

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СЕМИОЗИСА

А. В. Иващенко

Самарский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара, Россия
e-mail: anton.ivashenko@gmail.com

Н. В. Чертыковцева

Самарский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара, Россия
e-mail: chertykovtseva@mail.ru

А. Ю. Нестеров

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, Самара, Россия
e-mail: phil@ssau.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема поиска эффективного языка для человеко-компьютерного взаимодействия в условиях внедрения виртуальной реальности и искусственного интеллекта в рамках современной семиотики. Представлен вариант постановки задачи о знаке и попытка применить для ее решения аналогию с термодинамическими сложными системами. На основе онтологической модели семиотической спирали познания и деятельности предложено векторное представление цикла семиозиса в ортогональном пространстве координат семантического, синтаксического и прагматического измерения. Движение по спирали познания и деятельности образует эпистемологические оппозиции понимания и выражения, которые кодифицируются в знании рецептивного и проективного характера. Понимание описывает переход от знака к его значению, то есть решение задачи декодирования, а выражение – переход от значения к обозначающему его знаку, то есть решение задачи кодирования. На основе этого представления сформулирована задача эффективного семиозиса как процесса чередования стадий понимания и выражения, уточняющего систему использования знаков. Для решения этой задачи может быть использована аналогия с термодинамической системой, в которой также чередуются стадии превращения и обмена энергией, описываемые макроскопическими величинами. Для проведения оптимизации предложен метод координатного спуска. Можно двигаться от объекта к знаку путем подбора наилучшего семантического соответствия, упрощения знака в синтаксическом смысле и подбора прагматического правила. Либо, наоборот, выбрать некоторый опорный знак и упрощая прагматическое правило, синтаксическое представление или семантическое соответствие. Идеальный цикл семиозиса предусматривает при отсутствии потери смысла возврат к тому же объекту, который был использован при выборе знака. В реальном цикле производится итеративный спиральный по координатам спуск, в ходе которого производится итеративное уточнение пары знак-объект. Реализация предложенного подхода на практике позволяет повысить эффективность пользовательских интерфейсов аппаратно-программных комплексов виртуальной реальности с высокой иммерсивностью, а также выработать рекомендации по реализации промпт-инжиниринга в системах искусственного интеллекта.

Ключевые слова: семиотика, термодинамика, философия техники, инженерная деятельность, онтология.

Для цитирования: Иващенко А. В., Чертыковцева Н. В., Нестеров А. Ю. Термодинамическая интерпретация семиозиса // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2025. – № 4. – С. 122–131. – <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2025-4-122>.

Original article

THERMODYNAMIC INTERPRETATION OF SEMIOSIS

A. V. Ivaschenko

Samara State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Samara, Russia
e-mail: anton.ivashenko@gmail.com

N. V. Chertykovtseva

Samara State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Samara, Russia
e-mail: chertykovtseva@mail.ru

A. Yu. Nesterov

Samara National Research University, Samara, Russia
e-mail: phil@ssau.ru

Abstract. *The paper aims at finding an effective language for human-computer interaction in the context of the introduction of Virtual Reality and Artificial Intelligence within the framework of modern semiotics. A variant of the sign problem statement and an attempt to apply an analogy with thermodynamic complex systems for its solution are presented. Based on the ontological model of the semiotic spiral of cognition and activity, a vector representation of the semiosis cycle in the orthogonal space of coordinates of the semantic, syntactic and pragmatic dimensions is proposed. Movement along the spiral of cognition and activity forms epistemological oppositions of understanding and expression, which are codified in knowledge of a receptive and projective nature. Understanding describes the transition from a sign to its meaning, that is, the solution of the decoding problem, and expression describes the transition from the meaning to the sign denoting it, that is, the solution of the coding problem. Based on this representation, the problem of effective semiosis is formulated as a process of alternating the stages of understanding and expression, clarifying the system of using signs. To solve this problem, an analogy with a thermodynamic system can be used, in which the stages of transformation and exchange of energy described by macroscopic quantities also alternate. To perform optimization, a coordinate descent method is proposed. It is possible to move from an object to a sign by selecting the best semantic match, simplifying the sign in the syntactic sense and selecting a pragmatic rule. Conversely, it is proposed to select a certain reference sign and simplify the pragmatic rule, syntactic representation or semantic match. The ideal cycle of semiosis provides for a return to the same object that was used when selecting the sign in the absence of loss of meaning. In a real cycle, an iterative spiral coordinate descent is performed, during which an iterative refinement of the sign-object pair is performed. The implementation of the proposed approach in practice allows increasing the efficiency of user interfaces of hardware and software complexes of Virtual Reality with high immersion, as well as developing recommendations for the implementation of prompt engineering in Artificial Intelligence systems.*

Key words: *semiotics, thermodynamics, philosophy of technology, engineering, ontology.*

Cite as: Ivaschenko, A. V., Chertykovtseva, N. V., Nesterov, A. Yu. (2025) [Thermodynamic interpretation of semiosis]. *Intellekt. Innovacii. Investicii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 4, pp. 122–131. – <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2025-4-122>.

Введение

Современные исследования в области семиотики, как философской науки о знаках, получают вполне прикладное применение в задачах организации человеко-компьютерного взаимодействия [19; 23]. Возможности различных пользовательских интерфейсов, в том числе формирующих виртуальную и дополненную реальность [17; 20], требуют новых подходов к обозначению различных сущностей в процессе передачи информации о них пользователю. При глубоком погружении пользователя в про-

цесс взаимодействия говорят о появлении иммерсивной среды, однако для достижения такого эффекта необходимы специальные усилия по организации пользовательского интерфейса.

Другой актуальный аспект организации человеко-компьютерного взаимодействия в настоящее время состоит в реализации интерфейсов к искусственному интеллекту [8; 18]. Широкое использование генеративных искусственных нейронных сетей и больших языковых моделей подняло на новый уровень проблему организации общения между человеком и ин-

теллектуальным ботом. Несмотря на значительные возможности по использованию в таком общении естественного языка, существует проблема выстраивания эффективной коммуникации, а исследования по поиску и реализации такой коммуникации в настоящее время известны под наименованием «пром프트-инжиниринг» [1; 14].

Обе указанные тенденции обуславливают актуальность новой научно-технической задачи поиска эффективного языка для человеко-компьютерного взаимодействия в условиях внедрения виртуальной реальности и искусственного интеллекта в рамках современной семиотики. В данной статье представлен вариант постановки этой задачи и попытка применить для ее решения аналогию с термодинамическими сложными системами.

Состояние вопроса

Прагматический подход к применению знаков в практической деятельности базируется на семиотических теориях Ч. С. Пирса, Ч. У. Морриса и Ф. де Соссюра [24; 27]. Согласно трихотомии типологии знаков выделяют десять классов знаков Пирса, которые позволяют квалифицировать знак в соответствии с его собственной феноменологической категорией, категорией способа обозначения им своего объекта, либо в соответствии с категорией, которую интерпретатор приписывает способу знака обозначать свой объект [21; 26]. Теория применяется в нарративном анализе, описывающем процесс познания [22].

Знак при этом понимается как структурный элемент вывода. Такой подход позволяет находить способы обозначения, общие для естественного и искусственного интеллекта. Например, использования концепта «аффорданс» [6] позволяет описывать способ применения технического устройства как Легисигн-Индекс-Децисигн (Legisign-Index-Dicisign). Это позволяет применять теорию знаков при выстраивании человеко-машинного взаимодействия при решении инженерных задач.

Процессы проективной репрезентации, обращающей порядок следования ступеней познания, описываются как «трёхакт» П. К. Энгельмейером [15; 16] или как «формообразующие способности» Ф. Дессауэром [4; 10]. П. К. Энгельмейером также введена онтологическая модель семиотической спирали познания и деятельности, сформулирована, согласно которой человек сначала познаёт, субъективирует действительность, затем действует, объективируя свои желания и потребности и изменяя действительность.

Движение по спирали познания и деятельности образует эпистемологические оппозиции понимания и выражения, которые кодифицируются в знании

рецептивного и проективного характера [9; 11]. При этом возникает задача расшифровки кода [5], которая заключается в преобразовании кода из чуждого субъекту в естественный в ходе акта понимания информации. Понимание описывает переход от знака к его значению, то есть решение задачи декодирования, а выражение – переход от значения к обозначающему его знаку, то есть решение задачи кодирования.

Таким образом, образуются циклы использования знака, которые могут, как уточнять и совершенствовать используемые языковые средства, так и размыывать их смысл, утрачивая ясность и однозначность применения. Для развития человеческого общества такие флуктуации являются скорее преимуществом, поскольку способны развивать язык и культуру общения. Однако с технической точки зрения, потеря формализации и изменение смысла обозначений представляют собой существенный недостаток, связанный, прежде всего, с отсутствием возможности «забывать» устаревшие значения. Решить эту проблему можно с помощью динамических моделей, обладающих возможностью формального описания процессов «запоминания» и «забывания».

Таким образом, на основе существующих теоретических подходов современной семиотики можно сформулировать задачу эффективного семиозиса как процесса чередования стадий понимания и выражения, уточняющего систему использования знаков. Для решения этой задачи может быть использована аналогия с термодинамической системой, в которой также чередуются стадии превращения и обмена энергией, описываемые макроскопическими величинами. Термодинамическая интерпретация сложных систем позволяет описать процессы самоорганизации [3; 12; 25] не только в физических и химических, но и в биологических, социальных и экономических системах, а также имитационных моделях, построенных с помощью информационных технологий.

Подобные аналогии также рассматриваются в рамках семиодинамики – динамической теории знаковых систем, изучающей общие закономерности возникновения, развития и отмирания естественных систем в знаковом представлении [2; 7]. В данной статье предпринята попытка переопределить задачу о знаке и на ее основе предложить формализацию спирали семиозиса в контексте термодинамического цикла.

Вариант постановки задачи о знаке

Пусть имеется объект $A_i = \{a_{i,j}\}$, представленный счетным набором наблюдаемых признаков $a_{i,j}$. Введем знак $S_m = \{s_{m,n}\}$, выраженный в счетном и конечном наборе распознаваемых характерных свойств $s_{m,n}$, где $n = 1..N(S_m)$ – порядковый номер свойст-

ва знака. Здесь i и m – некоторые условные индикаторы конкретных существующих объекта и знака соответственно.

В предельном случае объект обозначает сам себя, то есть является знаком, исчерпывающе описывающим свое существование

$$A_i = S_m, i = m: \forall j = n: a_{i,j} = S_{m,n}. \quad (1)$$

В этом случае объективно, то есть безотносительно точки зрения наблюдателя, характерные свойства знака совпадают с наблюдаемыми признаками. Обо-

значим функцию соответствия в виде бинарного отношения между двумя множествами $\{a_{i,j}\}$ и $\{s_{m,n}\}$ в виде подмножества R Декартова произведения $A_i \times S_m$:

$$R(A_i, S_m) \sum_{j,n} \delta(a_{i,j} = s_{m,n}), \quad (2)$$

где

$$\delta(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x = \text{true}, \\ 0, & \text{если } x = \text{false}. \end{cases}$$

В данной модели функция соответствия не Булева, поскольку соответствие может быть неполным. Для простоты записи предполагается, что признаки объекта и свойства знака упорядочены единым

принятым способом.

В общем случае знак не совпадает с объектом, но входит с ним в отношения выражения или понимания, описываемыми соответствующим событиями:

$$E_{i,m,x,k}(A_i, S_m, u_x, t_{i,m,k}) = \{0,1\}, \quad (3)$$

где

$t_{i,m,k}$ – время события,
 u_x – субъект, инициировавший событие.

В рамках текущего рассуждения тип события (выражение и/или понимание) не важен.

Событие описывается Булевой функцией, то есть если оно произошло – оно принимает значение 1.

Сформулируем задачу о знаке, определив возможные целевые функции семиозиса.

1. Однозначность – для каждого события знак наилучшим образом выражает свойства объекта:

$$\sum_{i,m,x,k} E_{i,m,x,k}(A_i, S_m, u_x, t_{i,m,k}) \cdot R(A_i, S_m) \rightarrow \max. \quad (4)$$

2. Распространенность – максимальное понимание знакового средства в группе, то есть применение

единого знака для обозначения одного и того же объекта разными субъектами:

$$\sum_{x,y,m,q,k,l} E_{i,m,x,k} \cdot E_{i,q,y,l} \cdot \delta(S_m \neq S_q) \rightarrow \min. \quad (5)$$

Можно также рассматривать близость знаков используемых разными субъектами, но это не характеризует распространенность, поскольку приводит к росту параметра сигнал/шум и разрушает однозначность.

3. Лаконичность – обеспечение максимальной смысловой нагрузки минимальными языковыми средствами:

$$\sum_{i,m,x,k} E_{i,m,x,k}(A_i, S_m, u_x, t_{i,m,k}) \cdot N(S_m) \rightarrow \min. \quad (6)$$

Введенные целевые функции, будучи употребимы по отдельности или совместно в процессе многокритериальной оптимизации, позволяют формулировать различные задачи семиозиса как динамического процесса интерпретации.

Цикл семиозиса

Для поиска пути решения этих задач может быть использована термодинамическая модель. Пусть семиозис, то есть процесс обозначения объекта знаком, будет представлен вектором в пространстве знаков, направленным от используемого знака, факт использования которого описан соответствующим событием, непосредственно к объекту.

Предположим, что измерения семиозиса по Ч. У. Моррису представляют ортогональную систе-

му, то есть не влияют друг на друга непосредственно. В этом случае, рассматриваемый вектор может быть разбит по координатам в соответствии с семантическим, синтаксическим и прагматическим измерениями. Данный подход проиллюстрирован на рисунке 1. Направление каждой оси характеризует усложнение в условных единицах.

На стадии понимания производится вначале семантическое распознавание знака, затем преобразование кода в синтаксическом измерении, и, наконец, применение данного знака для обозначения конкретного объекта. На стадии выражения в противоположном направлении производится обобщение объекта путем выбора отличительных и характерных свойств, затем упрощение обозначающего кода и, наконец, выбор знака на уровне прагматики.



Рисунок 1. Цикл семиозиса

Источник: разработано авторами

Таким образом, при поиске знака, лучшим образом реализующим функцию семиозиса, можно пользоваться методом координатного спуска. Здесь возможно два решения. Можно двигаться от объекта к знаку путем подбора наилучшего семантического соответствия, упрощения знака в синтаксическом смысле и подбора прагматического правила. Либо, наоборот, выбрать некоторый опорный знак, упрощая прагматическое правило, синтаксическое представление или семантическое соответствие.

По аналогии с термодинамическими циклами таким образом можно ввести понятие цикла (петли) семиозиса, содержащего две стадии (перехода):

- понимание, то есть нахождение объекта, на который указывает знак;

- выражение, то есть подбор нового знака, обозначающего этот объект.

Для объекта можно подобрать разные знаки, при этом объект существует по факту (событию) наблюдения. Поэтому, идеальный цикл семиозиса предусматривает при отсутствии потери смысла возврат к тому же объекту, который был использован при выборе знака. В реальном цикле семиозиса производится итеративный спиральный по координатам спуск, в ходе которого производится итеративное уточнение пары знак-объект.

Результаты и обсуждение

Представленный в данной статье подход был использован при разработке пользовательского интер-

фейса виртуальной реальности с глубоким погружением для аппаратно-программного комплекса медицинской психологической реабилитации и диагностики психологических и когнитивных расстройств. Одна из областей применения комплекса состоит в диагностике тревожных состояний с идентификацией уровня тревожности под контролем электроэн-

цефалографии. Для пациента при этом формируется виртуальная среда с определенным эмоциональным фоном и некоторыми знаками, привлекающими его внимание в определенные моменты времени, показанными на рисунке 2. Выделенные объекты могут использоваться пользователем для интерактивного взаимодействия.



Рисунок 2. Фрагмент виртуальной среды пользовательского интерфейса
Источник: снимок экрана программного комплекса [13]

В ходе реализации диагностической методики необходимо подобрать такого рода систему знаков и обозначений, которая бы соответствовала указанной выше задаче о знаке. Принятые обозначения должны соответствовать требованиям однозначности, распространенности и лаконичности и вызывать эмоциональный отклик, соответствующий целям методики диагностики тревожных расстройств. В процессе реализации комплекса был осуществлен подбор такой рода системы с учетом специфики решаемой задачи.

Проблема эффективности используемой системы знаков приобретает новую актуальность в контексте активного человеко-машинного взаимодействия в среде с элементами искусственного интеллекта. Современные большие языковые модели способны поддерживать коммуникацию на естественном языке, однако такой язык не всегда эффективен для решения прикладных задач. С целью решения этой проблемы в настоящее время развивается направление промпт-инжиниринга, в рамках которого изучаются способы составления эффективных запросов к искусственным нейронным сетям. Также для результативного взаимодействия необходимо находить формулировки и использовать обозначения, имеющие наилучшие показатели по параметру сигнал/шум по аналогии с системами связи.

Продолжение исследований в области семиотики в данном случае позволяет ставить и решать прикладные задачи выстраивания новых способов коммуникации внутри смешанной среды человеческого и искусственного интеллекта.

Заключение

Предложенная постановка задачи о знаке и метод ее решения путем покоординатного спуска позволяет сформировать новый взгляд на проблему применения знаков в задачах построения современных интерактивных пользовательских интерфейсов. Ключевое преимущество предложенного подхода состоит в возможности организации процессов конструирования языка, наиболее полно и адекватно отражающего обстановку в условиях постоянных изменений. Аналогия с термодинамическими циклами позволит обеспечить сходимость этого процесса и сформировать критерии эффективности выбранной знаковой системы.

Реализация предложенного подхода на практике позволяет повысить эффективность пользовательских интерфейсов аппаратно-программных комплексов виртуальной реальности с высокой иммерсивностью, а также выработать рекомендации по реализации промпт-инжиниринга в системах искусственного интеллекта.

Литература

1. Алексеева Л. Г., Алексеев П. С. Язык промптов, или особенности формулирования запросов к генеративным нейросетям для создания изображений // *Verba. Северо-Западный лингвистический журнал*. – 2024. – № 3(13). – С. 50–61. – [https://doi.org/10.34680/VERBA-2024-3\(13\)-50-61](https://doi.org/10.34680/VERBA-2024-3(13)-50-61). – EDN: ZVOBBA.
2. Баранцев Р. Г. История семиодинамики: документы, беседы, комментарии. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2006. – 376 с.
3. Буданов В. Г. Роль И. Р. Пригожина и Г. Хакена в становлении междисциплинарной эволюционно-синергетической парадигмы // *Мир человека: неопределённость как вызов*. – 2019. – С. 125–145. – EDN: KJUMHE.
4. Дессауэр Ф. Человек и космос. Опыт. Спор о технике: монография / пер. с нем. А. Ю. Нестерова. Т. 1. – Самара: Издательство «Мудрая черепаха», 2024. – 340 с.
5. Дубровский Д. И. Информация. Сознание. Мозг. Расшифровка мозговых кодов психических явлений. Изд. 2, дополненное. – М.: URSS, 2021. – 304 с.
6. Иващенко А. В., Терехин М. А., Нестеров А. Ю. Концептуализация междисциплинарной инженерной деятельности // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. – 2025. – № 1. – С. 117–128. – <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2025-1-117>. – EDN: QCCTRW.
7. Лебедев В. Ю., Прилуцкий А. М. Семиозис и семиодинамика теологических и мифологических знаковых систем. – М.: URSS, 2010. – 400 с.
8. Лешкевич Т. Г. Субъектоподобные качества ИИ: «стыковка» humans и non-humans // *Вопросы философии*. – 2025. – № 4. – С. 39–47. – <https://doi.org/10.21146/0042-8744-2025-4-39-47>. – EDN: AHMQDW.
9. Нестеров А. Ю. Истина и польза в техническом мировоззрении // *Философия науки и техники*. – 2024. – Т. 29, № 1. – С. 84–97. – <https://doi.org/10.21146/2413-9084-2024-29-1-84-97>. – EDN: QKZWHY.
10. Нестеров А. Ю. Онтологический плюрализм Ф. Дессауэра // *Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология*. – 2023. – № 71. – С. 119–127. – <https://doi.org/10.17223/1998863X/71/12>. – EDN: PBBWKD.
11. Нестеров А. Ю. Семиотика как методология и онтология // *Семиотические исследования*. – 2021. – Т. 1, № 1. – С. 6–13. – <https://doi.org/10.18287/2782-2966-2021-1-1-6-13>. – EDN: RLWGHX.
12. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. – М.: Прогресс, 1986. – 432 с.
13. Программный комплекс социально-психологической реабилитации поведенческих стрессовых расстройств в среде виртуальной реальности с обратной связью. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024684873, 22.10.2024. Заявка от 15.10.2024. Авторы: Колсанов А. В., Иващенко А. В., Жейков Д. С., Печорин А. С., Суворов М. А., Сулевич Н. О., Санкович М. А., Гаранов И. А., Бибикина Е. Г.
14. Соколова М. Е. ChatGPT и промпт-инжиниринг: о перспективах внедрения генеративных нейросетей в науку // *Наукоевческие исследования*. – 2024. – № 1. – С. 92–109. – <https://doi.org/10.31249/scis/2024.01.07>. – EDN: PRANUV.
15. Энгельмейер П. К. Теория творчества. Изд. 3-е. – М.: ЛИБРОКОМ, 2010. – 208 с.
16. Энгельмейер П. К. Философия техники. – СПб.: Лань, 2013. – 93 с.
17. Bhise S., et al. (2024) Use of Virtual Reality in physical rehabilitation: A narrative review. *Current Medicine Research and Practice*. Vol. 14. No. 3. pp. 122–127. – https://doi.org/10.4103/cmrip.cmrip_225_23. (In Eng.).
18. Bubeck S., et al. (2023) Sparks of Artificial General Intelligence: Early experiments with GPT-4. Cornell University. – <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.12712>. (In Eng.).
19. Cioczek M., Czarnota T., Szymczyk T. (2021) Analysis of modern human-computer interfaces. *Journal of Computer Sciences Institute*, Vol. 18. pp. 22–29. – <https://doi.org/10.35784/jcsi.2403>. (In Eng.).
20. Cochrane T., Sissons H. (2019) An introduction to immersive reality. *Pacific Journal of Technology Enhanced Learning*. Vol. 2, No. 1, P. 6. – <https://doi.org/10.24135/pjtel.v2i1.28>. (In Eng.).
21. Farias P. L., Queiroz J. (2017) Visualizing triadic relations: diagrams for Charles S. Peirce's classifications of signs: A way of thinking & approaching information design. *Information Design Journal*. Vol. 23. No. 2. pp. 127–147. – <https://doi.org/10.1075/idj.23.2.03far>. (In Eng.).
22. Manning A. (2021) Narrative elements derived from C.S. Peirce's semiotic categories. – 30 p. – <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22981.58083>. (In Eng.).
23. Mohammed Y. B., Karagozlu D. (2021) A review of human-computer interaction design approaches towards information systems development. *Brain Broad Research in Artificial Intelligence And Neuroscience*, Vol. 12. No. 1. pp. 229–250. – <https://doi.org/10.18662/brain/12.1/180>. (In Eng.).
24. Yakin H, Totu A. (2014) The semiotic perspectives of Peirce and Saussure: a brief comparative study. *Procedia* –

Social and Behavioral Sciences. Vol. 155. pp. 4–8. – <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.247>. (In Eng.).

25. Sanfeld A., Velarde M. G. (2004) Ilya Prigogine and the classical thermodynamics of irreversible processes. *Journal of Non-Equilibrium Thermodynamics*. Vol. 29, No. 1, pp. 1–8. – <https://doi.org/10.1515/JNETDY.2004.001>. (In Eng.).

26. Sørensen B., et al. (2023) Information in the light of Peirce's ten classes of signs. *Open Semiotics*. pp. 275–289. (In Eng.).

27. Švantner M. (2014) Struggle of a description: Peirce and his late semiotics. *Human Affairs*. Vol. 24. No. 2. Pp. 204–214. – <https://doi.org/10.2478/s13374-014-0220-2>. (In Eng.).

References

1. Alekseeva, L. G., Alekseev, P. S. (2024) [The language of prompts, or features of formulating queries to generative neural networks for creating images]. *Verba. Severo-Zapadnyj lingvisticheskij zhurnal* [Verba. North-West Linguistic Journal]. Vol. 3(13), pp. 50–61. (In Russ.).

2. Barancev, R. G. (2006) *Istoriya semiodinamiki: dokumenty, besedy, kommentarii* [History of semiodynamics: documents, conversations, comments]. M. – Izhevsk: Research Center «Regular and Chaotic Dynamics», 376 p.

3. Budanov, V. G. (2019) [The role of I.R. Prigogine and G. Haken in the formation of the interdisciplinary evolutionary-synergetic paradigm]. *Mir cheloveka: neopredelyonnost' kak vyzov* [The world of man: uncertainty as a challenge]. pp. 125–145. (In Russ.).

4. Dessauer, F. (2024) *Chelovek i kosmos. Opyt. Spor o tekhnike* [Man and Space. Experience. Debate on Technology]. Vol. 1. Samara: Wise turtle Publishing House, 340 p. (In Russ., transl. from Eng.).

5. Dubrovskij, D. I. (2021) *Informaciya. Soznanie. Mozg. Rasshifrovka mozgovykh kodov psichicheskikh yavlenij* [Information. Consciousness. Brain. Decoding brain codes of mental phenomena]. Moscow: URSS, 304 p. (In Russ.).

6. Ivashchenko, A. V., Terekhin, M. A., Nesterov, A. Yu. (2025) [Conceptualization of interdisciplinary engineering activity]. *Intellekt. Innovacii. Investicii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 1, pp. 117–128. (In Russ.).

7. Lebedev, V. Yu., Priluckij, A. M. (2010) *Semiozis i semiodynamika teologicheskikh i mifologicheskikh znakovykh sistem* [Semiosis and semiodynamics of theological and mythological sign systems]. Moscow: URSS, 400 p.

8. Leshkevich, T. G. (2025) [Subject-like qualities of AI: «docking» humans and non-humans]. *Voprosy filosofii* [Questions of Philosophy]. Vol. 4, pp. 39–47. (In Russ.).

9. Nesterov, A. Yu. (2024) [Truth and Usefulness in the Technical Worldview]. *Filosofiya nauki i tekhniki* [Philosophy of Science and Technology]. Vol. 29. No 1, pp. 84–97. (In Russ.).

10. Nesterov, A. Yu. (2023) [Ontological Pluralism of F. Dessauer]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Filosofiya. Sociologiya. Politologiya*. [Bulletin of Tomsk State University. Philosophy. Sociology. Political Science]. Vol. 71, pp. 119–127. (In Russ.).

11. Nesterov, A. Yu. (2021) [Semiotics as Methodology and Ontology]. *Semioticheskie issledovaniya* [Semiotic Studies]. Vol. 1. No 1, pp. 6–13. (In Russ.).

12. Prigozhin, I., Stengers, I. (1986) *Poryadok iz haosa* [Order from Chaos]. Moscow: Progress, 432 p.

13. *Programmnyj kompleks social'no-psihologicheskoy reabilitacii povedencheskikh stressovykh rasstrojstv v srede virtual'noj real'nosti s obratnoj svyaz'yu* [Software package for social and psychological rehabilitation of behavioral stress disorders in a virtual reality environment with feedback]. Certificate of registration of computer program RU 2024684873, 22.10.2024. Application 15.10.2024. Authors: Kolsanov A. V., Ivashchenko A. V., Zhejkov D. S., Pechorin A. S., Suvorov M. A., Sulevich N. O., Sankovich M. A., Garanov I. A., Bibikova E. G. (In Russ.).

14. Sokolova, M. E. (2024) [ChatGPT and prompt engineering: on the prospects for introducing generative neural networks in science]. *Naukovedcheskie issledovaniya* [Scientific research]. Vol. 1, pp. 92–109. (In Russ.).

15. Engel'mejer, P. K. (2010) *Teoriya tvorchestva* [Theory of creativity]. Ed. 3. Moscow: LIBROKOM, 208 p.

16. Engel'mejer, P. K. (2013) *Filosofiya tekhniki* [Philosophy of Technology]. Saint-Petersburg: Lan', 93 p.

17. Bhise, S., et al. (2024) Use of Virtual Reality in physical rehabilitation: A narrative review. *Current Medicine Research and Practice*. Vol. 14. No. 3, pp. 122–127. – https://doi.org/10.4103/cmrrp.cmrrp_225_23. (In Eng.).

18. Bubeck, S., et al. (2023) Sparks of Artificial General Intelligence: Early experiments with GPT-4. Cornell University. – <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.12712>. (In Eng.).

19. Cioczek, M., Czarnota, T., Szymczyk, T. (2021) Analysis of modern human-computer interfaces. *Journal of Computer Sciences Institute*, Vol. 18, pp. 22–29. – <https://doi.org/10.35784/jcsi.2403>. (In Eng.).

20. Cochrane, T., Sissons, H. (2019) An introduction to immersive reality. *Pacific Journal of Technology Enhanced Learning*. Vol. 2, No. 1, pp. 6. – <https://doi.org/10.24135/pjtel.v2i1.28>. (In Eng.).

21. Farias, P. L., Queiroz, J. (2017) Visualizing triadic relations: diagrams for Charles S. Peirce's classifications of signs: A way of thinking & approaching information design. *Information Design Journal*. Vol. 23. No. 2, pp. 127–147. – <https://doi.org/10.1075/idj.23.2.03far>. (In Eng.).
22. Manning, A. (2021) Narrative elements derived from C.S. Peirce's semiotic categories. 30 p. – doi: 10.13140/RG.2.2.22981.58083. (In Eng.).
23. Mohammed, Y. B., Karagozlu, D. (2021) A review of human-computer interaction design approaches towards information systems development. *Brain Broad Research in Artificial Intelligence And Neuroscience*, Vol. 12. No. 1, pp. 229 – 250. – <https://doi.org/10.18662/brain/12.1/180>. (In Eng.).
24. Yakin, H., Totu, A. (2014) The semiotic perspectives of Peirce and Saussure: a brief comparative study. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. Vol. 155, pp. 4–8. – <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.247>. (In Eng.).
25. Sanfeld, A., Velarde, M. G. (2004) Ilya Priogogine and the classical thermodynamics of irreversible processes. *Journal of Non-Equilibrium Thermodynamics*. Vol. 29, No. 1, pp. 1–8. – <https://doi.org/10.1515/JNETDY.2004.001>. (In Eng.).
26. Sørensen, B., et al. (2023) Information in the light of Peirce's ten classes of signs. *Open Semiotics*, pp. 275–289. (In Eng.).
27. Švantner, M. (2014) Struggle of a description: Peirce and his late semiotics. *Human Affairs*. Vol. 24. No. 2, pp. 204–214. – <https://doi.org/10.2478/s13374-014-0220-2>. (In Eng.).

Информация об авторах:

Антон Владимирович Иващенко, доктор технических наук, профессор, директор Передовой медицинской инженерной школы, Самарский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара, Россия

ORCID iD: 0000-0001-7766-3011, **Scopus Author ID:** 42661608400

e-mail: anton.ivashenko@gmail.com

Наталья Валерьевна Чертыковцева, кандидат технических наук, заместитель директора Передовой медицинской инженерной школы, Самарский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара, Россия

ORCID iD: 0000-0002-0060-9778, **Scopus Author ID:** 57205195520

e-mail: chertykovtseva@mail.ru

Александр Юрьевич Нестеров, кандидат филологических наук, доктор философских наук, директор социально-гуманитарного института, заведующий кафедрой философии, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, Самара, Россия

ORCID iD: 0000-0002-0670-9315, **Scopus Author ID:** 57222081807

e-mail: phil@ssau.ru

Вклад соавторов:

Иващенко А. В. – обзор и разработка базовых концептов.

Чертыковцева Н. В. – разработка динамической модели и практическая реализация в медицинской инженерии.

Нестеров А. Ю. – методология исследования и постановка задачи.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила в редакцию: 26.05.2025; принята в печать: 01.07.2025.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Anton Vladimirovich Ivaschenko, Doctor of Engineering, Professor, Director of the Advanced Medical Engineering School, Samara State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Samara, Russia

ORCID iD: 0000-0001-7766-3011, **Scopus Author ID:** 42661608400

e-mail: anton.ivashenko@gmail.com

Natalya Valeryevna Chertykovtseva, Candidate of Engineering, Deputy Director of the Advanced Medical Engineering School, Samara State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Samara, Russia

ORCID iD: 0000-0002-0060-9778, **Scopus Author ID:** 57205195520

e-mail: chertykovtseva@mail.ru

Alexander Yuryevich Nesterov, Candidate of Philological Sciences, Doctor of Philosophical Sciences, Director of the Social and Humanitarian Institute, Head of the Philosophy Department, Samara National Research University named after Academician S. P. Korolev, Samara, Russia

ORCID iD: 0000-0002-0670-9315, **Scopus Author ID:** 57222081807

e-mail: phil@ssau.ru

Contribution of the authors:

Ivaschenko A. V. – review and development of basic concepts.

Chertykovtseva N. V. – development of the dynamic model and practical implementation in medical engineering.

Nesterov A. Yu. – research methodology and problem statement.

No conflict of interest.

The paper was submitted: 26.05.2025.

Accepted for publication: 01.07.2025.

The authors have read and approved the final manuscript.