

УДК 004.94

doi: 10.21685/2072-3059-2025-2-2

Концепции ведения силовых конкуренций специализированных систем и возможность их моделирования

М. Ю. Бабич¹, А. М. Бабич²

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

¹babichmj@mail.ru, ²fieryeye@yandex.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Сложность проектирования и эксплуатации специализированных организационно-технических систем требует создания моделей их функционирования. Одной из проблем создания адекватных моделей является достаточно частая смена концепций силовых столкновений. Требуется рассмотреть принципы технологии, позволяющей адаптировать создаваемые модели к той или иной концепции. *Материалы и методы.* Путем введения специфических операций над системами и их элементами дается расширенное определение специализированных организационно-технических систем. Формализуются описания наиболее известных концепций и анализируются основные факторы, определяющие требования к технологии адаптации моделей к концепциям. *Результаты.* Приводится описание технологии, позволяющей объединить функции подсистемы управления, работу специального программного обеспечения и имитационную модель деятельности агентов специализированных систем. *Выводы.* Предлагаемая технология позволяет адаптировать разрабатываемые имитационные модели к описанным концепциям и дает возможность разрабатывать программное обеспечение имитационных моделей в процессе создания программного и информационного обеспечения специализированных систем.

Ключевые слова: силовая конкуренция, имитационное моделирование, сложная организационно-техническая система, технология моделирования

Для цитирования: Бабич М. Ю., Бабич А. М. Концепции ведения силовых конкуренций специализированных систем и возможность их моделирования // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2025. № 2. С. 12–28. doi: 10.21685/2072-3059-2025-2-2

Concepts of conducting power competitions of specialized systems and the possibility of their modeling

M.Yu. Babich¹, A.M. Babich²

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

¹babichmj@mail.ru, ²fieryeye@yandex.ru

Abstract. *Background.* The complexity of designing and operating specialized organizational and technical systems requires the creation of models of their functioning. One of the problems in creating adequate models is the fairly frequent change of concepts of force collisions. It is necessary to consider the principles of technology that allows adapting the created models to one or another concept. *Materials and methods.* By introducing specific operations on systems and their elements, an expanded definition of specialized organizational and technical systems is given. Descriptions of the most well-known concepts are formalized and the main factors determining the requirements for the technology of adapt-

ing models to concepts are analyzed. *Results.* A description of the technology is given that allows combining the functions of the control subsystem, the operation of special software and a simulation model of the activity of agents of specialized systems. *Conclusions.* The proposed technology allows adapting the developed simulation models to the described concepts, and makes it possible to create software for simulation models in the process of creating software and information support for specialized systems.

Keywords: power competition, simulation modeling, complex organizational and technical system, modeling technology

For citation: Babich M.Yu., Babich A.M. Concepts of conducting power competitions of specialized systems and the possibility of their modeling. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskie nauki* = *University proceedings. Volga region. Engineering sciences.* 2025;(2):12–28. (In Russ.). doi: 10.21685/2072-3059-2025-2-2

Введение

Усложнение проектирования, разработки и управления сложными организационно-техническими системами (ОТС) требует создания моделей их функционирования. В настоящее время ведутся исследования в области ОТС по различным направлениям. Одно из них носит общий характер: обосновывается необходимость применения имитационных моделей ОТС, рассматриваются методические подходы построения комплекса моделей, предлагаются концепции их создания, теоретико-множественное описание и т.д. [1–3]. Изучение функционирования ОТС традиционно основывается на классическом и современном математическом аппарате. В процессе моделирования используются методы оптимизации [4], вероятностно-статистические методы [5–7]. При изучении специализированных ОТС применяются модели Ланчестера (1-го и 2-го рода), Краснощекова, основанные на решениях дифференциальных уравнений. Часто возникает неопределенность при отсутствии надежных статистических данных. В этом случае применяется аппарат нечеткой математики [8–10]. В моделировании сложных ОТС находят место элементы искусственного интеллекта, в частности нейросетевые технологии [11, 12]. Современным и интересным направлением является многоагентное моделирование [13–16]. В качестве агента, в зависимости от масштаба модели, можно принимать человека, группу людей, другие социальные общности или неодушевленные объекты (робот, БПЛА и т.д.). В ОТС управляющее воздействие происходит через людей, находящихся в контуре системы. Результаты действий зависят от их эмоционального состояния. Поэтому большое значение приобретают исследования возможности включения в процесс моделирования ОТС имитаций эмоций. В современных моделях широко используется архитектура *BDI* [17, 18], в основу которой положены ментальные составляющие: убеждение, желание, намерение. Другим направлением являются многомерные модели эмоций [19]. Современные эмоциональные модели основываются на нечеткой математике, нейронных сетях [20–22].

В работах [23, 24] были замечены возникающие проблемы, связанные с нахождением приемлемого математического аппарата. Как следствие, в [25] утверждается, что для кризисного периода работы ОТС исследования по управлению системами могут носить только фрагментарный характер, так как включают трудноразрешимые когнитивные и поведенческие задачи. Возникшую проблему пытаются решить путем отхода от жесткой формализации: метод сценирования Германа Кана, Форсайт-метод [26, 27], метод ситуаци-

онного анализа [28]. Неформальный интуитивный способ принятия решений рассматривается в [29].

Наиболее сложными для моделирования являются специализированные ОТС, участвующие в силовых столкновениях с конкурирующими ОТС, однако существуют известные проблемы [30]: ОТС являются нелинейными системами с активно взаимодействующими стоками и источниками энергии, функционирующими в условиях хаоса; информация, необходимая для управления ОТС в процессе их работы, является неточной, неполной, скрываемой конкурентом и объемной; на действия людей, находящихся в контуре ОТС, оказывает большое влияние их эмоциональное и ментальное состояния, которые вынуждают их совершать иррациональные действия. Решению вышеперечисленных проблем посвящен ряд работ [31–36]. Необходимо отметить дополнительную трудность, остающуюся вне рамок исследований: за последние 30 лет происходит сравнительно быстрая смена концепций силовых столкновений. Концепции меняются быстрее, чем модели ОТС, создающиеся под определенную логику управления столкновениями. Поэтому актуальными являются задачи, поставленные в настоящей работе:

1. Определить основные свойства специализированных ОТС, находящихся в конкуренции, и дать их расширенное определение, вводя специфические операции над системами, их элементами.
2. Проанализировать соответствие определения ОТС логике управления в известных концепциях силовых столкновений.
3. Предложить технологию и ее программно-информационную поддержку, базирующиеся на принципах, позволяющих создавать модели функционирования ОТС в рамках рассмотренных концепций.

Определение специализированной ОТС

Рассмотрим множество элементов E . Элементом e из E могут быть: человек, неживой объект (техническое устройство, дом, горючее и т.д.), человек, управляющий или использующий в своей деятельности неживой объект. Элемент множества, относящийся к человеку, будем называть агентом и обозначать через a , не относящийся – ресурсом и обозначать через b ; $e = \{a, b\}$. Каждый элемент множества, а также само множество в целом находятся в некотором состоянии, определяющемся набором атрибутов $\{Z^i\}_{i=1}^n$: технические характеристики, ментальные и эмоциональные состояния людей, координаты, время, объем и т.д. Через Z обозначим множество всех возможных состояний. Считаем, что множество динамично, т.е. состояние множества и его элементов зависит от времени.

Обозначим через R отношения между элементами или условия существования состояния из Z . Например, «человек1 опасается человека2» или «скорость не может превышать 100 км/ч».

Введем функции $F = (F_1, F_2, \dots, F_l)$. Функции могут быть инициированы элементами множества. Функция воздействует на элементы множества или на элементы другого множества. После ее завершения наблюдается изменение состояния элементов и множества.

Предназначением F является достижение поставленной конечной цели P за некоторый отрезок времени. Если P^i – подцель P , то существует последовательность (траектория)

$$P^1(t), P^2(t + \Delta t), \dots, P^m(t + m \times \Delta t), \quad (1)$$

завершение которой ведет к достижению конечной цели. Цель может быть составной и/или сложной, т.е. $P = p_1 \bullet p_2 \bullet \dots \bullet p_n$, где $\bullet$ – знак конъюнкции или дизъюнкции; p_i – части цели. Если $h(P)$ – степень достижения цели, то $h(P) \in [0, 1]$, где $h(P) = 1$ – полное достижение цели, после чего воздействия F завершаются. Достижение цели осуществляется действиями агентов, путем инициирования функций, но цель может быть поставлена всему множеству. В этом случае цель достигается после завершения совместных действий всех агентов.

Через G обозначим множество требований, приказов, указаний для агентов. Например: «достижение цели должно произойти в течение 5 ч». Если R – это существующие либо возможные условия или отношения, то G – требования к их выполнению.

Информацию о Z, R, F, P, G обозначим через I . К ней относятся: для Z – числовые и качественные характеристики текущего состояния множества, элементов; для R, P и G – описания отношений, условий, целей, приказов; для F – алгоритмы функций. Информацию о соответствующих множествах будем обозначать малыми латинскими буквами: $I = z \vee r \vee f \vee p \vee g$. Введенные Z, R, F, P, G, I могут относиться не только к элементам, но и ко всему множеству в целом; например, атрибут множества «все элементы в множестве». Если нет специального условия, то информация, соответствующая всему множеству, относится ко всем его элементам. Индекс e соответствует элементу, A (в дальнейшем S) – всему множеству, например, какое-либо требование g_A для всех элементов из A .

Совокупность (E, Z, R, F, P, G, I) будем обозначать через S и определим в качестве системы, т.е. как объективное единство (E, Z, R, F, P, G, I) закономерных связанных друг с другом предметов, явлений, людей, условий, а также знаний. Такое определение не противоречит традиционным определениям системы. Если (E, Z, R, F, P, G, I) – описание реальной системы, то $I = (z, r, f, p, g)$ – понятие системы, являющееся инструментом исследования.

В специализированных ОТС большое значение приобретает качество выполнения приказов, полученных комбатантом, поэтому необходимо каким-то образом учитывать степень желания их выполнения. Кроме того, должна существовать иерархия управления, поэтому введем дополнительные специфические операции.

Рассмотрим функцию передачи информации от одного элемента к другому: $a_1(I) \mapsto a_2$. Передача информации возможна между агентами или техническими устройствами. Например: $a_1(I(Z, P)) \mapsto a_2$ – передача информации о состоянии и цели агента a_1 . Предполагается, что если существует физическая реализация передачи $\mapsto$, то существуют соответствующие каналы связи или логистика. Если существует передача между системой и агентом $(\exists S_1 \mapsto a_2)$, то существует агент из S_1 , передающий информацию агенту a_2 . Аналогичны передачи между агентом и системой, системой и системой.

Определим отношение включения. Чтобы не путать с включением теоретико-множественным, будем обозначать его символами $\hat{\in}$ и $\hat{\subset}$:

- $b \in S$, если выполняются следующие условия: b из S ; существует агент из S , управляющий или использующий b ;
- $a \in S$, если выполняются условия: a из S ; агент знает об информации из g_S , относящейся к нему, и согласен в настоящее время (или такое согласие дано ранее) выполнять полученные приказы с определенной степенью желаний, т.е.

$$\exists z_a^y \in (0, 1], \quad (2)$$

где z_a^y – значение атрибута внутреннего состояния агента на выполнение приказа y из g ;

- $S_2 \hat{c} S_1$, если любой элемент из S_2 принадлежит S_1 и $\forall e: (e \in S_2) \Rightarrow (e \in S_1)$.

Можно доказать выполнение свойства транзитивности: $(S_1 \hat{c} S_2) \wedge (S_2 \hat{c} S) \Rightarrow (S_1 \hat{c} S)$. Предполагается, что указания g_{S_i}, g_S не противоречат друг другу, иначе агенту, включенному в S_1 , пришлось бы выполнять противоречивые указания, что является причиной иррационального поведения агента [37]. Согласие на выполнение приказа и получение приказа – необходимость выполнения приказа, но не означают обязательного его исполнения, например, отсутствие требуемых ресурсов или условий. Будем рассматривать только такие системы S , для которых любой элемент из S включен в S : $\forall e \in S \Rightarrow e \in S$.

Объединением $\hat{\cup}$ систем S_1 и S_2 является система $S = S_1 \hat{\cup} S_2$, для которой выполняется следующее: элементами S будут считаться элементы, включенные ($\hat{\in}$) в S_1 или в S_2 ; если элемент включен в S_1 или в S_2 , то элемент включен в S ; существует возможность передачи информации I между системами S_1 и S_2 .

Системы S_i назовем подсистемами S .

Пусть $S = (\hat{\cup}_{i=1}^n S_i) \hat{\cup} S^*$. Подсистему S^* назовем управляющей для S , если существует передача информации из S^* в части приказов, указаний в любую подсистему S_i , информация становится указанием (приказом) для всех агентов из S_i , т.е. $\forall i: (\exists S^*(I(g)) \mapsto S_i) \wedge (g = g_{S_i})$. Подсистема S^* оказывает управляющее воздействие через агентов подсистем S_i .

Систему S назовем ОТС, если в S существует подсистема управления (ПУ) S^* и реализуются введенные операции передачи информации, включения, объединения: $\mapsto, \hat{\in}, \hat{c}, \hat{\cup}$. Заметим, подсистемы S_i могут обладать своими ПУ, т.е. возникает иерархия управления. Агенты, включенные в подсистемы, входят в контур управления системы.

Введем обозначение $X \sim (d)$: для X необходимо выполнение условия d . Например: $P_S \sim d$ – достижение цели при выполнении условия d , а $S_1(I(g(P_{S_2} \sim d))) \mapsto S_2$ означает передачу приказа об этом из ОТС S_1 в ОТС S_2 .

Через S' будем обозначать систему, аналогичную системе S , но конкурирующую с ней. Цели S и S' – несовместимы и противоположны. Это озна-

чает, что для любого момента времени выполняется $(P_S \neq P_{S'}) \wedge \wedge (h(P_S) + h(P_{S'}) \leq 1)$. Состояние системы, при котором достижение конечной цели невозможно ($h(P_S) \approx 0$), обозначим символом пустого множества $\emptyset$. Выполняется $P_S \sim (Z_{S'} = \emptyset)$. Системы S и S' назовем специализированными ОТС, находящимися в конкуренции.

Для агента атрибутом с индексом 1 (Z_a^1) будем обозначать особое, наиболее ценное состояние – жизнь агента, а его значение – через z_a^1 .

Проанализируем три понятия: агент, система, суперсистема. Понятие агента как элемента системы является достаточно условным. В зависимости от масштаба задач в качестве агента можно принять человека, управляющего техническим устройством, группу людей, взвод, армию и т.д. Поэтому будем рассматривать агентов как простую ОТС $\{a\}$, не обладающую подсистемами, состоящую из одного элемента – самого агента. При нормальном состоянии психики агента выполняется условие рефлексивности для включения: $a \hat{c} \{a\}$. Множество систем, являющихся специализированными ОТС, ограничим сверху суперсистемами W . Суперсистем может быть несколько, но ОТС S может быть включена только в одну систему или суперсистему W_1 , и не существует другой суперсистемы W_2 , для которой $W_1 \hat{c} W_2$:

$$(\forall S, (\exists! W : S \hat{c} W) \wedge (\exists! S_k : S \hat{c} S_k)) \wedge (\exists W_m \neq W : (W_m \hat{c} W) \wedge (W \hat{c} W_m)). \quad (3)$$

Дополнительно введем обозначение U ; S – это система силовых, а U – гражданских структур.

Концепции силовых конкуренций и их описание

В начале XXI в. наблюдается интенсивное развитие силовых стратегий в рамках конвенционального вооружения. Возникают новые теории ведения военных столкновений. Причем наблюдается как смешение некоторых положений концепций, так и отказ от неудачных [38–42]. Выделим основные концепции ведения силовых конкуренций и приведем их описание в соответствии с введенным определением специализированной ОТС.

Конфликты низкой интенсивности. Традиционная межгосударственная война с применением обычных видов оружия завершит последнюю стадию своего развития. Останутся конфликты низкой интенсивности между различными организациями, не являющимися государствами.

Если W – государство, то

$$(P_S \sim Z_{S'} = \emptyset) \wedge (P_{S'} \sim Z_S = \emptyset) \wedge (z_S << z_W) \wedge \wedge (z_{S'} << z_{W'}) \wedge (S \hat{c} W) \wedge (S' \hat{c} W'). \quad (4)$$

Боевые стаи. Главными отличиями стаи являются централизованная стратегия и скоординированные действия, но одновременно децентрализованная тактика, аморфность, автономность. Стая состоит из кластера и подов. Три пода – кластер. Кластеры могут перетекать из одной организационной формы в другую.

Обозначим через T некоторый временной интервал, тогда

$$\exists T : (\forall t \in T \Rightarrow S(t) = \hat{c}_{i=1}^m S_i(t)) \wedge (\forall t \notin T \Rightarrow S_i(t) \hat{c} S(t)) \wedge$$

$$\wedge(S_i = \{S_{i_1}, S_{i_2}, S_{i_3}\}) \wedge (z(S_i) << z(S)). \quad (5)$$

Войны малых формирований – «Новые войны». Вместе с регулярными силами новые войны ведутся вместе с малыми формированиями. В отличие от вертикально организованного иерархического построения боевых единиц «старых войн» (регулярные силы), новые формирования представлены разнородным множеством групп, среди которых военизированные формирования, местные полевые командиры, криминальные банды, полицейские силы, группы наемников. Новые формирования сами обеспечивают себя ресурсами с помощью грабежа, захвата заложников, черного рынка или внешнего содействия.

Пусть $S_1 = \dot{\cup}_{i=1}^n S_i$, $S_2 = \dot{\cup}_{j=1}^m S_j$, тогда

$$(S = S_1 \dot{\cup} S_2) \wedge (\forall a \in S_1 \Rightarrow a \notin S_2) \wedge (\forall a \in S_2 \Rightarrow a \notin S_1) \wedge (\forall i, j: (z_{S_j} << z_{S_i}) \wedge \wedge(S_i \hat{\subset} W) \wedge (S_j \hat{\not\subset} W) \wedge (U_{S_j} = \emptyset) \wedge (P_S \sim Z_{S'} = \emptyset). \quad (6)$$

Бесконтактные войны. Это войны с применением высокоточного оружия, используемого на межконтинентальной дальности для уничтожения экономики государства и органов управления:

$$P_{S'} \sim ((Z_{S^*} \approx \emptyset) \vee (Z_{W^*} \approx \emptyset) \vee (Z_U \approx \emptyset)) \wedge (z^2_{S'} > \rho), \quad (7)$$

где $z^2_{S'}$ – расстояние до конкурента; ρ – условное межконтинентальное расстояние.

Сетецентрические войны. Главной целью современных разработок для силовых структур является внедрение перспективных информационных технологий в военную сферу. По мнению отечественных специалистов [43], содержание предложенной концепции сетецентрических войн заключается не в новых формах и видах ведения военных действий, как пишут авторы концепции, а в изменении способа управления войсками (силами). Новый способ управления возможен при оптимизации состава, содержания, форм, сроков представления потоков информации на органах и пунктах управления, позволяющих проводить операции и боевые действия с помощью сетевых методов. При этом сохраняется классическая иерархическая система управления и соблюдается старый принцип реализации боевых задач. Результат достигается при создании единого информационного поля:

$$\exists j: P^j_S \sim (I(S) \mapsto S^*) \wedge (I(S') \mapsto S^*) \wedge (\forall S_i \hat{\subset} S \Rightarrow S^*(I(S, S', G) \mapsto S_i)). \quad (8)$$

Гибридные войны. Это войны, носящие мультимодальный характер, т.е. одновременное использование конвенциональных и неконвенциональных средств, симметричных и асимметричных тактик, регулярных и иррегулярных сил, применение кибероружия, информационных и дипломатических атак, вмешательство во внутреннюю политику, поддержка сепаратистских движений, криминальных и террористических группировок. Основным стратегическим преимуществом оказывается официальное непризнание государством, ведущим гибридные боевые действия, своего участия в войне.

Гибридные войны лишь частично поддаются моделированию, так как имитировать в одной модели силовые функции и, например, информационные, дипломатические действия и т.д. практически невозможно. Пусть W – государство, S и U – его военные и гражданские подсистемы. Формально к ним можно отнести (4)–(6) и дополнительно:

$$(W = (\hat{\cup}_{i=1}^n S_i) \hat{\cup} (\hat{\cup}_{j=1}^m U_j) \wedge (\hat{\cup}_{k=1}^l S'_k \hat{\subset} W')) \wedge (W(I(G_W, P_W)) \mapsto \hat{\cup}_{k=1}^l S'_k) \wedge \wedge (P_W \sim Z_{W'} = \emptyset) \wedge (P_{S'} \sim Z_{W'} = \emptyset). \quad (9)$$

Нелинейность столкновений. Войны ведутся открытыми и нелинейными системами, функционирующими в условиях хаоса.

Покажем, что если $W = (\hat{\cup}_{i=1}^n S_i) \hat{\cup} (\hat{\cup}_{j=1}^m U_j)$, то ОТС S являются нелинейными, открытыми и неравновесными. ОТС S нелинейна, так как имеют место выбор, многовариантность, необратимость траекторий достижения целей и периодичность чередований [30]. Открытая система – система, которая непрерывно взаимодействует со своей средой. Взаимодействие может принимать форму передачи информации, энергии, материальных ресурсов. Для S источники энергии порождаются суперсистемой W . Это системы U , поставляющие материальные, людские, информационные ресурсы. Стоки энергии для S – это конкурирующая система S' . В силовых столкновениях с S' у S сокращаются численность агентов и ее ресурсы. Если источники и стоки активны, но их активность и значимость примерно равны, то ОТС переходят в очень неустойчивый режим, т.е. имеет место чувствительность к малым возмущениям, приводящим к резкому изменению состояния систем. Это функционирование системы в условиях хаоса.

Старые стратегии, но используемые в локальных конфликтах. Разгром противника в генеральном сражении:

$$(P_S \sim Z_{S'} = \emptyset) \wedge (h(P_S) = 1) \Rightarrow (Z_{W'} = \emptyset).$$

Сокрушительные удары по флангам, обход противника с тыла:

$$\exists i : (P_S \sim Z_{S'_i} = \emptyset) \wedge (S' = \cup_{i=1} S'_i) \wedge (h(P_S) = 1 \Rightarrow Z_{S'} = \emptyset),$$

где S'_i могут быть флангами, тылом и т.д.

Разведывательная функция БПЛА [44]. Рассмотрим $S^k = \{b_i\}_{i=1}^n$ и $\forall b_i \in S^k$. По определению $z^1_b = 0$. Разведывательная функция БПЛА определяется как

$$(S^k \hat{\subset} S) \wedge (\exists I(S') \mapsto b_i \mapsto S^*) \wedge (S^*(I(g)) \mapsto b_i). \quad (10)$$

Влияние гибридных войн на ведение конкурентных действий можно имитировать изменением состояний и иррациональными действиями агентов специализированных ОТС. Введем аксиому [37]: агент как примитивная система, в отличие от обычных систем, всегда включен не менее чем в две ОТС, не являющиеся подсистемами друг друга, цели которых не совпадают, т.е. для агента вместо (3) получаем

$$\begin{aligned} \forall a : (\exists S_1) \wedge (\exists S_2) \wedge (a \in S_1) \wedge (a \in S_2) \wedge (S_1 \neq S_2) \wedge \\ \wedge (S_1 \hat{c} S_2) \wedge (S_2 \hat{c} S_1) \wedge (P_{S_1} \neq P_{S_2}). \end{aligned} \quad (11)$$

Приведем пример выполнения аксиомы: комбатант принадлежит своему вооруженному отряду и семье, состояние которой влияет на его эмоциональность. Цели семьи не совпадают с целями отряда. В процессе гибридной войны многие подсистемы, в которые включен агент, подвергаются воздействию конкурирующих суперсистем. Несовпадение их целей приводит к тому, что и у агента появляются две несовпадающие цели, которые невозможно достичь одновременно. Агенту остается выбрать достижение одной цели, например P_{S_1} , в ущерб подсистеме S_2 , т.е. для S_1 $z_a^y \approx 1$, а для S_2 $z_a^y \approx 0$. В этом случае по отношению к управляющей подсистеме в S_2 агент ведет себя иррационально.

Ракетный комплекс «Орешиник» можно отнести к оружию большой мощности бесконтактных войн шестого поколения [45].

Ядерная составляющая вооруженной конкуренции в работе не рассматривалась, так как ядерный конфликт не может быть управляемым.

Технология и ее программная поддержка

Выше удалось формализовать условия наиболее известных концепций. Невозможно спроектировать программное обеспечение (ПО), моделирующее все виды конкурентных столкновения. Тем не менее опишем основные принципы технологии и поддерживающее ее ПО, претендующие на адаптацию к приведенным концепциям.

В описании концепций приведенные логические связи и кванторы $\wedge, \vee, \Rightarrow, \exists, \forall$ определяют структуру и логику функционирования специализированных ОТС, зависящих от конкретных задач и целей. В обязательном порядке присутствуют введенные специфические операции: включение $\hat{c}$ и объединение $\hat{\cup}$. Их определение базируется на понятии включения агентов в состав ОТС: $a \in S$. Деятельность агентов по управлению системой и исполнению приказов ведет к изменению состояний ОТС.

Введем три основных фактора, определяющих требования к модели.

Первый фактор. Меняются акторы, системы, логика конкурентной борьбы и т.д. Остается неизменным наличие ПУ S^* , которая определяет введенные операции включения. ПУ S^* может состоять из группы агентов или из одного агента, рассматриваемого в качестве примитивной системы без деления на подсистемы.

Второй фактор. Чем выше в иерархии подчинения находится ПУ, тем более необходимо наличие в ней специального программного обеспечения (СПО), выполняющего функции поддержки принятия решений, или его макетов, если рассматривается период создания СПО. СПО поддерживает деятельность агентов a^* , включенных в S^* ($a^* \in S^*$), по оценке сложившейся обстановки. На основе решений ПУ и приказов суперсистемы W происходит планирование траектории (1), т.е. создание приказов G .

Третий фактор. Действия агентов a^{**} вне S^* , т.е. $(a^{**} \notin S^*) \wedge (\exists S_i \neq S^* : a^{**} \in S_i \hat{c} S)$, происходят в рамках поставленной задачи (цели) –

переданного приказа $g \in G$. Необходимо учитывать результаты попыток агентов a^{**} достижения поставленной цели. Во внешней среде ОТС существует конкурирующая ОТС S' . Ее планы не известны, но создаваемая текущая обстановка, оцениваемая ПУ, является следствием деятельности агентов, включенных в S' . Сложность заключается в создании адекватной модели функционирования агентов в условиях хаоса. Кроме того, трудно формализовать умение и желание выполнения приказов (значение z^y_a), являющихся следствиями: знаний, эмоций (например, страх, уверенность), аксиомы (11) и т.д.

Исходя из основных факторов к использованию предлагается технология [46], интегрирующая функции ПУ S^* и деятельность должностных лиц (ДЛ) в ПУ, разработанное или разрабатываемое СПО (ее макеты), с которым работают ДЛ ПУ, с программами имитации (ПИ), моделирующие варианты возможных ситуаций как следствия деятельности агентов конкурирующих систем, находящихся вне ПУ.

В процессе моделирования осуществляется принятие решений ДЛ в ПУ (агенты a^*), которое является следствием имитируемой полученной информации о текущей ситуации, приказов суперсистемы, взаимодействия ДЛ с СПО, поддерживающим их работу, регламентирующих инструкций работы с СПО. В ПУ ведется база данных прецедентов, куда заносится информация о состоянии ОТС S , S' и принятых решениях ДЛ в ПУ.

ПИ имитируют действия агентов a^{**} из S и S' , изменения обстановки, передачу информации о текущей обстановке в ПУ и приказов агентам a из ПУ.

В зависимости от возможности адекватно формализовать процессы, протекающие при функционировании специализированных ОТС, имитация деятельности агентов из S' и S управляется ДЛ (условно – тестеры), принимающими участие в моделировании, или происходит автоматически по подготовленным сценариям. Участие в моделировании людей в процессе принятия решений в ПУ и при управлении непосредственно функциями своих агентов и агентов противника расширяет возможности модели. Человек неожиданными иррациональными действиями может смоделировать условия хаоса или действия агентов при различных значениях z^y_a .

Таким образом, работу интегрированного программного обеспечения осуществляют ДЛ, принимающие те или иные решения в ПУ, а также тестеры, управляющие агентами при моделировании. Возникают игровые ситуации между ДЛ и тестерами, отвечающими за функционирование системы S , и тестерами, имитирующими работу агентов системы S' . Заметим, для упрощения процесса имитации функции ПУ ОТС S' не моделируются. Результаты принятых решений можно проанализировать с помощью базы данных прецедентов.

Вариантом программной поддержки технологии, точнее ПИ, могут быть программные комплексы проектирования имитационных многоагентных моделей. Применение варианта связано с использованием программ, обеспечивающих запуск агентов, коммуникацию между ними, организацию доступа к ресурсам. Среди таких инструментов наиболее известны *Anylogic*, *Jade*, *Gamma*, *Netlogo*, *Repast Symphony* и др. К сожалению, перечисленные ин-

струменты навязывают разработчику свою идеологию: архитектурный подход, сервисы, готовые решения и т.д. Другой вариант – разработка ядра, т.е. библиотеки, содержащей программы из состава ПИ, и их информационного обеспечения (ИО), т.е. наиболее общих программ и таблиц, используемых при создании имитационных многоагентных моделей. Для агентов в любой концепции остаются неизменными следующие функции: разрушение, перемещение, передача информации, траты и приобретения ресурсов для названных функций. Ядро ПИ и ИО предлагается создать в виде шаблонов. Ядро ПИ включает или дополняется функциями из набора F . ИО содержит информацию из I , а также общие таблицы из баз данных разработки СПО и ПИ. В ИО включается онтология технологии, а в ПИ – ее программная поддержка [47]. Это позволяет пользователям технологии соблюдать принципы технологии и одновременно выполнять техническое задание заказчика на разрабатываемую систему, в частности на СПО.

Частично ядро было разработано и использовано при создании системы защиты особо важных объектов. В частности, для защиты от БПЛА разрабатываемая система описывалась как

$$(S' = \{b_i\}_{i=1}^n) \wedge (\forall b_i \in S') \wedge (P_{S'} \sim Z_S = \emptyset) \wedge (S = \bigcup_{j=1}^k S_k) \wedge (\forall j : \exists ! a \in S^*_j) \wedge \wedge (I(S') \mapsto S^*) \wedge (P_S \sim Z_{S'} = \emptyset). \quad (12)$$

Заключение

Предложенная технология объединяет СПО системы и ПИ интегрирует орган управления, т.е. введенные операции включения и объединения, участвующие во всех описаниях концепций вооруженной конкуренции, деятельность ДЛ, оценивающих возникшую обстановку и управляющих специализированной ОТС, имитацию действия своих агентов и агентов конкурента (автоматически или под управлением тестеров), имитацию смены состояний ОТС и окружающей среды, передачу информации в ПУ и из нее. Обобщения, использованные в технологии, и ее программная поддержка позволяют адаптировать разработку ПИ к приведенным концепциям, проводить работы по моделированию ОТС в процессе создания программного и информационного обеспечения СПО. Благодаря этому можно оценить эффективность всей ОТС до ее введения в эксплуатацию, а также прогнозировать развитие текущей или предполагаемой ситуации как возможный результат действия конкурентов на принятые управляющие воздействия из ПУ.

Список литературы

1. Соловьёв И. В. Проблемы исследования сложной организационно-технической системы // Вестник МГТУ МИРЭА. 2013. № 1 (1) С. 20–40.
2. Чумичкин А. А. Моделирование автоматизированных систем управления сложными организационно-техническими системами // i-methods. 2020. Т. 12, № 1. URL: <http://intech-spb.com/i-methods/> (дата обращения: 30.03.2025).
3. Бродский Ю. И., Лебедев В. Ю., Огарышев В. Ф., Павловский Ю. Н., Савин Г. И. Общие проблемы моделирования сложных организационно-технических систем. URL: <https://ras.ru>ph>2H0UZEKI.pdf> (дата обращения: 18.04.2025).
4. Бекетов С. М., Зубкова Д. А., Редько С. Г. Сравнение методов оптимизации в имитационных моделях сложных организационно-технических систем // Моде-

- лирование, оптимизация и информационные технологии. 2024. № 12 (3). С. 1–12. doi: 10.26102/2310-6018/2024.46.3.027 URL: <https://moitvvt.ru/journal/pdf?id=1665> (дата обращения: 30.03.2025).
5. Костогрызов А. И. Нистратов А. А. Методические положения по вероятностному прогнозированию качества функционирования систем // Правовая информатика. 2024. № 3. С. 13–31.
 6. Прозоров Д. Е., Плетнёв К. Е., Яшина А. Г. Апостериорная оценка состояний многосвязной цепи Маркова // Информация и космос. 2016. № 1. С. 46–53.
 7. Железняков А. О., Жилин Р. А. Моделирование процессов функционирования организационно-технической системы на основе марковских случайных процессов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2024. Т. 51, № 4. С. 71–77.
 8. Басков О. В., Ногин В. Д. Нечеткие множества второго порядка и их применение в принятии решений. Общие понятия // Искусственный интеллект и принятие решений. 2021. № 1. С. 3–14.
 9. Гусейнзаде Ш. С. Моделирование интеллектуальных систем управления с применением модифицированных нечетких раскрашенных сетей Петри // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2020. Т. 17, № 10. С. 30–37.
 10. Hans P. Geering. Introduction to Fuzzy Control. URL: <https://www.researchgate.net/publication/259197110> (дата обращения: 30.03.2025).
 11. Замятин Н. В., Медянцева Д. В. Методика нейросетевого моделирования сложных систем // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309, № 8. С. 100–106.
 12. Шолохова А. А., Иванов А. Н. Моделирование динамических систем на основе полиномиальных нейронных сетей // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. Научный журнал. 2017. № 4 (19). URL: <http://moit.vivt.ru/> (дата обращения: 30.03.2025).
 13. Городецкий В. И. Многоагентные системы: современное состояние исследований и перспективы применения // Новости искусственного интеллекта. 1996. № 1. С. 44–59.
 14. Мелехин В. Б., Хачумов М. В. Планирование коллективной деятельности автономных интеллектуальных агентов в условиях неопределенности // Искусственный интеллект и принятие решений. 2020. № 4. С. 101–113.
 15. Симанков В. С., Дубенко Ю. В. Системный анализ в иерархических интеллектуальных многоагентных системах // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2021. Т. 18, № 3. С. 33–46. doi: 10.14489/vkit.2021.03.pp.033-046
 16. Листопад С. В. Характеристики и логическая структура методологии построения рефлексивно-активных систем искусственных гетерогенных интеллектуальных агентов // Системы и средства информатики. 2023. Т. 33, № 4. С. 18–27.
 17. Michael E. Bratman. Intentions, Plans, and Practical Reason. Harvard University Press, 1987. 224 p.
 18. Hanen Lejmi-Riahi, Fahem Kebair, Lamjed Ben Said. 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.
 19. Russell J. A. A Circumflex Model of Affect // Journal of Personality and Social Psychology. 1980. Vol 39, № 6. P. 1161–1178.
 20. Charalampos Karyotisb, Faiyaz Doctorb, Rahat Iqbalb, Anne Jamesb, Victor Changa. 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).
 21. Chie Hieida, Takato Horii, Takayuki Nagai. Deep Emotion: A Computational Model of Emotion Using Deep Neural Networks. URL: <https://arxiv.org/pdf/1808.08447.pdf> (дата обращения: 02.05.2024).

22. 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
23. Красовский А. А. Проблемы физической теории управления // Автоматика и телемеханика. 1990. № 11. С. 3–28.
24. Филимонов Н. Б. Методологический кризис «всепобеждающей математизации» современной теории управления // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016. Т. 17, № 5. С. 291–299.
25. Bundy J., Michael D. Pfarrer, Cole E. Short, W. Timothy Coombs. Crises and Crisis Management: Integration, Interpretation, and Research Development // Journal of Management. 2017. Vol. 43, № 6. P. 1661–1692.
26. Воробьев И. Н. Еще раз о военной футурологии // Военная мысль. 2020. № 5. С. 51–57.
27. Коржевский А. С., Махнин В. Л. Методологические подходы к прогнозированию в сфере военной безопасности государства // Военная мысль. 2022. № 5. С. 21–31.
28. 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.
29. Mohammed Ali, Trevor Wood-Harper. Artificial Intelligence (AI) as a Decision-Making Tool to Control Crisis Situations. URL: https://www.researchgate.net/publication/358754137_Artificial_Intelligence_AI_as_a_Decision-Making_Tool_to_Control_Crisis_Situations (дата обращения: 03.08.2024).
30. Бабич М. Ю., Бабич А. М. Нелинейность, иррациональность, эмоциональные состояния в сложных специализированных системах // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике : по материалам XXIV Междунар. науч.-техн. конф. Пенза : Изд-во ПГУ, 2024. С. 3–10.
31. 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.
32. 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. doi: 10.15827/0236-235X.142.388–397
33. Масленников О. В., Алиев Ф. К., Беспалов С. А., Митрошин Е. С. О вычислительной сложности современных военных задач // Военная мысль. 2023. № 2. С. 72–85.
34. Ишечкин Б. Б., Ишечкин И. Б., Евтихов С. В. Перспективы применения искусственного интеллекта в управлении войсками // Военная мысль. 2023. № 8. С. 79–84.
35. Прокаев А. Н., Шабунин А. А. Отечественный и зарубежный опыт количественного обоснования решений в области применения сил (войск) флота // Военная мысль. 2024. № 2. С. 77–91.
36. Чуркин И. П. Методологический анализ роли математического моделирования при принятии решений на вооруженную борьбу в воздушной сфере // Военная мысль. 2022. № 6. С. 53–60.
37. Бабич М. Ю., Бабич А. М. Влияние аксиом принадлежности агентов нескольким организационно-техническим системам на рациональное поведение агентов // Искусственные общества. 2021. Т. 16, № 1. doi: 10.18254/S207751800013885-2 URL: <https://artsoc.jes.su/S207751800013885-2-1> (дата обращения: 30.01.2025).
38. Уланов А. С. Прогностическая оценка тенденций развития средств вооруженной борьбы и способов их применения в войнах будущего // Военная мысль. 2022. № 8. С. 37–50.

39. Смоловой А. В. Военные конфликты будущего: современный взгляд // Вестник академии военных наук. 2022. № 3 (80). С. 80–87.
40. Малышев А. И., Мардусин В. Н., Хахалев В. Ю. Анализ трансформации основных категорий военной конфликтологии в доктринальных основах РФ // Военная мысль. 2023. № 8. С. 6–15.
41. Бартош А. А. Модели эскалации современных военных конфликтов // Военная мысль. 2024. № 1. С. 22–36.
42. Таненя О. С., Вдовин А. В. Трансформация вооруженного противоборства: обусловленность новой тенденции военного искусства // Военная мысль. 2024. № 3. С. 38–45.
43. Кондратьев А. Е. Общая характеристика сетевых архитектур, применяемых при реализации перспективных сетецентрических концепций ведущих зарубежных стран // Военная мысль. 2008. № 12. С. 63–74.
44. Поляков И. В. Обоснование требований к робототехническим комплексам, предназначенным для ведения инженерной разведки // Вестник академии военных наук. 2021. № 1 (74). С. 103–108.
45. Половинкин В. Первым зацветает «Орешник» // Защита и безопасность. 2024. Т. 4. С. 3–5.
46. 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: 07.02.2025).
47. 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. Solov'ev I.V. Issues of research of complex organizational and technical system. *Vestnik MGTU MIREA = Bulletin of MIREA – Russian Technological University*. 2013;(1):20–40. (In Russ.)
2. Chumichkin A.A. Modeling of automated control systems for complex organizational and technical systems. *i-methods*. 2020;12(1). (In Russ.). Available at: <http://intech-spb.com/i-methods/> (accessed 30.03.2025).
3. Brodskiy Yu.I., Lebedev V.Yu., Ogaryshev V.F., Pavlovskiy Yu.N., Savin G.I. *Obshchie problemy modelirovaniya slozhnykh organizatsionno-tekhnicheskikh sistem = General problems of modeling complex organizational and technical systems*. Available at: <https://ras.ru>ph> 2H0UZEKI.pdf> (accessed 18.04.2025).
4. Beketov S.M., Zubkova D.A., Red'ko S.G. Comparison of optimization methods in simulation models of complex organizational and technical systems. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii = Modeling, optimization and information technology*. 2024;(12):1–12. (In Russ.). doi: 10.26102/2310-6018/2024.46.3.027 Available at: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1665> (accessed 30.03.2025).
5. Kostogryzov A.I. Nistratov A.A. Methodological provisions for probabilistic forecasting of the quality of functioning of systems. *Pravovaya informatika = Legal informatics*. 2024;(3):13–31. (In Russ.)
6. Prozorov D.E., Pletnev K.E., Yashina A.G. A posteriori estimation of states of a multiply connected Markov chain. *Informatsiya i kosmos = Information and space*. 2016;(1):46–53. (In Russ.)
7. Zheleznyakov A.O., Zhilin R.A. Modeling of the functioning processes of an organizational and technical system based on Markov random processes. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki = Bulletin of the Dagestan State Technical University. Engineering sciences*. 2024;51(4):71–77. (In Russ.)

8. Baskov O.V., Nogin V.D. Second-order fuzzy sets and their application in decision making. General concepts. *Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy = Artificial intelligence and decision making*. 2021;(1):3–14. (In Russ.)
9. Guseynzade Sh.S. Modeling of intelligent control systems using modified fuzzy colored Petri nets. *Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologiy = Bulletin of computer and information technologies*. 2020;17(10):30–37. (In Russ.)
10. Hans P. *Geering. Introduction to Fuzzy Control*. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/259197110> (accessed 30.03.2025).
11. Zamyatin N.V., Medyantsev D.V. Methodology of neural network modeling of complex systems. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Tomsk Polytechnic University*. 2006;309(8):100–106. (In Russ.)
12. Sholokhova A.A., Ivanov A.N. Modeling of dynamic systems based on polynomial neural networks. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii. Nauchnyy zhurnal = Modeling, optimization and information technology. Scientific journal*. 2017;(4). (In Russ.). Available at: <http://moit.vivt.ru/> (accessed 30.03.2025).
13. Gorodetskiy V.I. Multi-agent systems: current state of research and application prospects. *Novosti iskusstvennogo intellekta = Artificial intelligence news*. 1996;(1):44–59. (In Russ.)
14. Melekhin V.B., Khachumov M.V. Planning collective activities of autonomous intelligent agents under uncertainty. *Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy = Artificial intelligence and decision making*. 2020;(4):101–113. (In Russ.)
15. Simankov V.S., Dubenko Yu.V. Systems analysis in hierarchical intelligent multi-agent systems. *Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologiy = Bulletin of computer and information technologies*. 2021;18(3):33–46. (In Russ.). doi: 10.14489/vkit.2021.03.pp.033-046
16. Listopad S.V. Characteristics and logical structure of the methodology for constructing reflexive-active systems of artificial heterogeneous intelligent agents. *Sistemy i sredstva informatiki = Computer science systems and tools*. 2023;33(4):18–27. (In Russ.)
17. Michael E. Bratman. *Intentions, Plans, and Practical Reason*. Harvard University Press, 1987:224.
18. Hanen Lejmi-Riahi, Fahem Kebair, Lamjed Ben Said. 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.
19. Russell J.A. A Circumflex Model of Affect. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1980;39(6):1161–1178.
20. Charalampos Karyotisb, Faiyaz Doctorb, Rahat Iqbalb, Anne Jamesb, Victor Changa. *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).
21. Chie Hieida, Takato Horii, Takayuki Nagai. *Deep Emotion: A Computational Model of Emotion Using Deep Neural Networks*. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1808.08447.pdf> (accessed 02.05.2024).
22. 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 1). *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
23. Krasovskiy A.A. Issues of physical control theory. *Avtomatika i telemekhanika = Automation and telemechanics*. 1990;(11):3–28. (In Russ.)
24. 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.)

25. Bundy J., Michael D. Pfarrer, Cole E. Short, W. Timothy Coombs. Crises and Crisis Management: Integration, Interpretation, and Research Development. *Journal of Management*. 2017;43(6):1661–1692.
26. Vorob'ev I.N. Once again about military futurology. *Voennaya mysl' = Military thought*. 2020;(5):51–57. (In Russ.)
27. 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.)
28. 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 University*. 2019;(12):7–23. (In Russ.)
29. Mohammed Ali, Trevor Wood-Harper. *Artificial Intelligence (AI) as a Decision-Making Tool to Control Crisis Situations*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/358754137_Artificial_Intelligence_AI_as_a_Decision-Making_Tool_to_Control_Crisis_Situations (accessed 03.08.2024).
30. Babich M.Yu., Babich A.M. Nonlinearity, irrationality, emotional states in complex specialized systems. *Problemy informatiki v obrazovanii, upravlenii, ekonomike i tekhnike: po materialam XXIV Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. = Issues of informatics in education, management, economics and technology: proceedings of the 24th International scientific and engineering conference*. Penza: Izd-vo PGU, 2024:3–10. (In Russ.)
31. 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.)
32. 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.). doi: 10.15827/0236-235X.142.388–397
33. 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.)
34. 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.)
35. Prokaev A.N., Shabunin A.A. Domestic and foreign experience in quantitative justification of decisions in the field of application of naval forces (troops). *Voennaya mysl' = Military thought*. 2024;(2):77–91. (In Russ.)
36. 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.)
37. 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). doi: 10.18254/S207751800013885-2 Available at: <https://artsoc.jes.su/S207751800013885-2-1> (accessed 30.01.2025).
38. Ulanov A.S. Predictive assessment of trends in the development of means of armed struggle and methods of their application in future wars. *Voennaya mysl' = Military thought*. 2022;(8):37–50. (In Russ.)
39. Smolovoy A.V. Military conflicts of the future: a modern view. *Vestnik akademii voennykh nauk = Bulletin of the Academy of Military Sciences*. 2022;(3):S. 80–87. (In Russ.)
40. Malyshev A.I., Mardusin V.N., Khakhalev V.Yu. Analysis of the transformation of the main categories of military conflictology in the doctrinal foundations of the Russian Federation. *Voennaya mysl' = Military thought*. 2023;(8):6–15. (In Russ.)
41. Bartosh A.A. Escalation patterns of modern military conflicts. *Voennaya mysl' = Military thought*. 2024;(1):22–36. (In Russ.)

42. Tanenya O.S., Vdovin A.V. Transformation of armed confrontation: the conditionality of a new trend in military art. *Voennaya mysl' = Military thought*. 2024;(3):38–45. (In Russ.)
43. Kondrat'ev A.E. General characteristics of network architectures used in the implementation of promising network-centric concepts of leading foreign countries. *Voennaya mysl' = Military thought*. 2008;(12):63–74. (In Russ.)
44. Polyakov I.V. Justification of requirements for robotic systems intended for engineering reconnaissance. *Vestnik akademii voennykh nauk = Bulletin of the Academy of Military Sciences*. 2021;(1):103–108. (In Russ.)
45. Polovinkin V. The first to bloom is “Oreshnik”. *Zashchita i bezopasnost' = Security and safety*. 2024;4:3–5. (In Russ.)
46. 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). Available at: <http://intech-spb.com/wp-content/uploads/archive/2022/4/1-babich4-2022.pdf> (accessed 07.02.2025).
47. 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.)

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)

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 27.03.2025

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 05.05.2025

Принята к публикации / Accepted 10.06.2025