Имитация особенностей автоматизированных систем управления для силовых структур в процессе моделирования их функционирования

Бабич Михаил Юрьевич
д.т.н., Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Рубин», главный специалист, г. Пенза, Россия, babichmj@mail.ru

Кузнецов Вячеслав Ефимович
к.т.н., Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Рубин», начальник НТЦ, г. Пенза, Россия, 69vek@mail.ru

Бабич Андрей Михайлович
к.т.н., Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Рубин», инженер-программист, г. Пенза, Россия, fieryeye@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Введение: Усложнение организационно-технических систем требует создания подсистем принятия решений, позволяющих в автоматизированном режиме поддерживать управляющие воздействия лиц, ответственных за функционирование систем. Однако ряд факторов, определяющих особенности сложных систем управления в силовых структурах, усложняет прогнозирование изменения фазовых портретов подобных систем современным математическим аппаратом. К таким особенностям относятся наличие НЕ-факторов, системная нелинейность и, как следствие, дисрациональность системы и человека в ее контуре. Одним из методов, дающим возможность осуществить требуемое прогнозирование, является многоагентное моделирование. **Постановка задачи:** Разработка подхода к созданию имитационной модели, учитывающей особенности рассматриваемых систем, в частности, дисрациональность агентов и многоагентных систем**. Методы**: имитационное многоагентное моделирование. **Результаты:** Рассмотрена тройка: агент, система, суперсистема. Дано определение принадлежности агентов системам и систем суперсистеме. На его основе определены и уточнены понятия дисрационального агента, системы и суперсистемы. Рассмотрена конкурирующая система. Множество агентов многоагентной системы разбито на четыре типа. В контуре системы – агенты, моделирующие деятельность должностного лица, принимающего решение, и агенты, исполняющие принятые решения. Аналогично для конкурирующей системы. Приведены принципы построения имитационной модели рассматриваемого класса. Первый принцип: объединение программ, имитирующих агентов системы (программы имитации), с программами (или с макетами программ) разрабатываемого программного обеспечения создаваемой системы. Второй принцип: осуществление взаимодействия программ имитации и разрабатываемого программного обеспечения через реальные протоколы программно-информационного взаимодействия. Третий принцип: включение в имитационную модель человека в качестве агента-тестера и должностных лиц подсистемы управления. Четвертый принцип: создание игровой ситуации между агентами системы и агентами конкурирующей системы. **Практическая значимость:** Использование разработанных принципов в модели, имитирующей работу системы охраны особо важного объекта. **Обсуждение:** Рассмотренный подход позволяет изучать возможности создаваемой системы и анализировать реакцию должностных лиц в ходе силовой операции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: имитационное моделирование; многоагентная система; дисрациональное поведение; макеты программ.

Введение

Усложнение организационно-технических систем, для которых необходимо управление со стороны человека, является причиной создания и внедрения подсистем поддержки принятия решений. Их создание осуществляется по схеме: формализация процессов, протекающих в системе и в ее внешней среде; выбор математического аппарата, способного обрабатывать входную информацию и выдавать оператору выходные значения, соответствующие нескольким управляющим воздействиям; реализация алгоритмов на компьютере. В процессе управления системой такая схема теоретически дает возможность должностному лицу (ДЛ) выбрать, с его точки зрения, наиболее подходящее и, если не оптимальное, то приемлемое управляющее воздействие. К сожалению, количество защищаемых диссертаций на тему создания разнообразных подсистем поддержки принятия решений во много раз превышает количество их удачных практических внедрений, что наводит на мысль о наличии важных факторов, не учтенных в приведенной схеме. Остановимся на автоматизированных системах управления для силовых структур – на организационно-технических системах, где эти факторы проявляются наиболее явно.

Одна из особенностей автоматизированных систем для силовых структур – необходимость в обработке недостаточной, неполной, неточной, некорректной, неопределенной, нечеткой информации (НЕ-факторы). НЕ-факторы обусловлены не просто отсутствием требуемых данных, а целенаправленными действиями конкурирующих сторон, пытающихся ввести друг друга в заблуждение в целях принятия противником неэффективного управляющего воздействия.

Важным в приведенной выше схеме создания подсистем принятия решений является формализация процессов. Но формализовать можно только то, что функционирует по некоторым законам, включая законы статистики. По определению организационно-технических систем, то есть рассматриваемых нами систем, в их контуре присутствуют и оказывают влияние на управляющее воздействие большое количество людей или агентов системы. В настоящее время в работах ряда исследователей (начиная с зарубежных экономистов) успешно доказывается дисрациональность человека, отсутствие в его поведении возможности достижения в условиях неопределенности наилучшего ожидаемого результата [1–10]. Правила функционирования человека в контуре системы, уставы, инструкции определяют рамки рациональности агента, но это только при условии их соблюдения. Следствием дисрациональности человека является дисрациональность рассматриваемых организационно-технических систем.

Как происходило управление дисрациональными системами до использования средств вычислительной техники и, судя по громким именам российских и советских полководцев, организаторов деятельности в органах полиции/милиции, разведки, довольно успешное? Результаты работ в области психологии, нейрофизиологии, математики, физики, филологии, искусственного интеллекта показывают, что мышление человека в ситуации стремительных изменения окружающей обстановки принципиально отличается от формальной логики машин, на которых реализуются все интеллектуальные задачи поддержки принятия решений [11 – 18].

Необходимо отметить нелинейность рассматриваемых систем, когда сложно спрогнозировать с приемлемой точностью наступление последствий известных явлений (аттракторы, странные аттракторы, репеллеры) [19, 20]. Хаос является обычным состоянием для рассматриваемых систем – они создаются для функционирования в нем,

когда незначительное изменение значений входных параметров приводит к неожиданным изменениям фазовых портретов системы.

Становится понятным, почему в настоящее время появилось большое число публикаций, в которых отмечается в некоторых случаях невозможность прогнозирования состояния сложных систем и констатируется кризис математики, причем не связанный с традиционными вопросами непротиворечивости и полноты аксиоматики [21 – 27].

Каким образом в сложившихся условиях можно получать приемлемые результаты прогнозов состояний систем после тех или иных управляющих воздействий и тем самым поддерживать принятие решений ДЛ?

Один из видов моделирования – имитация изменения состояний системы в зависимости от функций ее элементов, находящихся в контуре системы. Так как важными элементами систем силовых структур являются комбатанты или комбатанты, управляющие техническими устройствами, рассмотрим многоагентное моделирование, то есть рассмотрим имитацию работы системы, образованной несколькими взаимодействующими агентами. В этом случае необходимо учитывать дисрациональность агентов, находящихся в контуре системы, и привести принципы, на которых будет строиться предлагаемое новое направление имитационного моделирования, позволяющее учесть приведенные выше особенности автоматизированных систем управления.

Агент, система, суперсистема

Формализуем действия рациональных и дисрациональных агентов и систем. Приведенная ниже формализация распространяется на любую организационно-техническую систему независимо от того, входит ли она в состав силовых структур.

Обозначим через P^*_a цель агента a, которая соответствует требуемому состоянию агента, системы и внешней среды. Пусть $g(P)$ – условная степень достижения цели. $g(p) \in [0,1]$. При полном достижении цели имеем $g(P) = 1$, при полном недостижении – $g(P) = 0$. Деятельность рационального агента можно представить как последовательность действий, приводящую к выполнению неравенства

$$1 - g(P^*_a) < \varepsilon, \tag{1}$$

где ε – величина приемлемого отклонения от степени достижения поставленной цели.

Деятельность дисрационального агента представляется как выполнение условия

$$1 - g(P^*_a) > \varepsilon. \tag{2}$$

Будем рассматривать тройку (a, S, W), где a – агент системы S, которая входит в суперсистему W. Любая сложная организационно-техническая система состоит из подсистем, в состав которых могут входить другие подсистемы. Элементарной подсистемой является агент. Для каждой конкретной задачи имитации понятия «агент», «подсистема», «система», «суперсистема» зависят от масштаба моделирования. Например, агент – комбатант, система – отделение, суперсистема – взвод, или агент – полк, система – армия, суперсистема – государство. В рамках поставленной задачи агент, в отличие от других систем, является системой, неделимой на подсистемы, а суперсистема – это система, не являющаяся подсистемой для любых других, более

сложных, систем. Точнее, вместо введенной тройки (агенты, системы, суперсистема) необходимо рассматривать: агенты, подсистемы, системы, суперсистема, но основные свойства тройки (a, S, W) распространяются и на более сложные конструкции. Суперсистем может быть несколько, но любая система, не являющаяся агентом, входит только в одну суперсистему.

Уточним, что значит, объект входит в состав системы или принадлежит ей.

Правилами или требованиями L_S системы S назовем правила поведения, обязательные цели, уставы, алгоритмы действий, которых придерживается система S. Правила агента и суперсистемы обозначим через L_a, L_W. Любая суперсистема требует выполнения хотя бы части своих суперсистемных правил для систем, которые поддерживают ее функционирование. Часть своих суперсистемных правил, которые суперсистема W устанавливает для системы S, а система S воспринимает, то есть соглашается выполнять, обозначим через $L_W(S)$.

В правила системы входят правила, которые устанавливает сама система, и часть суперсистемных правил ее суперсистемы. В правила, которые устанавливает сама система, не входят суперсистемные правила. Аналогично система требует соблюдения части системных правил для своих агентов и передает их им, включая часть суперсистемных правил, переданных ей суперсистемой. Агенты воспринимают их, то есть согласны выполнять.

$$L_S = L'_S \wedge L''_S \wedge (L'_S \subset L_W) \wedge (L''_S \not\subset L_W) \wedge (L'_S = L_W(S)), \quad (3)$$

$$L_a = L'_a \wedge L''_a \wedge L'''_a \wedge (L'_a \subset L'_S \subset L_W(S)) \wedge (L''_a \subset L''_S \not\subset L_W(S)) \wedge (L'''_a \not\subset L_S), \quad (4)$$

где L'_S – часть суперсистемных правил, которые передала системе суперсистема; L''_S – правила, которые система устанавливает самостоятельно; L'_a – часть суперсистемных правил, которые передала агенту система; L''_a – часть правил, не являющихся суперсистемными, которые передала агенту система; L'''_a – правила, которые агент устанавливает самостоятельно.

Определение принадлежности

Определение 1. Система S' принадлежит системе S, если выполняется условие: у системы S' есть общие суперсистемные правила с системой S, переданные S и воспринятые S', то есть выполняется (3), (4) и

$$L_W(S') \cap L_W(S) \neq \varnothing. \quad (5)$$

В частности, $S' = a$. Имеет место свойство рефлексивности и транзитивности, например,

$$(a \hat{\subset} S \hat{\subset} W) \Rightarrow (a \hat{\subset} W). \quad (6)$$

В (6) введен новый символ принадлежности, чтобы не путать свойство принадлежности обычных множеств со свойствами принадлежности систем.

Дисрациональность агента, системы, суперсистемы

Заметим, что в правила L могут входить цели, которые обязана достичь система. Но передача и восприятие правил не означают их выполнение. С точки зрения суперсистемы агент a является дисрациональным, если выполняется (2), где P^*_a – это цель, входящая в суперсистемные правила, или выполняется (1), где P^*_a – цель, установленная агентом и противоречащая целям суперсистемы. Для системы S агент может быть рациональным, а для суперсистемы W – дисрациональным, если переданные правила агенту от его

системы противоречат целям суперсистемы. В этом случае выполняется (1), где P^*_a – цель, переданная агенту от системы и являющаяся противоречивой для целей суперсистемы.

Мы приходим к свойству дисрациональной системы. Если система дисрациональна, то

$$(1 - g(P^*_S) > \varepsilon) \wedge (S \hat{\subset} W), \quad (7)$$

где P^*_S – цель, входящая в правила суперсистемы W.

Таким образом, система дисрациональна:

– в результате невыполнения требований своей суперсистемы;

– в результате невыполнения своими агентами требований системы.

За счет дисрационализма систем и агентов, ей принадлежащих, суперсистема может быть дисрациональной. Суперсистема является дисрациональной при выполнении условия

$$(1 - g(P^*_W) > \varepsilon), \quad (8)$$

где P^*_W – цель суперсистемы.

Другим условием дисрационализма суперсистемы являются установленные цели, приводящие к кризису суперсистемы. Цель может быть достигнута, но характеристики суперсистемы недопустимо ухудшены.

Аналогично для агента и системы. Агенты и система имеют свои собственные цели, входящие в L'''_a, L''_S и отличные от целей того объекта, кому принадлежат. Цели могут быть достигнуты, но они либо противоречат суперсистемным целям, либо приводят к системному кризису.

Введенные условия и определения допускают принадлежность агента нескольким системам. Это предположение увеличивает число принципов дисрационализма агентов (принцип ограниченной рациональности), но не рассматривается в данной работе. Более подробно ограниченная рациональность рассмотрена в [28].

Определение 2. Агент, система, суперсистема из тройки (a, S, W) являются дисрациональными относительно суперсистемы W, когда поставленные перед ними цели не достигаются, то есть выполняются условия (2), (7), (8), либо при достижении поставленных целей из L'''_a, L''_S, L_W происходит значительное ухудшение их состояния или поставленные цели противоречат общесистемным требования L_W.

Состав имитационной системы

В любой системе, входящей в силовые структуры, существует подсистема управления (ПУ). Именно от ПУ агенты системы получают приказы достижения тех или иных целей, точнее, от агентов, являющихся лицами, принимающими решение (ЛПР) и входящими в состав ПУ. Из состава агентов системы выделяется подмножество агентов, принимающих решение (АПР). Обозначим через a – комбатантов системы, S – ПУ, W – всю рассматриваемую систему в целом. При этом справедливо (6).

Моделируя функционирование суперсистемы W, следует имитировать столкновение, конкуренцию различных суперсистем, так как наличие конкуренции является одним из основных свойств систем силовых структур. Поэтому необходимо включить в имитационную модель хотя бы две суперсистемы W_{red} – своя суперсистема и W_{blue} – суперсистема противника. Соответственно: a_{red}, S_{red} и a_{blue}, S_{blue}.

Если A – это множество агентов, A^* – множество АПР, функционирующих в ПУ, а также агентов, функционирующих в ПУ и не принимающих решение (например, операторы программного обеспечения), то:

$$(A^*_{red} \subset A_{red}) \wedge (\forall a_{red} \in A_{red} : a_{red} \hat{\subset} S_{red} \hat{\subset} W_{red}) \wedge (A^*_{blue} \subset A_{blue}) \wedge (\forall a_{blue} \in A_{blue} : a_{blue} \hat{\subset} S_{blue} \hat{\subset} W_{blue}) . \quad (9)$$

Суперсистемы W_{red} и W_{blue} имеют противоположные цели.

Таким образом, в состав имитационной модели должны входить два типа систем и суперсистем: S_{red}, S_{blue}, W_{red}, W_{blue} и четыре типа агентов – АПР, функционирующие в ПУ (a^*_{red} и a^*_{blue}), и агенты, исполняющие решения и не функционирующие в ПУ, но принадлежащие (как системы) системе S, являющейся ПУ. Введем новое обозначение для агентов, исполняющих решение:

$$(\overline{a}_{red}, \overline{a}_{blue}) : (\forall \overline{a}_{red} \in A_{red} \setminus A^*_{red}) \wedge (\forall \overline{a}_{blue} \in A_{blue} \setminus A^*_{blue}) . \quad (10)$$

Если для системы и суперсистемы S_{red}, W_{red} цели и алгоритмы достижения известны, то для S_{blue}, W_{blue} – нет. Поэтому упростим модель: исключим из нее систему и суперсистему противника, оставив только агентов $\overline{a}_{blue}$, определив для них самую общую цель суперсистемы W_{blue}.

Принципы нового подхода к созданию имитационных моделей

Приведем принципы, на которых основан новый подход к созданию имитационных моделей автоматизированных систем управления для силовых структур, позволяющий учитывать некоторые особенности их функционирования.

Традиционная последовательность разработок автоматизированных систем управления: научно-исследовательская работа, опытно-конструкторская работа. На этапе научно-исследовательской работы может быть выполнено не только имитационное моделирование, но и разработка макетов программ системы, создание которой планируется на этапе опытно-конструкторской работы. Макеты программ должны выполнять не все, но наиболее важные функции, иллюстрирующие работу системы в целом. На этапе опытно-конструкторской работы макеты программ дорабатываются до реального программного обеспечения (ПО).

Работа макетов программ является имитацией работы ПО системы. Возникает идея: объединить имитационную модель функционирования системы с программными макетами. Например, объединить имитацию движения вертолета противника и макеты программ, позволяющие наблюдать оператору ПУ траекторию вертолета на электронной карте местности. Это первый принцип описываемой технологии.

Наиболее сложным ПО является ПО, функционирующее в ПУ S. Если используется интеллектуальная подсистема поддержки принятия решений, то ее программная реализация устанавливается в ПУ. Она в целом должна определять характер функционирования всей создаваемой системы (суперсистемы W в нашей терминологии). Поэтому первый принцип позволяет объединить программы, моделирующие работу объектов системы, с макетами или готовыми программами ПУ, включая программы подсистемы поддержки принятия решений.

Вторым принципом является требование реализации обмена данными между программами имитации объектов и макетами программ по *реальным* протоколам

программно-информационного взаимодействия с *реальными* объектами. В этом случае программное обеспечение не изменяется при развертывании системы на объектах автоматизации. Программам «все равно», с кем обмениваться данными: с объектами имитации или с реальными объектами системы. При выполнении первого и второго принципов на стенде, где происходит моделирование, возможно нарушение замкнутости ПО. Замкнутым называется ПО, которое не требует дополнительных программ в виде заплат, необходимых для имитации поступления входной информации. Программы замкнутого ПО функционируют без вмешательства человека, тестирующего программы. ПО разрабатываемой системы вместе с ПО взаимодействующих систем всегда проектируется как замкнутое ПО. Анализ сохранения замкнутости ПО приведен в [29].

На третьем принципе основана реализация дисрационального функционирования агентов.

Обычно имитируются действия слабого рационального агента, обладающего следующими свойствами: реактивностью, про-активностью, автономностью, возможностью общественного поведения. Увеличение его дисрациональности, как ни странно, происходит при увеличении его интеллектуальности, то есть приближением к сильному интеллектуальному агенту. «Сильное» определение агента требует наличия ряда дополнительных свойств, которые приближают его к человеку, например, обладать убеждением, желанием, намерением и т.д. Приближенность агента к человеку уменьшает его рациональность, так как человек дисрационален. Чтобы обойти решение трудной проблемы создания искусственного интеллекта (по терминологии Чалмерса), в состав имитационной модели включается человек, управляющий в процессе имитационного моделирования слабым рациональным агентом. Человек, в отличие от алгоритмов поведения агентов, может принимать иногда «странные» и неожиданные решения.

Таким образом, третий принцип, кроме типов агентов, рассмотренных выше, определяет четыре их вида для множеств A_{red}, A_{blue}:

- слабый рациональный агент (программная сущность);
- агент-тестер, управляющий некоторыми программными сущностями (человек);
- оператор ПО ПУ (человек, только из A_{red});
- АПР (человек, только из A_{red}).

Это дает возможность моделировать реальную работу ПУ. Все агенты ПУ являются людьми, а не программными сущностями и работают по своим должностным инструкциям.

Заметим, что в настоящее время наибольших успехов в создании моделей, имитирующих конкурентное столкновение, добились страны НАТО. Пройдя ряд этапов в развитии имитационного моделирования, разработчики моделей создали ряд систем моделирования для силовых структур на базе моделей и технологий, используемых в компьютерных играх [30, 31]. Игровой движок *Unreal Engine* 2 от игры *Epic Games* используется для продукта *Americas army*. На движке *Source* компьютерной игры *Half-Life* для британских солдат был разработан симулятор уличных боев *Dive 2* и т.д.

Использование игровых ситуаций на базе приведенных принципов дает возможность осуществить имитацию скрытых действий противника, осуществить мероприятия по введению противника в заблуждение, что соответствует одной из особенностей автоматизированных систем управления для силовых структур.

Четвертый принцип: создание игровых ситуаций между своими агентами и агентами противника.

Приведенные принципы не позволяют имитировать развитие ситуации непосредственно в процессе силовых столкновений – необходимо принимать решения за короткий отрезок времени. Происходит, скорее, обучение ДЛ работе с программным обеспечением автоматизированных систем управления до начала силовых операций. Однако имеется возможность оценить различные варианты действия используя метод прецедентов.

Заключение

Приведенные выше принципы были реализованы при проектировании и создании автоматизированных систем по охране особо важных объектов с замкнутой или разомкнутой границей.

Описанный подход к имитационному моделированию позволяет в процессе имитации отойти от формализации сложных процессов, протекающих в автоматизированных системах управления для силовых структур. Присутствие человека не в качестве ответственного за процесс имитации, а в качестве объекта имитационной модели, дает возможность отразить в модели человеческую реакцию на возникающие ситуации (эмоции, ошибки, хитрость). Игровая ситуация осуществляет имитацию работы ДЛ, когда противник пытается ввести конкурентов в заблуждение.

Такая технология моделирования дает возможность:

– изучить свойства системы;

– проанализировать реакцию ДЛ в той или иной ситуации;

– осуществить качественное комплексное тестирование без развертывания всей системы на распределенных по региону объектах автоматизации;

– осуществить обучение ДЛ работе с системой в пределах стенда обучения.

Литература

1. *Simon H.* Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organizations. Macmillian: New York (1957), 198 p.

2. *Tversky A., Kahneman D.* Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases» // Science, 1974, No.185, Pp. 1124–1131

3. *Simon H.* Rationality as Process and as Product of Thought. Richard T. Ely Lecture // American Economic Review, May 1978, V. 68, No. 2, Pp. 1–16.

4. *Stauffer D., Stanley H.E.* From Newton to Mandelbrot. A. Primer in Theoretical Physics. Berlin: Springer. 1990. 191 p.

5. *Gigerenzer G., Selten R.* Bounded rationality: the adaptive toolbox // Cambridge: MIT Press, 2002. 394 p.

6. *Tirole J.* Rational irrationality: Some economics of self-management // European Economic Review 46 (2002) Pp. 633–655.

7. *Martinelli C.* Would rational voters acquire costly information? // Journal of Economic Theory. Volume 129, Issue 1. 2006.Pp. 225-251

8. *Wooldridge M.* Reasoning about rational agents // Cambridge: MIT Press, 2010. 232 p.

9. *Станович К.* Рациональное мышление. М.: Карьера Пресс, 2016. 352 с.

10. *Юн Эльстер*. Кислый виноград. М.: Институт Гайдара, 2018. 296 с.

11. *Пенроуз Р.* Новый ум короля. М.: Едиториал УРСС, 2005. 400 с.

12. *Кузнецов О.П.* Неклассические парадигмы искусственного интеллекта // Теория и системы управления. 1995. № 5. С. 3–23.

13. *Пинкер С.* Язык как инстинкт. М.: Едиториал УРСС, 2004. 464 с.

14. *Ришар Ж.Ф.* Ментальная активность. Понимание, рассуждение, нахождение решений. М.: Институт психологии РАН, 1998. 232 с.

15. *Роуз С.* Устройство памяти: от молекул к сознанию. М.: Мир, 1995. 384 с.

16. *Lakoff J.* Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind // University of Chicago Press, 1987. 614 p.

17. *Кузнецов О.П.* Когнитивная семантика и искусственный интеллект // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. № 4. С. 32–42.

18. *Дубровский Д.И.* Проблема сознания и мозг. Теоретическое решение. М.: Канон+, 2015. 208 с.

19. *Майнцер К.* Сложносистемное мышление: материя, разум, человечество. Новый синтез. М.: Либроком, 2009. 464 с.

20. *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Синергетика. Нелинейность времени и ландшафты коэволюции. М.: КомКнига, 2007. 272 с.

21. *Красовский А.А.* Проблемы физической теории управления // Автоматика и телемеханика. 1990. № 11. С. 3–28.

22. *Филимонов Н.Б.* Методологический кризис «всепобеждающей математизации» современной теории управления // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016. Т. 17. № 5. С. 291–299.

23. *Попов И.М., Хамзатов М.М.* Война будущего. М.: Кучково поле. 2019. 832 с.

24. Анализ и моделирование глобальной динамики // Под ред. Коротаева А. В., Малкова С. Ю., Гринина Л.Е. М.: Либроком, 2019. 352 с.

25. *Садовничий В.Ф., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю.* Моделирование и прогнозирование мировой динамики. М.: ИСПИ РАН, 2012. 360 с.

26. *Пантин В. И., Лапкин В. В.* Философия исторического прогнозирования: ритмы истории и перспективы мирового развития в первой половине XXI века. Дубна: Феникс+, 2006. 448 с.

27. *Турчин А.В.* Структура глобальной катастрофы. Риски вымирания человечества в XXI веке. М.: Издательство ЛКИ, 2011. 432 с.

28. *Бабич М. Ю., Бабич А. М.* Влияние аксиом принадлежности агентов нескольким организационно-техническим системам на рациональное поведение агентов // Искусственные общества. 2021. Том 16. Выпуск 1. URL: https://artsoc.jes.su/S207751800013885-2-1 (дата обращения: 30.03.2021).

29. *Бабич М.Ю., Волков Ю.А., Ползунов Н.В.* Технология применения замкнутого программного обеспечения в процессе создания и эксплуатации систем, находящихся в состоянии конкуренции // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2019. Т.17. № 1 С. 65–74.

30. *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.

31. *Siobhan Doyle.* Playing wargames to shape real-life military strategy // Engineering and technology. February 17, 2020. https://eandt.theiet.org/content/articles /2020/02/playing-wargames-to-help-shape-real-life-military-strategy/ (дата обращения: 07.03.2020).

IMITATION OF FEATURES OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR ARMY FORCES IN THE PROCESS OF THEIR SIMULATION

MIKHAIL Yu. BABICH
Ph.D, department main specialist, Joint Stock Company «Scientific and Production Enterprise «Rubin», Penza, Russia, babichmj@mail.ru

VYACHESLAV E. KUZNETSOV
Ph.D, head of STC, Joint Stock Company «Scientific and Production Enterprise «Rubin», Penza, Russia, 69vek@mail.ru

ANDREY M. BABICH
Ph.D, software engineer, Joint Stock Company «Scientific and Production Enterprise «Rubin», Penza, Russia, fieryeye@yandex.ru

ABSTRACT

Introduction: the complication of organizational and technical systems requires the creation of decision-making subsystems that make it possible to automatically support the control actions of persons responsible for the functioning of the systems. However, a number of factors that determine the features of complex control systems in the armed forces complicate the prediction of changes in the phase portraits of such systems using modern mathematical tools. These features include: the presence of non-factors, systemic non-linearity and, as a result, the irrationality of the system and the person in its circuit. One of the methods that make it possible to carry out the required forecasting is multi-agent modeling. . **Problem statement** of the study is to develop an approach to creating a simulation model that allows taking into account the features of the systems under consideration, in particular, the disrationality of agents and multi-agent systems. **Methods**: simulation multi-agent modeling. **Results.** The trinity is considered: agent, system, supersystem. Their properties are given. The definition of membership of agents in systems and systems in a supersystem is given. Based on it, the concepts of a disrational agent, system and supersystem are defined and refined. The composition of the simulation model has been developed. A competing system is considered. The set of agents of a multi-agent system is divided into four types. In the contour of the system there are agents that model the activities of an official who makes a decision, and agents that execute the decisions made. Similarly for a competing system. The principles of constructing a simulation model of the considered class are given. The first principle: combining programs that imitate system agents (imitation programs) and programs (or program layouts) of the developed software of the system being created. The second principle: the implementation of the interaction of simulation programs and the software being developed through real protocols of program-information interaction. The third principle: the inclusion in the simulation model of a person as agents-testers and officials of the control subsystem. The fourth principle is the creation of a game situation between the agents of the system and the agents of the competing system. **Practical relevance**: the use of the developed principles in a model that simulates the operation of a security system for a particularly important facility. **Discussion**: The considered approach makes it possible to study the capabilities of the system being created and analyze the reaction of officials in the course of military operations.

Keywords: simulation modeling; rational agent; irrational behavior; program layouts.

REFERENCES

1. Simon H. Administrative behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organizations. Macmillian: New York (1957), 198 p.
2. Tversky A., Kahneman D., «Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases» // Science, 1974, no.185, Pp. 1124–1131
3. Simon H. Rationality as Process and as Product of Thought. Richard T. Ely Lecture // American Economic Review, May 1978, v. 68, no. 2, Pp. 1–16.
4. Stauffer D., Stanley H.E., From Newton to Mandelbrot. A. Primer in Theoretical Physics. Berlin: Springer. 1990. 191 p.
5. Gigerenzer G., Selten R. Bounded rationality: the adaptive toolbox // Cambridge: MIT Press, 2002. 394 p.
6. Tirole J. Rational irrationality: Some economics of self-management // European Economic Review 46 (2002) Pp. 633–655.
7. Martinelli C. Would rational voters acquire costly information? // Journal of Economic Theory. Volume 129, Issue 1. 2006. p. 225-251
8. Wooldridge M. Reasoning about rational agents // Cambridge: MIT Press, 2010. 232 p.
9. Stanovich K. Racional'noe myshlenie. [Rational thinking]. Moscow: Kar'era Press, 2016. 352 p. (In Rus)
10. Jon Elster Kislyj vinograd [Sour grapes]. Moscow: Institut Gajdara, 2018. 296 p. (In Rus)
11. Penrose R. Novyj um korolja [The new mind of the king.]. Moscow: Editorial URSS, 2005. 400 p. (In Rus)
12. Kuznecov O.P. Non-classical paradigms of artificial intelligence. Teorija i sistemy upravlenija [Journal of Computer and Systems Sciences International]. 1995. No. 5. Pp. 3–23. (In Rus)
13. Pinker S. Jazyk kak instinkt [Language as instinct]. Moscow: Editorial URSS, 2004. 464 p. (In Rus)
14. Richard J.F. Mental'naja aktivnost'. Ponimanie, rassuzhdenie, nahozhdenie reshenij [Mental activity. Understanding, reasoning, finding solutions]. Moscow: Institut psihologii RAN, 1998. 232 p. (In Rus)
15. Rose S. Ustrojstvo pamjati: ot molekul k soznaniju [Memory Device: from molecules to consciousness].Moscow: Mir, 1995. 384 p. (In Rus)
16. Lakoff J. Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind // University of Chicago Press, 1987. 614 p.
17. Kuznecov O.P. Cognitive semantics and artificial intelligence. Iskusstvennyj intellekt i prinjatie reshenij [Scientific and technical information processing]. 2012. No. 4. Pp. 32–42. (In Rus)
18. Dubrovskij D.I. Problema soznanija i mozg. Teoreticheskoe reshenie [The problem of consciousness and the brain. Theoretical solution]. Moscow: Kanon+, 2015. 208 p. (In Rus)
19. Majncer K. Slozhnosistemnoe myshlenie: materija, razum, chelovechestvo. Novyj sintez [Complex systems thinking: matter, mind, humanity. New synthesis]. Moscow: Librokom, 2009. 464 p. (In Rus)
20. Knjazeva E.N., Kurdjumov S.P. Sinergetika. Nelinejnost' vremeni i landshafty kojevoljucii [Synergetics. Nonlinearity of time and landscapes of coevolution]. Moscow: KomKniga, 2007. 272 p. (In Rus)
21. Krasovski A.A. Problems of physical control theory. Avtomatika i telemehanika [Automation and Remote Control]. 1990. No. 11. Pp. 3–28. (In Rus)
22. Filimonov N.B. Methodological crisis of "all-conquering mathematization" of modern control theory. Mehatronika, avtomatizacija, upravlenie [Mechatronics, automation, control]. 2016. No. 5. Pp. 291–299. (In Rus)
23. Popov I.M., Hamzatov M.M. Vojna budushhego [War of the future]. Moscow: Kuchkovo pole. 2019. 832 p. (In Rus)
24. Analiz i modelirovanie global'noj dinamik [Analysis and modeling of global dynamics]. Moscow: Librokom, 2019. 352 p. (In Rus)
25. Sadovnichij V.F., Akaev A.A., Korotaev A.V., Malkov S.Ju. Modelirovanie i prognozirovanie mirovoj dinamiki [Modeling and forecasting of world dynamics]. Moscow: ISPI RAN, 2012. 360 p. (In Rus).
26. Pantin V. I., Lapkin V. V. Filosofija istoricheskogo prognozirovanija: ritmy istorii i perspektivy mirovogo razvitija v pervoj polovine XXI veka [Philosophy of Historical Forecasting: Rhythms of History and Prospects for World Development in the First Half of the 21st Century]. Dubna: Feniks +, 2006. 448 p. (In Rus)

27. Turchin A.V. Struktura global'noj katastrofy. Riski vymiranija chelovechestva v XXI veke [The structure of the global catastrophe. Risks of human extinction in the 21st century]. Moscow: Izdatel'stvo LKI, 2011. 432 p. (In Rus)
28. Babich M. J., Babich A. M. Vlijanie aksiom prinadlezhnosti agentov neskol'kim organizacionno-tehnicheskim sistemam na racional'noe povedenie agentov [Influence of the axioms of belonging of agents to several organizational and technical systems on the rational behavior of agents]. Iskusstvennye obshhestva [Artificial societies]. URL: https://artsoc.jes.su/S207751800013885-2-1 (data of access: 01.06.2022). (In Rus)
29. Babich M.J., Volkov J.A., Polzunov N.V. The technology of using closed software in the process of creating and operating systems that are in a state of competition. Informacionno-izmeritel'nye i upravljajushhie sistemy [Information-measuring and control systems]. 2019. No.1 Pp. 65–74. (In Rus)
30. Pedenko N.P., Kapranov R.V. Development of computer simulation methods for creating models for evaluating combat operations (according to the experience of foreign countries). Vestnik akademii voennyh nauk [Bulletin of the Academy of Military Sciences]. 2020. No. 3 (72). Pp. 127–135. (In Rus)
31. Siobhan Doyle. Playing wargames to shape real-life military strategy // Engineering and technology. February 17, 2020. https://eandt.theiet.org/content/articles /2020/02/playing-wargames-to-help-shape-real-life-military-strategy/ (data of access: 07.03.2022)