

ФИЛОСОФСКИЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 101.1

<https://doi.org/10.25198/2077-7175-2025-1-117>

КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А. В. Иващенко

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

М. А. Терехин

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия
e-mail: terexin.m.a@yandex.ru

А. Ю. Нестеров

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

Аннотация. В статье предложен подход к алгоритмическому описанию процессов инженерного творчества на основе концепции аффорданса как ощущаемой человеком возможности взаимодействия с предметом определенным образом. Цель предлагаемого подхода состоит в стимулировании инженерного творчества путем выстраивания корректных аналогий и проекций между живыми и техническими системами при проведении междисциплинарных исследований, например, на стыке медицинских и технических наук. Рассмотрены два свойства инженерной деятельности, способствующие эволюционному развитию ее продуктов: преадаптация элементов технических решений и реципрокность изобретений. Обеспечение преадаптации достигается параметризацией инженерных решений за счет, например, распределенной архитектуры и сервисной ориентации. Способствует преадаптации широкое применение активных программных сервисов. Стремление к обеспечению данного свойства корректирует инженерную деятельность в сторону сохранения преемственности и рациональности. Обеспечение реципрокности достигается разделением функционального назначения между элементами конструкции или компонентами программного обеспечения и реализацией механизмов подавления одних элементов в условиях активности других. Данный принцип актуален для распределенных программных комплексов с высокой автономностью компонентов, например, на основе мультиагентных технологий, а также для гетерогенных систем, предусматривающих человеко-компьютерное взаимодействие с элементами искусственного интеллекта. Показано соответствие этих свойств операциям логического сложения и противопоставления аффордансов, соответственно. Определение в онтологии предметной области аффорданса в качестве самостоятельного концепта позволяет обеспечить эволюционный характер процесса выработки инженерных решений. Предложен семиозис аффорданса как апперцепции способа использования. В предикативной форме прагматическое правило можно обозначить конъюнкцией условий для актора: наличие цели действия в заданных условиях, наличие воли актора к достижению этой цели и наличие опыта достижения подобных целей в некотором классе определенным общественно известным способом; и условий для объекта: наличие структурного элемента (одного или нескольких), позволяющего отнести его к некоторому классу вариантов использования, апеллирование внешнего облика структурного элемента к общественно известному способу использования и обозначение объекта указателем либо формой. Применение предложенных понятий на практике представляет практическую ценность в образовании при реализации программ обучения на стыке наук, например, в медицинской инженерии, а также в промышленности при автоматизации поддержки принятия решений

для информационной поддержки инженерной деятельности.

Ключевые слова: философия техники, инженерная деятельность, медицинская инженерия, онтология, аффорданс.

Для цитирования: 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>.

Original article

CONCEPTUALIZATION OF INTERDISCIPLINARY ENGINEERING ACTIVITY

A. V. Ivaschenko

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

M. A. Terekhin

Penza State Technological University, Penza, Russia
e-mail: terexin.m.a@yandex.ru

A. Yu. Nesterov

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

Abstract. *The paper proposes an approach to the algorithmic description of engineering creativity processes based on the concept of affordance as a perceived human ability to interact with an object in a certain way. The purpose of the proposed approach is to stimulate engineering creativity by building correct analogies and projections between living and technical systems when conducting interdisciplinary research, for example, at the intersection of medical and technical sciences. Two properties of engineering activity that facilitate the evolutionary development of its products are considered: pre-adaptation of elements of technical solutions and reciprocity of inventions. Pre-adaptation is achieved by parameterizing engineering solutions due to, for example, distributed architecture and service orientated architecture. Pre-adaptation is facilitated by the widespread use of active software services. The desire to ensure this property adjusts engineering activity towards maintaining continuity and rationality. Reciprocity is achieved by dividing the functional purpose between design elements or software components and implementing mechanisms for suppressing some elements in the presence of activity of others. This principle is relevant for distributed software systems with high autonomy of components, for example, based on multi-agent technologies, as well as for heterogeneous systems providing for human-computer interaction with elements of artificial intelligence. The correspondence of these properties to the operations of logical addition and opposition of affordances, respectively, is shown. The definition of affordance as an independent concept in the ontology of the subject area allows for the evolutionary nature of the process of developing engineering solutions. Semiosis of affordance is reconsidered and reissued as an apperception of the use case. In the predicative form, the pragmatic rule can be designated by a conjunction of conditions for the actor: the presence of a goal of action in the given conditions, the presence of the actor's will to achieve this goal and the presence of experience in achieving similar goals in a certain class in a certain socially known way; and conditions for the object: the presence of a structural element (one or more) that allows it to be attributed to a certain class of use cases, an appeal to the external appearance of the structural element to a socially known way of use and designation of the object by an indicator or a form. Application of the proposed concepts in practice is of practical use in education when implementing training programs at the intersection of sciences, for example, in medical engineering, as well as in industry when automating decision support for information support of engineering activities.*

Key words: philosophy of technology, engineering activity, medical engineering, ontology, affordance.

Cite as: Ivaschenko, 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. – <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2025-1-117>.

Введение

Современная инженерная деятельность связана с решением междисциплинарных задач на фронтире развития науки и технологий. При ее организации необходимо привлечение специалистов различных специальностей, либо подготовка высококвалифицированных кадров, способных проводить исследования на стыке наук. Междисциплинарный характер исследований и разработок поднимает проблему согласования представлений о выбранной предметной области, языков представления требований назначения и технических результатов и целей разработки на онтологическом уровне. Это обуславливает актуальность проблемы организации междисциплинарной инженерной деятельности и позволяет отнести ее решение к области интересов философии техники [9].

Например, развитие медицинской инженерии связано с организацией инженерной деятельности на стыке медицинских и технических наук. Попытка решения этой задачи произведена при создании Передовой медицинской инженерной школы в Самарском государственном медицинском университете. Здесь в рамках соответствующего Федерального проекта была открыта новая магистратура по направлениям «Информатика и вычислительная техника» и «Биотехнология», а также реализован ряд программ ДПО. Основное отличие школы состоит в достраивании научной картины мира у инженеров-бакалавров технических специальностей путем их обучения анатомии, физиологии, нейронаукам и другим дисциплинам, а также глубокого погружения в практику инновационных проектов направления «ИТ в медицине».

Основная цель такого образовательного процесса – построение корректных аналогий и проекций между живыми и техническими системами. В рамках философии техники такой подход близок принципу «органопроекции» Эрнста Каппа, суть которого заключается в том, что человек в своих созданиях бессознательно воспроизводит свои органы, и сам познает себя, исходя из этих искусственных созданий [20]. Например, сеть железных дорог является отражением кровеносной системы, а телеграф можно сравнить с нервной системой.

Построение таких аналогий при решении конкретных задач медицинской инженерии является сложным навыком: исследователю необходимо распознать близкие свойства и различия, владея одинаково хорошо онтологиями медицины и инженерии. В первую очередь, это достигается на уровне терминологии, сопоставления понятий и конструкций языковых систем медици-

ны и техники. Различия биологического и инженерно-технического мировоззрения также приводят к появлению некоторых барьеров корректного восприятия. Преодоление этих барьеров может быть произведено на образовательном уровне, путем, например, освоения медицинской терминологии специалистами инженерного профиля при параллельном выстраивании соответствующих логических проекций.

С другой стороны, важным является вопрос о возможности и необходимости алгоритмизации инженерного творчества, в том числе с использованием искусственного интеллекта. Общая методология технической инженерии предусматривает поэтапные действия по формированию и анализу технических противоречий, формулировке целей технического творчества и требований к его результату, выработку вариантов решения и их последующую редукцию в результате обобщения или приоритизации. Здесь переход из одной системы знаний в другую позволяет расширить инструментарий инженерного творчества на уровне анализа противоречий и выбора вариантов решения, что способствует решению творческой задачи.

В данной статье рассматривается вариант концептуализации такого рода перехода с учетом эволюционного характера формирования технических решений.

Проблема результативности инженерной деятельности

В философии техники понятие инженерной деятельности и роль инженера раскрывается в работах П. К. Энгельмейера [26; 27]. При этом инженер должен обладать как познаниями по технологии, экономике и другим наукам, так и обладать навыками мышления, уметь правильно пользоваться теоретическим материалом. В инженерной деятельности велика роль творческой составляющей, при этом вполне возможно воспитание творчества. Однако важна также взаимобусловленность технических и экономических факторов инженерной деятельности.

С позиций прагматического подхода результаты инженерной деятельности должны быть полезны для решения конкретных социально-экономических задач. В этом смысле инженерная деятельность направлена в первую очередь на обращение природных ресурсов в пользу человека¹. При этом предел этой пользы, граница, за которой дальнейшая инженерная деятельность нецелесообразна в рамках определенной отрасли или области жизни человека, отсутствует.

Развитие техники рассматривается как объективный процесс в работах Ф. Дессауэра [10; 17; 18],

¹ По данным Encyclopaedia Britannica. – URL: <https://www.britannica.com/technology/engineering> (дата обращения 07.11.2024).

в связи с тем, что сущность технического предшествует существованию технического артефакта. Однако, вопреки тезису о теоретическом существовании идеального технического решения, человек способен лишь последовательно приближаться к нему в процессе проективного семиозиса как формы рефлексии. Ограниченность человеческого восприятия препятствует достижению идеального результата, что преодолевается в процессе специального акта деятельности по решению проблемы, достижению цели или удовлетворению социально-экономической потребности.

Несмотря на то, что инженерное дело опирается на результаты фундаментальной науки и прикладных исследований, направления и достижения научных исследований обозначены пределом достижения истины, в то время как задачи инженерной деятельности рассредоточены по направлениям социального и экономического развития, подвержены влиянию человеческого фактора и имеют неопределенный предел достижения. В технике возможно существование нескольких решений одной задачи, каждое из которых предпочтительно по своему критерию. При этом каждый следующий новый рациональный технический результат будет лучше предыдущего, а доказать объективно окончательное решение инженерной задачи не представляется возможным. Вместе с тем, для стимулирования инженерной деятельности в области исследования можно задать определенное направление.

Для решения этой дилеммы выделяют так называемые фронтальные задачи [4], не решенные на данный момент, но определяющие общее развитие научных исследований в перспективе. Решение фронтальных задач представляется важной задачей университета как основы для формирования образа будущего [23]. Формулировка фронтальной проблемы может иметь глобальный характер и не требовать конкретного решения, но на уровне определений и понятий быть базой для формулирования более конкретных задач инженерной деятельности.

Такой подход действительно устраняет противоречие между творческой и рациональной направленностью современной инженерии, однако не снимает проблему оценки ее результативности. Например, решение фронтальной задачи освоения космоса в целом имеет вполне конкретные экономические показатели, однако отдельная группа инженеров может заниматься ее решением без всяких практически полезных результатов, и при этом продвигать вперед человечество к общему решению проблемы.

Проблема результативности инженерной деятельности связана с проблемой эффективного обучения этому виду деятельности. Само по себе занятие техническим творчеством не обеспечивает его эффектив-

ность в социальном и экономическом смысле. С другой стороны, перед промышленными предприятиями в разных отраслях, а также образовательными учреждениями стоит вполне конкретная задача организации рациональной инженерной деятельности, что видится в обеспечении известной результативности работы каждого инженера.

Несмотря на творческий характер инженерной деятельности, необходимо отделять ее от искусства, в котором от учителя к ученику передаются навыки ремесла, а результативность работы определяется в большей степени способностями и талантом. На наш взгляд, инженерная деятельность может быть формализована и освоена с достаточной степенью универсальности в рамках задач обеспечения результативного технического творчества.

Основу исследований в этой области составляют широко распространенные работы в области развития логики рассуждений [32] и теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) [1]. Согласно этой теории, принципы изобретательства основываются на устранении противоречий (административных, технических или физических), для чего выделены основные приемы.

В целом, обобщенная идея поиска и устранения противоречий базируется на повышении уровня абстракции путем составления модели для решаемой ситуации и поиска корректной аналогии для этой модели. В случае адекватности построенной модели, устранение противоречий на ее уровне призвано подтолкнуть инженера к нахождению разрешения проблемы на уровне реализации.

Ведущая роль моделированию отведена также в рамках теории цифровых двойников [6; 25]. Применение современных систем автоматизированного проектирования (САПР) и инженерных расчетов позволяет строить функционально полные модели объектов и процессов, отражая не только особенности строения и внешнего вида, но и особенности реализации и поведения. Данный подход, однако, отличается высокой трудоемкостью и необходимостью привлечения высококвалифицированных инженерных кадров, способных производить сложное математическое моделирование.

Родственный подход развивается в рамках теории дизайн-мышления [5; 7; 22]. Здесь алгоритмизация состоит в реализации так называемого «двойного бриллианта»: двух этапов проектирования, в рамках которых производится сначала осмысление проблемы путем эмпатичной генерации идей с последующей фокусировкой, а затем ее разрешение путем разработки возможных вариантов решения с последующим воплощением в реальность в рамках прототипирования

и тестирования. На наш взгляд, важным здесь является сознательное сосредоточивание фокуса инженерной работы раздельно на синтезе вариантов решения проблемы и их редукции с использованием технологий и формальных инструментов системного анализа и рассуждения.

Согласно указанным подходам инженерная деятельность может быть вполне алгоритмизирована. В условиях развития современных средств информатизации и цифровизации, в том числе с использованием элементов искусственного интеллекта [21], данные алгоритмы позволяют автоматизировать поддержку принятия решений для инженера и способствовать генерации и отбору вариантов разрешения технических противоречий и, следовательно, поддерживать инженерное творчество в целом.

Эволюционные аналогии

Возможность алгоритмического описания процессов инженерного творчества определяет перспективу автоматизации этой деятельности. Известны программные решения в этой области [14], представляющие интерес на практике. В частности, практическую ценность представляет общий подход к организации инженерной деятельности, основанный на поэтапной генерации возможных проблем или вариантов решения и их последующей редукции в результате взаимного сравнительного анализа, рейтингования, обобщения или отсека.

Опыт реализации подобных технологий в медицинской инженерии был накоплен в процессе организации деятельности Передовой медицинской инженерной школы Самарского государственного медицинского университета [12]. Особенностью работы школы является нацеленность на создание экспортно-ориентированных продуктов на основе комбинированного владения инженерными и медицинскими компетенциями. В этом смысле может быть полезно рассмотрение объектов проектирования с позиций медицинских и технических наук, с учетом разных точек зрения на предмет исследования.

При этом ключевую роль играет выстраивание корректных аналогий, когда, например, анатомические особенности строения организма могут моделировать параметры инженерных конструкций, а физиологические процессы описывать требования к симуляционным алгоритмам. Например, прочностные и кинематические особенности строения стопы и голеностопного сустава должны быть учтены при проектировании соответствующих мехатронных экзопротезов.

Процесс выстраивания аналогий, таким образом, должен подчиняться определенным правилам, зада-

ющим преэминентность решений и сходимость инженерной деятельности. Анатомио-физиологические особенности современных организмов обусловлены эволюционными процессами их биологического развития. Данный факт объективизирует инженерные решения, также подчиняющиеся закономерностям эволюционного развития.

В рассматриваемом контексте следует выделить две основные тенденции инженерной деятельности:

- преадаптация элементов технических решений;
- реципрокность изобретений.

Преадаптация элементов технических решений по аналогии биологическими системами [2; 3] состоит в возможности смены функций в процессе приспособления к меняющимся внешним условиям. На оперативном уровне свойство преадаптации позволяет аппаратно-программным комплексам расширять возможности применения путем коррекции вариантов использования при появлении новых задач или изменении условий назначения. На уровне стратегического развития новые технические решения должны обеспечивать возможность функционирования, как в наследуемой среде, так и при расширении требований назначения. Таким образом, преадаптивное состояние возникает на основе предшествующей приспособительной эволюции.

Обеспечение преадаптации достигается параметризацией инженерных решений за счет, например, распределенной архитектуры и сервисной ориентации. Способствует преадаптации широкое применение активных программных сервисов. Стремление к обеспечению данного свойства корректирует инженерную деятельность в сторону сохранения преэминентности и рациональности.

Реципрокность изобретений по аналогии с соответствующим понятием эволюционной биологии [24] состоит в реализации механизмов кооперативного или альтруистического поведения компонентов технического решения. Реципрокность предполагает взаимосогласованное и противоположно направленное взаимодействие внутренних структур в некоторой координации, при которой активность одной из них подавляется в рамках действия другой.

Обеспечение реципрокности достигается разделением функционального назначения между элементами конструкции или компонентами программного обеспечения и реализацией механизмов подавления одних элементов в условиях активности других. Данный принцип актуален для распределенных программных комплексов с высокой автономностью компонентов, например, на основе мультиагентных технологий, а также для гетерогенных систем, предусма-

тривающих человеко-компьютерное взаимодействие с элементами искусственного интеллекта [11].

На уровне логики рассуждений указанные концепции эволюционного развития соответствуют операциям сложения и вычитания:

- преадаптация элементов технических решений состоит в обобщении возможностей использования;
- реципрокность изобретений соответствует разделению возможностей при условии обеспечения их взаимного функционального дополнения.

Практика организации инженерной деятельности на стыке наук подтверждает результативность применения введенных требований в области медицинской инженерии, при этом перспективы их использования не должны этой областью ограничиваться.

Онтология аффорданса

Рассмотрим возможность алгоритмического описания творчества по медицинской инженерии на уровне концептуализации, то есть введения определенного онтологического представления в схему эмпирических данных, специфичных для предметной области.

Согласившись с общими требованиями по обеспечению эволюционного характера процесса выработки инженерных решений, можно сформулировать задачу их реализации на уровне знаний. Результат инженерной деятельности представляет собой концепт, описываемый в объектно-ориентированной парадигме наименованием, набором свойств (атрибутов) и отношений с другими концептами. Итоговое описание результатов инженерной деятельности составляет семантическую сеть, содержащую перечень возможных технических решений и вариантов их использования при решении конкретных изобретательских задач. Подобная формализация области знаний с помощью концептуальной схемы в информатике определена термином «онтология» [16].

Свойства преадаптации и реципрокности задают требования к результатам инженерной деятельности на качественном уровне, но не определяют способы их реализации в концептуальной схеме. Между тем, именно концептуальная схема представляет интерес на практике, будучи основой для конфигурирования данных систем инженерной поддержки изделия и управления их жизненным циклом в рамках автоматизации проектирования и производства. Для решения этой задачи предложим специальный концепт, определяющий наличие свойств преадаптации и реципрокности у отдельных результатов инженерной деятельности.

В теории восприятия и технического дизайна в этом контексте известно понятие аффорданса – ощущаемая человеком возможность взаимодействовать

с предметом определенным образом [8; 29; 30]. В отличие от абстрактных характеристик объекта, аффорданс определяет способ его использования и отражает реализацию требований назначения.

Определение в онтологии предметной области аффорданса в качестве самостоятельного концепта позволяет обеспечить эволюционный характер процесса выработки инженерных решений следующим образом:

- сложение или обобщение аффордансов расширяет область применения и обеспечивает свойство преадаптации элементов технических решений;
- разделение аффордансов по назначению и способу использования обеспечивает реципрокность элементов технических решений.

Также формализация аффорданса позволяет рассматривать новый класс задач взаимодействия человеческого и искусственного интеллекта в едином информационном пространстве [13; 28] и реализовать реципрокность их взаимного функционального дополнения. Проблема комбинирования инженерного персонала и интеллектуального программного обеспечения весьма актуальна в настоящее время в промышленности, в том числе в рамках автоматизации инженерной деятельности. Оставив за рамками обсуждения вопрос о том, способен ли искусственный интеллект к самостоятельному техническому изобретению [15], здесь можно вполне свидетельствовать о его эффективном применении в качестве вспомогательного инструмента, не только на уровне обработки данных, но и при генерации новых проектных решений.

Несмотря на то, что аффорданс является свойством предмета, объективно определяющим возможность его использования для решения абстрактной задачи или выполнения отдельного вида действия, его распознавание или, точнее, узнавание, зависит от пользователя. Аффорданс определяет взаимоотношение между объектом и взаимодействующим с ним организмом [31]. Некоторые возможности очевидны большинству людей, распознавание отдельных аффордансов требуют изобретательности или специальной подготовки. В онтологии инженерной деятельности аффорданс является таким образом отношением между концептами абстрактного объекта и типа пользователя. Например, для абстрактного объекта «руль» и типа пользователя «водитель» наличие аффорданса «рулить» определяет возможность управлять автомобилем и в равной степени наличие такой квалификации у водителя. Водитель всегда распознает руль и сможет его использовать в этом качестве вне зависимости от того, управляет он грузовиком или гоночной машиной.

Таким образом, аффорданс также представляет собой абстрактный класс, свойственный разным типам объектов. Можно говорить об универсальности аффордансов в следующем контексте. Разные предметы могут обладать одним аффордансом: ручка чтобы нести, ножки чтобы ставить, сидение чтобы сидеть, шапочка для надевания на голову и т.п. Освоение новых аффордансов достигается в процессе образования, как на теоретическом уровне, так и на уровне освоения компетенций.

Отметим, что дополнительный акцент на этих целях имеет смысл сделать при преподавании инженерных дисциплин в университете. Здесь можно разделить задачи обучения умению распознавать и находить аффордансы в определенной предметной области, а также проектировать аффордансы, уделяя значительное внимание простоте и удобству использования. Последний аспект актуален, например, для дизайнеров пользовательских интерфейсов современных аппаратно-программных комплексов.

Семиозис аффорданса

Аффорданс должен быть интуитивно понятной функцией объекта как инструмента для достижения некоторой цели. Следовательно, аффорданс должен содержать определенные знаки, распознаваемые человеком как подсказки или указатели на возможность использования. В техническом мире использование предмета человеком производится, например, руками или ногами, для чего можно выделить аффордансы «взять», «нажать», «наступить» и т.п., что можно обобщить абстрактным классом «ручки», «кнопки» или «педали». Соответственно, в этом контексте варианта использования данные объекты должны обладать визуальными атрибутами, характеризующими «ручку», «кнопку» или «педаль», чтобы распознаваться возможным пользователем, в том числе, в этом качестве.

На уровне теории знаков, аффордансы могут быть подписаны. Например, назначение предмета может быть обозначено табличкой с надписью («ручка» или «педаль») или соответствующим символом, что соответствует классификации знаков по Ч. С. Пирсу [19]. При этом появляется однозначность использования предмета, но существенно ограничивается вариативность аффордансов. Вместе с тем, многие предметы, относящиеся к выдающимся изобретениям человечества, характеризуются большим, а иногда и бесконечным количеством аффордансов.

Например, на некоторых курсах дизайн-мышления используют упражнение со стаканом. Это упражнение состоит в том, чтобы для обычного стеклянного стакана придумать разные варианты его использования: выпить воды, использовать в качестве вазы для

цветка, раскатать тесто, нарисовать ровную окружность и т.п. Утверждается, что универсальность формы должна подсказать пользователю множество аффордансов в зависимости от ситуации и решаемой задачи. В данном случае стакан сам является знаком, подсказывающим своей формой разные варианты использования. Так можно отдельно выделить язык аффордансов. Аффордансы можно распознать по указателям-паттернам, которые пользователи распознают на основе собственного предыдущего опыта. Важную роль здесь играет визуальная память.

Таким образом, в рамках семиотики как науки, исследующей свойства знаков и знаковых систем, можно сделать следующее важное определение. Аффорданс – это апперцепция способа использования.

В предикативной форме прагматическое правило можно обозначить конъюнкцией следующих условий.

Свойства актора:

- наличие цели действия в заданных условиях;
- наличие воли актора к достижению этой цели;
- наличие опыта достижения подобных целей

в некотором классе определенным общественно известным способом.

Свойства объекта:

- наличие структурного элемента (одного или нескольких), позволяющего отнести его к некоторому классу вариантов использования;
- внешний облик структурного элемента апеллирует к общественно известному способу использования;
- элемент объекта обозначен указателем либо формой.

Это значит, что если у актора имеется соответствующий опыт, он способен заметить аффорданс и воспользоваться им в случае необходимости.

Если человек понимает и распознает аффорданс одного предмета и владеет языком аффордансов, то есть понимает значение предмета и узнает его по прямым или косвенным знакам, он может использовать другой предмет, похожий по внешнему виду для аналогичного способа использования. Если стакан похож на вазу, при отсутствии вазы, он вполне может быть использован в этом качестве.

При поиске или осваивании аффорданса может быть высока роль подражания. Чтобы найти аффорданс нужно покрутить предмет в руке для того чтобы подключить тактильное мышление, попробовать разобрать, найти внутреннее содержимое или содержание, или логику взаимодействия. Можно также попробовать взаимодействие с другими предметами популярным способом. Все это способствует поиску правильных аналогий путем переноса аффордансов между онтологиями использования предметов.

Данный подход был проработан в ходе выстраивания образовательного процесса по медицинской инженерии. Для этой области можно выделить две онтологии – медицинскую и техническую. Тип пользователя, владеющего медицинской онтологией, таким образом, это врач, а технической – соответственно, инженер. Сложность, трудоемкость и различие систем образования по медицинским и инженерным наукам не позволяет построить смешанную онтологию на общей базе, но можно дополнительно обучить врача владением сложной техникой, а инженера – пониманием вариантов ее использования в здравоохранении.

При решении этой задачи важно выстроить корректные аналогии, то есть установить адекватные связи между онтологиями инженерии и здравоохранения. Для решения этой задачи подходит механизм аффордансов – успешный перенос аффордансов из одной онтологии в другую свидетельствует о правильности

аналогий, в то время как появление ложных аффордансов говорит об обратном. Ложным аффордансом в этом случае является запрет на применение объекта в качестве определенного инструмента достижения заданной цели, несмотря на наличие знаков, свидетельствующих о возможности такого решения.

Заключение

Онтология аффордансов позволяет произвести концептуализацию эволюционных механизмов преадаптации и реципрокности в инженерной деятельности. Таким образом, может быть определена схематизация этих понятий в референтном поле технических решений. Применение предложенных понятий представляет практическую ценность в образовании при реализации программ обучения на стыке наук, например, инженерии и медицины, а также в промышленности при автоматизации поддержки принятия решений для стимулирования инженерного творчества.

Литература

1. Альтшуллер Г. Найти идею: Введение в ТРИЗ-теорию решения изобретательских задач. – М.: Альпина Паблишер, 2008. – 409 с.
2. Асмолов А. Г., Шехтер Е. Д., Черноризов А. М. Преадаптация к неопределенности как стратегия навигации развивающихся систем: маршруты эволюции // Вопросы психологии. – 2017. – № 4. – С. 3–26. – EDN: YMQFAE.
3. Асмолов А. Г., Шехтер Е. Д., Черноризов А. М. Парадокс сосуществования адаптации и преадаптации в историко-эволюционном процессе // Вопросы психологии. – 2021. – Т. 67, № 4. – С. 3–20. – EDN: VQJMDP.
4. Ахмедьянова Г. Ф., Пищухин А. М. Онтологический анализ проекта передовой инженерной школы // Онтология проектирования. – 2022. – Т. 12, № 3 (45). – С. 299–309. – <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2022-12-3-299-309>. – EDN: FMHYN.
5. Богомолова И. С. Дизайн-мышление: от названия к сути метода // Архитектура и современные информационные технологии. – 2023. – № 4 (65). – С. 92–102. – <https://doi.org/10.24412/1998-4839-2023-4-92-102>. – EDN: PXENVY.
6. Боровков А. И., Кулемин В. Ю. Цифровой инжиниринг для создания изделий высокой степени технологической сложности на основе цифровых двойников // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2024. – № 3 (133). – С. 98–104. – https://doi.org/10.53816/20753608_2024_3_98. – EDN: MMJFFJ.
7. Васильева Е. В., Точилкина Т. Е. Синергия подходов дизайн-мышления и процессной трансформации // Управление. – 2020. – Т. 8, № 1. – С. 83–93. – <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2020-1-83-93>. – EDN: KFCJSQ.
8. Гибсон Дж. Экологический подход к зрительному восприятию : Пер. с англ./ Общ. ред. и вступ. ст. А. Д. Логвиненко. – М.: Прогресс, 1988. – 464 с.
9. Горохов В. Г. Эволюция инженерии: от простоты к сложности : монография. – Рос. акад. наук, Ин-т философии. – М.: ИФРАН, 2015. – 199 с. – EDN: ZQSIHP.
10. 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.
11. Ивахненко Е. Н., Ковальзон М. М. Будет ли присуждена искусственному интеллекту нобелевская премия в 2040 году? // Информационное общество. – 2024. – № 2. – С. 2–10. – https://doi.org/10.52605/16059921_2024_02_02. – EDN: QKWWLY.
12. Иващенко А. В., Чертыковцева Н. В. Передовая медицинская инженерная школа самарского государственного медицинского университета // Информационные системы и технологии (ИСТ 2023): Труды научно-технической конференции с международным участием, Самара, 19–21 июня 2023. – С. 292–294. – EDN: KUQQAS.
13. Карелов С. В. «Ловушка Гудхарта» для AGI: проблема сравнительного анализа искусственного интел-

лекта и интеллекта человека // Ученые записки Института психологии РАН. – 2023. – Т. 3, № 3. – С. 5–22. – https://doi.org/10.38098/proceedings_2023_03_03_02. – EDN: PGLTRT.

14. Карлов А. Г., Шпаковский Н. А. Особенности алгоритмов решения изобретательских задач и софта для поддержки процессов проектирования средств автоматизации инструментами ОТСМ-ТРИЗ-технологий // Автоматизация и измерения в машино-приборостроении. – 2018. – № 4 (4). – С. 3–16. – EDN: YLQPDN.

15. Крылов Н. А. Моделирование креативности в искусственном интеллекте: возможности и границы // Семиотические исследования. – 2024. – Т. 4, № 3. – С. 31–36. – <https://doi.org/10.18287/2782-2966-2024-4-3-31-36>. – EDN: НВУХХ.

16. Лапшин В. А. Онтологии в компьютерных системах. – М.: Научный мир, 2010. – 222 с.

17. 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.

18. Нестеров А. Ю. Эпистемологические и онтологические проблемы философии техники: «Четвёртое царство» Ф. Дессауэра // Онтология проектирования. – 2016. – Т. 6, № 3 (21). – С. 377–389. – <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2016-6-3-377-389>. – EDN: WMXBUB.

19. Пирс Ч. С. Что такое знак? // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. – 2009. – № 3(7). – С. 88–95. – EDN: LALUPH.

20. Пудовкин Ю. А., Черняков А. А. Теория органопроекции Эрнста Каппа в осмыслении современной техники (на примере виброизоляции малогабаритных пневматических молотков) // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения: Гуманитарные исследования. – 2017. – № 2. – С. 19–23. – EDN: YLQKAS.

21. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. 4-е издание. – Хобокен: Пирсон, 2021 – 1409 с.

22. Собиров Б. Ш. Дизайн и бизнес в цифровом мире: организационные особенности формирования дизайн-мышления // Эргодизайн. – 2022. – № 1 (15). – С. 14–23. – <https://doi.org/10.30987/2658-4026-2022-1-14-23>. – EDN: ОТВАХИ.

23. Тульчинский Г. Л. Современный университет – генератор образа будущего или монетизации настоящего? // Ярославский педагогический вестник. – 2023. – № 4 (133). – С. 190–194. – https://doi.org/10.20323/1813-145X_2023_4_133_190. – EDN: QDXAUU.

24. Уилсон Э. Эусоциальность. Люди, муравьи, голые землекопы и другие общественные животные. М.: Альпина нон-фикшн. – 2019. – 158 с.

25. Халиулин Р. А. Цифровые двойники как инструмент мониторинга производственных процессов в Индустрии 4.0 // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2023. – Т. 25, № 2 (112). – С. 45–50. – <https://doi.org/10.37313/1990-5378-2023-25-2-45-50>. – EDN: DSPFFQ.

26. Энгельмейер П. К. Теория творчества / С предисл. Д. Н. Овсяннико-Куликовского, Э. Маха. Изд. 3-е. – М.: ЛИБРОКОМ, 2010. – 208 с.

27. Энгельмейер П. К. Философия техники. СПб.: Лань, 2013. – 93 с.

28. 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.).

29. Greeno J. G. (1994) Gibson's affordances. *Psychological review*. Vol. 101, No. 2. – pp. 336–342. (In Eng.).

30. Heras-Escribano M. (2019) The Philosophy of Affordances. – Palgrave Macmillan, XI. – 232 p. (In Eng.).

31. Norman D. A. (2013) The Design of Everyday Things. Revised and Expanded edition. – New York: Basic Books. – 368 p. (In Eng.).

32. Schoenfeld A. (1987) Polya, Problem Solving, and Education. *Mathematics Magazine*, Vol. 60, No. 5. – pp. 283–291. (In Eng.).

References

1. Altshuller, G. (2008) *Nayti ideyu: Vvedeniye v TRIZ teoriyu resheniya izobretatel'skikh zadach* [Find an idea: Introduction to the TRIZ theory of inventive problem solving]. М.: Alpina Publisher, 409 p.

2. Asmolov, A. G., Shekhter, E. D., Chernorizov, A. M. (2017) [Pre-adaptation to uncertainty as a navigation strategy for developing systems: evolution routes]. *Voprosy psichologii* [Questions of Psychology]. Vol. 4, pp. 3–26. (In Russ.).

3. Asmolov, A. G., Shekhter, E. D., Chernorizov, A. M. (2021) [The paradox of the coexistence of adaptation and

preadaptation in the historical-evolutionary process]. *Voprosy psichologii* [Questions of Psychology]. Vol. 67. No. 4, pp. 3–20. (In Russ.).

4. Akhmedyanova, G. F., Pishchukhin, A. M. (2022) [Ontological analysis of the project of an advanced engineering school]. *Ontologiya proektirovaniya* [Ontology of designing]. Vol. 12. No. 3 (45), pp. 299–309. – <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2022-12-3-299-309>. (In Russ.).

5. Bogomolova, I. S. (2023) [Design thinking: from the name to the essence of the method]. *Arhitektura i sovremennye informacionnye tekhnologii* [Architecture and modern information technologies]. Vol. 4 (65), pp. 92–102. – <https://doi.org/10.24412/1998-4839-2023-4-92-102>. (In Russ.).

6. Borovkov, A. I., Kulemin, V. Yu. (2024) [Digital engineering for creating products of high technological complexity based on digital twins]. *Izvestiya Rossijskoj akademii raketnyh i artillerijskih nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences]. Vol. 3 (133), pp. 98–104. – https://doi.org/10.53816/20753608_2024_3_98. (In Russ.).

7. Vasilyeva, E. V., Tochilina, T. E. (2020) [Synergy of design thinking and process transformation approaches]. *Upravlenie* [Management]. Vol. 8. No. 1, pp. 83–93. – <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2020-1-83-93>. (In Russ.).

8. Gibson, J. (1988) *Ekologicheskiy podkhod k zritel'nomu vospriyatiyu* [An ecological approach to visual perception]. Edited by A. D. Logvinenko. Moscow: Progress, 464 p. (In Russ., transl. from Eng.).

9. Gorokhov, V. G. (2015) *Evolutsiya inzhenerii: ot prostoty k slozhnosti* [Evolution of engineering: from simplicity to complexity]. Rus. Academy of Sciences, Institute of Philosophy. Moscow: IFRAS, 199 p.

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

11. Ivakhnenko, E. N., Kovalzon, M. M. (2024) [Will Artificial Intelligence Be Awarded the Nobel Prize in 2040?]. *Informacionnoe obshchestvo* [Information Society]. Vol. 2, pp. 2–10. – https://doi.org/10.52605/16059921_2024_02_02. (In Russ.).

12. Ivaschenko, A. V., Chertykovtseva, N. V. (2023) [Advanced Medical Engineering School of Samara State Medical University]. *Informacionnye sistemy i tekhnologii (IST 2023): Trudy nauchno-tekhnicheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem* [Information Systems and Technologies (IST 2023): Proceedings of the Scientific and Technical Conference with International Participation]. Samara, June 19–21, pp. 292–294. (In Russ.).

13. Karelov, S. V. (2023) [«Goodhart's Trap» for AGI: The Problem of Comparative Analysis of Artificial Intelligence and Human Intelligence]. *Uchenye zapiski Instituta psichologii RAN* [Scientific Notes of the Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences]. Vol. 3. No. 3, pp. 5–22. – https://doi.org/10.38098/proceedings_2023_03_03_02. (In Russ.).

14. Karlov, A. G., Shpakovsky, N. A. (2018) [Features of algorithms for solving inventive problems and software to support the design processes of automation tools using OTSM-TRIZ technologies]. *Avtomatizatsiya i izmereniya v mashino-priborostroenii* [Automation and measurements in mechanical and engineering and instrumentation]. No. 4 (4), pp. 3–16. (In Russ.).

15. Krylov, N. A. (2024) [Modeling creativity in artificial intelligence: possibilities and limits]. *Semioticheskie issledovaniya* [Semiotic studies]. Vol. 4. No. 3, pp. 31–36. – <https://doi.org/10.18287/2782-2966-2024-4-3-31-36>. (In Russ.).

16. Lapshin, V. A. (2010) *Ontologii v komp'yuternykh sistemakh* [Ontologies in computer systems]. Moscow: Scientific world, 222 p.

17. 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. – <https://doi.org/10.17223/1998863X/71/12>. (In Russ.).

18. Nesterov, A. Yu. (2016) [Epistemological and ontological problems of the philosophy of technology: F. Dessauer's «The Fourth Kingdom»]. *Ontologiya proektirovaniya* [Ontology of Designing]. Vol. 6, No. 3 (21), pp. 377–389. – <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2016-6-3-377-389>. (In Russ.).

19. Pierce, C. S. (2009) [What is a sign?]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Filosofiya. Sociologiya. Politologiya* [Bulletin of Tomsk State University. Philosophy. Sociology. Political Science]. Vol. 3(7), pp. 88–95. (In Russ.).

20. Pudovkin, Yu. A., Chernyakov, A. A. (2017) [Ernst Kapp's organoprojection theory in understanding modern technology (using vibration isolation of small-sized pneumatic hammers as an example)]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya: Gumanitarnye issledovaniya* [Bulletin of the Siberian State Transport University: Humanitarian Research]. Vol. 2, pp. 19–23. (In Russ.).

21. Russell, S., Norvig, P. (2021) *Iskusstvennyy intellekt: sovremennyy podkhod* [Artificial Intelligence: A Modern Approach]. 4th edition. Hoboken: Pearson, 1409 p.
22. Sobirov, B. Sh. (2022) [Design and Business in the Digital World: Organizational Features of the Formation of Design Thinking]. *Ergodizajn* [Ergodesign]. Vol. 1 (15), pp. 14–23. – <https://doi.org/10.30987/2658-4026-2022-1-14-23>. (In Russ.).
23. Tulchinsky, G. L. (2023) [Modern University - a Generator of the Image of the Future or Monetization of the Present?]. *Yaroslavskiy pedagogicheskij vestnik* [Yaroslavl Pedagogical Bulletin]. Vol. 4 (133), pp. 190–194. – https://doi.org/10.20323/1813-145X_2023_4_133_190. (In Russ.).
24. Wilson, E. (2019) *Eusotsial'nost'. Lyudi, murav'i, golyye zemlekopy i drugiye obshchestvennyye zhivotnyye* [Eusociality. People, Ants, Naked Mole Rats, and Other Social Animals]. Moscow: Alpina Non-Fiction, 158 p.
25. Khaliulin, R. A. (2023) [Digital Twins as a Tool for Monitoring Production Processes in Industry 4.0]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk* [Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. Vol. 25. No. 2 (112), pp. 45–50. – <https://doi.org/10.37313/1990-5378-2023-25-2-45-50>. (In Russ.).
26. Engelmeyer, P. K. (2010) *Teoriya tvorchestva* [Theory of creativity]. With a preface by D.N. Ovsyaniko-Kulikovskiy, E. Makh. 3rd ed. M.: LIBROKOM, 208 p.
27. Engelmeyer, P. K. (2013) *Filosofiya tekhniki* [Philosophy of technology]. St. Petersburg: Lan, 93 p. (In Russ.).
28. 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.).
29. Greeno, J. G. (1994) Gibson's affordances. *Psychological review*. Vol. 101, No. 2, pp. 336–342. (In Eng.).
30. Heras-Escribano, M. (2019) The Philosophy of Affordances. *Palgrave Macmillan*. XI, 232 p. (In Eng.).
31. Norman, D. A. (2013) The Design of Everyday Things. Revised and Expanded edition. *New York: Basic Books*, 368 p. (In Eng.).
32. Schoenfeld, A. (1987) Polya, Problem Solving, and Education. *Mathematics Magazine*, Vol. 60, No. 5, pp. 283–291. (In Russ.).

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

Михаил Александрович Терехин, аспирант, научная специальность 2.3.8 Информатика и информационные процессы, Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

ORCID iD: 0009-0004-1127-0978, **Scopus Author ID:** 6602860360

e-mail: terexin.m.a@yandex.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.

Терехин М. А. – разработка онтологии и практическая реализация в медицинской инженерии.

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

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила в редакцию: 25.11.2024; принята в печать: 30.01.2025.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Anton Vladimirovich Ivaschenko, Doctor of Technical Sciences, 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

Mikhail Aleksandrovich Terekhin, postgraduate student, scientific specialty 2.3.8 Computer Science and Information Processes, Penza State Technological University, Penza, Russia

ORCID iD: 0009-0004-1127-0978, **Scopus Author ID:** 6602860360

e-mail: terexin.m.a@yandex.ru

Alexander Yuryevich Nesterov, Candidate of Philological Sciences, Doctor of Philosophy, Director of the Social and Humanitarian Institute, Head of the Department of Philosophy, Samara National Research University, 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.

Terekhin M. A. – ontology development and practical implementation in medical engineering.

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

There is no conflict of interest.

The paper was submitted: 25.11.2024.

Accepted for publication: 30.01.2025.

The authors have read and approved the final manuscript.