

**ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ
ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

**COMPUTER SCIENCE, COMPUTER
ENGINEERING AND CONTROL**

УДК 004.94

doi: 10.21685/2072-3059-2025-1-1

**Эмоциональные агенты в имитации функционирования
сложных организационно-технических систем (Часть II)**

М. Ю. Бабич¹, В. Е. Кузнецов², М. А. Чигирев³, А. М. Бабич⁴

^{1,2,3,4}Научно-производственное предприятие «Рубин», Пенза, Россия

¹babichmj@mail.ru, ²69vek@mail.ru, ³chigirev@yandex.ru, ⁴fieryeye@yandex.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Проведен анализ возможности использования эмоциональных агентов в моделях сложных организационно-технических систем двух групп; разработаны предложения по использованию эмоциональных агентов. Первая группа моделей – это детерминированные и стохастические модели (полная формализация процессов), вторая – модели с меньшей формализацией (Форсайт-метод, ситуационный анализ и др.). Имитация эмоциональных состояний актуальна для систем с неполной и неточной информацией, когда выбранные решения часто являются результатом эмоций и могут быть иррациональными. *Материалы и методы.* Рассматриваются методы, полностью формализующие эмоциональные процессы с привлечением современного математического аппарата; анализируется возможность имитации эмоций лишь с частичной формализацией. *Результаты.* Предлагается использовать имитацию возникновения эмоциональных состояний человека с помощью включения в модель определенных типов агентов. *Выводы.* Предложенное использование типов агентов позволяет учесть эмоции вследствие событий, произошедших задолго до рассматриваемого интервала моделирования в системах, находящихся вне контура моделируемой системы.

Ключевые слова: сложная организационно-техническая система, многоагентное моделирование, эмоциональное состояние, метод сценирования

Для цитирования: Бабич М. Ю., Кузнецов В. Е., Чигирев М. А., Бабич А. М. Эмоциональные агенты в имитации функционирования сложных организационно-технических систем (Часть II) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2025. № 1. С. 5–15. doi: 10.21685/2072-3059-2025-1-1

**Emotional agents in modeling the functioning
of complex organizational and technical systems (Part II)**

M.Yu. Babich¹, V.E. Kuznetsov², M.A. Chigirev³, A.M. Babich⁴

© Бабич М. Ю., Кузнецов В. Е., Чигирев М. А., Бабич А. М., 2025. Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License / This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

^{1,2,3,4}Research and Production Enterprise “Rubin”, Penza, Russia¹babichmj@mail.ru, ²69vek@mail.ru, ³chigirev@yandex.ru, ⁴fieryeye@yandex.ru

Abstract. *Background.* The following tasks are set in the work: analysis of the possibility of using emotional agents in SOS models of two groups; development of proposals for the use of emotional agents. The first group of models are deterministic and stochastic models (complete formalization of processes), the second are models with less formalization (Foresight method, situational analysis, etc.). Simulation of emotional states is relevant for systems with incomplete and inaccurate information, when the chosen decisions are often the result of emotions and can be irrational. *Materials and methods.* Methods that fully formalize emotional processes using modern mathematical apparatus and the possibility of simulating emotions with only partial formalization are considered. *Results.* It is proposed to use the imitation of the emergence of human emotional states by including certain types of agents in the model. *Conclusions.* The proposed use of agent types allows us to take into account emotions resulting from events that occurred long before the considered modeling interval in systems located outside the contour of the modeled system.

Keywords: complex organizational and technical system, multi-agent modeling, emotional state, game methods

For citation: Babich M.Yu., Kuznetsov V.E., Chigirev M.A., Babich A.M. Emotional agents in modeling the functioning of complex organizational and technical systems (Part II). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskie nauki = University proceedings. Volga region. Engineering sciences.* 2025;(1):5–15. (In Russ.). doi: 10.21685/2072-3059-2025-1-1

Введение

Рассмотрим сложные организационно-технические системы (СОС), находящиеся в конкуренции. Выполняется

$$(\forall a^* \in A^*) \wedge (\forall a^{**} \in A^{**}) \wedge (A^* \cap A^{**} = \emptyset) \wedge \\ \wedge ((A^*, A^{**}, R) \subset S) \wedge (S \cap S' = \emptyset), \quad (1)$$

где a^* и a^{**} – два вида агентов; A – множество агентов (множество агентов из A^* находится в пункте управления и определяет цели агентам из A^{**}); R – ресурсы СОС; S' – система, аналогичная СОС, являющаяся конкурентом СОС S . Обобщенный алгоритм влияния эмоций на функционирование СОС может быть описан следующим образом:

$$a(t_s) \rightarrow E(t_s) \rightarrow d(t_s) \rightarrow U(t_s) \rightarrow E(t_{s+1}) \rightarrow d(t_{s+1}) \rightarrow U(t_{s+1}) \rightarrow \dots \\ \dots \rightarrow E(t_f) \rightarrow d(t_f) \rightarrow U(t_f), \quad (2)$$

где t_s и t_f – начало и конец временного интервала, который определен агенту a для достижения поставленной ему цели P_a . $a(t)$; $U(t)$, $d(t)$, $E(t)$ – состояние агента, среды, выбранное действие в момент времени t ; $E(t_i) = \{e^j(t_i)\}_{j=1}^m$ – последовательность эмоций, испытываемых агентом до времени t_i включительно.

Исследования, посвященные моделированию СОС, можно разбить на две группы. В исследованиях первой группы в большей степени присутствует формализация процессов (детерминированные и стохастические модели). Во

вторую группу входят модели с меньшей степенью формализации (метод сценирования, Форсайт-метод, ситуационный анализ, имитационное макетирование).

Во второй части работы ставятся задачи: анализ возможности использования эмоциональных агентов в моделях СОС; разработка предложений по использованию эмоциональных агентов.

Формализация эмоций для первой группы моделей

Для моделей первой группы необходимо полностью формализовать имитацию последовательности эмоций $E(t)$.

Работа [1] является одним из первых русскоязычных исследований, в котором рассматривалась формула возникновения эмоций (формула Симонова). Была введена сложно вычисляемая функция f , которая ставила в соответствие степени эмоции e силу потребности F и вероятность p удовлетворения потребности, зависящей от необходимых R_1 и имеющихся R_2 ресурсов агента:

$$e = f(F, p(R_1 - R_2)). \quad (3)$$

В дальнейшем формула Симонова обобщалась и использовалась в различных тематиках, например, в исследованиях влияния эмоций на принятие решений и взаимодействий роботов [2, 3]; для оценки поведения интеллектуальных систем [4].

В настоящее время в моделях первой группы широко используется архитектура BDI [5, 6], в основу которой положены ментальные составляющие: убеждение, желание, намерение. Другим направлением являются многомерные модели, где эмоции погружены в координатное многомерное пространство [7]. В них используются, например, два измерения: интенсивность–валентность, интенсивность–сходство (колесо Плутчика), – или три измерения: интенсивность, продолжительность, группа схожести [8].

Сложность и попытки обобщения процесса возникновения эмоций усложняют предлагаемые модели. Модель Экмана – Уолесса (теория универсальных базовых эмоций) [9] базируется на шести эмоциях: гнев, отвращение, страх, счастье, печаль, удивление. В книге [10] рассматривалась модель с привлечением 10 базовых эмоций. Модель СОС содержит две простые эмоции, четыре группы основных, четыре группы сложных эмоций [11].

В зависимости от поставленных задач в моделях широко используется современный математический аппарат: нечеткая математика, нейронные сети.

Следует отметить, что некоторые модели, по заявлениям авторов разработок, могут быть успешно использованы в специфических прикладных областях, а не только в качестве лабораторных исследований [12–14]. Тем не менее большинство разработанных моделей первой группы, несмотря на сложный математический аппарат, носят, скорее, лабораторный характер, т.е. рассматривают простые информационные и эмоциональные процессы. Например, в [15] используется гибридная модель $AV-AT$, моделирование проходит в два этапа с привлечением нечетких вычислений. Исследуется всего лишь новый метод включения эмоций в системы. В публикации [16] описывается сложная трехуровневая модель с использованием глубоких нейронных

сетей. Имитируется мимическое общение ребенка с матерью. В робототехнике эмоции включены в достаточно простые процессы роботов (например, [2] – убежать, питаться).

Возникают проблемы при взаимодействии различных *других* систем с моделируемой системой. В работах [17, 18] приведена следующая аксиома (аксиома принадлежности агента):

$$\forall a : ((\exists S_1, \exists S_2) \wedge (a \in S_1) \wedge (a \in S_2) \wedge (S_1 \neq S_2) \wedge (S_1 \not\subset S_2) \wedge (S_2 \not\subset S_1) \wedge (P_{S_1} \neq P_{S_2})), \quad (4)$$

где P_{S_1}, P_{S_2} – цели, поставленные системам S_1 и S_2 . То есть любой агент одновременно принадлежит более чем одной системе с несовместимыми целями, причем любая рассматриваемая система не входит в качестве подсистемы в другую систему. Например, для СОС агент-комбатант может входить одновременно в систему «Взвод» и систему «Семья». Эмоция, полученная в системе «Семья», может влиять на эмоции при достижении цели в системе «Взвод». Кроме того, процесс моделирования происходит во временном интервале $[t_s, t_f]$, однако в последовательности $E(t_i)$ могут присутствовать эмоции, возникающие вследствие событий, произошедших в *других* системах до t_s (например, эмоции, зависящие от врожденных рефлексий и пройденного обучения). *Другие* системы не входят в контур моделируемой системы и не учитываются.

Таким образом, при всей несомненной важности приведенных исследований они выполнены либо для специфических систем, либо носят лабораторный характер; существует ряд сложных проблем при имитации возникновения эмоций в последовательности E .

Имитация эмоций второй группы моделей

В моделях второй группы могут быть формализованы некоторые процессы, например, смещение летательного аппарата вследствие встречного ветра, но далеко не все. В них участвуют должностные лица (ДЛ), моделирующие действия агентов. Выбор возможного действия агента осуществляет человек, исходя из сложившейся ситуации. Возникающие ситуации являются игровыми, так как участвуют два множества агентов: свои и конкуренты, и цели у них являются противоположными. Игровые ситуации возникают в рамках метода сценирования, позволяющего выбрать действие агента при определенных ограничениях и имитировать последствия выбранного действия после имитации действий конкурентов. Формализация выбора действий агентов может отсутствовать у одного множества агентов (свои или конкуренты) или у обоих (свои и конкуренты). Вместо формализации выбор осуществляется человеком.

Казалось бы, если отсутствует формализация процессов, протекающих в СОС, то можно обойтись и без имитации возникновения эмоций, так как эмоции человека, возникающие в процессе игровых ситуаций, являются натуральными. Но они всего лишь имитируют реальные эмоции. Предположим, что моделируется функционирование реальной системы S_r . В этом случае в процессе моделирования агент-человек принадлежит одновременно си-

стеме S_1 – модели системы S_r , и S_2 – предприятию, где происходит моделирование, или коллективу разработчиков модели и т.д. То есть реальной системой для агента является система S_2 , отличная от S_r . Другими словами, агент находится вне моделируемой реальной системы S_r . Чувства и в модели S_1 , и в реальной системе S_2 отличаются от чувств в системе S_r . Например, чувство страха проигрыша в игровой ситуации отличается от реального чувства страха в реальной системе S_r .

Проблемы с интервалом $[t_s, t_f]$, описанные выше для моделей первой группы, имеют место и для моделей второй группы.

Тем не менее более целесообразно имитировать эмоциональное состояние человека в моделях второй группы, так как для моделей первой группы проблемы имитации эмоций накладываются на проблемы формализации процессов в СОС. Заметим, что в моделях второй группы используются сценарии, требующие от человека, участвующего в процессе имитации, выполнять необходимые и соответствующие сценарию действия.

Предложения по использованию эмоциональных агентов

Взаимодействие эмоций в последовательности E малоизучено. Влияние могут оказывать процессы, происходящие с человеком на протяжении всей его жизни, их последствия трудно определить в рассматриваемый временной интервал. Разные люди, попадая в одинаковые ситуации, переживают разные эмоциональные состояния.

Моделирование эмоций в СОС последовательностями $E(t_i)$ сталкивается с серьезными проблемами. Наиболее простой вариант – отказаться от всей последовательности $E(t_i)$, оставив лишь последнюю эмоцию $e^m(t_i)$. Тогда выбор действия агентом будет зависеть от оценки $U(t_{i-1})$ и эмоции $e^m(t_i)$. Вместо (2) получаем взаимосвязь, в которой присутствуют ее части вида

$$\dots \rightarrow U(t_{i-1}) \rightarrow e^m(t_i) \rightarrow d(t_i) \rightarrow U(t_i) \rightarrow \dots, \quad (5)$$

в качестве $e^m(t)$ можно брать различные базовые эмоции.

В этом случае, во-первых, агенты не отличаются друг от друга, их индивидуальность отсутствует. Если агенты в эмоциональном плане однородны, то имитируемые эмоции совпадают с эмоциями, являющимися следствием общественного сознания (группового, массового, институционального), но никак не индивидуального, хотя между ними существует взаимосвязь [19], которая важна именно в СОС, где каждый комбатант обязан выполнять достижение *своей* цели P_a всегда во взаимодействии и под влиянием социальной группы, в которой он находится. Влияние на возникающие эмоции одновременно как массового, так и индивидуального сознания не учитывается. Во-вторых, так как между агентами нет различий, то количество возможных вариантов для каждого агента увеличивается на $r^*(b-1)$, где r – количество допустимых действий; b – количество базовых эмоций (сравните количество базовых эмоций в модели СОС, приведенной выше).

Эмоция $e^m(t_i)$ зависит от последовательности

$$\{e^j(t_i)\}_{j=1}^{m-1}, \quad (6)$$

т.е. от того, что происходило с агентом до времени t_i . Последовательность (6) влияет не только на эмоцию $e^m(t_i)$, но и на самого агента: на его характер, опыт, способ и умение воздействовать на $U(t_i)$. Поэтому для преодоления возникших трудностей предлагается сопоставить последовательности (6) определенный тип агента $Type_k$ (k – номер типа) со своими индивидуальными свойствами, от которых зависит его эмоциональное состояние. Упростим модель и допустим, что $Type_k$ не зависит от времени, т.е. сам агент (его ментальные характеристики) не изменяется на интервале $[t_s, t_f]$. Тогда эмоция $e^m(t_i)$ является следствием оценки $U(t_{i-1})$ и типа агента. Эмоция $e^m(t_i)$ оказывает влияние на действие $d(t_i)$, но совместно с типом агента. Вместо (5) для каждого агента типа k получаем

$$\dots \rightarrow U(t_{i-1}) \rightarrow (Type_k, e^m(t_i)) \rightarrow d(t_i) \rightarrow U(t_i) \rightarrow \dots \quad (7)$$

Во-первых, тип $Type_k$ может вобрать в себя события, произошедшие до t_s и являющиеся причинами эмоций. Например, уверенность, приобретенную вследствие прошедшего обучения, или характер агента, складывающийся на протяжении его предыдущей жизни.

Во-вторых, агенты не являются эмоционально однородной массой, тип агента индивидуален. Можно имитировать, как агенты разных типов, попадая в одинаковые ситуации, проявляют разные эмоции $e^m(t_i)$.

В-третьих, нет необходимости рассматривать все количество b базовых эмоций. Для каждого конкретного случая можно отобрать лишь характерные эмоции для данного типа агента в складывающейся ситуации.

Реализацию (7) можно осуществить автоматной моделью, использованной для имитации темпераментов агентов [20, с. 83]. Аппаратная модель реализует смену тактик агентов при разных уровнях возбуждения и торможения для меланхолика, холерика, сангвиника, флегматика ($b = 4$).

Для понимания предложенной имитации эмоциональных агентов опишем условия моделирования СОС, выполненного в процессе разработки ее программного (ПО) и информационного обеспечения. СОС предназначалась для функционирования пункта управления системы охраны особо важного объекта, заключенного в замкнутую границу. Разработчиками была применена технология имитационного макетирования [21, 22]. Технология позволяла создавать имитационную модель процессов СОС, в которой взаимодействуют ПО реальной СОС и имитационное ПО (ИПО).

Рассмотрим лишь ИПО, которое моделирует деятельность агентов-нарушителей и функционирование подсистемы противодействия, пресекающей попытку нарушения (уничтожение агента-нарушителя). Подсистема не могла работать непрерывно и требовала периода восстановления своей боеспособности. Попытка нарушения осуществлялась одновременно некоторым количеством агентов-нарушителей либо волнами через определенное время. Нахождение, т.е. координаты подсистемы противодействия не были известны агентам-нарушителям. Результаты попыток фиксировались, и попытка могла быть повторена с учетом полученных знаний. Для нарушителя было возможно возникновение опасной ситуации: другой нарушитель в пределах расстояния l от агента-нарушителя уничтожен либо зафиксирован промах; $l \in [0, L]$, где L – некоторое предельное расстояние. Изменению тактики (выбранное действие $d(t)$) соответствовали варианты: нет изменения движения;

изменение траектории движения (движение к цели, но движение от заданной траектории на расстояние h); отказ от достижения цели (возвращение).

Приведем значения других параметров агентов:

- эмоция $e^m(t) = (\text{«Уверенность»}, \text{«Неуверенность»}, \text{«Испуг»})$;
- характер = («Смелый», «Осторожный», «Очень осторожный»);
- знание = («Не информирован», «Информирован с определенной степенью»);
- опыт = («Большой», «Средний», «Отсутствует»).

Уточним, что степень знания определялась количеством повторов завершённых попыток проникновения. Чем больше попыток, тем больше степень знания. Типы агентов ($Tурe_k$) определялись сочетанием характера, степенью знания и опыта.

Изменение тактики осуществлялось в соответствии с автоматной моделью [20]. Например, если агент «Смелый», знания «Не информированный», опыт «Средней», эмоция «Уверенность», то уход на расстояние l осуществлялся только после k_1 опасных ситуаций. Если агент «Очень осторожный», знания «Не информированный», опыт «Отсутствует», эмоция «Испуг», то уход на расстояние l осуществлялся после первой опасной ситуации ($k_2 = 1, k_2 \ll k_1$).

Моделировалось иррациональное действие, являющееся следствием стихийного массового поведения – паника: отказ от достижения цели при эмоции «испуг» у большинства агентов-нарушителей определенного типа.

Технология имитационного макетирования позволяет создавать как модели первой группы – полностью формализованные, так и модели второй группы – с участием должностного лица в качестве агента. Рассмотренная модель относилась к моделям второй группы. Должностные лица исполняли роль агентов-нарушителей в соответствии со сценарием типа нарушителя и возникающих эмоций.

Заключение

Предложенная имитация позволяет моделировать влияние эмоционального состояния агента на выбор возможного действия для достижения поставленной цели. Имитация основана на включении в модель системы типов агентов, определяющих его результирующую эмоцию, и позволяет учесть эмоции вследствие событий, произошедших задолго до рассматриваемого интервала достижения поставленной цели. Предлагается использовать имитацию эмоций для моделей второй группы.

Список литературы

1. Симонов П. В. Потребностно-информационная теория эмоций // Вопросы психологии. 1982. № 6. С. 44–50.
2. Карпов В. Э. Эмоции роботов. URL: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/folder/rvkmzmfel/direct/51170801> (дата обращения: 02.05.2024).
3. Городецкий А. Е., Курбанов В. Г., Тарасова И. Л. Влияния эмоций на принятие решения интеллектуальным роботом // Искусственный интеллект и принятие решений. 2023. № 3. С. 36–44.
4. Фоминых И. Б. Эмоции как аппарат оценок поведения интеллектуальных систем. URL: <https://studylib.ru/doc/163360/fominyh-i.b.-e-mocii-kak-apparat-ocenok-povedeniya?ysclid=lsnil8852w362774736> (дата обращения: 02.05.2024).

5. Bratman M. E. *Intentions, Plans, and Practical Reason*. Harvard University Press, 1987. 224 p.
6. Riahi H. L., Kebair F., Said L. B. Agent Decision-Making under Uncertainty: Towards a New E-BDI Agent Architecture Based on Immediate and Expected Emotions // *International Journal of Computer Theory and Engineering*. 2014. Vol. 6, № 3. P. 254–259.
7. Russell J. A. A Circumplex Model of Affect // *Journal of Personality and Social Psychology*. 1980. Vol 39, № 6. P. 1161–1178.
8. Ковальчик З., Зубенко М. Вычислительные подходы к моделированию искусственных эмоций – Обзор предлагаемых решений. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2016.00021/full> (дата обращения: 02.04.2024).
9. Ekman P., Wallace F. V. Constants across cultures in the face and emotion // *Journal of personality and social psychology*. 1971. Vol. 17, № 2. P. 124–129.
10. Изард К. Э. *Психология эмоций*. СПб. : Питер, 2000. 464 с.
11. Ortony A., Clore G. L., Collins A. *The Cognitive Structure of Emotions*. New York : Cambridge, 1988. 207 p.
12. Заболеева-Зотова А. В., Петровский А. Б., Ульев А. Д. Распознавание и оценка взаимодействия людей по эмоциональным реакциям // *Искусственный интеллект и принятие решений*. 2023. № 4. С. 71–81.
13. Слостников С. А., Жукова Л. Ф., Семичаснов И. В. Приложение поиска, анализа и прогнозирования данных в социальных сетях // *Информационные технологии и вычислительные системы*. 2024. № 1. С. 97–108.
14. Осипов А. В., Сапожников А. Е., Плешакова Е. С., Гатауллин С. Т. Методы машинного обучения для распознавания эмоционального состояния абонента телекоммуникационных систем // *Информационные технологии и вычислительные системы*. 2024. № 1. С. 23–35.
15. Karyotisb Ch., Doctorb F., Iqbalb R., Jamesb A., Changa V. A fuzzy computational model of emotion for cloud based sentiment analysis. URL: https://pure.coventry.ac.uk/ws/portalfiles/portal/13277719/1_s2.0_S0020025517304164_main.pdf (дата обращения: 02.05.2024).
16. Hieida Ch., Horii T., Nagai T. Deep Emotion: A Computational Model of Emotion Using Deep Neural Networks. URL: <https://arxiv.org/pdf/1808.08447.pdf> (дата обращения: 02.05.2024).
17. Бабич М. Ю., Бабич А. М. Влияние аксиом принадлежности агентов нескольким организационно-техническим системам на рациональное поведение агентов // *Искусственные общества*. 2021. Т. 16, № 1. URL: <https://artsoc.jes.su/S207751800013885-2-1> (дата обращения: 30.03.2024).
18. Бабич М. Ю. Искусственный интеллект и создание сложных организационно-технических систем. Часть II // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки*. 2022. № 1. С. 32–41.
19. Дубровский Д. И. Проблема сознания: опыт обзора основных вопросов и теоретических трудностей. Проблема сознания в философии и науке. М. : Канон+, 2009. С. 5–52.
20. Карпов В. Э., Карпова И. П., Кулинич А. А. *Социальные сообщества роботов*. М. : Ленанд, 2019. 352 с.
21. Бабич М. Ю., Кузнецов В. Е., Бабич А. М. Имитация особенностей автоматизированных систем управления для силовых структур в процессе моделирования их функционирования // *I-methods*. 2022. Т. 14, № 4. URL: <http://intech-spb.com/wp-content/uploads/archive/2022/4/1-babich4-2022.pdf> (дата обращения: 11.04.2023).
22. Бабич М. Ю., Кузнецов В. Е., Чигирев М. А., Ползунов Н. В. Онтология технологии включения метода сценирования в функционирование специализированных конкурирующих систем // *XXI+ век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2023. Т. 12, № 4 (64). С. 12–18.

References

1. Simonov P.V. Need-information theory of emotions. *Voprosy psikhologii = Issues of psychology*. 1982;(6):44–50. (In Russ.)
2. Karpov V.E. *Emotsii robotov = Robot emotions*. (In Russ.). Available at: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/folder/rvkmtzmfel/direct/51170801> (accessed 02.05.2024).
3. Gorodetskiy A.E., Kurbanov V.G., Tarasova I.L. The influence of emotions on decision making by an intelligent robot. *Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy = Artificial intelligence and decision making*. 2023;(3):36–44. (In Russ.)
4. Fominykh I.B. *Emotsii kak apparat otsenok povedeniya intellektual'nykh system = Emotions as an apparatus for assessing the behavior of intelligent systems*. (In Russ.). Available at: <https://studylib.ru/doc/163360/fominykh-i.b.-e-mocii-kak-apparat-ocenok-povedeniya?ysclid=lsnil8852w362774736> (accessed 02.05.2024).
5. Bratman M.E. *Intentions, Plans, and Practical Reason*. Harvard University Press, 1987:224.
6. Riahi H.L., Kebair F., Said L.B. Agent Decision-Making under Uncertainty: Towards a New E-BDI Agent Architecture Based on Immediate and Expected Emotions. *International Journal of Computer Theory and Engineering*. 2014;6(3):254–259.
7. Russell J.A. A Circumplex Model of Affect. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1980;39(6):1161–1178.
8. Koval'chik Z., Zubenko M. *Vychislitel'nye podkhody k modelirovaniyu iskusstvennykh emotsiy – Obzor predlagaemykh resheniy = Computational approaches to modeling artificial emotions – A review of proposed solutions*. (In Russ.). Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2016.00021/full> (accessed 02.04.2024).
9. Ekman P., Wallace F.V. Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of personality and social psychology*. 1971;17(2):124–129.
10. Izard K.E. *Psikhologiya emotsiy = Psychology of emotions*. Saint Petersburg: Piter, 2000:464. (In Russ.)
11. Ortony A., Clore G.L., Collins A. *The Cognitive Structure of Emotions*. New York: Cambridge, 1988:207.
12. Zaboloeva-Zotova A.V., Petrovskiy A.B., Ul'ev A.D. Recognizing and assessing human interactions based on emotional reactions. *Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy = Artificial intelligence and decision making*. 2023;(4):71–81. (In Russ.)
13. Slastnikov S.A., Zhukova L.F., Semichasnov I.V. Social media data search, analysis and forecasting application. *Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy = Information technology and computing systems*. 2024;(1):97–108. (In Russ.)
14. Osipov A.V., Sapozhnikov A.E., Pleshakova E.S., Gataullin S.T. Machine learning methods for recognizing the emotional state of a subscriber of telecommunication systems. *Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy = Information technology and computing systems*. 2024. № 1. S. 23–35.
15. Karyotisb Ch., Doctorb F., Iqbalb R., Jamesb A., Chang V. *A fuzzy computational model of emotion for cloud based sentiment analysis*. Available at: https://pure.coventry.ac.uk/ws/portalfiles/portal/13277719/1_s2.0_S0020025517304164_main.pdf (accessed 02.05.2024).
16. Heida Ch., Horii T., Nagai T. *Deep Emotion: A Computational Model of Emotion Using Deep Neural Networks*. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1808.08447.pdf> (accessed 02.05.2024).
17. Babich M.Yu., Babich A.M. The influence of axioms of belonging of agents to several organizational and technical systems on the rational behavior of agents. *Iskusstvennye obshchestva = Artificial societies*. 2021;16(1). (In Russ.). Available at: <https://artsoc.jes.su/S207751800013885-2-1> (accessed 30.03.2024).

18. Babich M.Yu. Artificial intelligence and creation of complex organizational and technical systems. Part 2. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskie nauki = University proceedings. Volga region. Engineering sciences.* 2022;(1):32–41. (In Russ.)
19. Dubrovskiy D.I. *Problema soznaniya: opyt obzora osnovnykh voprosov i teoreticheskikh trudnostey. Problema soznaniya v filosofii i nauke = The issue of consciousness: an essay on the review of fundamental issues and theoretical difficulties. the problem of consciousness in philosophy and science.* Moscow: Kanon+, 2009:5–52. (In Russ.)
20. Karpov V.E., Karpova I.P., Kulinich A.A. *Sotsial'nye soobshchestva robotov = Social communities of robots.* Moscow: Lenand, 2019:352. (In Russ.)
21. Babich M.Yu., Kuznetsov V.E., Babich A.M. Simulation of the features of automated control systems for law enforcement agencies in the process of modeling their functioning. *I-methods.* 2022;14(4). (In Russ.). Available at: <http://intech-spb.com/wp-content/uploads/archive/2022/4/1-babich4-2022.pdf> (accessed 11.04.2023).
22. Babich M.Yu., Kuznetsov V.E., Chigirev M.A., Polzunov N.V. Ontology of technology for including the scenario method into the functioning of specialized competing systems. *XXI+ vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus = The 21st century: results of the past and problems of the present plus.* 2023;12(4):12–18. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Михаил Юрьевич Бабич

доктор технических наук, доцент,
главный специалист научно-
технического центра, Научно-
производственное предприятие
«Рубин» (Россия, Пенза,
ул. Байдукова, 2)

E-mail: babichmj@mail.ru

Mikhail Yu. Babich

Doctor of engineering sciences, associate
professor, key specialist of the Scientific
and Technical Center, Research
and Production Enterprise “Rubin”
(2 Baydukova street, Penza, Russia)

Вячеслав Ефимович Кузнецов

кандидат технических наук, начальник
научно-технического центра,
Научно-производственное
предприятие «Рубин» (Россия,
Пенза, ул. Байдукова, 2)

E-mail: 69vek@mail.ru

Vyacheslav E. Kuznetsov

Candidate of engineering sciences,
head of the Scientific and Technical Center,
Research and Production Enterprise
“Rubin” (2 Baydukova street, Penza,
Russia)

Михаил Александрович Чигирев

заместитель начальника отделения
научно-технического центра,
Научно-производственное
предприятие «Рубин» (Россия,
Пенза, ул. Байдукова, 2)

E-mail: michael-chigirev@yandex.ru

Mikhail A. Chigirev

Deputy head of division of the Scientific
and Technical Center, Research
and Production Enterprise “Rubin”
(2 Baydukova street, Penza, Russia)

Андрей Михайлович Бабич

кандидат технических наук, программист
научно-технического центра,
Научно-производственное
предприятие «Рубин» (Россия,
Пенза, ул. Байдукова, 2)

E-mail: fieryeye@yandex.ru

Andrey M. Babich

Candidate of engineering sciences,
software engineer of the Scientific
and Technical Center, Research
and Production Enterprise “Rubin”
(2 Baydukova street, Penza, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Received 12.09.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 18.10.2024

Принята к публикации / Accepted 21.12.2024