

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 004.023:9

Научная статья

DOI: 10.18287/2223-9537-2026-16-1-14-24



Жизнеспособность как обобщённая характеристика свойств технической системы

© 2026, С.В. Микони ✉, Б.В. Соколов

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН (СПб ФИЦ РАН),
Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН),
Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

В связи с увеличением состава интеллектуальных функций и свойств современных технических систем, присущих живому организму, существует необходимость обобщения этих свойств. В качестве понятия, отражающего свойства живых систем, рассматриваются разные трактовки жизнеспособности системы в различных предметных областях. В работе за основу понятия жизнеспособности принят термин «жизнь», отличительные признаки которого сформулированы в рамках биологии и смежных с ней дисциплин. С применением логико-лингвистического анализа этих признаков показана бóльшая общность понятия жизнеспособности индивидуума по отношению к жизнеспособности популяции с присущими ей свойствами репродукции и эволюции. Рассмотрены условия применимости этого понятия к одиночной технической системе. В статье решается задача построения онтологической модели жизнеспособности технической системы на основе предложенного определения этого понятия. Качество жизни технической системы предложено рассматривать с точки зрения реализуемости свойств жизнеспособности в условиях изменения внутренней и внешней среды. Определён перечень этих свойств. Предложена онтологическая модель жизнеспособности технической системы в виде ориентированного графа, корневой вершиной которого является жизнеспособность системы, а висячими вершинами – свойства, обеспечивающие жизнь системы. Если принять жизнеспособность технической системы за собирательное свойство, мера его полноты определяется составом присущих ей терминальных свойств. Предложены способы оценивания меры жизнеспособности.

Ключевые слова: понятие, жизнеспособность, определение, свойство, показатель, жизнь, система, состояние, стабильность, развитие.

Цитирование: Микони С.В., Соколов Б.В. Жизнеспособность как обобщённая характеристика свойств технической системы. *Онтология проектирования*. 2026. Т.16, №1(59). С.14-24. DOI: 10.18287/2223-9537-2026-16-1-14-24.

Финансирование: исследования проводились в рамках бюджетной темы FFZF-2025-0020.

Вклад авторов: Микони С.В. – разделы 2-6, заключение, 5 – совместно; Соколов Б.В. – введение, раздел 1, 5 – совместно.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение

Техника, как искусственная среда обитания, исторически развивалась и продолжает развиваться путём заимствования свойств живых организмов. Вначале это касалось физических и энергетических свойств живого. Затем наступила эра информатики, реализующей умственные способности живых организмов вплоть до попыток моделирования интеллекта человека. В практическом плане она ознаменовалась включением процессоров в исполнительные

устройства [1]. Итогом симбиоза физических, энергетических и информационных свойств в рамках одной системы стали *киберфизические системы* (КФС) [2].

Приобретение современной технической системой (ТС) всё новых свойств, присущих живым организмам, например самообучение, придаёт ей новые возможности приспособления к изменениям внешней среды. Такие свойства, как адаптация и самоорганизация, не только продлевают жизненный цикл (ЖЦ) ТС, но и создают предпосылки к её автономному функционированию, что можно трактовать как искусственную жизнь. Поддержание искусственной жизни уместно рассматривать как жизнеспособность (ЖС) ТС. Подобно термину КФС термин ЖС носит обобщающий характер применительно к следующим свойствам: устойчивость (Уст), сопротивляемость воздействиям среды (Сопр), безопасность (Безоп), исправность (Испр), работоспособность (Раб), надёжность (Над), восстанавливаемость (Восст), живучесть (Жив), адаптируемость (Ад). В этом смысле представляет интерес установление связи между понятием ЖС и перечисленными свойствами ТС, что и является предметом исследования данной работы.

1 Обзор трактовок понятия «жизнеспособность»

Понятие ЖС не ново в научной литературе и применяется во многих областях научного знания. В каждой области знания от естественных до общественных наук даётся своё определение этому понятию [3]. В [4] проведён анализ понимания ЖС в философии, кибернетике, истории, экономике и социальных науках и сделана попытка доказать, что английский термин *resilience* наиболее полно отражает понятие ЖС. Это слово переводится как гибкость, упругость, эластичность, устойчивость (к внешним воздействиям) и как способность быстро восстанавливать здоровое физическое и душевное состояние. Оно происходит от латинского *resili*, что означает «вернуться», «прийти в исходное состояние». Эта трактовка понятия ЖС развита в [5] применительно к ЖС человека и семьи, а также нашла применение в промышленности и экономике, например, в словосочетании «устойчивое развитие» [6]. Согласно [7] всякая ЖС относительна; она существует только по отношению к той или иной данной среде, и рассматривается как форма проявления активности и адаптивности системы.

В [8] предложена модель ЖС системы, основанная на принципах функционирования мозга, а в [9] – подход, базирующийся на концепции [8], где ЖС рассматривается с позиции устойчивости проекта и системы. В [10] предложены концептуальная модель ЖС критической инфраструктуры на базе функционально-целевого подхода и теории управления, формализация понятий «критическая инфраструктура» и «ЖС», конкретизирующая содержание предметной области (ПрО) исследования с помощью новых формальных конструкций.

Работа [11] посвящена выбору программных средств обработки многомерных данных для использования в задачах исследования ЖС региональных социально-экономических систем. Предложена схема программного решения моделирования ЖС. В [12] в качестве объекта ЖС рассматривается управление социально-экономической системой с позиции её экономического, социального эффекта и долговечности, где ЖС система должна удовлетворять условиям сложности и разнообразия.

В [13] ЖС определена как способность к восстановлению – способность системы восстанавливать рабочее состояние после его нарушения, что отражает частный характер этого определения ЖС.

Учитывая общность отличительных признаков, присущих понятию ЖС, в [14] отмечено, что «наука нуждается в междисциплинарной обобщающей теории ЖС любых систем». Для создания онтологической модели (ОМ) понятия ЖС, включающей отличительные признаки (далее существенные признаки – СП), востребован логико-лингвистический анализ [15].

2 Логико-лингвистический анализ понятия «жизнеспособность»

Логико-лингвистический анализ понятий выполняется с применением логических операций над их содержанием и объёмом. Совокупность признаков, выделяющих понятие среди других (содержание понятия), и характеризующих им сущностей (объём понятия) представляют собой множества. Изоморфизм булевой алгебры и теории множеств устанавливает связь между логическими (\vee, \wedge, \neg) и теоретико-множественными операциями (\cup, \cap, \setminus) [16].

В силу конечного числа известных СП содержание понятия a задаётся в перечислительной форме:

$$C(a) = \{C_1(a), \dots, C_j(a), \dots, C_l(a)\}, \quad (1)$$

а его объём, представляющий собой открытое множество (класс), – в описательной форме:

$$V(a) = \{a_i \mid \forall C_j(a) \in C(a)\}. \quad (2)$$

Согласно этим формулам содержание понятия ЖС ТС представляется перечислением присущих ему свойств из списка, сформированного при постановке задачи:

$$C(\text{ЖС ТС}) = \{\text{Уст, Сопр, Безоп, Испр, Раб, Над, Восст, Жив, Ад}\}.$$

Количественно содержание понятия ЖС ТС оценивается числом характеризующих его СП: $l_{C(\text{ЖС ТС})} = |C(\text{ЖС ТС})| = 9$.

Объём понятия ЖС ТС представляется множеством сущностей $x \in X$, СП которых соответствуют содержанию понятия ЖС: $V(\text{ЖС ТС}(x)) = \{x \mid C(\text{ЖС ТС}(x)) = C(\text{ЖС ТС})\}$.

Список свойств ЖС ТС не содержит такого свойства, присущее живым системам (ЖивС), как воспроизводство (Впр). ЖС ЖивС является видовым по отношению к родовому для него понятию ЖС ТС. Через содержания этих понятий отношение наследования выражается отношением включения множеств: $C(\text{ЖС ТС}) \subset C(\text{ЖС ЖивС})$. Это означает, что понятие ЖС ТС обладает большей *обобщающей* способностью, чем понятие ЖС ЖивС, поскольку характеризуется меньшим количеством СП.

Согласно закону двойственности содержания и объёма между объёмами понятий ЖС ТС и ЖС ЖивС имеет место обратное отношение включения:

$$V(\text{ЖС ТС}) \supset V(\text{ЖС ЖивС}). \quad (3)$$

Чем обширнее набор признаков, составляющих содержание понятия, тем уже класс объектов, удовлетворяющих им, и, наоборот, чем уже содержание понятия, тем шире его объём: $N_{\text{ЖС ТС}(x)} > N_{\text{ЖС ЖивС}(x)}$.

В соответствии с этим понятие ЖС ТС является более *общим* по отношению к понятию ЖС ЖивС. На этом основании оно и считается родовым по отношению к понятию ЖС ЖивС, получаемым из содержания понятия ЖС ТС по формуле наследования.

Аналогично определяется отношение между понятием ЖС ТС и частичной ЖС ТС (ЧЖС ТС), если под понятием ЖС ТС понимать *полную* ЖС ТС. Тогда для любого набора СП ЖС ТС, меньшего числа 9, имеет место $C(\text{ЖС ЧТС}) \subset C(\text{ЖС ТС})$ и $V(\text{ЖС ЧТС}) \supset V(\text{ЖС ТС})$.

3 Определение понятия «жизнеспособность»

Понятие ЖС по способу словообразования относится к классу межвидовых понятий. Его родителями являются понятия «жизнь» и «способность». Способность сущности к чему-либо отражает наличие у неё некоторого присущего ей свойства. Анализ лингвистической структуры 123-х определений жизни позволил обнаружить в них базовое ядро [17], которое включено в минимальное определение жизни, как «самовоспроизводство с изменчивостью».

В [18] «жизнь – это активная форма существования материи от рождения до смерти, которая в обязательном порядке содержит в себе свойства живого». К свойствам живого относятся клеточный состав и строение (структура) материи [19]. Важнейшим свойством живого

является воспроизведение себе подобных, обеспечивающее непрерывность и преемственность жизни. Применительно к живой природе процесс развития, сопровождающийся изменением генетического состава популяций, формированием адаптаций, видообразованием и вымиранием видов, преобразованием экосистем и биосферы в целом, назван *эволюцией* [20].

Содержание понятия ЖС можно обобщить следующим определением: ЖС – это *способность системы оставаться живой с различным уровнем качества жизни (КЖ) при не критичных для неё воздействиях внутренней и/или внешней среды*.

В медицине под КЖ понимается интегральная характеристика *физического, психологического, эмоционального и социального* функционирования человека, основанная на его субъективном восприятии [21]. С точки зрения ЖС человека под КЖ понимается «уровень удовлетворения материальных, духовных и социальных потребностей, уровень интеллектуального, культурного и физического развития, а также степень обеспечения безопасности жизни» [22]. Под различным уровнем КЖ понимается сохранение, ухудшение, улучшение характеристик функционирования и ЖС системы. Под критичными для жизни понимаются воздействия внутренней и/или внешней среды, влекущие утраты системой свойств живого.

Предложенное определение понятия ЖС сформулировано для популяции организмов на основе свойств всего живого. Если рассматривать ЖС отдельного представителя популяции (индивидуума), то такие СП, как репродукция и эволюция, становятся не востребуемыми. Согласно (3) исключение их из определения ЖС влечёт увеличение общности этого понятия, т.е. ЖС индивидуума играет роль родового понятия по отношению к ЖС популяции.

Поскольку в определении ЖС не указывается назначение системы, оно применимо к системам любой, в т.ч. и искусственной природы, в которых воспроизводятся свойства живого без дополнительных свойств популяции. В определении ЖС конкретной ПрО уточняется, что понимается под КЖ конкретной системы.

Исследование взаимосвязи СП в рамках ОМ ЖС ТС предполагает изоляцию ТС от среды её обслуживания. Речь идёт об исключении участия человека в функционировании ТС. Рассматривается одиночная ТС, чтобы исключить свойства популяции и коллективной работы.

4 Метод построения онтологической модели понятия «жизнеспособность технической системы»

ОМ понятия ЖС ТС должна связывать обобщающее понятие ЖС с девятью СП. ОМ обобщающего понятия может быть представлена ориентированным графом с корневой вершиной ЖС ТС и висячими (терминальными) вершинами СП [23]. Задача заключается в нахождении признаков ветвления дерева (оснований деления свойств или СП), применение которых позволяет связать корневую вершину ЖС с каждой терминальной вершиной дерева.

Связывание терминальной вершины графа с предыдущей означает потерю одной из степеней свободы соответствующего понятия. Эта потеря требует обоснования. Её источником является классификационный СП, выбор которого неоднозначен. Он зависит от способа разбиения исходного множества свойств ТС, вошедших в С(ЖС ТС) понятия ЖС ТС. Наиболее простым способом разбиения исходного множества свойств ТС является последовательное выделение одного из них на каждом шаге разбиения. Этот способ характеризуется максимальным числом шагов разбиения: $l_{\max} = N - 1$, где N – множество СП. Минимальное число шагов дихотомического разбиения исходного множества (число уровней дерева) оценивается формулой: $l_{\min} = \log_2 N$. В задаче с $N = 9$ берётся наибольшее значение $\log_2 9$, т.е. $l_{\min} = 4$. Способ дихотомического деления свойств ТС удобен не только минимальным числом шагов, но и противоположными значениями классификационных признаков типа Да / Нет. Граф ЖС

ТС, построенный дихотомическим разбиением исходного множества свойств ТС, изображён на рисунке 1. Нижний уровень вершин графа связан с учётом человеческого фактора.

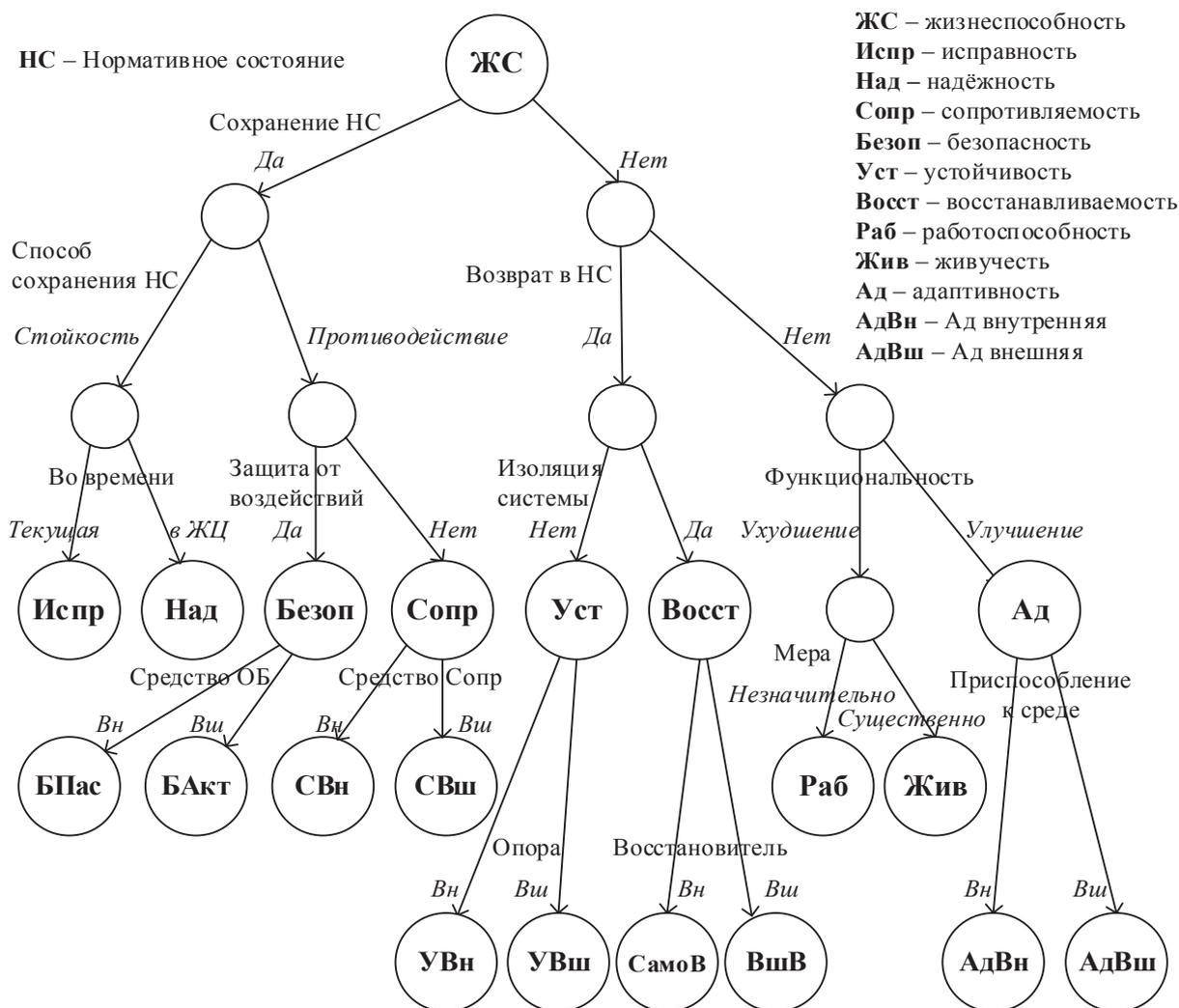


Рисунок 1 - Граф понятия «жизнеспособность технической системы»

КЖ ТС может быть представлено двумя обобщёнными свойствами – стабильностью и развитием [24]. Они различаются нормативным состоянием (НС) ТС. Стабильность характеризуется сохранением НС ТС. Оно выражается соответствием фактических значений показателей, характеризующих терминальные свойства ТС, нормативным значениям. Фактические значения показателей ТС могут отклоняться от нормы как в нежелательную, так и в желательную стороны. Причиной первого случая является воздействие внешней или внутренней среды ТС. Причиной второго случая является улучшение КЖ ТС, например, за счёт самообучения. На верхнем уровне графа свойства ТС делятся на две группы: свойства, способствующие сохранению НС ТС, и свойства, подверженные изменениям. В качестве основания деления на эти группы используется признак «Сохранение НС» со значениями Да и Нет. Первая группа свойств отражает стабильность системы, а вторая – ухудшение или улучшение КЖ ТС. На втором уровне левой ветви графа рассматриваются способы сохранения НС системы. К ним относятся стойкость системы по отношению к воздействиям и противодействие им. Стойкость можно охарактеризовать свойствами ТС *исправность* и *надёжность*.

Эти свойства можно разделить относительно времени сохранения НС ТС. Система находится в исправном состоянии (Испр), если значения всех показателей (параметров) соответствуют значениям, заданным в нормативной документации. Временные параметры пребывания системы в исправном (работоспособном) состоянии оцениваются показателями надёжности (Над) [25].

Вторым способом сохранения НС ТС является противодействие оказываемым на неё воздействиям, которое характеризуется свойствами сопротивляемости ТС и обеспечения её безопасности. Противодействие ТС воздействиям за счёт задействования внутренних (Вн) или привлечения внешних (Вш) ресурсов отражает меру её сопротивляемости (Сопр). Под внешним ресурсом понимается участие человека или другой внешней системы для поддержания соответствующего свойства.

Меры, предпринимаемые для защиты ТС от воздействий, относятся к обеспечению её безопасности (Безоп). Безопасность обеспечивается как пассивными (БПас) средствами, так и активными (БАкт). Для разделения этих свойств используется классификационный признак «Средство обеспечения безопасности (ОБ)». Примерами пассивных средств ОБ могут быть маскировка и пр., активным средством ОБ является воздействие на источник опасности с целью её устранения.

В правой ветви графа рассматриваются свойства системы, связанные с изменением её состояния, которые делятся на две группы и отражают возврат и невозврат в НС. Возврат системы к НС осуществляется за счёт таких её свойств как *устойчивость* (Уст) и *восстанавливаемость* (Восст). Различие между ними состоит в том, что на время восстановления система выходит на определённый промежуток времени из рабочего режима, что соответствует неработоспособности ТС вследствие нарушения НС (см., например, [26, п.4.2.5.4]).

Устойчивость и *восстанавливаемость* ТС достигаются за счёт её внутренних (УВн и СамоВ) и внешних (УВш и ВшВ) ресурсов. Устойчивость с опорой на внутренние ресурсы называется отказоустойчивостью [26, п.4.2.5.3]. Процесс восстановления работоспособности ТС с применением внешних ресурсов называется *ремонт*.

Новое состояние ТС может характеризоваться как ухудшением, так и улучшением её КЖ. Незначительное отклонение от НС ТС при сохранении её функциональности рассматривается как состояние *работоспособности* (Раб).

Ухудшение состояния ТС, связанное с частичной потерей работоспособности, характеризуется таким её свойством, как *живучесть* (Жив). Улучшение состояния ТС связывается с её развитием путём приспособления к существенным изменениям среды. Переход ТС в новое состояние осуществляется за счёт её обучения при взаимодействии со средой. Гармонизация отношения с внутренней средой отражает *внутреннюю адаптивность* (АдВн) ТС, а с внешней средой – *внешнюю адаптивность* ТС (АдВш).

Все терминальные свойства (вершины графа) могут быть конкретизированы применительно к любой ПрО. Общий верхний уровень для всех ПрО позволяет сопоставлять оценки их ЖС между собой с учётом меры полноты ЖС ТС. Под мерой полноты ЖС ТС понимается подмножество свойств ЖС, присущее конкретной ТС [27-29].

5 Оценивание меры жизнеспособности системы

Оценивание меры ЖС ТС осуществляется способом обобщённых оценок альтернатив в иерархической модели многомерного оценивания в задаче многоцелевой оптимизации [30]. Каждое из терминальных свойств ТС оценивается по крайней мере одним измеряемым или расчётным показателем. Первичной задачей является выбор измеряемых показателей, харак-

теризующих конкретную ТС. Свойство ТС может рассматриваться в вещественном, энергетическом и информационном аспектах.

На выбор показателя влияет назначение ТС. Показатели различных свойств ТС измеряются в разных шкалах. Способом получения обобщённой оценки по всем показателям является их нормализация. Выбор единой шкалы зависит от способа измерения показателей. Простейший способ – это указание на наличие / отсутствие свойства, т.е. применение двоичной системы. Наличие хотя бы одного нуля в двоичной оценке свойств ТС означает её не полную ЖС. Другим способом являются экспертное оценивание по качеству: высокое, среднее, низкое. Результирующая оценка качества ЖС ТС определяется по большинству голосов, отданных за каждую из оценок качества [28].

Наиболее информативной является численная оценка свойства ТС. Для этого можно использовать балльную шкалу, например $\{1, 10\}$. Если все показатели имеют численное значение, то они приводятся к единой шкале $\{0, 1\}$. В качестве обобщающей функции численных показателей может быть выбрана аддитивная или мультипликативная средневзвешенная свёртка показателей [29], которая предполагает задание весовых коэффициентов.

Многомерная оценка позволяет выполнять количественное сравнение ЖС систем различного применения, оценённых на одинаковом наборе первичных свойств ЖС.

6 Пример

Близким примером одиночной ТС является беспилотный летательный аппарат (БПЛА), обладающий достаточной автономностью полёта. Такие БПЛА оснащаются средствами управления и искусственного интеллекта [31]. Для автономного полёта БПЛА должен обладать свойствами адаптивности и обучаемости. Обучаемость необходима для приспособления БПЛА к изменениям внутренней и внешней среды, позволяя прогнозировать будущие ситуации. БПЛА должен содержать следующие системы: навигации; реагирования и адаптации к событиям; контроля технического состояния; связи с оператором.

Каждую из перечисленных систем можно охарактеризовать терминальными свойствами и оценить численно соответствующими показателями. Система навигации характеризуется точностью определения места нахождения БПЛА. Система реагирования на события оценивается типом и числом событий, на которые она способна реагировать по отношению к заданному списку возможных событий. Качество системы адаптации оценивается числом новых (нештатных) событий. Система контроля технического состояния оценивается отношением числа обнаруживаемых отказов и сбоев к количеству возможных отказов и сбоев. Система связи с оператором характеризуется коэффициентом готовности связи.

Имея численные оценки соответствующих показателей, можно рассчитать многомерную оценку ЖС БПЛА. Для получения численных оценок ЖС БПЛА, как комплексной оценки его качества, требуется более детальное изучение его свойств по всем составляющим – вещественной, энергетической и информационной.

Заключение

Понятие «жизнеспособность» востребовано в различных отраслях знания. В настоящей статье предпринята попытка обобщить понятие ЖС ТС. Любое свойство ТС может быть измерено качественным или количественным показателем, что позволяет получать обобщённые оценки ЖС ТС и сопоставлять ТС по единому показателю независимо от их назначения и сложности. Полнота оценки зависит от состава используемых свойств ЖС, присущих оцениваемой ТС.

Предложенная ОМ представляет в основном теоретический интерес и может быть принята за основу в дальнейших исследованиях ЖС ТС.

Список источников

- [1] *Heath S.* Embedded Systems Design. EDN Series for Design Engineers (2nd ed.). 2003.
- [2] *Lee E.A., Seshia S.A.* Introduction to Embedded Systems: A Cyber-Physical Systems Approach, Second Edition, MIT Press, 2017.
- [3] *Ахиезер А.С.* Жизнеспособность российского общества. *Общественные науки и современность*. 1996. № 6. С.58–66.
- [4] *Махнач А.В.* Жизнеспособность как междисциплинарное понятие. *Психологический журнал*. 2012. Т.33 №6. С.84–98.
- [5] *Махнач А.В.* Жизнеспособность человека и семьи: социально-психологическая парадигма. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2016. 459 с.
- [6] *Дегтярев П.А.* Тенденции устойчивого развития отечественных компаний металлургической отрасли. *Вопросы регулирования экономики*. 2022. Т.13. №1. С.88–99. DOI 10.17835/2078-5429.2022.13.1.088-099.
- [7] *Богданов А.А.* Борьба за жизнеспособность. М.: Новая Москва, 1927. 160 с.
- [8] *Бир. С.* Мозг фирмы. М.: УРСС. 1972. 412 с.
- [9] *Зимин Н.Н.* К вопросу о долговечности проектов и формировании жизнеспособных систем. *Труды института системного анализа Российской Академии наук*. 2013. Т.63. №1. С.16–29.
- [10] *Маслобоев А.В., Быстров В.В.* Концептуальная модель жизнеспособности критических инфраструктур в контексте современной теории безопасности сложных систем. *Экономика. Информатика*. 2020. Т.47. №3 С.555–572. DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-3-555-572.
- [11] *Неупокоева Е.О., Быстров В.В.* Анализ OLAP-решений для исследования жизнеспособности региональных социально-экономических систем. *Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки*. 2023. Т.14, №7. С.52–67. DOI:10.37614/2949-1215.2023.14.7.006.
- [12] *Докторович А.Б.* Разнообразие и сложность жизнеспособной системы. *Пространство и Время*. 2015. №3(21). С.86–91. EDN: UNZCWH.
- [13] ГОСТ Р 71476-2024. Искусственный интеллект. Концепции и терминология искусственного интеллекта. М.: Российский институт стандартизации. 2024. 62 с. Дата введения 01.01.2025.
- [14] *Разумовский О.С., Хазов М.Ю.* Проблема жизнеспособности систем. *Гуманитарные науки в Сибири. Серия: Философия и социология*. 1998. №1. С.3–7.
- [15] *Поспелов Д.А.* Логико-лингвистические модели в системах управления. М.: Энергоиздат. 1981. 232 с.
- [16] *Кузнецов О.П.* Дискретная математика для инженера. СПб.: Лань, 2004. 400 с.
- [17] *Trifonov E.N.* Vocabulary of definitions of life suggests a definition. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*. 2011. V.29, no.2. P.259–266.
- [18] *Культурология. XX век: энциклопедия / Гл. ред., сост. С.Я. Левит.* СПб.: Университетская книга. 1998. 446 с.
- [19] *Кацнельсон З.С.* Клеточная теория в её историческом развитии. Ленинград: МЕДГИЗ, 1963. 344 с.
- [20] *Kutschera U., Niklas K.J.* The modern theory of biological evolution: an expanded synthesis. *Naturwissenschaften*. 2004. V.91, no.6. P.255–276.
- [21] *Новик А.А., Ионова Т.И., Шевченко Ю.Л.* Руководство по исследованию качества жизни в медицине. 2-е изд. М.: ОЛМА Медиа Групп; 2007. 320 с.
- [22] *Ковынёва О.А., Герасимов Б.И.* Управление качеством жизни. Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2006. 89 с.
- [23] *Kosovskaya T.M.* Isomorphism of predicate formulas as the base of logic ontology construction. *International Journal "Information Theory and Applications"*. 2020. 27(3). P.248–254.
- [24] *Микони С.В.* Моделирование отклонений показателей качества объекта от нормы. *Онтология проектирования*. 2024. Т.14, №2(52). С.167–180. DOI:10.18287/2223-9537-2024-14-2-167-180.
- [25] ГОСТ Р 27.102-2021. Надёжность в технике. Надёжность объекта. Термины и определения. М.: Российский институт стандартизации. 2021. 40 с. Дата введения 01.01.2022.
- [26] ГОСТ Р ИСО / МЭК 25010-2015. Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов. М.: Стандартинформ. 2015. 36 с. Дата введения 06.01.2016.
- [27] *Кимяев И.Т., Соколов Б.В.* Модельно-алгоритмическое обеспечение для решения задач синтеза контуров и технологий проактивного управления жизнеспособностью сложных объектов. *Мехатроника, автоматизация, управление*. 2025. 26(7). С.335–346. DOI: 10.17587/mau.25.335-346.

- [28] **Кимяев И.Т., Соколов Б.В.** Проблемы и методические подходы к повышению жизнеспособности производственных объектов на основе концепции эволюционного управления. *Информационные технологии*, 2023, Т.29. №1. С.23-32. DOI: 10.17587/it.29.23-32.
- [29] **Соколов Б.В., Миронов А.Н., Шестопалова О.Л.** Проактивная модернизация информационных систем на основе мониторинга функционального устаревания. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии*. 2023. №2. С.5-21. DOI: 10.17308/sait/1995-5499/2023/2/5-21.
- [30] **Микони С.В., Соколов Б.В., Юсупов Р.М.** Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов. М.: РАН. 2018. 314 с. DOI: 10.31857/S9785907036321000001.
- [31] **Абросимов В.К.** Функциональная автономность интеллектуальной системы управления беспилотного летательного аппарата. *Авиакосмическое приборостроение*, 2025. №4. С.41-49. DOI: 10.25791/aviakosmos.4.2025.1476.

Сведения об авторах



Микони Станислав Витальевич, 1936 г. рождения. Окончил Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта им. Образцова в 1963 г., д.т.н. (1992), профессор (1994), ведущий научный сотрудник СПИИРАН. В списке публикаций 350 работ, из них 2 монографии и 7 учебных пособий в области технической диагностики, дискретной математики, системного анализа, теории принятия решений, искусственного интеллекта. AuthorID (РИНЦ): 100261; Author ID (Scopus): 57192370467; Researcher ID (WoS): W-3236-2019; ORCID: 0000-0001-7153-6804. smikoni@mail.ru. ✉

Соколов Борис Владимирович, 1951 г. рождения. Окончил Военно-космическую академию им. А.Ф. Можайского в 1974 г., д.т.н. (1993), профессор (1994), главный научный сотрудник СПб ФИЦ РАН. В списке публикаций более 750 работ, из них 31 монография и учебные пособия в области управления сложными организационно-техническими объектами, системного анализа, теории принятия решений, искусственного интеллекта. AuthorID (РИНЦ): 118026; Author ID (Scopus): 7101767324; Researcher ID (WoS): S-1946-2016; ORCID: 0000-0002-2295-7570. sokolov_boris@inbox.ru.



Поступила в редакцию 25.09.2025, после рецензирования 19.12..2025. Принята к публикации 29.12.2025.



Scientific article

DOI: 10.18287/2223-9537-2026-16-1-14-24

Viability as a generalized characteristic of the properties of a technical system

© 2026, S.V. Mikoni ✉, B.V. Sokolov

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

Abstract

With the growing complexity of modern technical systems and the increasing number of intelligent functions and properties inherent to living organisms, there is a need to generalize these properties within a unified conceptual framework. Various interpretations of system viability are considered across different domains as concepts reflecting the properties of living systems. In this study, the notion of viability is grounded in the concept of *life*, whose distinguishing features have been formulated within biology and related disciplines. Through a logical–linguistic analysis of these features, the study demonstrates the broader generality of individual viability compared to population viability, which is characterized by properties of reproduction and evolution. The conditions under which this concept can be applied to an individual technical system are considered. This article addresses the problem of constructing an ontological model of the viability of a technical system based on the proposed definition. The quality of life of a technical system is interpreted in

terms of the realizability of viability properties under changing internal and external environments. A set of such properties is defined. An ontological model of the viability of a technical system is proposed in the form of a directed graph, where the root node represents the viability of the system, and the leaf nodes correspond to the properties that ensure the viability of the system. If the viability of a technical system is treated as an aggregate property, the degree of its completeness is determined by the set of terminal properties inherent to the system. Methods for assessing the measure of viability are proposed.

Keywords: *concept, viability, definition, property, indicator, life, system, state, stability, development.*

Citation: *Mikoni SV, Sokolov BV. Viability as a generalized characteristic of the properties of a technical system [In Russian]. *Ontology of designing*. 2026; 16(1): 14-24. DOI: 10.18287/2223-9537-2026-16-1-14-24.*

Financial support: Research carried out on this topic was carried out under budget topic FFZF-2022-0004.

Authors' contributions: *Mikoni SV.* – Sections 2-6, Conclusion; *Sokolov BV.* – Introduction, Section 1; Section 5 – joint contribution.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

List of figures

Figure 1 – Graph of the concept "Viability of a Technical System"

References

- [1] *Heath S.* Embedded Systems Design. EDN Series for Design Engineers (2nd ed.). 2003.
- [2] *Lee EA, Seshia SA.* Introduction to Embedded Systems: A Cyber-Physical Systems Approach, Second Edition, MIT Press, 2017.
- [3] *Akhiezer AS.* Viability of Russian society [In Russian]. *Social sciences and modernity*. 1996; 6: 58–66.
- [4] *Makhnach AV.* Vitality as an interdisciplinary concept [In Russian]. *Psychological Journal*. 2012; 33(6): 84-98.
- [5] *Makhnach AV.* Viability of an individual and family: a socio-psychological paradigm. [In Russian] Moscow: Publishing house "Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences", 2016. 459 p.
- [6] *Degtyarev PA.* Trends in sustainable development of domestic companies in the metallurgical industry / P. A. Degtyarev [In Russian]. *Journal of Economic Regulation*. 2022; 13(1): 88-99. DOI 10.17835/2078-5429.2022.13.1.088-099.
- [7] *Bogdanov AA.* The Struggle for Viability [In Russian]. Moscow: New Moscow, 1927.
- [8] *Bir S.* The brain of the firm [In Russian] Moscow: URSS. 2005. 412 p.
- [9] *Zimin NN.* On the issue of durability of projects and the formation of viable systems [In Russian] // Proceedings of the Institute of Systems Analysis of the Russian Academy of Sciences. 2013. Vol. 63. No. 1. Pp. 16-29.
- [10] *Masloboev AV, Bystrov VV.* Conceptual model of the viability of critical infrastructures in the context of modern security theory of complex systems [In Russian]. *Economics. Information technologies* 2020; 47(3): 555-572. DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-3-555-572.
- [11] *Neupokoeva EO, Bystrov VV.* Analysis of OLAP solutions for studying the viability of regional socio-economic systems [In Russian]. *Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Engineering Sciences*. 2023; 14(7): 52–67.
- [12] *Doctorovich AB.* Diversity and complexity of a viable system [In Russian]. *Space and Time*. 2015; 3(21): 86-91.
- [13] GOST R 71476-2024. Artificial intelligence. Artificial intelligence concepts and terminology [In Russian]. Moscow: Russian Institute of Standardization. 2024. 62 p. Effective date: 01.01.2025.
- [14] *Razumovsky OS, Khazov MYu.* The Problem of Viability of Systems [In Russian]. *Humanities in Siberia. Series: Philosophy and Sociology*. 1998; 1: 3–7.
- [15] *Pospelov DA.* Logical and linguistic models in control systems. [In Russian] Moscow: Energoizdat. 1981. 232 p.
- [16] *Kuznetsov OP.* Discrete Mathematics for an Engineer [In Russian]. St. Petersburg: Lan, 2004. 400 p.
- [17] *Trifonov EN.* Vocabulary of definitions of life suggests a definition. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*. 2011; 29(2): 259-266.
- [18] Cultural Studies. 20th Century: Encyclopedia [In Russian]. Ed.-in-chief, compiled by S.Ya. Levit. St. Petersburg: University Book. 1998. 446 p.
- [19] *Katsnelson Z.S.* Cell Theory in Its Historical Development. [In Russian] Leningrad: MEDGIZ, 1963. 344 p.
- [20] *Kutschera U, Niklas K.J.* The modern theory of biological evolution: an expanded synthesis (eng.) // *Naturwissenschaften*. 2004. Vol. 91, no. 6. P. 255—276.

- [21] **Novik AA, Ionova TI, Shevchenko YuL.** Guide to Researching Quality of Life in Medicine. 2nd ed. [In Russian] Moscow: OLMA Media Group; 2007. 320 p.
- [22] **Kovynева OA, Gerasimov BI.** Life quality management [In Russian]. Tambov: Tambov State Technical University, 2006. 89 p.
- [23] **Kosovskaya TM.** Isomorphism of predicate formulas as the base of logic ontology construction. *International Journal "Information Theory and Applications"*. 2020; 27(3): 248-254.
- [24] **Mikoni SV.** Modeling deviations of object quality indicators from the norm [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2024;14(2): 167-180. DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-2-167-180.
- [25] GOST R 27.102-2021. Reliability in Engineering. Object Reliability. Terms and Definitions [In Russian]. Moscow: Russian Institute of Standardization. 2021. 40 p. Effective date: 01.01.2022.
- [26] GOST R ISO/IEC 25010-2015. Information technology. Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). System and software quality models [In Russian]. Moscow: Standartinform. 2015. 36 p. Effective date 06.01.2016.
- [27] **Kimyaev IT, Sokolov BV.** Model-algorithmic support for solving problems of circuit synthesis and technologies for proactive control of the viability of complex objects [In Russian]. *Mechatronics, automation, control*. 2025; 26(7): 335-346. DOI: 10.17587/mau.25.335-346.
- [28] **Kimyaev IT, Sokolov BV.** Problems and methodological approaches to increasing the viability of production facilities based on the concept of evolutionary management [In Russian]. *Information Technologies*, 2023; 29(1): 23-32. DOI: 10.17587/it.29.23-32.
- [29] **Sokolov BV, Mironov AN, Shestopalova OL.** Proactive modernization of information systems based on monitoring functional obsolescence [In Russian]. *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Systems analysis and information technology*, 2023; 2: 5-21. DOI: 10.17308/sait/1995-5499/2023/2/5-21.
- [30] **Mikoni SV, Sokolov BV, Yusupov RM.** Qualimetry of models and multimodel complexes [In Russian]. Moscow: RAS. 2018. 314 p. DOI: 10.31857/S9785907036321000001.
- [31] **Abrosimov VK.** Functional autonomy of an intelligent control system of an unmanned aerial vehicle [In Russian]. *Aerospace instrument making*, 2025; 4: 41-49. DOI: 10.25791/aviakosmos.4.2025.1476.
-

About the author

Stanislav Vitalievich Mikoni (b. 1936) graduated from the Obraztsov Institute of Engineers of Railway Transport (Leningrad) in 1963, D. Sc. Eng. (1992), Professor (1994), Leading Researcher at the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. He is the author and a co-author of 350 publications, including 2 monographs and 7 textbooks in the fields of technical diagnostic, discrete mathematics, system analyses, artificial intelligence, and decision-making theory. AuthorID (РИИЛ): 100261; Author ID (Scopus): 57192370467; Researcher ID (WoS): W-3236-2019; ORCID: 0000-0001-7153-6804. smikoni@mail.ru. ✉

Boris Vladimirovich Sokolov (b.1951) graduated from the Military Space Academy named after A.F.Mozhaisky in 1974, D. Sc. Eng. (1993), Professor (1994), Chief Researcher at the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. He is the author and a co-author of more than 750 publications, including 31 monographs textbooks in the fields of management of complex organizational and technical objects, system analysis, decision-making theory, and artificial intelligence. AuthorID (РИИЛ): 118026; Author ID (Scopus): 7101767324; Researcher ID (WoS): S-1946-2016; ORCID: 0000-0002-2295-7570. sokolov_boris@inbox.ru.

Received August 22, 2025. Revised December 19, 2025. Accepted December 29, 2025.
