

УДК 004.94

doi: 10.21685/2072-3059-2024-4-3

Эмоциональные агенты в моделировании функционирования сложных организационно-технических систем (часть I)

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.* Рассматриваются сложные организационно-технические специализированные системы, находящиеся в конкуренции. Модели подобных систем удобнее представлять в качестве многоагентных. Следствием неполноты и неточности информации, поступающей для обработки в подсистему управления, являются проблемы моделирования их функционирования. Кроме того, при наличии конкурентной борьбы возможны иррациональные действия как агентов, реализующих управляющее воздействие, так и агентов, управляющих процессами, протекающими в рассматриваемых системах. Необходимо нивелировать возникшие проблемы для приемлемых управляющих воздействий должностных лиц в пункте управления. *Материалы и методы.* Для преодоления затруднений предлагается включить в модели функционирования имитацию эмоциональных состояний агентов, так как человек в аналогичных ситуациях способен принимать рациональные решения благодаря возникающим у него эмоциям. Проанализированы обобщенный алгоритм влияния эмоций на функционирование исследуемых систем и возможность имитации эмоциональных состояний, разработаны предложения по использованию эмоциональных агентов в моделях. *Результаты.* На основе обобщенного алгоритма влияния эмоций на функционирование рассматриваемых систем определены процессы имитации, относящиеся к изменениям эмоционального состояния агентов. Предлагается использовать имитацию эмоциональных состояний в моделях определенной группы. *Выводы.* Исследования, посвященные имитации достижения целей эмоциональных агентов, позволяют приблизить модели рассматриваемых систем к реальным ситуациям. Обобщенный алгоритм изменения эмоциональных состояний агентов дает возможность определить имитационные процессы в моделях систем и моделировать их.

Ключевые слова: сложная организационно-техническая система, многоагентное моделирование, эмоциональный агент, эмоциональное состояние

Для цитирования: Бабич М. Ю., Кузнецов В. Е., Чигирев М. А., Бабич А. М. Эмоциональные агенты в моделировании функционирования сложных организационно-технических систем (часть I) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2024. № 4. С. 28–38. doi: 10.21685/2072-3059-2024-4-3

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

M.Yu. Babich, V.E. Kuznetsov, M.A. Chigirev, A.M. Babich

^{1,2,3,4}Research and Production Enterprise “Rubin”, Penza, Russia

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

Abstract. *Background.* Complex organizational and technical specialized systems that are in competition are considered. It is more convenient to consider models of such systems as multi-agent. The consequences of incompleteness and inaccuracy of information received for processing in the control subsystem are problems of modeling their functioning. In addition, in the presence of competition, irrational actions are possible, both of agents implementing control action, and of agents managing processes occurring in the systems under consideration. It is necessary to level out the problems that have arisen for acceptable control actions of officials at the control point. *Materials and methods.* To overcome the problems, it is proposed to include in the models of functioning the imitation of emotional states of agents, since a person in similar situations is able to make rational decisions due to the emotions that arise. The generalized algorithm of the influence of emotions and the possibility of imitation of emotional states are analyzed; proposals for the use of emotional agents in models are developed. *Results.* Based on the generalized algorithm of the influence of emotions on the functioning of the systems under consideration, the simulation processes related to changes in the emotional state of agents are determined. It is proposed to use the simulation of emotional states in models of a certain group. *Conclusions.* Research devoted to the imitation of achieving the purpose of emotional agents allows us to bring the models of the systems under consideration closer to real situations. A generalized algorithm for changing the emotional states of agents makes it possible to determine imitation processes in system models and simulate them.

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

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 I). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskie nauki* = *University proceedings. Volga region. Engineering sciences*. 2024;(4):28–38. (In Russ.). doi: 10.21685/2072-3059-2024-4-3

Введение

Рассмотрим класс сложных организационно-технических систем (СОС). Такие СОС обозначим как S . Уточним характеристики класса.

Обязательным условием функционирования СОС является наличие в их контуре группы людей, которые способны и обязаны изменять состояние системы. Будем считать, что окружающая среда СОС включает в себя C – внешнюю среду, являющуюся безразличной к целям, поставленным перед S (рельеф местности, погода и т.д.), и S' – систему СОС с противоположными конкурентными целями относительно СОС S . Систему S удобно рассматривать как многоагентную систему, содержащую материальные ресурсы и агентов двух видов: a^* , a^{**} . Агенты a^* сгруппированы в подсистему управления (ПУ). Они на основе собранной информации и поставленной перед СОС задачи определяют для агентов a^{**} цели и время их достижения. Агенты a^{**} , обладая переданными им ресурсами, осуществляют попытки достижения поставленных целей и тем самым преобразуют внешнюю среду $C \cup S'$, изменяют свое состояние и состояние S . Информация о новых состояниях среды $C \cup S'$ и системы S передается в ПУ. Структура и функции СОС S' аналогичны, но задача и, следовательно, определяемые цели агентов противоположны и несовместимы с целями агентов СОС S . Необходимо отметить, что цели, ресурсы и состояние СОС S' полностью неизвестны.

Если A – множество агентов, R – ресурсы СОС S , то выполняется

$$(\forall a^* \in A^*) \wedge (\forall a^{**} \in A^{**}) \wedge (A^* \cap A^{**} = \emptyset) \wedge$$

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

К классу рассматриваемых СОС можно отнести различные конкурирующие системы. Наиболее ярко выраженными конкурирующими СОС являются специализированные системы силовых структур (МВД, МЧС, ВС РФ).

Если цель агента обозначить как P_a (цели систем обозначим как P_s), то каждая цель достигается с оценкой $g(P_a) \in [0, 1]$. При $g(P_a) = 0$ цель не достигнута, при $g(P_a) = 1$ – достигнута полностью. Для остальных значений $g(P_a)$ цель достигнута частично с определенной степенью достижимости. Как было показано в [1], превышение некоторого лимита суммарного накопления неполного достижения целей для агентов из A^{**} , т.е. $\sum_{A^{**}} (1 - g(P_{a^{**}}))$, приводит к иррациональному поведению всей системы S , даже для идеального случая, когда все принятые в ПУ агентами из A^* решения являлись рациональными.

Большой объем данных и незначительный период, отводимый для принятия решений, приводят к необходимости внедрения в ПУ системы поддержки принятия решений (СППР). Для ее работы требуются формализация протекающих процессов и возможность прогнозирования последствий реализуемых решений. Однако отсутствие статистики, наличие неполной и неточной информации о состоянии S и S' , действия конкурентной СОС S' , высокая вероятность кризисных и иррациональных ситуаций приводят к неразрешимым проблемам моделирования функционирования СОС.

Проблемы с использованием математического аппарата при моделировании функционирования СОС, даже без наличия конкурентной системы, были замечены относительно давно [2, 3]. Как следствие, в [4] анализируется неформальный интуитивный способ принятия решений для кризисных ситуаций СОС (наличие конкурентной СОС предполагает кризисное состояние систем данного класса в качестве их частых состояний). В работе [5] отмечается, что управление для кризисного периода СОС рассматривается как когнитивная и поведенческая задача, но изучение факторов, влияющих на такую задачу, труднодостижимо, вследствие чего подобные исследования носят фрагментарный характер.

Проблемы с использованием математического аппарата при моделировании функционирования СОС, даже без наличия конкурентной системы, были замечены относительно давно [2, 3]. Как следствие, в [4] анализируется неформальный интуитивный способ принятия решений для кризисных ситуаций СОС (наличие конкурентной СОС предполагает кризисное состояние систем данного класса в качестве их частых состояний). В работе [5] отмечается, что управление для кризисного периода СОС рассматривается как когнитивная и поведенческая задача, но изучение факторов, влияющих на такую задачу, труднодостижимо, вследствие чего подобные исследования носят фрагментарный характер.

Наиболее остро проблема отсутствия приемлемого математического аппарата ставится в работах, связанных со специализированными СОС, например [6–10]. Предлагаются различные, но паллиативные решения: проблемные вопросы пересекаются с современными задачами искусственного интеллекта, поэтому необходимо продолжить исследования в этом направлении [11, 12]; будущее за прямыми алгоритмами (полный или частичный перебор вариантов), однако вычислительная сложность задач моделирования может быть преодолена только на квантовых компьютерах [13, 14]; требуется рассматривать опыт США, но проблемы у них аналогичны [15–17].

Необходимо отметить исследования, в которых возникшую проблему пытаются решить путем *частичного* отхода от жесткой формализации процессов в СОС: предлагается использовать метод сценирования Германа Кана [18], форсайт-метод [19, 20], метод ситуационного анализа [21], технологию имитационного макетирования [22].

Проблема формализации носит системный характер. Она объясняется нелинейностью систем рассматриваемого класса [1] и невозможностью учесть все значащие параметры в период кризиса – хаос, иррациональность, которые присущи СОС, однако доказательство такого утверждения является темой другой работы. Здесь всего лишь констатируется, что в современных условиях работа СППР неэффективна вследствие неадекватности реализуемых моделей функционирования СОС. Возможно, проблема будет решена в будущем, однако в настоящее время лицо, принимающее решение (ЛПР), поставлено в такие условия, что, несмотря на обилие вычислительной техники, оно не может выбрать одно из приемлемых управляющих воздействий, исходя из выданных решений СППР, и вынуждено принимать решение на основе собственного опыта и интуиции.

Исследователями разных направлений доказано, что человек мыслит иначе, чем компьютер. В сложной, неопределенной ситуации он способен получать логически верные следствия при отсутствии корректного доказательства. В чем причина такой способности? Одной из важных особенностей человека является возможность эмоционального переживания возникшей ситуации. Эмоциональные сигналы позволяют находить наиболее короткий путь решения в неопределенной ситуации, т.е. когда вариантов решения нет или их число бесконечно и невозможно определить логически выверенное, рациональное действие [23, 24]. Кроме того, эмоции являются причиной иррациональных состояний СОС, которые могут быть не рассмотрены их рациональными моделями. В связи с этим возникает направление исследований, в котором разрабатываются алгоритмы имитации эмоциональных состояний человека, влияющих на принятие решений. Вводится понятие эмоционального агента, т.е. агента, наделенного эмоциями, влияющими на принятие решений [25–28]. В этом случае имитация деятельности человека приближается к реальной ситуации, в которой находятся должностные лица, но модели функционирования СОС еще более усложняются. Поэтому в работе поставлены следующие цели:

1. Анализ обобщенного алгоритма влияния эмоций на функционирование СОС для определения необходимых процессов имитации эмоций (часть I).
2. Анализ возможности использования эмоциональных агентов в моделях СОС рассматриваемого класса (часть II). Имеются в виду не лабораторные модели, а модели, функционирующие в СППР для ЛПР в ПУ.
3. Разработка предложений по использованию эмоциональных агентов в моделях СОС (часть II).

Обобщенный алгоритм влияния эмоций

Для анализа использования эмоциональных агентов разделим исследования, посвященные моделированию СОС, на две большие группы. В исследованиях первой группы в большей степени присутствует формализация процессов. Это детерминированные, стохастические модели, куда входят аналитические, алгоритмические, имитационные, современные нечеткие модели и модели с нейронными сетями. Вторая группа включает модели с меньшей степенью формализации: вербальные модели, метод сценарирования, форсайт-метод, ситуационный анализ, имитационное макетирование. Важная характерная черта для моделей второй группы – возможность созда-

ния с участием человека игровых ситуаций между конкурентными системами в процессе моделирования. Игровая ситуация может быть создана и для моделей первой группы, однако между такими ситуациями в моделях двух групп есть отличие, подобное отличию партии в шахматы между двумя шахматными программами и партии между двумя шахматистами.

В выражении (1) присутствуют агенты двух типов: a^* и a^{**} . Принципиальная схема влияния эмоций для них одинакова, однако имеются существенные различия. Агенты из множества A^{**} находятся непосредственно в конкурентной борьбе с агентами системы S' , поэтому являются более эмоциональными, чем агенты из множества A^* , – в ПУ работа более спокойная и интеллектуальная. Следствием близости конкурентов и большей эмоциональности агентов a^{**} является наличие значительного количества иррациональных действий, но если у агентов из ПУ присутствует меньше ошибок, то их влияние на рациональность системы в целом значительно больше, чем у агентов из множества A^{**} . Влияние на рациональность системы агентов a^{**} определяется суммарным накоплением случаев недостижения их целей. Большое значение для агентов a^{**} имеет эмоциональное состояние всего коллектива, например эмоциональное заражение [28]. Так как множества A^* и A^{**} не пересекаются (1) и влияние эмоционального состояния наиболее важно для агентов из A^{**} , то ограничимся рассмотрением лишь агентов a^{**} . Говоря об агенте a , будем иметь в виду, что $a = a^{**}$.

Пусть t_s и t_f – начало и конец временного интервала, который определен агенту a для достижения поставленной ему цели P_a ; $a(t)$, $S(t)$, $d(t)$, $e(t)$ – состояния агента, системы, выбранное действие и испытываемая агентом эмоция в момент времени t . Влияние агента на среду осуществляется следующим образом. Агент обладает некоторым начальным состоянием $a(t_s)$, которое даст ему возможность осуществить последовательность действий $d(t_s)$, $d(t_{s+1})$, ..., $d(t_f)$, ведущую к заданной цели. В результате происходит изменение СОС, включая состояние самого агента и внешней среды. Обозначим $S(t) \cup S'(t) \cup C(t)$ через $U(t)$.

Имеет место:

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

Основываясь на результатах работ [29, 30], опишем в виде обобщенного алгоритма последовательность влияния эмоций на действия агента после осознания цели P_a :

1. Определение агентом своего состояния, состояния системы и внешней среды на основе оценки результата взаимодействия агента, системы и среды.
2. Эмоциональная реакция.
3. Поведенческие и когнитивные последствия.
4. Изменения агента, системы и окружающей среды.
5. Переход к п. 1 для следующего шага на пути к достижению цели или осознание новой цели и далее переход к п. 1.

С учетом приведенного выше алгоритма уточним выражение (2).

Каждому действию $d(t_i)$ предшествует последовательность эмоций $E(t_i) = \{e^j(t_i)\}_{j=1}^m$. Каждая эмоция в последовательности возникла до времени

t_i включительно. Одна из эмоций последовательности, возможно не первая, возникает в процессе оценки результата закончившегося действия $d(t_{i-1})$ или, если это начало цепочки действий, в процессе осознания поступившего задания – поставленной цели. Последняя эмоция последовательности, т.е. $e^m(t_i)$, влияет на принятие решений агента по выбору действия из совокупности возможных (действие $d(t_i)$). В последовательности эмоций каждая эмоция корректируется последующей. Например, можно рассмотреть последовательность e^1, e^2, e^3, e^4 , где e^1 зависит от врожденных рефлексий, e^2 представляет собой уверенность вследствие ранее пройденного обучения агента (она корректирует эмоцию e^1), e^3 зависит от более тщательной оценки возникшей ситуации и задания, e^4 – от непосредственного воздействия на агента коллектива, в котором он выполняет свои действия (например, паника или общая уверенность в выполнении задачи и т.д.). Последовательность действий в (2) начинается с t_s , а последовательность эмоций $E(t_i)$ для каждого действия $d(t_i)$ может быть итогом событий, случившихся задолго до t_i (e^1, e^2 в приведенном примере). Кроме того, происходят промежуточное изменение $U(t)$, осознание этого и изменение эмоций.

Получаем следующее:

$$\begin{aligned} a(t_s) \rightarrow E(t_s) \rightarrow d(t_s) \rightarrow U(t_s) \rightarrow E(t_{s+1}) \rightarrow d(t_{s+1}) \rightarrow \\ \rightarrow U(t_{s+1}) \rightarrow \dots \rightarrow E(t_f) \rightarrow d(t_f) \rightarrow U(t_f). \end{aligned} \quad (3)$$

Таким образом, для включения эмоций в модели функционирования СОС необходимо в (3) имитировать эмоциональные процессы в $E(t_i)$.

Вторая и третья цели исследования будут рассмотрены во второй части работы.

Заключение

В настоящее время возникают серьезные проблемы в области моделирования СОС, являющиеся следствием неполноты и неточности обрабатываемой информации. Имитация деятельности эмоциональных агентов позволяет приблизить модели функционирования СОС к реальным ситуациям, когда решения принимаются не только на основе обработанных данных, но также исходя из эмоционального состояния. Обобщенный алгоритм влияния эмоциональных состояний агентов на функционирование СОС дает возможность более полно определить необходимые процессы имитации эмоций в моделях СОС.

Список литературы

1. Бабич М. Ю. Применима ли математика в прогнозировании состояний специализированных систем, находящихся в конкуренции? // Информационно-управляющие, телекоммуникационные системы, средства поражения и их техническое обеспечение : сб. науч. ст. по материалам V Всерос. межведомств. науч.-техн. конф. / под общ. ред. М. М. Бутаева. Пенза : Изд-во ПГУ, 2023. С. 222–233.
2. Красовский А. А. Проблемы физической теории управления // Автоматика и телемеханика. 1990. № 11. С. 3–28.
3. Филимонов Н. Б. Методологический кризис «всепобеждающей математизации» современной теории управления // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016. Т. 17, № 5. С. 291–299.

4. Ali M., Wood-Harper T. Artificial Intelligence (AI) as a Decision-Making Tool to Control Crisis Situations // ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/358754137_Artificial_Intelligence_AI_as_a_Decision-Making_Tool_to_Control_Crisis_Situations (дата обращения: 03.08.2024).
5. Bundy J., Pfarrer M. D., Short C. E., Coombs W. T. Crises and Crisis Management: Integration, Interpretation, and Research Development // Journal of Management. 2017. Vol. 43, № 6. P. 1661–1692.
6. Попов И. М., Хамзатов М. М. Война будущего. М. : Кучково поле, 2019. 832 с.
7. Котов А. В., Зайцев В. Н. О развитии систем поддержки принятия решений в интересах организации боевых действий // Вестник Академии военных наук. 2022. № 4 (81). С. 85–90.
8. Чуркин И. П. Методологический анализ роли математического моделирования при принятии решений на вооруженную борьбу в воздушной сфере // Военная мысль. 2022. № 6. С. 53–60.
9. Дульнев П. А., Котов А. В., Педенко Н. П. Прогнозирование хода и исхода общевойскового боя как метод теории общей практики // Военная мысль. 2023. № 2. С. 28–37.
10. Ишечкин Б. Б., Ишечкин И. Б., Евтихов С. В. Перспективы применения искусственного интеллекта в управлении войсками // Военная мысль. 2023. № 8. С. 79–84.
11. Вдовин А. В., Костин К. К. Технология искусственного интеллекта в системах поддержки принятия решений – вероятные подходы и пути реализации // Вестник Академии военных наук. 2022. № 4 (81). С. 91–97.
12. Антипова С. А., Лабец В. В., Филяев М. П. Концептуальные основы применения технологии искусственного интеллекта в системе материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации // Военная мысль. 2023. № 7. С. 100–112.
13. Саяпин О. В., Тиханычев О. В., Безвесильная А. А., Чискидов С. В. Об одной тенденции развития алгоритмов, реализуемых в системах поддержки принятия решений // Программные продукты и системы. 2023. Т. 36, № 3. С. 388–397.
14. Маслениников О. В., Алиев Ф. К., Беспалов С. А., Митрошин Е. С. О вычислительной сложности современных военных задач // Военная мысль. 2023. № 2. С. 72–85.
15. Горчица Г. И., Дульнев П. А., Ищук В. А. Проблемные вопросы и перспективы применения имитационного моделирования по обеспечению виртуальных войсковых испытаний создаваемых комплексов вооружения Сухопутных войск // Вестник Академии военных наук. 2020. № 3 (72). С. 97–104.
16. Педенко Н. П., Капранов Р. В. Развитие методов компьютерного моделирования для создания моделей оценки боевых действий (по опыту зарубежных стран) // Вестник Академии военных наук. 2020. № 3 (72). С. 127–135.
17. Doyle S. Playing wargames to shape real-life military strategy // Engineering and Technology Magazine. 2020. February 17. URL: <https://eandt.theiet.org/content/articles/2020/02/playing-wargames-to-help-shape-real-life-military-strategy/> (дата обращения: 07.01.2024).
18. Губинский А. М. Управление технологическим развитием в сфере обороны и безопасности России, США, Китая: исторические аспекты и современный опыт : в 3 т. Т. II. США. М. : Издательские решения, 2021. 710 с.
19. Воробьев И. Н. Еще раз о военной футурологии // Военная мысль. 2020. № 5. С. 51–57.
20. Коржевский А. С., Махнин В. Л. Методологические подходы к прогнозированию в сфере военной безопасности государства // Военная мысль. 2022. № 5. С. 21–31.
21. Барановский В. Г., Кобринская И. Я., Уткин С. В., Фрумкин Б. Е. Метод ситуационного анализа как инструмент актуального прогнозирования в условиях трансформации миропорядка // Вестник МГИМО-Университета. 2019. № 12 (4). С. 7–23.

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.
23. Damasio A. R. The Somatic Marker Hypothesis and the Possible Functions of the Prefrontal Cortex // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 1996. Vol. 351. P. 1413–1420.
24. Медведева Т. И., Ениколопова Е. В., Ениколопов С. Н. Гипотеза соматических маркеров Дамасио и игровая задача (IGT): обзор // *Психологические исследования*. 2013. Т. 6, № 32. С. 10. URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: 01.03.2024).
25. Scheutz M. Agents with or without Emotions? // *ResearchGate*. URL: https://www.researchgate.net/publication/2535330_Agents_with_or_without_Emotions (дата обращения: 01.03.2024).
26. Collenette J., Atkinson K., Bloembergen D., Tuyls K. The Effect of Mobility and Emotion on Interactions in Multi-Agent Systems // *University of Liverpool*. URL: <https://cgi.csc.liv.ac.uk/~katie/stairs16.pdf> (дата обращения: 02.05.2024).
27. Kowalczyk Z., Czubenko M. Computational Approaches to Modeling Artificial Emotion – An Overview of the Proposed Solutions // *Frontiers*. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2016.00021/full> (дата обращения: 02.04.2024).
28. Горошникова Т. А. Эмоции при принятии решений в имитационном моделировании // *Системная экономика*. URL: https://systemeconomics.ru/wp-content/uploads/155-158-SAvE%60-2018_Sektsiya2_Goroshnikova.pdf?ysclid=lqgm3qs7nm319481547 (дата обращения: 02.05.2024).
29. Stacy M., Jonathan G., Paolo P. Computational models of emotion // *USC Institute for Creative Technologies*. URL: <https://ict.usc.edu/pubs/Computational%20Models%20of%20Emotion.pdf> (дата обращения: 03.05.2024).
30. Ehlers R. The effects of artificial intelligence on crisis communication rebuild strategies // *University of South Dakota. Research. Engage. Design*. URL: <https://red.library.usd.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1023&context=diss-thesis> (дата обращения: 03.05.2024).

References

1. Babich M.Yu. Is mathematics applicable to predicting the state of specialized systems in competition? *Informatsionno-upravlyayushchie, telekommunikatsionnye sistemy, sredstva porazheniya i ikh tekhnicheskoe obespechenie: sb. nauch. st. po materialam V Vseros. mezhdvdomstv. nauch.-tekhn. konf. = Information and control systems, telecommunication systems, means of destruction and their technical support: proceedings of the 5th All-Russian interdepartmental scientific and engineering conference*. Penza: Izd-vo PGU, 2023:222–233. (In Russ.)
2. Krasovskiy A.A. Issues of physical control theory. *Avtomatika i telemekhanika = Automation and telemekhanics*. 1990;(11):3–28. (In Russ.)
3. Filimonov N.B. The Methodological Crisis of the “All-Conquering Mathematization” of Modern Management Theory. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie = Mechatronics, automation, control*. 2016;17(5):291–299. (In Russ.)
4. Ali M., Wood-Harper T. Artificial Intelligence (AI) as a Decision-Making Tool to Control Crisis Situations. *ResearchGate*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/358754137_Artificial_Intelligence_AI_as_a_Decision-Making_Tool_to_Control_Crisis_Situations (accessed 03.08.2024).
5. Bundy J., Pfarrer M.D., Short C.E., Coombs W.T. Crises and Crisis Management: Integration, Interpretation, and Research Development. *Journal of Management*. 2017;43(6):1661–1692.

6. Popov I.M., Khamzatov M.M. *Voyna budushchego = War of the future*. Moscow: Kuchkovo pole, 2019:832. (In Russ.)
7. Kotov A.V., Zaytsev V.N. On the development of decision support systems in the interests of organizing military operations. *Vestnik Akademii voennykh nauk = Bulletin of the Academy of Military Sciences*. 2022;(4):85–90. (In Russ.)
8. Churkin I.P. Methodological analysis of the role of mathematical modeling in decision-making on armed struggle in the air sphere. *Voennaya mysl' = Military thought*. 2022;(6):53–60. (In Russ.)
9. Dul'nev P.A., Kotov A.V., Pedenko N.P. Forecasting the course and outcome of a combined arms battle as a method of the theory of general practice. *Voennaya mysl' = Military thought*. 2023;(2):28–37. (In Russ.)
10. Ishechkin B.B., Ishechkin I.B., Evtikhov S.V. Prospects for the application of artificial intelligence in troop management. *Voennaya mysl' = Military thought*. 2023;(8):79–84. (In Russ.)
11. Vdovin A.V., Kostin K.K. Artificial intelligence technology in decision support systems – possible approaches and implementation paths. *Vestnik Akademii voennykh nauk = Bulletin of the Academy of Military Sciences*. 2022;(4):91–97. (In Russ.)
12. Antipova S.A., Labets V.V., Filyaev M.P. Conceptual principles of the use of sophisticated intelligence technology in the material and technical support system of the Armed Forces of the Russian Federation. *Voennaya mysl' = Military thought*. 2023;(7):100–112. (In Russ.)
13. Sayapin O.V., Tikhanychev O.V., Bezvesil'naya A.A., Chiskidov S.V. On one trend in the development of algorithms implemented in decision support systems. *Programmnye produkty i sistemy = Software products and systems*. 2023;36(3):388–397. (In Russ.)
14. Maslennikov O.V., Aliev F.K., Bepalov S.A., Mitroshin E.S. On the computational complexity of modern military tasks. *Voennaya mysl' = Military thought*. 2023;(2):72–85. (In Russ.)
15. Gorchitsa G.I., Dul'nev P.A., Ishchuk V.A. Problematic issues and prospects of implementing simulation modeling to ensure the virtual military experiments of the created weapon systems of land forces. *Vestnik Akademii voennykh nauk = Bulletin of the Academy of Military Sciences*. 2020;(3):97–104. (In Russ.)
16. Pedenko N.P., Kapranov R.V. Development of computer modeling methods for creating models for assessing combat operations (based on the experience of foreign countries). *Vestnik Akademii voennykh nauk = Bulletin of the Academy of Military Sciences*. 2020;(3):127–135. (In Russ.)
17. Doyle S. Playing wargames to shape real-life military strategy. *Engineering and Technology Magazine*. 2020. February 17. Available at: <https://eandt.theiet.org/content/articles/2020/02/playing-wargames-to-help-shape-real-life-military-strategy/> (accessed 07.01.2024).
18. Gubinskiy A.M. *Upravlenie tekhnologicheskimi razvitiem v sfere oborony i bezopasnosti Rossii, SShA, Kitaya: istoricheskie aspekty i sovremennyy opyt: v 3 t. T. II. SShA = Management of technological development in the sphere of defense and security of Russia, the USA, China: historical aspects and modern experience: in 3 volumes. Volume 2. USA*. Moscow: Izdatel'skie resheniya, 2021:710. (In Russ.)
19. Vorob'ev I.N. Once again on the military futurology. *Voennaya mysl' = Military thought*. 2020;(5):51–57. (In Russ.)
20. Korzhevskiy A.S., Makhnin V.L. Methodological approaches to forecasting in the sphere of military security of the state. *Voennaya mysl' = Military thought*. 2022;(5):21–31. (In Russ.)
21. Baranovskiy V.G., Kobrinskaya I.Ya., Utkin S.V., Frumkin B.E. The method of situational analysis as a tool for current forecasting in the conditions of transformation of the world order. *Vestnik MGIMO-Universiteta = Bulletin of MGIMO*. 2019;(12):7–23. (In Russ.)

22. Babich M.Yu., Kuznetsov V.E., Chigirev M.A., Polzunov N.V. Ontology of technology for including the method of staging 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.)
23. Damasio A.R. The Somatic Marker Hypothesis and the Possible Functions of the Prefrontal Cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 1996;351:1413–1420.
24. Medvedeva T.I., Enikolopova E.V., Enikolopov S.N. Damasio's somatic marker hypothesis and the game task: review. *Psikhologicheskie issledovaniya = Psychological research*. 2013;6(32):10. (In Russ.). Available at: <http://psystudy.ru> (accessed 01.03.2024).
25. Scheutz M. Agents with or without Emotions? *ResearchGate*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/2535330_Agents_with_or_without_Emotions (accessed 01.03.2024).
26. Collenette J., Atkinson K., Bloembergen D., Tuyls K. The Effect of Mobility and Emotion on Interactions in Multi-Agent Systems. *University of Liverpool*. Available at: <https://cgi.csc.liv.ac.uk/~katie/stairs16.pdf> (accessed 02.05.2024).
27. Kowalczyk Z., Czubenko M. Computational Approaches to Modeling Artificial Emotion – An Overview of the Proposed Solutions. *Frontiers*. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2016.00021/full> (accessed 02.04.2024).
28. Goroshnikova T.A. Emotions in decision making in simulation modeling. *Sistemnaya ekonomika = Systemic economics*. (In Russ.). Available at: https://systemeconomics.ru/wp-content/uploads/155-158-SAvE%60-2018_Sektsiya2_Goroshnikova.pdf?ysclid=lqgm3qs7nm319481547 (accessed 02.05.2024).
29. Stacy M., Jonathan G., Paolo P. Computational models of emotion. *USC Institute for Creative Technologies*. Available at: <https://ict.usc.edu/pubs/Computational%20Models%20of%20Emotion.pdf> (accessed 03.05.2024).
30. Ehlers R. The effects of artificial intelligence on crisis communication rebuild strategies. *University of South Dakota. Research. Engage. Design*. Available at: <https://red.library.usd.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1023&context=diss-thesis> (accessed 03.05.2024).

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 I категории научно-
технического центра,
Научно-производственное
предприятие «Рубин» (Россия,
Пенза, ул. Байдукова, 2)

E-mail: fieryeye@yandex.ru

Andrey M. Babich

Candidate of engineering sciences,
1st category 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 27.11.2024