University of Tehran
Central Library
and Documentation Center

Academic Librarianship and Information Research

Online ISSN: 2783 - 4638

Homepage: https://jlib.ut.ac.ir/

Substrate Independence of Information: From Knowledge Organization to the Problem of Consciousness in Philosophy of Mind and Artificial Intelligence

Alireza Noruzi[1]✉

1. Editor-in-Chief, Department of Information Science and Knowledge Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: noruzi@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Editorial Note

Article history:
Received 15 December 2025
Available online 31 December 2025

Keywords:
substrate independence, information science, knowledge organization, metadata, digital preservation, artificial intelligence, philosophy of mind, consciousness

ABSTRACT

Objective: The concept of "substrate independence" is one of the most fundamental concepts in information science, computer science, and the philosophy of mind. It has played a decisive role in the transition from traditional librarianship to modern information science, as well as in the formation of new paradigms in artificial intelligence (AI). This concept emphasizes the distinction between "information as an abstract entity" and "the material substrate of its manifestation," defining information not as a physical object but as an "abstract pattern."

Method: This study, adopting an analytical approach, elucidates this concept at four main levels: 1. The level of information science, encompassing the separation of content from carrier, the transformation of knowledge organization systems and metadata, and the redefinition of the role of information professionals; 2. The interdisciplinary level, including publishing, music, and computation; 3. The level of artificial intelligence and philosophy of mind, including the mind-as-software thesis and mind uploading; and 4. The level of theoretical and practical challenges, including the problem of consciousness, the embodiment problem, ethical challenges, and physical limitations.

Results: The findings indicate that although substrate independence has become an efficient managerial tool in information science, its generalization to the domain of consciousness and artificial intelligence entails profound philosophical, technical, and ethical questions. This concept is not merely a theoretical principle but also a dynamic and challenging research domain within contemporary sciences.

Conclusions: The concept of substrate independence, as a foundational principle of contemporary information science, has, by separating abstract content from its physical carrier, paved the way for the transformation of modern knowledge organization systems, metadata, and digital preservation strategies. However, the generalization of this principle to the domain of consciousness and artificial intelligence raises unresolved questions regarding the nature of understanding, the role of embodiment in cognition, and individual identity in digital environments. Thus, this concept not only provides a theoretical framework for information management in multi-format environments but also opens up an interdisciplinary research field requiring collaboration among information scientists, computer scientists, neuroscientists, and philosophers to explore its epistemological, technical, and ethical dimensions.

Cite this article: Noruzi, A. (2025). Substrate independence of information: From knowledge organization to the problem of consciousness in philosophy of mind and artificial intelligence. *Academic Librarianship and Information Research*, *59*(4), 1-16. https://doi.org/10.22059/jlib.2025.107387

© The author retains the copyright.
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jlib.2025.107387

Introduction

In the age of digital transformations and the emergence of new information paradigms, the nature of information has undergone fundamental changes. Information, once understood as an entity dependent on physical objects (books, manuscripts, paper documents, etc.), has today become an abstract, fluid, and multi-substrate phenomenon. Within this theoretical framework, the principle of "substrate independence", what Luciano Floridi (2011, p. 86) terms "support-independence", has emerged as a key concept in contemporary information science. This principle asserts that information, despite its necessary reliance on a medium for storage, transmission, or processing, possesses an identity independent of that medium and can manifest in various material forms without its abstract nature being altered.

> "*Substrate independence denotes a system's ability to maintain its identity or life process without being bound to a specific material substrate. What matters is the preservation of functional patterns and relations, not the continuity of the physical medium. A system is substrate-independent when its identity can be reconstructed across different carriers.*" (Jones, 2026, p.97).

Despite the widespread acceptance of this principle in information science and its transformation into an efficient tool for managing information resources in multi-format environments, the extension of this same principle to more complex domains such as the philosophy of mind, cognitive science, and artificial intelligence (AI) faces profound theoretical, technical, and ethical challenges (Poczobut, 2024). On the one hand, in information science, substrate independence has facilitated the transformation of knowledge organization systems (e.g., FRBR and IFLA LRM models), the redefinition of digital preservation processes (through the strategy of migration), and the transformation of the role of information professionals from "custodians of resources" to "managers and brokers of information flows." On the other hand, in the domain of AI and the philosophy of mind, this same principle has provided the theoretical basis for pioneering ideas such as "Strong AI" (also called artificial general intelligence: AGI) and "mind uploading", ideas that assume consciousness and intelligence, as information processing patterns, can be reproduced on silicon substrates independently of the biological substrate of the brain. This functional dualism of a single concept raises fundamental questions: Can the principle of substrate independence, accepted as an operational principle in information resource management, be extended to the domain of human consciousness and intelligence without redefinition and additional theoretical precautions? Where is the boundary between "informational pattern" and "conscious experience"? Does the manipulation of symbols and the execution of algorithms on non-biological substrates necessarily lead to "understanding" and "inner consciousness," or is consciousness a substrate-dependent phenomenon rooted in neurobiology?

Furthermore, challenges such as John R. Searle's "Chinese Room Argument," the "embodiment problem" in cognitive science, and the questions of identity and ethics related to

mind uploading indicate that a simplistic generalization of this principle may lead to epistemological dead ends and undesirable ethical consequences.

In addition to philosophical dimensions, a technical and operational gap exists in this area. Although from a theoretical perspective, an algorithm can be executed on any material substrate, in practice, the efficiency, speed, and energy consumption of intelligent systems are highly dependent on the type of substrate. The human brain, consuming approximately 20 watts of energy, performs complex cognitive functions whose simulation on a silicon substrate requires data centers consuming megawatts of power (Thagard, 2022; Yi, 2025). This stark difference raises an important question regarding the "implementation cost" of cognitive functions, an issue less addressed in the theoretical literature on substrate independence.

Given the foregoing, the main problem of this study can be formulated as follows: How can the concept of "substrate independence" be explained systematically and critically in a way that both clarifies its function as a foundational principle of contemporary information science in managing multi-format information resources and also examines its limitations, challenges, and open questions when extended to the domain of consciousness and artificial intelligence? Answering this question requires an interdisciplinary analysis that, while drawing on the achievements of information science, examines the epistemological, technical, and ethical dimensions of this concept at the intersection of contemporary knowledge, with the participation of computer science, neuroscience, and the philosophy of mind. Therefore, the aim of this study was to provide a systematic explanation of the concept of "substrate independence" across four analytical layers and to investigate its theoretical and practical challenges at the intersection of information science, computer science, and the philosophy of mind.

First Layer: Substrate Independence in Information Science

In this domain, substrate independence is the factor that has transformed the discipline from a "physically demanding job" into a "modern science." This transformation can be analyzed along three main axes:

1. Separation of "Content" from "Carrier"

The first manifestation of this concept in information science is the distinction between "intellectual content" and "physical carrier":

- **Content (information/work):** The idea, meaning, data, or message created by the author.
- **Carrier:** The physical or digital storage medium, including paper, optical discs, cloud servers, or digital signals.

Accordingly, a book or scientific work, whether in the form of a manuscript, a PDF file, or an HTML page, is identical in terms of informational value and identity. In this field of science, information is no longer tied to its physical object. This principle has facilitated the transition from "object-centricity" to "information-centricity" and has provided the theoretical basis for managing information resources in multimedia environments.

2. Transformation of Knowledge Organization and Metadata Systems

With the independence of information from its material substrate, physical addressing, content tagging, marking, storing, and parking (Fairthorne, 1956, 1961) have given way to conceptual models:

- ***Traditional approach*:** Systems such as the Dewey Decimal Classification or the Library of Congress Classification were designed to locate a book's physical place on a shelf. In effect, the physical address was the retrieval address.
- ***Modern approach*** (models such as FRBR and IFLA LRM): Within this framework, information is managed at four conceptual levels:
    1. **Work**: The abstract idea (e.g., Ferdowsi's *Shahnameh*).
    2. **Expression**: The way the idea and work are realized (e.g., its French translation or a specific critical edition).
    3. **Manifestation**: The overall publication format (e.g., printed book, PDF file, or ePub).
    4. **Item**: The specific physical copy held in a library.

This four-level conceptual model is designed precisely for managing information that appears in different forms independently of its material substrate and enables the efficient organization of information resources in multi-format and multimedia environments (Riva, Le Boeuf & Žumer, 2018).

3. Redefining the Mission and Role of Information Professionals

The acceptance of the principle of substrate independence has led to structural transformations in the identity and function of information institutions:

- ***Digital preservation*:** Given the instability and perishability of digital carriers (e.g., floppy disks, optical discs, hard drives, etc.), professionals rely on the principle of information independence to perform a process called “migration.” In this process, information is continuously transferred from obsolescent material substrates to new ones so that the information itself survives.
- ***Transformation of the library's function*:** The library is no longer merely a repository for holding “physical information objects”; it has become a hub or portal for accessing “information flows” globally, regardless of whether that information resides on a server on the other side of the world or on a local hard disk.
- ***Changing role of the librarian and information professional*:** The role of librarians and information professionals has evolved from “custodians of resources” to “information managers and brokers.” This new role includes designing information retrieval systems, managing data, facilitating access to information resources in digital environments, and providing value-added information services.

Second Layer: Generalization of the Concept to Interdisciplinary Fields

Substrate independence demonstrates that for an "algorithm" or "concept" to exist, it does not matter on what material it is implemented; what matters is the preservation of the structure and relations between components. This principle is observable in various fields:

- **Publishing:** A literary or scientific work can be presented in printed format, as an eBook, an audiobook, or a web page without its informational identity changing. The nature of the work (story, poem, concepts, and words) remains constant, but its material substrate continually changes.
- **Music:** A Beethoven symphony can exist on a gramophone record, a magnetic cassette tape, an MP3 digital file, or through the vibration of piano strings in a concert hall. The music is not dependent on any of these objects (media); the music is the "informational pattern" of the notes, manifesting independently of the recording and performance medium.
- **Computation:** A simple mathematical operation (e.g., 2+2=4) can be performed by silicon logic gates in a computer processor, by moving beads on a wooden abacus, or even by the firing of neurons in the human brain. The media are completely different (silicon, wood, biological tissue); but the informational result and the logical content of the processing operation (i.e., 2+2=4) is identical across all these material substrates, it makes no difference whether it is calculated with silicon, an abacus, or the human brain.

In all these cases, the "informational pattern" is constant, and the "material substrate" is variable. This principle has enabled the transmission, reproduction, and access to information on a global scale, independent of physical limitations.

Third Layer: Substrate Independence in AI and Philosophy of Mind

The most exciting and controversial application of this theory lies in explaining the nature of the mind and consciousness.

1. The Mind as an Information Processing Pattern

Proponents of the principle of substrate independence maintain that the human mind is merely an exceedingly complex "information processing pattern," and that the biological brain is only one of the possible substrates for the implementation of this pattern. This view provides the theoretical foundation for ideas such as brain simulation, mind uploading, and strong AI (Hawkins, 2026). Accordingly, consciousness and intelligence are not exclusively biological phenomena; rather, they are informational properties that can also emerge on any other suitable material substrate.

2. Technical Steps for Whole Brain Simulation and Mind Uploading

The idea of "mind uploading" is based on the assumption that if the informational structure of the brain is reconstructed, consciousness can also be reproduced. To transfer a mind from a biological substrate to silicon, three technical steps are envisioned:

- ***Scanning***: Nanometer-scale scanning of approximately 86 billion neurons and trillions of connections between them, i.e., the connectome.
- ***Translation***: Converting the biological map into computer binary code; that is, precisely simulating how each neuron sends electrical signals and how it communicates with other neurons.
- ***Simulation and Execution***: Running this model on a supercomputer or a very powerful hardware platform to reproduce the personality, memories, and consciousness of the original individual (Häggström, 2020; Wissinger & Wang, 2023; Perdikakis et al., 2025).

If all goes well, this simulation would begin to "think" and would reproduce the informational identity of the individual. The European Union's scientific research project known as the "Human Brain Project" (HBP) aimed to simulate the entire human brain. Although this project was a major success in the field of digital neuroscience and served as a launchpad for a new generation of scientific discoveries about the brain and the treatment of neurological diseases, there is still a very long way to go before achieving a full simulation of a conscious human brain.

Fourth Layer: Fundamental Challenges and Theoretical Crises

Separating information from the body has created major crises in the fields of AI, philosophy of mind, and ethics.

1. The Challenge of Consciousness and the Chinese Room Argument

The greatest challenge is whether running an intelligent algorithm on a non-biological substrate leads to "understanding" and "consciousness." Critics such as John R. Searle (1980, 1992), a proponent of "Biological Naturalism" in the philosophy of mind and language, argue that a machine merely manipulates symbols and mathematical codes based on specific models, rules, and algorithms, without any grasp of "meaning" or "inner consciousness." In their view, consciousness may be an entirely biological property (dependent on the material substrate of the brain), and consciousness will not emerge simply by copying informational patterns and algorithms onto silicon. Searle imagines a scenario where a person is locked in a room and has a rulebook (a computer program) to answer questions written in Chinese. Although the person, like a computer, gives correct answers, they do not understand the meaning of those symbols at all. From this, Searle concludes that the manipulation of symbols (syntax) is not sufficient for creating understanding and consciousness (semantics).

2. The Embodiment Problem

Many cognitive scientists believe that purely informational AI reaches a dead end because "mind without body" is incomplete. They argue that much of human understanding and intelligence arises from the physical interaction of the body with the material world (sensing heat, gravity, pain, and touch). When we completely separate information from its material and physical substrate and store it on cloud servers, AI does not develop a proper understanding of

"physical reality." This is why an AI system may perform superhumanly at a game of chess but struggle to understand the simplest physical concepts of the real world.

3. Ethical and Identity Challenges of Mind Uploading

If one day the hypothesis of substrate independence is fully realized and we can extract the informational pattern of a human brain and upload it onto a supercomputer or an AI-powered robot, we will face daunting challenges (Niu, 2025). For exmaple:

- ***Copy or the individual themselves?*** If your mind is copied onto a digital substrate, is that digital copy "you"? If both exist simultaneously, which one has legal rights and ownership of your property?
- ***Death and immortality***: If the material substrate (the fleshly body) dies, but the digital substrate survives, is that person dead or alive?
- ***The problem of destruction or non-destruction***: In some high-precision scanning methods, the physical brain must be sliced layer by layer and destroyed. In that case, have you been killed and a robot resembling you been born, or have you truly been transferred to the robot?

4. Physical and Energy Limitations

One fundamental yet practically neglected issue in the philosophy of AI and computational neuroscience is the difference between the "possibility of implementation" and the "optimality of implementation" of an algorithm or cognitive function. The principle of substrate independence, prevalent in computer science and the philosophy of mind, states that a computational function can be realized on diverse physical substrates (from silicon circuits to biological or even mechanical systems) (Linssen & Koene, 2025; McLean, 2024). However, this principle provides no information about the "implementation cost" of that function.

The human brain, consuming approximately 20 watts of energy (equivalent to a low-energy light bulb), is capable of performing a range of complex cognitive functions, including hierarchical processing, multimodal learning, decision-making under uncertainty, and possibly the phenomenon of consciousness (Lennie, 2003; Attwell & Laughlin, 2001; Levy & Calvert, 2020). In contrast, training and running large AI models on silicon substrates requires gigantic data centers that consume megawatts of electricity and need enormous cooling systems. This stark difference demonstrates that although information is theoretically independent of matter, in practice, the type of material substrate has a profound impact on the efficiency, speed, and energy consumption of intelligent systems (Thagard, 2022).

Conclusions

The concept of substrate independence has created a bridge between information science, computer science, and the philosophy of mind. This principle has taught us that information, as an abstract entity, can manifest across various substrates without losing its identity. In information science, the principle of substrate independence has become an efficient and accepted managerial tool and has facilitated the transformation of modern knowledge

organization systems, metadata, preservation and retrieval of information, and information services. However, the generalization of this principle to domains such as consciousness and AI entails profound philosophical, technical, and ethical challenges. Questions about the nature of understanding, the role of embodiment in intelligence, individual identity in the digital age, and the boundary between human and machine remain unanswered. The current scientific state of the art indicates that although we have succeeded in mapping simple nervous systems, the complete simulation of a conscious human brain remains on the frontier between a dream and immense technical challenges. Consequently, the concept of substrate independence is not merely a theoretical principle but also a dynamic and challenging research domain in contemporary sciences, requiring interdisciplinary collaboration among computer scientists, neuroscientists, philosophers, and information scientists to elucidate its various dimensions.

Funding

This study did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

CRediT authorship contribution statement

The author has read and agreed to the published version of the manuscript.

Ethical considerations

The author avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

Data availability statement

Not applicable.

تحقیقات کتابداری و اطلاع رسانی دانشگاهی
شاپا الکترونیکی: ۴۶۳۸-۲۷۸۳
Homepage: https://jlib.ut.ac.ir/

استقلال از بستر مادی اطلاعات: از سازماندهی دانش تا مسئله آگاهی در فلسفه ذهن و هوش مصنوعی

علیرضا نوروزی[۱]✉

۱. سردبیر، گروه علم اطلاعات و مدیریت دانش، دانشکدگان مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: noruzi@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
سخن سردبیر

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۰/۱۰

کلیدواژه‌ها:
استقلال از بستر مادی،
علم اطلاعات،
سازماندهی دانش،
فراداده،
حفاظت دیجیتال،
هوش مصنوعی،
فلسفه ذهن،
آگاهی

چکیده

هدف: مفهوم «استقلال از بستر مادی» یکی از بنیادی‌ترین مفاهیم در علم اطلاعات، علوم رایانه و فلسفه ذهن است که نقش تعیین‌کننده‌ای در گذار کتابداری سنتی به علم اطلاعات مدرن و نیز در شکل‌گیری پارادایم‌های نوین هوش مصنوعی ایفا کرده است. این مفهوم بر تمایز میان «اطلاعات به عنوان موجودیتی انتزاعی» و «بستر مادی تجلی آن» تأکید دارد و اطلاعات را نه یک شیء فیزیکی، بلکه یک «الگوی انتزاعی» تعریف می‌کند.

روش پژوهش: مطالعه حاضر با رویکردی تحلیلی، مفهوم «استقلال از بستر مادی» را در چهار سطح اصلی تبیین می‌کند: ۱. سطح علم اطلاعات شامل تفکیک محتوا از حامل، تحول در نظام‌های سازماندهی دانش و فراداده، و بازتعریف نقش متخصصان اطلاعات؛ ۲. سطح میان‌رشته‌ای شامل نشر، موسیقی و محاسبات؛ ۳. سطح هوش مصنوعی و فلسفه ذهن شامل ذهن به‌مثابه نرم‌افزار و بارگذاری ذهن؛ و ۴. سطح چالش‌های نظری و عملی شامل مسئله آگاهی، بحران تجسم، چالش‌های اخلاقی و محدودیت‌های فیزیکی.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان می‌دهد که اگرچه استقلال از بستر مادی در علم اطلاعات به یک ابزار مدیریتی کارآمد تبدیل شده است، اما تعمیم آن به حوزه آگاهی و هوش مصنوعی با پرسش‌های عمیق فلسفی، فنی و اخلاقی همراه است. این مفهوم نه تنها یک اصل نظری، بلکه یک حوزه پژوهشی پویا و چالش‌برانگیز در علوم معاصر محسوب می‌شود.

نتیجه‌گیری: مفهوم استقلال از بستر مادی به عنوان اصل بنیادین علم اطلاعات معاصر، با تفکیک محتوای انتزاعی از حامل فیزیکی، زمینه‌ساز تحول نظام‌های نوین سازماندهی دانش، فراداده‌ها، و راهبردهای حفاظت دیجیتالی شده است. با این حال، تعمیم این اصل به حوزه آگاهی و هوش مصنوعی، پرسش‌های حل‌نشده‌ای درباره ماهیت فهم، نقش تجسم در شناخت، و هویت فردی در محیط‌های دیجیتال مطرح می‌سازد. از این‌رو، این مفهوم نه تنها چارچوبی نظری برای مدیریت اطلاعات در محیط‌های چندقالبی فراهم می‌آورد، بلکه حوزه پژوهشی میان‌رشته‌ای را می‌گشاید که نیازمند همکاری متخصصان علم اطلاعات، علوم رایانه، علوم اعصاب و فلسفه برای واکاوی ابعاد معرفت‌شناختی، فنی و اخلاقی آن است.

استناد: نوروزی، علیرضا (۱۴۰۴). استقلال از بستر مادی اطلاعات: از سازماندهی دانش تا مسئله آگاهی در فلسفه ذهن و هوش مصنوعی. *تحقیقات کتابداری و اطلاع‌رسانی دانشگاهی*، ۵۹ (۴)، ۱۶-۱. https://doi.org/10.22059/jlib.2025.107387

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسنده

مقدمه

در عصر تحولات دیجیتال و ظهور پارادایم‌های نوین اطلاعاتی، ماهیت اطلاعات دستخوش دگرگونی‌های بنیادین شده است. اطلاعات که روزگاری به عنوان موجودیتی وابسته به اشیای فیزیکی (کتاب، نسخهٔ خطی، سند کاغذی، و...) درک می‌شد، امروزه به پدیده‌ای انتزاعی، سیال و چندبستری تبدیل شده است. در این چارچوب نظری، اصل «استقلال از بستر مادی[۱]» یا آنچه که لوچیانو فلوریدی[۲] آن را «استقلال از حامل فیزیکی[۳]» می‌نامد (Floridi, 2011, p.86)، به عنوان یکی از مفاهیم کلیدی علم اطلاعات و دانش‌شناسی (کتابداری) معاصر مطرح می‌شود؛ اصلی که بیان می‌دارد اطلاعات، علی‌رغم نیاز ضروری به یک رسانه برای ذخیره، انتقال یا پردازش، هویتی مستقل از آن رسانه دارد و می‌تواند در قالب‌های متنوع مادی تجلی یابد، بدون آنکه ماهیت انتزاعی آن دچار تغییر شود.

> *«استقلال از بستر مادی به توانایی یک سیستم در حفظ هویت یا فرایند حیات خود بدون وابستگی به یک بستر مادی خاص اشاره دارد. آنچه مهم است حفظ الگوها و روابط عملکردی است، نه تداوم محیط فیزیکی. یک سیستم زمانی مستقل از بستر مادی است که هویت آن بتواند در حامل‌های مختلف بازسازی شود»* (Jones, 2026, p.97).

با وجود پذیرش گستردهٔ این اصل در علم اطلاعات و دانش‌شناسی و تبدیل آن به ابزاری کارآمد برای مدیریت منابع اطلاعاتی در محیط‌های چندقالبی، تعمیم همین اصل به حوزه‌های پیچیده‌تری چون فلسفهٔ ذهن، علوم شناختی و هوش مصنوعی، با چالش‌های نظری، فنی و اخلاقی عمیقی مواجه است (Poczobut, 2024). از یک سو، در حوزهٔ علم اطلاعات، استقلال از بستر مادی زمینه‌ساز تحول نظام‌های سازماندهی دانش (مانند مدل‌های FRBR و IFLA LRM)، بازتعریف فرایندهای حفاظت دیجیتال (از طریق راهبرد کوچ‌دادن[۴]) یا جابه‌جایی، و دگرگونی نقش متخصصان اطلاعات از «نگهدارندهٔ منابع» به «مدیر و میانجی جریان‌های اطلاعاتی» شده است. از سوی دیگر، در حوزهٔ هوش مصنوعی و فلسفهٔ ذهن، همین اصل مبنای نظری ایده‌های پیشرویی چون «هوش مصنوعی قوی[۵]» که «هوش عمومی مصنوعی[۶]» نیز نامیده می‌شود، و «بارگذاری ذهن[۷]» قرار گرفته است؛ ایده‌هایی که فرض می‌کنند آگاهی[۸] و هوش، به‌مثابه الگوهای پردازش اطلاعات، می‌توانند مستقل از بستر بیولوژیک مغز، روی بسترهای سیلیکونی بازتولید شوند. این دوگانه‌سازی کارکردیِ یک مفهوم واحد، پرسش‌های بنیادینی را پدید می‌آورد: آیا اصل استقلال از بستر مادی، که در مدیریت منابع اطلاعاتی به عنوان یک اصل عملیاتی پذیرفته شده است، می‌تواند بدون بازتعریف و تمهیدات نظری اضافی، به حوزهٔ آگاهی و هوش انسان نیز تعمیم یابد؟ مرز میان «الگوی اطلاعاتی» و «تجربهٔ آگاهانه» کجاست؟ آیا دستکاری نمادها و اجرای الگوریتم‌ها بر بسترهای غیرزیستی، لزوماً به «فهم» و «آگاهی درونی» منجر می‌شود، یا اینکه آگاهی پدیده‌ای «وابسته به بستر[۹]» و ریشه‌دار در زیست‌شناسی عصبی است؟ افزون بر این، چالش‌هایی چون «مسئلهٔ اتاق چینی[۱۰]» جان راجرز سرل[۱۱] (۱۹۸۰)، «بحران تجسم[۱۲]» در علوم شناختی، و پرسش‌های هویتی و اخلاقی مرتبط با بارگذاری ذهن، نشان می‌دهند که تعمیم ساده‌انگارانه این اصل می‌تواند به بن‌بست‌های معرفت‌شناختی و پیامدهای اخلاقی نامطلوب بینجامد.

---

1. substrate independence
2. Luciano Floridi
3. support-independence
4. migration
5. Strong AI
6. artificial general intelligence (AGI)
7. mind uploading
8. consciousness
9. substrate-dependent
10. The Chinese Room
11. John Rogers Searle
12. embodiment problem

علاوه بر ابعاد فلسفی، یک شکاف فنی و عملیاتی نیز در این زمینه وجود دارد. اگرچه از دیدگاه نظری یک الگوریتم می‌تواند روی هر بستر مادی اجرا شود؛ اما در عمل، کارایی، سرعت و مصرف انرژی سیستم‌های هوشمند به شدت به نوع بستر وابسته است. مغز انسان با مصرف حدود ۲۰ وات انرژی، کارکردهای شناختی پیچیده‌ای را انجام می‌دهد که شبیه‌سازی آنها روی بستر سیلیکونی، به مراکز داده‌ای با مصرف مگاواتی نیاز دارد (Thagard, 2022; Yi, 2025). این تفاوت فاحش، پرسش مهمی را دربارهٔ «*هزینهٔ تحقق*[1]» کارکردهای شناختی مطرح می‌سازد که در ادبیات نظری استقلال از بستر مادی، کمتر به آن پرداخته شده است.

با توجه به موارد پیش‌گفته، مسئلهٔ اصلی این مطالعه را می‌توان بدین‌گونه صورت‌بندی کرد: چگونه می‌توان مفهوم «استقلال از بستر مادی» را به گونه‌ای نظام‌مند و انتقادی تبیین کرد که هم کارکرد آن را به عنوان اصل بنیادین علم اطلاعات معاصر در مدیریت منابع اطلاعاتی چندقالبی روشن سازد، و هم محدودیت‌ها، چالش‌ها و پرسش‌های باز آن را در تعمیم به حوزهٔ آگاهی و هوش مصنوعی مورد واکاوی قرار دهد؟ پاسخ به این پرسش مستلزم تحلیلی میان‌رشته‌ای است که ضمن بهره‌گیری از دستاوردهای علم اطلاعات و دانش‌شناسی، با مشارکت علوم رایانه، علوم اعصاب و فلسفهٔ ذهن، ابعاد معرفت‌شناختی، فنی و اخلاقی این مفهوم را در تقاطع دانش معاصر بررسی کند. بنابراین، هدف این مطالعه، تبیین نظام‌مند مفهوم «استقلال از بستر مادی» در چهار لایهٔ تحلیلی و بررسی چالش‌های نظری و عملی آن در تقاطع علم اطلاعات، علوم رایانه و فلسفهٔ ذهن است.

لایهٔ اول: استقلال از بستر مادی در علم اطلاعات و دانش‌شناسی

در این حوزه، استقلال از بستر مادی، عاملی است که این رشته را از یک «شغل فیزیک‌محور[2]» به یک «علم مدرن» تبدیل کرده است. این تحول در سه محور اصلی قابل تحلیل است:

۱. تفکیک «محتوا از «حامل»

نخستین تجلی این مفهوم در علم اطلاعات، تمایز میان «محتوای فکری» و «حامل فیزیکی» است:

– محتوا/اثر/اطلاعات[3]: ایده، معنا، داده یا پیامی که پدیدآورنده خلق کرده است.

– حامل[4]: رسانهٔ فیزیکی یا دیجیتال ذخیره‌سازی، اعم از کاغذ، لوح فشردهٔ نوری، سرورهای ابری[5] یا سیگنال‌های دیجیتالی[6].

بر این اساس، یک کتاب یا اثر علمی چه در قالب نسخهٔ خطی، چه فایل PDF یا صفحهٔ HTML، از نظر ارزش اطلاعاتی و هویت، یکسان است. اطلاعات در این علم، دیگر به جسم فیزیکی‌اش گره نخورده است. این اصل، گذار از «شیءمحوری» به «اطلاعات‌محوری» را رقم زده و مبنای نظری مدیریت منابع اطلاعاتی در محیط‌های چندرسانه‌ای را فراهم ساخته است.

۲. تحول در سازماندهی دانش و نظام‌های فراداده‌ای

با استقلال اطلاعات از بستر مادی، آدرس‌دهی فیزیکی، برچسب‌گذاری محتوا و پارک کردن آن[7] (Fairthorne, 1956,) جای خود را به مدل‌های مفهومی داد:

– رویکرد سنتی: نظام‌هایی مانند رده‌بندی دیویی یا رده‌بندی کتابخانه کنگره برای یافتن جایگاه فیزیکی کتاب روی قفسه طراحی شده بودند. در واقع، آدرس فیزیکی همان آدرس بازیابی بود.

---

1. implementation cost
2. physically demanding job
3. Content, work, information
4. carrier
5. cloud servers
6. digital signals
7. physical addressing, content tagging, marking, storing and parking

– رویکرد مدرن (مدل‌هایی مانند: FRBR و IFLA LRM): در این چارچوب، اطلاعات در چهار سطح مفهومی مدیریت می‌شود:

۱. **اثر**[۱]: ایدهٔ انتزاعی (مانند: شاهنامه فردوسی).

۲. **بیان**[۲]: نحوهٔ نمود ایده و اثر (مانند: ترجمه فرانسوی آن یا تصحیح خاصی از آن).

۳. **قالب/نمود**[۳]: قالب انتشار کلی (برای مثال، کتاب چاپی، نسخهٔ PDF یا ePub).

۴. **مدرک/مورد**[۴]: نسخهٔ فیزیکی خاص موجود در یک کتابخانه.

این مدل مفهومی چهارسطحی[۵] دقیقاً برای مدیریت اطلاعاتی طراحی شده که مستقل از بستر مادی خود در اشکال مختلف ظاهر می‌شود و امکان سازماندهی کارآمد منابع اطلاعاتی در محیط‌های چندقالبی و چندرسانه‌ای را فراهم می‌سازد (Riva, Le Boeuf & Žumer, 2018).

۳. بازتعریف رسالت و نقش متخصصان اطلاعات

پذیرش اصل استقلال از بستر مادی منجر به تحولات ساختاری در هویت و کارکرد نهادهای اطلاعاتی شده است:

– ***حفاظت دیجیتالی***[۶]: با توجه به ناپایداری و زوال‌پذیری حامل‌های دیجیتال (مانند فلاپی‌دیسک، لوح فشردهٔ نوری، و دیسک سخت، و...)، متخصصان با تکیه بر اصل استقلال اطلاعات، فرایندی به نام «کوچ دادن» و جابه‌جایی را انجام می‌دهند. در این فرایند، اطلاعات به طور مستمر از بسترهای مادی در حال منسوخ‌شدن به بسترهای جدید منتقل می‌شوند تا خود اطلاعات زنده بماند.

– ***تحول کارکرد کتابخانه***: کتابخانه دیگر صرفاً مخزنی برای نگهداری «اشیای اطلاعاتی فیزیکی» نیست؛ بلکه به یک هاب[۷] یا درگاهی[۸] برای دسترسی به «جریان‌های اطلاعاتی» در سطح جهانی تبدیل شده است، فارغ از اینکه این اطلاعات روی سروری در آن سوی جهان باشد یا روی دیسک سخت محلی[۹].

– ***تغییر نقش کتابدار و متخصص اطلاعات***: نقش کتابداران و متخصصان اطلاعات از «نگهدارندهٔ منابع» به «مدیر و میانجی اطلاعات[۱۰]» تحول یافته است. این نقش جدید شامل طراحی نظام‌های بازیابی اطلاعاتی، مدیریت داده‌ها، تسهیل دسترسی به منابع اطلاعاتی در محیط‌های دیجیتالی و ارائه خدمات ارزش‌افزودهٔ اطلاعاتی است.

لایهٔ دوم: تعمیم مفهوم به حوزه‌های میان‌رشته‌ای

استقلال از بستر مادی نشان می‌دهد که برای وجود داشتن یک «الگوریتم» یا «مفهوم»، فرقی نمی‌کند که روی چه ماده‌ای پیاده‌سازی شود؛ مهم حفظ ساختار و روابط بین اجزاء است. این اصل در حوزه‌های مختلف قابل مشاهده است:

– در نشر: یک اثر ادبی یا علمی می‌تواند در قالب چاپی، کتاب الکترونیکی (eBook)، کتاب صوتی یا صفحهٔ وب ارائه شود، بدون آنکه هویت اطلاعاتی آن تغییر کند. ماهیت اثر (داستان، شعر، مفاهیم و کلمات) ثابت مانده، اما بستر مادی آن مدام تغییر می‌کند.

---

1. work
2. expression
3. manifestation
4. item
5. four-level conceptual model
6. digital preservation
7. hub
8. portal
9. local hard disk
10. information broker

– در موسیقی: یک سمفونی از بتهوون می‌تواند روی صفحه گرامافون[۱]، نوار مغناطیسی کاست، یک فایل دیجیتال MP3 یا با ارتعاش سیم‌های پیانو در یک سالن وجود داشته باشد. موسیقی وابسته به هیچ‌کدام از این اجسام (رسانه‌ها) نیست؛ موسیقی همان «الگوی اطلاعاتی» نُت‌هاست که مستقل از رسانهٔ ضبط و اجراء تجلی می‌یابد.

– در محاسبات: یک عملیات ریاضی ساده (مانند ۴=۲+۲) می‌تواند توسط گیت‌های منطقی سیلیکونی در پردازندهٔ رایانه، توسط جابه‌جایی مهره‌های چرتکه چوبی، یا حتی توسط شلیک نورون‌ها[۲] در مغز انسان انجام شود. رسانه‌ها کاملاً متفاوت هستند (سیلیکون، چوب، بافت بیولوژیک)؛ اما نتیجهٔ اطلاعاتی و محتوای منطقی عملیات پردازش (مثلاً اینکه ۲ به علاوهٔ ۲ برابر ۴ می‌شود) در همهٔ این بسترهای مادی کاملاً یکسان است، فرقی نمی‌کند با سیلیکون، چرتکه یا مغز انسان محاسبه شود.

در تمامی این موارد، «الگوی اطلاعاتی» ثابت و «بستر مادی» متغیر است. این اصل، امکان انتقال، تکثیر و دسترسی به اطلاعات را در مقیاس جهانی و بدون وابستگی به محدودیت‌های فیزیکی فراهم ساخته است.

لایهٔ سوم: استقلال از بستر مادی در هوش مصنوعی و فلسفهٔ ذهن

هیجان‌انگیزترین و بحث‌برانگیزترین کاربرد این نظریه در تبیین ماهیت «ذهن» و «آگاهی» است.

۱. ذهن به‌مثابه الگوی پردازش اطلاعات

باورمندان به اصل استقلال از بستر مادی معتقدند ذهن انسان صرفاً یک «الگوی پردازش اطلاعات» بسیار پیچیده است و مغز بیولوژیک تنها یکی از بسترهای ممکن برای اجرای این الگو است. این دیدگاه مبنای نظری ایده‌هایی مانند «شبیه‌سازی مغز»، «بارگذاری ذهن[۳]» و «هوش مصنوعی قوی» را شکل می‌دهد (Hawkins, 2026). بر این اساس، آگاهی و هوش پدیده‌هایی صرفاً بیولوژیک نیستند؛ بلکه ویژگی‌های اطلاعاتی هستند که می‌توانند روی هر بستر مادی مناسب دیگری هم پدیدار شوند.

۲. مراحل فنی شبیه‌سازی کل مغز و بارگذاری ذهن

ایدهٔ «بارگذاری ذهن» بر این فرض استوار است که اگر ساختار اطلاعاتی مغز بازسازی شود، آگاهی نیز قابل بازتولید است. برای انتقال ذهن از بستر بیولوژیک به سیلیکون، سه مرحلهٔ فنی پیش‌بینی شده است:

۱. اسکن و نقشه‌برداری[۴]: نقشه‌برداری نانومتری[۵] از حدود ۸۶ میلیارد نورون و تریلیون‌ها اتصال بین آنها یا کانکتوم[۶].

۲. ترجمه[۷] به کد دیجیتال: تبدیل نقشهٔ بیولوژیک به کدهای صفر و یک رایانه‌ای؛ یعنی شبیه‌سازی دقیق اینکه هر نورون چطور سیگنال الکتریکی می‌فرستد و چگونه با دیگر نورون‌ها ارتباط برقرار می‌کند.

۳. شبیه‌سازی[۸] و اجراء: اجرای این مدل روی یک ابررایانه یا بستر سخت‌افزاری بسیار قدرتمند برای بازتولید شخصیت، خاطرات و آگاهی فرد اصلی (Häggström, 2020; Wissinger & Wang, 2023; Perdikakis et al., 2025).

اگر همه‌چیز درست پیش برود، این شبیه‌سازی شروع به «فکر کردن» می‌کند و هویت اطلاعاتی فرد را بازتولید خواهد کرد. پروژهٔ تحقیقاتی علمی اتحادیهٔ اروپا[۹] موسوم به «*پروژه مغز انسان*[۱۰]» در تلاش بود تا کل مغز انسان را شبیه‌سازی کند. اگرچه این پروژه یک موفقیت بزرگ در زمینهٔ علوم اعصاب دیجیتالی بود و به عنوان سکوی پرتابی برای نسل جدیدی از اکتشافات علمی در

---

[1]. gramophone record
[2]. neurons firing
[3]. mind uploading
[4]. scanning
[5]. nanometer-scale scanning
[6]. connectome
[7]. translation
[8]. simulation
[9]. EU scientific research project
[10]. The Human Brain Project: https://www.humanbrainproject.eu

مورد مغز و درمان بیماری‌های عصبی مورد استفاده قرار گرفت؛ اما تا شبیه‌سازی کامل یک مغز هوشیار انسانی راه بسیار درازی در پیش است.

لایهٔ چهارم: چالش‌های بنیادین و بحران‌های نظری

جدا کردن اطلاعات از جسم، بحران‌های بزرگی را در حوزهٔ هوش مصنوعی، فلسفهٔ ذهن و اخلاق ایجاد کرده است.

۱. چالش آگاهی و مسئلهٔ اتاق چینی

بزرگ‌ترین چالش این است که آیا اجرای یک الگوریتم هوشمند روی یک بستر غیرزیستی، منجر به «فهم» و «آگاهی» هم می‌شود؟ منتقدانی مانند جان راجرز سرل طرفدار نظریهٔ «طبیعت‌گرایی زیستی[1]» در حوزهٔ فلسفهٔ ذهن و زبان، استدلال می‌کنند که ماشین صرفاً در حال دستکاری نمادها و کدهای ریاضی بر اساس مدل‌ها، قواعد و الگوریتم‌های مشخص است، بدون آنکه درکی از «معنا» یا «آگاهی درونی» داشته باشد. از نظر آنها، آگاهی ممکن است یک ویژگی کاملاً بیولوژیک (وابسته به بستر مادی مغز) باشد و صرفاً با کپی کردن الگوهای اطلاعاتی و الگوریتم‌ها روی سیلیکون، آگاهی پدیدار نمی‌شود.

سرل سناریویی را تصور می‌کند که شخصی در اتاقی حبس شده و دفترچه‌ای از قوانین (برنامهٔ رایانه‌ای) در اختیار دارد تا به سؤالات نوشته‌شده به زبان چینی پاسخ دهد. اگرچه شخص مانند یک رایانه پاسخ‌های درستی می‌دهد؛ اما ذره‌ای از معنای آن نمادها را نمی‌فهمد. سرل از این نتیجه می‌گیرد که دستکاری نمادها[2] برای ایجاد فهم و آگاهی[3] کافی نیست (Searle, 1980, 1992).

۲. بحران تجسم[4] و درک فیزیکی

بسیاری از دانشمندان علوم شناختی معتقدند که هوش مصنوعیِ صرفاً اطلاعاتی، به بن‌بست می‌رسد؛ زیرا «هوش بدون بدن» ناقص است. آنها استدلال می‌کنند که بخش زیادی از درک و هوش انسان، ناشی از تعامل فیزیکی بدن با جهان مادی است (حس کردن گرما، جاذبه، درد و لمس اشیاء). وقتی ما اطلاعات را کاملاً از بستر مادی و فیزیکی جدا می‌کنیم و آن را در سرورهای ابری قرار می‌دهیم، هوش مصنوعی درک درستی از «واقعیت فیزیکی» پیدا نمی‌کند. به همین دلیل است که یک سیستم هوش مصنوعی ممکن است در بازی شطرنج فرابشری عمل کند؛ اما درک ساده‌ترین مفاهیم فیزیکی دنیای واقعی برایش سخت باشد.

۳. چالش‌های اخلاقی و هویتی بارگذاری ذهن

اگر روزی فرضیهٔ استقلال از بستر مادی کاملاً محقق شود و ما بتوانیم الگوی اطلاعاتی مغز یک انسان را استخراج کرده و روی یک اَبَررایانه[5] یا ربات مجهز به هوش مصنوعی بارگذاری کنیم، با چالش‌های هولناکی مواجه می‌شویم (Niu, 2025)، به عنوان مثال:

- کپی یا خودِ فرد؟ اگر ذهن شما روی یک بستر دیجیتال کپی شود، آیا آن کپی دیجیتال «شما» هستید؟ اگر هر دو هم‌زمان وجود داشته باشید، کدام‌یک حقوق قانونی و مالکیت اموال شما را دارد؟
- مرگ و جاودانگی: اگر بستر مادی (بدن گوشتی[6]) بمیرد؛ اما بستر دیجیتال زنده بماند، آیا آن شخص مرده است یا زنده؟

---

1. biological naturalism
2. syntax
3. semantics
4. embodiment problem
5. supercomputer
6. fleshly body

– مسئلهٔ تخریب یا عدم تخریب: در برخی روش‌های اسکن دقیق، مغز فیزیکی باید لایه لایه برش داده و نابود شود. در این صورت، آیا شما کشته شده‌اید و یک ربات شبیه به شما متولد شده، یا شما واقعاً به ربات منتقل شده‌اید؟

۴. محدودیت‌های فیزیکی و انرژی

یکی از مسائل بنیادین اما عملاً مغفول‌مانده در فلسفهٔ هوش مصنوعی و علوم اعصاب محاسباتی، تفاوت میان «امکان تحقق» و «بهینگی تحقق» یک الگوریتم یا کارکرد شناختی است. اصل استقلال بستر مادی که در علوم رایانه و فلسفهٔ ذهن رواج دارد، بیان می‌دارد که یک کارکرد محاسباتی می‌تواند بر روی بسترهای فیزیکی متنوعی (از مدارهای سیلیکونی گرفته تا سیستم‌های بیولوژیک یا حتی مکانیکی) تحقق یابد (Linssen & Koene, 2025; McLean, 2024). با این حال، این اصل هیچ اطلاعی از «هزینهٔ تحقق[1]» آن کارکرد ارائه نمی‌دهد.

مغز انسان با مصرف حدود ۲۰ وات انرژی (معادل یک لامپ کم‌مصرف) قادر است طیفی از کارکردهای شناختی پیچیده (شامل پردازش سلسله‌مراتبی، یادگیری چندوجهی، تصمیم‌گیری در شرایط عدم‌قطعیت، و احتمالاً پدیدارِ آگاهی) را به انجام برساند (Attwell & Laughlin, 2001; Lennie, 2003; Levy & Calvert, 2020). در مقابل، برای آموزش و اجرای مدل‌های بزرگ هوش مصنوعی روی بستر سیلیکونی، به مراکز داده[2] غول‌پیکری نیاز است که مگاوات‌ها برق مصرف می‌کنند و نیاز به سیستم‌های خنک‌کنندهٔ عظیم دارند. این تفاوت فاحش نشان می‌دهد که هرچند اطلاعات روی کاغذ مستقل از ماده است؛ اما در عمل، نوع بستر مادی تأثیر شگرفی روی کارایی، سرعت و مصرف انرژی سیستم‌های هوشمند دارد (Thagard, 2022).

نتیجه‌گیری

مفهوم استقلال از بستر مادی، پلی میان علم اطلاعات، علوم رایانه و فلسفهٔ ذهن ایجاد کرده است. این اصل به ما آموخته است که اطلاعات، به عنوان یک موجودیت انتزاعی، می‌تواند در بسترهای گوناگون تجلی یابد، بدون آنکه هویت خود را از دست بدهد.

در علم اطلاعات، اصل استقلال از بستر مادی به یک ابزار مدیریتی کارآمد و و پذیرفته‌شده تبدیل شده و زمینه‌ساز تحول نظام‌های نوین سازماندهی دانش، فراداده‌ها، حفاظت و بازیابی اطلاعات، و خدمات اطلاعاتی شده است. با این حال، تعمیم این اصل به حوزه‌هایی مانند «آگاهی» و «هوش مصنوعی»، با چالش‌های عمیق فلسفی، فنی و اخلاقی همراه است. پرسش‌هایی دربارهٔ ماهیت فهم، نقش تجسم در هوش، هویت فردی در عصر دیجیتال و مرز میان انسان و ماشین، همچنان بی‌پاسخ مانده‌اند.

وضعیت علمی کنونی نشان می‌دهد که اگرچه ما در نقشه‌برداری از سیستم‌های عصبی ساده موفق بوده‌ایم؛ اما شبیه‌سازی کامل یک مغز هوشیار انسانی، همچنان در مرز میان رؤیا و چالش‌های فنی عظیم باقی مانده است. در نتیجه، مفهوم استقلال از بستر مادی نه تنها یک اصل نظری، بلکه یک حوزهٔ پژوهشی پویا و چالش‌برانگیز در علوم معاصر محسوب می‌شود که نیازمند همکاری میان‌رشته‌ای متخصصان علوم رایانه، علوم اعصاب، فلسفه و علم اطلاعات، برای تبیین ابعاد مختلف آن است.

---

[1]. implementation cost
[2]. data centers

References

Attwell, D., & Laughlin, S. B. (2001). An energy budget for signaling in the grey matter of the brain. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, *21*(10), 1133-1145. http://doi.org/10.1097/00004647-200110000-00001

European Union (EU). (2026). *The Human Brain Project* (HBP). European Future and Emerging Technologies (FET) Flagship project. 2013-2023. https://www.humanbrainproject.eu/

Fairthorne, R. A. (1956). The patterns of retrieval. *American Documentation*, *7*(2), 65-70. https://doi.org/10.1002/asi.5090070202

Fairthorne, R. A. (1961). *Towards information retrieval*. London: Butterworths.

Floridi, L. (2011). *The philosophy of information*. Oxford University Press.

Häggström, O. (2021). Aspects of Mind Uploading. In: Hofkirchner, W., Kreowski, HJ. (eds.), *Transhumanism: The Proper Guide to a Posthuman Condition or a Dangerous Idea?*. *Cognitive Technologies*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56546-6_1

Hawkins, J. (2026). Brain–computer interfaces and the code-switching of consciousness. AI & Society, *Journal of Knowledge, Culture and Communication*, 1-11. https://doi.org/10.1007/s00146-026-03074-x

Jones, J. A. (2026). *Theory of hybrid postbiological continuity: Life as a principally substrate-independent emergent process*. Technical Research Paper. Version 1.5. https://philarchive.org/archive/JONTOH

Lennie, P. (2003). The cost of cortical computation. *Current Biology*, *13*(6), 493-497. https://doi.org/10.1016/S0960-9822(03)00135-0

Levy, W. B., & Calvert, V. G. (2020). *Computation in the human cerebral cortex uses less than 0.2 watts yet this great expense is optimal when considering communication costs*. BioRxiv, Posted April 25, 2020. https://doi.org/10.1101/2020.04.23.057927

Linssen, C., & Koene, R. (2025). Functional tests guide complex “fidelity” tradeoffs in whole-brain emulation. *Journal of Ethics and Emerging Technologies*, *35*(1), 1-14. https://doi.org/10.55613/jeet.v35i1.152

McLean, E. (2024). Two flavors of computational functionalism. *Computational functionalism on trial*. 25th Nov. https://www.lesswrong.com/posts/mRAziLCioJgMDXqhK#DbnagqGdDW9uwSWXm

Niu, Y. (2025). The Reality and Illusion of Digital Immortality: The Ethical Dilemma of Mind Uploading in Greg Egan's Science Fiction. *Foreign Languages and Cultures*, *10*(3), 52-61. http://doi.org/10.19967/j.cnki.flc.2025.03.005

Perdikakis, M., Nikolakakis, I., Papadopoulos, A., Diaconu, C. C., & Karamanou, M. (2025). Mind uploading: current approaches and philosophical inconsistencies. *Archives of the Balkan Medical Union*. https://doi.org/10.31688/ABMU.2025.60.3.10

Poczobut, R. (2024). Is Consciousness Substrate Independent? *Roczniki Filozoficzne*, *72*(2), 329-348. https://doi.org/10.18290/rf24722.16

Riva, P., Le Boeuf, P., & Žumer, M. (2018). *IFLA library reference model: A conceptual model for bibliographic information*. International Federation of Library Associations and Institutions. https://www.ifla.org/wp-content/uploads/2019/05/assets/cataloguing/frbr-lrm/ifla-lrm-august-2017_rev201712.pdf

Sandberg, A., & Bostrom, N. (2008). *Whole brain emulation: A roadmap*. Future of Humanity Institute, Oxford University.

Searle, J. R. (1980). Minds, brains, and programs. *Behavioral and Brain Sciences*, *3*(3), 417-424. https://doi.org/10.1017/S0140525X00005756

Searle, J. R. (1992). *The rediscovery of the mind*. MIT Press: Cambridge.

Thagard, P. (2022). Energy requirements undermine substrate independence and mind-body functionalism. *Philosophy of Science*, *89*(1), 70-88. https://doi.org/10.1017/psa.2021.15

Yi, S. (2025). Artificial intelligence that uses less energy by mimicking the human brain. *EurekAlert*, 25 March 2025. American Association for the Advancement of Science (AAAS). https://www.eurekalert.org/news-releases/1078217

Wissinger, J., & Wang, E. B. (2023). Mind uploading in artificial intelligence. In *Philosophy of Artificial Intelligence and Its Place in Society* (pp. 271-282). IGI Global Scientific Publishing. https://doi.org/10.4018/978-1-6684-9591-9.ch012