می‌شود که به ترتیب توسط فرستنده از طریق کانال ارسال می‌شود. در این نظریه صحت ارسال یک پیام از طریق ارسال صحیح هر حرف (و تکرار در صورت ارسال ناقص پیام برای رفع حشو) که به شکل دریافت شد یا دریافت نشد بررسی می‌شود. این رویکرد زمینه کامپیوترهای امروزی را شکل می‌دهد (کریمی پور، ۱۳۹۳).

در نظریه شانون و ویور بازخورد لحاظ نشده است (شانون و ویور، ۱۹۶۴). لذا این مدل خطی بوده و صرفاً به توالی سیگنال‌های ارسال شده از مبدأ به مقصد را در نظر دارد. چند سال بعد ویلبر شرام بازخورد را به مدل ارتباطی افزود. با این وجود در نظریه‌های ارتباطی کلاسیک مدل ارائه ساده‌شده‌ای از واقعیت بوده و مطلق گراست. در این مدل‌ها اطلاعات عینی تصور شده و بیشتر تمرکز مدل به انتقال توالی پیام از یک نقطه به نقطه دیگر است. بدین ترتیب بسیاری از عوامل مؤثر در جریان ارتباط نادیده گرفته شده و کارایی مدل در نظام‌های پیچیده‌تر کاهش می‌یابد.

۵. نظریه اطلاعات کوانتومی

شاید یکی از عرصه‌هایی که بیش از همه از نظریه کوانتوم تأثیر پذیرفته است عرصه اطلاعات باشد. نظریه پردازان کوانتوم بر این نکته تأکید می‌کنند که مکانیک کوانتومی را باید بر اساس نظریه اطلاعات تفسیر کرد. بدین معنی که اگر آنتروپی فقدان اطلاعات باشد، و به طور کلی مجموعه‌ای از حالت‌ها برای نظام متصور باشیم، با استفاده از محاسبه آنتروپی نظام می‌توانیم به سایر ویژگی‌های نظام مثل انرژی و جرم آن دست یابیم. بدین ترتیب اطلاعات بعد جدیدی از عالم است که به سادگی با استفاده از آن می‌توان محاسبات پیچیده را انجام داد. تئوری کوانتومی آن گونه که در اطلاعات کوانتومی استفاده می‌شود شامل چند مفهوم مهم است که در ادامه به صورت خلاصه هریک شرح داده می‌شود.

کل انگاری: از منظر کل گرایی، هر کل برابر مجموع اجزای آن نیست و به همین ترتیب مجموع اجزا نیز کل را تبیین نمی‌کند. بنابراین نه می‌توان با شناخت اجزا به شناخت کل نائل آمد و نه شناخت کل، ما را از شناخت اجزا بی‌نیاز می‌گرداند (حری، ۱۳۸۷).

نسبی گرایی: نظریه کوانتومی نسبی گرا است به این دلیل که تنها قادر به پیش‌بینی رویدادها است. ابعاد نظریه کوانتومی با قطعیت نظام‌های نیوتنی در تضاد است. در نظام نیوتنی می‌توان در صورتی که موقعیت اولیه و سرعت جسم را بدانیم، مسیر حرکت جسم را با اطمینان پیش‌بینی کرد.

کورزیبسکی^۱ منطق دوبعدی (صادق و کاذب) را ناپسند می‌داند و معتقد است این گونه نیست که ما یا ساختارهای کاملاً منظم داشته باشیم یا ساختارهای کاملاً بی‌نظم. نظم و بی‌نظمی در هم تنیده‌اند

(خندان و فدایی، ۱۳۸۷). یکی از پیامدهای مهم اصل عدم قطعیت^۱ هایزنبرگ^۲، عدم امکان تمیز مشاهده کننده و مشاهده شونده است. بدین معنی که مشاهده کننده نیز جزئی از نظام است و نوع نگرش آن بر نظام، نظام را تعریف می کند. در بحث اندازه گیری این بحث کامل تر ارائه خواهد شد.

دوگانگی موجی - ذره ای: یک موج نتیجه جابجایی منسجم و یکی پس از دیگری بسیاری از ذرات در یک موقعیت خاص هستند. مانند موج دریا. نظریه کوانتوم اثبات می کند که الکترون هر دو خاصیت موج و ذره را همزمان دارا است و همچنین این ذره دارای شعور بوده و در زمان های مختلف و بسته به موقعیت محیط تصمیم می گیرد که خاصیت موجی داشته باشد یا خاصیت ذره ای. بدین صورت که زمانی که دستگاهی که صرفاً امکان تشخیص امواج را دارد در مسیر حرکت الکترونی قرار دهیم الکترون از خود خاصیت موجی نشان می دهد و زمانی که دستگاه ما صرفاً امکان شناسایی ذره را داشته باشد، الکترون خاصیت ذره ای نشان می دهد. بدین صورت می بینیم که کوچک ترین ذره در نظریه کوانتومی خود سازمان ده بوده و بر اساس شرایط محیطی می تواند رفتار کند.

این دید موجی - ذره ای در فیزیک کوانتوم را می توان به شناخت هایی تشبیه کرد که در ذهن افراد ایجاد می شوند. این شناخت ها هیچ گاه پایدار نیستند و دائماً با افزایش تجربه و آگاهی دگرگون می شوند. یعنی می توان این گونه تفسیر کرد که این شناخت ها در حالت ثبات و ایستایی مانند ذراتی هستند که قابل مشاهده بوده و حدود آن ها مشخص است، ولی هنگامی که با اطلاعات و تجارب جدید روبه رو شوند می توانند تحت فشار شناخت های جدید از هم گسیخته شوند و بر اساس آن، شناخت های بدیهی تازه ای شکل گیرد (نشاط، ۱۳۸۶) در حقیقت به جای شناسایی وضعیت اطلاعات در هر لحظه بر اساس نظریه شانونی که نظامی است که بافت محیطی در مدنظر نداشته و بدین صورت با نگرشی ایستا به نظام امکان بررسی دقیق نظام را فراهم می آورد، نظریه کوانتوم اطلاعات ما را به نظامی پویا می رساند که با بررسی محیط و میزان تنوع مزاحمت در محیط با حرکت های پویا پاسخی کنترلی به متناسب با مزاحمت می دهد (اشبی، ۱۹۵۷).

مسئله اندازه گیری: بور^۳ معتقد بود که تنها راه به دست آوردن اطلاعات از سیستم های کوانتومی، اندازه گیری است که همیشه روی سیستم مورد اندازه گیری تأثیر می گذارد. بور در اصل مکمل شدگی خود می گوید که اندازه گیری خاصیتی از یک سیستم، عموماً اطلاعات ما را درباره دیگر خواص آن سیستم از بین می برد. اندازه گیری دقیق همزمان مکان و تکانه یک الکترون ناممکن است. یعنی اندازه گیری یکی از این کمیت ها الزاماً اندازه گیری دقیق کمیت دیگر را ناممکن می سازد. خواص واقعی یک سیستم کوانتومی را می توان با آزمایشگری که



1. Uncertainty Principle

2. Heisenberg

3. Bohr

وضع دستگاه خود را تغییر می‌دهد، عوض کرد (پشوتنی‌زاده و کوکی، ۱۳۹۰). لذا می‌توان گفت تا زمانی که نظامی مورد مشاهده قرار نگرفته است نسبت دادن خواصی به سیستم کوانتومی منزوی که هیچ اندازه‌گیری بر روی آن انجام نشده، بی‌معنا است؛ چون هرگز نمی‌توان فهمید که این خواص چه هستند (گومشی‌نوبری، ۱۳۷۴). زمانی که نظام مورد مشاهده قرار گرفت بر اساس تغییراتی که ابزار مشاهده بر نظام می‌گذارند خواص نظام تغییر کرده و نظام اولیه دیگر وجود نخواهد داشت. گره‌ب‌شرو دینگر یکی دیگر از نظریه‌هایی است که به بررسی اثرات اندازه‌گیری بر سیستم‌های کوانتومی پرداخته است. اندازه‌گیری با باز شدن در جعبه و مشاهده حالت مرده یا زنده بودن گره‌ب انجام می‌گیرد (پشوتنی‌زاده و کوکی، ۱۳۹۰). علاوه بر این، ناظر نتیجه می‌گیرد که تا قبل از انجام این مشاهده اصولاً یک حالت دیگر نیز امکان‌پذیر است که در آن، حالت اولیه جعبه و محتوای آن تغییر نمی‌کند. یعنی گره‌ب می‌تواند هم زنده باشد و هم مرده. اندازه‌گیری ما از نظام است که وضعیت نظام را مشخص کند.

بنابراین نظریه کوانتومی به ما می‌گوید که نمی‌توان چیزی را بدون مختل کردن آن اندازه‌گیری کرد و در بررسی نظام ناظر عاملی برای تغییر نظام محسوب شده و باید لحاظ شود (پشوتنی‌زاده، ۱۳۹۰). چرا که حتی برای مشاهده یک ذره، فوتونی^۱ از چشم ناظر آزاد شده و به جسم می‌رسد و با تغییر وضعیت ذره و بازتاب این فوتون ذره قابل رؤیت می‌شود. در نتیجه تعیین وضع نظام حتی با دقیق‌ترین ابزارها نیز امکان‌پذیر نیست.

درهم تنیدگی: خاصیت بسیار شگفت‌انگیز در مکانیک کوانتومی، خاصیت درهم تنیدگی است. یک نتیجه مهم این حالت این است که یک جفت کیوبیت درهم تنیده روی یکدیگر تأثیر هم‌زمانی را می‌گذارند که به فاصله آن‌ها از یکدیگر و ماده‌ای که این فاصله را پر می‌کند، بستگی ندارد. یک جفت درهم تافته با هم مخلوط نمی‌شوند، بلکه تنها به‌طور کوانتومی با هم برهم‌کنش می‌کنند. درهم تنیدگی، از جهتی شبیه به شکستن یک سکه به دو تکه است که با مشاهده یک نصفه می‌توان به شکل و مشخصات تکه دیگر پی برد، زیرا دو تکه به‌صورت مشترک، اطلاعات سکه کامل را در اختیار دارند. به عبارت دیگر، مشاهده یک تکه، مشخصات تکه دوم را کاملاً روشن می‌سازد، حتی اگر کیلومترها از هم دور باشند.

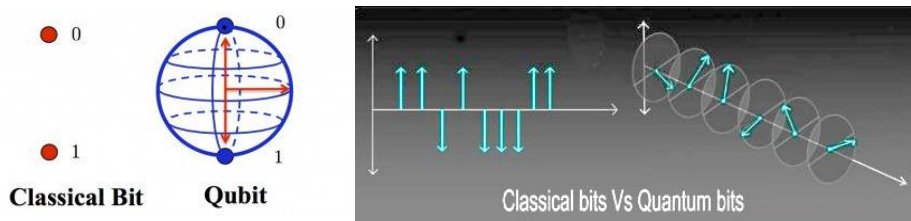
برهم‌نهی: برهم‌نهی حالت‌ها یکی از ویژگی‌های نظام‌های کوانتومی است. این خصلت ارتباط نزدیکی با درهم تنیدگی دارد و نشان می‌دهد که اندازه‌گیری یک ذره در یک نقطه می‌تواند خصلت‌های بالقوه‌ای که در یک ذره دوردست وجود دارد را به‌طور آنی تغییر دهد و آن‌ها را به فعلیت درآورد بدون این که هیچ‌گونه ارتباط علی با آن ذره داشته باشد. شما می‌توانید اسپین یک ذره را در یک نقطه اندازه‌گیری کنید و بلافاصله به‌صورت آنی اسپین یک ذره دیگر در کیلومترها

۱. کوچکترین ذره نور

آن طرف تر که تا قبل از اندازه گیری می توانست هر مقدار دلخواهی را اختیار کند، حالت مشخص و معینی به خود می گیرد. اندازه گیری شما از میان تمام حالت های احتمالی ای که یک ذره در کیلومترها آن طرف تر می توانست اختیار کند یکی را به صورت قطعی انتخاب می کند بدون اینکه نور و یا هیچ علامت دیگری فرصت کرده باشد که در بین این دو اندازه گیری این فاصله را طی کند. دانشمندان دلیل به وجود آمدن این پدیده را این طور توصیف می کنند که در ابتدای شکل گیری جهان در لحظه انفجار نخستین^۱، ذرات بسیار متراکم بوده و پس از انفجار نخستین این ذرات از هم دور شده اند ولی میدان مغناطیسی موجود بین ذرات موجب شکل گیری پدیده برهم نهی می شود.

کیوبیت: بیت در کامپیوترهای تنها شامل صفر و یک است اما کامپیوترهای کوانتومی در کنار این دو مقدار، می توانند از حالت برهم نهی صفر و یک نیز استفاده کنند. بیت ها در کامپیوترهای کوانتومی، کیوبیت نامیده می شوند. یک کیوبیت از اسپین ساخته شده که حالت آن اسپین^۲، برهم نهی صفر و یک با احتمال مساوی است و اگر به صورت افقی قرار گرفته باشد صفر و یا یک خواهد بود (کیانانی، بی تا). بدین صورت تعداد حالت های بیت در کامپیوترهای کوانتومی از دو حالت (در کامپیوترهای کلاسیک) به 2^n حالت در فضای کروی بین صفر و یک متغیر بوده و دیگر نیازی به استفاده از چند بیت برای تعریف یک کاراکتر خاص نیست. جهت هر بردار نشان دهنده یک کاراکتر خاص بوده و مجموعه کاراکترهای موجود در زبان اسکی به راحتی در یک کیوبیت قابل تعریف است. ایده اولیه کیوبیت نیز در اصل جهت دستیابی به روشی برای کاهش فضای لازم برای ذخیره سازی داده ها با توجه به محدود شدن امکان متراکم کردن مدارهای مجتمع کامپیوتری شکل گرفت. در شکل ۲ یک کیوبیت و مجموعه ای از کیوبیت ها جهت ذخیره سازی داده ها نشان داده شده است.

شکل ۲. یک کیوبیت و مجموعه ای از کیوبیت ها جهت ذخیره سازی داده ها



تداخل: تداخل ویژگی دیگر نظریه کوانتومی است. این ویژگی مربوط به موج بوده و در نظریه کلاسیک هم مطرح است و زمانی شکل می گیرد که قله یک موج به قله موج دیگر برسد که در آن صورت این دو قله ترکیب شده و موجی با طول موج بزرگ تر که طول موجی برابر مجموع

1. Bigbang
2. Spin

طول موج‌های هر دو موج را دارد شکل می‌گیرد. در صورتی که قله یک موج به دره یک موج دیگر برسد حالت تخریب طول موج شکل گرفته و در صورت مساوی بودن طول موج‌ها، طول موج لحظه برخورد صفر می‌شود. در نتیجه طیف وسیعی از کنش و واکنش‌ها در بین ذرات و به طبع آن نظام‌ها صورت گیرد که خود عاملی بر افزایش تعداد رویدادهای محتمل برای نظام و کاهش امکان پیش‌بینی ما نسبت به رفتار نظام است.

۶. بحث و نتیجه‌گیری

بررسی رابطه بین ویژگی‌های نظریه اطلاعات شانون و شرام و سیرنیتیک نوع اول نشان می‌دهد مباحث مطرح‌شده در هر دو حوزه همخوانی دارند. در هر دو نظریه جریان اطلاعات ساده‌سازی شده و با روندی خطی و یا با بازخورد منفی همراه است. همچنین در نظریه اطلاعات شانون اطلاعات در قالب توالی صفر و یک بوده و در سیرنیتیک نوع اول واقعیت به صورت مطلق بودن نبود در نظر گرفته شده است. هر دو نظریه به وجود واقعیت عینی قائل بوده و دیدگاه و نوع نگرش مشاهده‌گرو افراد فعال در ارتباط نادیده گرفته شده است. هر دو نظریه برای نظام‌ها حدود مرز مشخص کرده و به صورت ایزوله و مجزا با نظام‌های مرتبط دیگر و بر اساس متغیرهای محدود مطرح می‌شوند. اطلاعات در سیرنیتیک نوع اول، همچنان در ادامه‌ی سنت شانونی (احتمالات) تعریف می‌شود. بدین صورت که هر چه نظم چیزی بیشتر باشد، بدان معنی است که می‌توان آن را با اطلاعات کمتری توصیف کرد. بدین صورت نظام‌های سیرنیتیکی نوع اول شیوه کنترل ثابت و با انعطاف‌پذیری کمتری را بکار می‌برند. این نظام‌ها در سطح ابتدایی از نظام کنترل مدار باز استفاده کرده و در نظام‌های پیشرفته‌تر کنترل مدار بسته را اعمال می‌کنند. در هر حال در این نوع نظام‌ها کنترل یا بر اساس خروجی اعمال نمی‌شود و یا در صورت اعمال شدن به دلیل پویا نبودن نظام، کنترل با تأخیر صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه این نظام‌ها عموماً مصنوع دست بشرند، استفاده از نظریه اطلاعات شانون در طراحی این نظام‌ها با وجود زمینه‌سازی پیشرفت‌های زیاد در حوزه مهندسی، نظام‌های با قابلیت پایین تطبیق با محیط را شکل می‌دهد.

با توجه به اینکه نظام‌های سیرنیتیک نوع دوم شامل نظام‌های پویا است، این نظام‌ها با توجه به بررسی محیط پیرامون و دریافت اطلاعات مستمر از محیط، اقدام به انتخاب روش‌های بهینه حل مسئله کرده و به مرور خطای نظام و تأخیر اعمال کنترل را کاهش می‌دهند. نظام‌های پویا عموماً نظام‌های زیستی و اجتماعی را شامل می‌شوند و با توجه به اینکه نظام‌های کوانتومی نوع n متغیری نظام‌های پویا هستند و شباهت‌های زیادی بین این دو نوع نظام‌ها به لحاظ کارکردی وجود دارد. نظریه کوانتومی نسبی گرا است به این دلیل که تنها قادر به پیش‌بینی رویدادهای است. نظریه سیرنیتیک نوع دوم نیز بر نسبی بوده واقعیت‌ها با توجه به متفاوت بودن نگرش مشاهده‌گرهای متفاوت بر نظام تأکید دارد. نظریه کوانتوم به ما می‌گوید که کوچک‌ترین جزء عالم دارای قدرت تشخیص و انتخاب است و ما را به نظامی پویا

می‌رساند که با بررسی محیط و میزان تنوع مزاحمت در محیط با حرکت‌های مارکوی و پویا پاسخی کنترلی به متناسب با مزاحمت می‌دهد.

نظام‌های پویا از هر دو نوع کنترل مدار بسته و باز برای استفاده می‌کنند. بدین صورت که در گام اول این نظام‌ها با توجه به بازخورد نظام به بررسی روش‌های تصادفی حل مسئله پرداخته و بر اساس نتایج حاصل از اعمال کنترل خاص، به مرور روش بهینه را انتخاب می‌کند. در نهایت نظام با اعمال خودکار روش بهینه در دفعات بعد از کنترل مدار باز برای افزایش سرعت پاسخ‌دهی به محرک استفاده می‌کند.

هر دو نظریه تأکید دارند که مشاهده‌گر بر نظام تأثیر گذاشته و ساختار آن را عوض می‌کند و واقعیت بر اساس نوع مشاهده تعریف می‌شود. اصل برهم‌نهی در نظریه کوانتوم با وجود ارتباط اجزاء و تأثیر آن‌ها بر عملکرد نظام در سیرنیتیک نوع دوم هم‌راستاست.

در نهایت می‌توان گفت بررسی نظریه‌های اطلاعات می‌تواند زمینه درک بهتر نظام‌های سیرنیتیکی را فراهم کرده و با توجه به اینکه کنترل بخش مهمی از نظام‌ها و هدف علم سیرنیتیک است، و با توجه به نظریه اطلاعات کوانتومی که اطلاعات بعد جدیدی است که امکان شناسایی ویژگی‌های نظام را به ما می‌دهد، بررسی بیشتر نظریه‌های اطلاعاتی ضروری به نظر می‌رسد.



نشریه مطالعات دانش پژوهی

صفحه ۳۱

۷. منابع و مآخذ

آزاد، اسدالله؛ حسن‌زاده، محمد. (۱۳۸۲). شمه‌ای از سیرنیتیک: نظریه اطلاعات و کاربرد آن در کتابداری و اطلاع‌رسانی. *مطالعات کتابداری و سازماندهی اطلاعات*، ۱۴(۳)، ۹۲-۹۹.

اوگاتا، کاتسوهیکو (۱۳۸۲). مهندسی کنترل. مترجم. محمود دیانی، تهران: نص.

برتالنفی، لودویگ فون (۱۳۶۶). مبانی، تکامل و کاربردهای نظریه عمومی سیستم‌ها. مترجم. کیومرث پریانی، تهران: تندر.

پشوتنی زاده، میترا. (۱۳۹۰). قوانین کوانتومی در دنیا اطلاعات. *کتابداری و اطلاع‌رسانی*، ۱۴(۴)، ۱۸۹-۲۱۲.

پشوتنی زاده، میترا؛ کوکبی، مرتضی. (۱۴۰۱). تفسیر اطلاعات با استفاده از نظریه فیزیک کوانتومی (نظریه کوانتومی اطلاعات). *پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات*، ۲۹(۳)، ۵۹۳-۶۱۲.

حری، عباس (۱۳۸۷). درآمدی بر اطلاع‌شناسی: کارکردها و کاربردها. تهران: کتابدار.

خندان، محمد؛ فدایی، غلامرضا (۱۳۸۷). نگاهی به پارادایم‌های سه‌گانه‌ی مدرن در اطلاع‌شناسی. *تحقیقات اطلاع‌رسانی و کتابخانه‌های عمومی*، ۱۴(۳)، ۳-۳۰.

رضائیان، علی (۱۳۹۳). تجزیه و تحلیل و طراحی سیستم. تهران: سمت.

سرای، مانا (۱۳۹۳). پردازش اطلاعات و بازخورد آن. پیوست، ۲۱، ۸۵-۸۷.

فقیه، نظام‌الدین (۱۳۷۷). سیستم‌های کنترل. شیراز: نوید شیراز.

کیانیان، مریم؛ نظری، نسرین؛ و کاظمی فرد، هاجر (۱۳۸۹). کوانتوم بیت‌ها و کنترل کوانتومی اطلاعات. *اطلاعات علمی*، ۲۴(۶)، ۵۰-۵۴.

کریمی پور، وحید (۱۳۹۳). رایانش و اطلاعات کوانتومی [جزوه آموزشی] دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران.

گومشی نوبری، محمدعلی (۱۳۷۴). فیزیک کوانتومی: خیال یا واقعیت؟ تهران: انجمن فیزیک ایران.

لرنر، آ. (۱۳۶۶). *مبانی سابرنتیک*. ترجمه کیومرث پریانی، تهران: دانش پژوه.

نشاط، نرگس (۱۳۸۶). از شناخت تا ایده: جنبه‌های معرفتی اطلاعات و اطلاع رسانی. تهران: دما.

Ashby, W. R. (1957). An Introduction to Cybernetics. *Australasian Journal of Philosophy*, 35(2), 147-150. <https://doi.org/10.1080/00048405785200161>

attainable-utopias (2015). *Fourth Order Cybernetics*. Retrieved ۴February at: <http://attainable-utopias.org/tiki/FourthOrderCybernetics>

Mancilla, R. G. (2013). Introduction to sociocybernetics (Part 1): Third order cybernetics and a basic framework for society. *Journal of Sociocybernetics*, 9(1/2), 35-56. DOI: https://doi.org/10.26754/ojs_jos/jos.20111/2623

Novikov, D. A. (2016). "Cybernetics: From Past to Future". Switzerland: Springer.

Shannon, Claude E. and Weaver, Warren (1964). *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana



نشریه مطالعات دانش پژوهی

صفحه ۳۲

دوره ۲، شماره ۱

پیاپی ۳

۱۴۰۲