

Т.Г. Черноусова

---

КИБЕРНЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОНИМАНИЮ ЦЕЛИ.

МНОГОАГЕНТНАЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

КАК СРЕДСТВО ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ

---

Анализ телеологического понятия цели показал, что данное понятие имеет двойственную природу – идеалистическую и материалистическую. В статье принцип дуализма рассматривается как ключевой. Поэтому с позиции кибернетики идеалистический аспект цели предлагается интерпретировать как идеализированный результат, который описывается одной или несколькими математическими логиками ML. Аппарат ML служит инструментом для выбора целенаправленного поведения сложного объекта или системы S в соответствии с экспертным оцениванием EE. Под материалистическим аспектом цели понимается получение реального результата RR посредством объекта или системы S. Если под S иметь в виду коллектив роботов, настроенный на выполнение одной или нескольких целей, то качественный анализ поведения такой системы может быть осуществлен с помощью агентного моделирования. Модель коллектива роботов представляет собой множество взаимосвязанных классов интеллектуальных агентов. Любой класс агентов характеризуется 11-значным набором, который описывает способность класса агентов достигать поставленные цели путем адаптации за счет обучения без нахождения наиболее эффективных действий. Агентное моделирование позволяет судить о степени достижения цели.

*Ключевые слова:* цель, идеализированный результат, реальный результат, агентное моделирование, модель класса агентов, возможности класса агентов, многоагентная модель, многоагентная робототехническая система.

T.G. Chernousova

---

A CYBERNETIC APPROACH TO UNDERSTANDING THE GOAL.

MULTI-AGENT ROBOTIC SYSTEM AS A MEANS TO ACHIEVE THE GOAL

---

The analysis of the teleological concept of goal has shown that this concept has a dual nature: idealistic and materialistic. The article considers the principle of dualism as the key one. Therefore, from the point of view of cybernetics, the idealistic aspect of the goal is proposed to be interpreted as an idealized result, which is described by one or more mathematical logics of ML. The ML device serves as a tool for selecting the targeted behavior of a complex object or system S in accordance with the expert evaluation of EE. The materialistic aspect of the goal is understood as obtaining a real result RR through an object or system S. If by S we mean a team of robots configured to fulfill one or more goals, then a qualitative analysis of the behavior of such a system can be carried out using agent-based modeling. The robot collective model is a set of interconnected classes of intelligent agents. Any class of agents is characterized by an 11-digit set, which describes the ability of a class of agents to achieve their goals by adapting through training without finding the most effective actions. Agent-based modeling allows you to judge the degree of achievement of the goal.

*Keywords:* goal, idealized result, real result, agent-based modeling, agent class model, agent class capabilities, multi-agent model, multi – agent robotic system.

*Введение*

Телеология (telos – цель, logos – мышление) представляет собой учение о целях, в основу которого положен принцип целесообразности, и является идеалистическим направлением философской мысли. Термин «телеология» ввел в 1740 г. немецкий фило-

**Черноусова Татьяна Геннадьевна**

кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования и технологии производства электронной аппаратуры МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва. Сфера научных интересов: искусственный интеллект, групповая робототехника, распределенные системы управления. Автор 13 опубликованных научных работ.  
E-mail: anakiz100@yandex.ru

соф Христиан фон Вольф (1679–1754), занимавшийся формированием терминологии немецкой философии [14; 15; 23; 25]. Способ мышления, основанный на принципе целесообразности, противостоит конституирующему способу суждения, в основе которого лежит принцип причинности [25]. Если конечное состояние некоторого процесса интерпретировать как своеобразную цель, то использование принципа целесообразности ведет к анализу следствия для определения комплекса причин, приведших к этому следствию. Отметим, что комплекс причин рассматривается не как простое их суммирование, а как сложное интегральное целое. Телеология занимается разработкой методов классификации целей, анализируя взаимосвязь целей, а также исследованием целесообразного поведения, действий и средств для достижения этих целей. Телеологическому анализу подвергаются также вопросы соотношения индивидуальных и коллективных целей. Существенный вклад в содержание телеологии вносит ее предписывающая функция, которая предписывает выбор целей, а также соответствующих им действий, поведений и средств для достижения этих целей. В свою очередь, реализация телеологического выбора требует применения прогностического подхода.

*Два аспекта цели в кибернетике и их модели*

Использование телеологического языка в кибернетике оказалось результативным. Так, в своей книге «Кибернетика и общество» основоположник кибернетики и искусственного интеллекта Н. Винер (1894–1964) отмечает, что «эффективное поведение подразумевает получение информации посредством какого-либо механизма обратной связи, извещающего о достижении цели или неудаче» [5]. Другими словами, по Н. Винеру обратная связь есть средство, с помощью которого определяется степень достижения цели, т.е. обратная связь позволяет управлять достижением цели. Соответствие между целью и обратной связью назовем **принципом обратной связи или принципом управления**.

В этой книге Н. Винер также подчеркивает: «Повторяю, что обратная связь есть метод управления системой через внедрение в нее результатов предшествующей деятельности. Если эти результаты используются всего лишь как цифровые параметры регулирования системы, налицо простая обратная связь, которую контролируют инженеры. Но если информация, поступающая по итогам деятельности машины, способна изменять общий метод и форму ее деятельности, перед нами процесс, который мы вправе называть обучением» [5]. Комплекс сложных системных процессов, который можно разложить на ряд связанных между собой более простых прямых и обратных информационных связей, есть программа управления сложным целевым объектом или системой. Такая программа управления, как правило, позволяет сложному целевому объекту или технической системе обучаться, накапливать информацию о воздействующих факторах, включая неиз-

вестные, устанавливать характеристики этих факторов и адаптироваться к внешней среде. При этом адаптация может производиться не только на параметрическом, но и на структурном уровне сложного целевого объекта или технической системы. Отметим, что адаптационной системой обладает любой живой организм [26; 27].

Другим фундаментальным методом кибернетики является **метод математического моделирования** [1–4; 6–12; 16; 19; 20; 24], позволяющий идеалистический аспект цели интерпретировать как идеализированный результат, описываемый на одном или нескольких языках математических логик  $ML$ . Идеализированный результат  $IM$ , описываемый с помощью  $ML$ , представляет собой выбор по процедуре  $AB$  в соответствии с критериями  $CR$  целенаправленного поведения технического объекта или системы  $S$  из множества поведений  $IGB$ , принимающих во внимание необходимые и достаточные условия и/или события  $INSCE$  для их исполнения,

Резюмируя выше сказанное, модель идеализированного результата  $IM$  охарактеризуем 5-значным набором:

$$IM = (ML, INSCE, CR, IGB, AB), \quad (1)$$

где

$ML$  (mathematica llogics) – множество математических логик, используемых для описания достижения цели техническим объектом или системой  $S$ , причем мощность множества удовлетворяет неравенству  $|ML| \geq 1$ ;

$INSCE$  (idealized necessary and sufficient conditions and/or events) – необходимые и достаточные условия и/или события для достижения цели согласно  $ML$ ;

$CR$  (criteria) – критерии, по которым производится выбор целенаправленного поведения объекта или системы  $S$ ;

$IGB$  (idealized goal – oriented behaviors) – множество целенаправленных поведений исходя из необходимых и достаточных условий и/или событий  $INSCE$  согласно  $ML$ ;

$AB$  (appropriate behavior) – процедура выбора из множества  $IGB$  целенаправленного поведения, удовлетворяющего критериям  $CR$ .

Пусть по процедуре  $AB$  из множества целенаправленных поведений  $IGB = \{IGB_m\}$  ( $m = 1, \dots, M$ ) выбрано поведение  $IGB_m$ , отвечающее экспертному оцениванию  $EE$  (expert evaluation), причем  $EE \subset CR$ . Тогда будем говорить, что  $IGB_m$ , отвечающее  $EE$ , является целесообразным поведением, и обозначим его через  $IGB_{ee}$ . Экспертное оценивание  $EE$  есть совокупность критериев и методов исследований, позволяющих оценить целесообразность  $IGB_{ee}$ . Подчеркнем, что прогнозирование как один из методов анализа  $IGB_{ee}$  имеет непосредственное отношение к  $EE$ .

Технический объект или система  $S$  является средством достижения реального результата  $RR$  (real result). Под материалистическим аспектом цели будем понимать получение реального результата  $RR$  посредством  $S$  при выполнении отображения  $F$  по правилам  $DR$  (display rules):

$$F : IGB_{ee} \xrightarrow{DR} S. \quad (2)$$

Если  $RR$  отвечает экспертному оцениванию  $EE$ , то считаем, что цель достигнута.

Как правило, исследование  $S$  производится посредством моделирования, для чего необходимо построить модель  $SM$  (system model) технического объекта или системы  $S$ . Тогда отображение (2) может быть выполнено за два действия. Первое действие заключается в выполнении отображения  $F1$  по правилам  $DR1$ :

Кибернетический подход к пониманию цели. Многоагентная робототехническая система ...

$$F1: IGBee \xrightarrow{DR1} SM. \quad (3)$$

Моделирование позволит проанализировать не только *IGBee* и *SM*, но и правила *DR1* для отображения (3). Если комплекс работ по моделированию показал, что отображение (3) выполнено корректно и отвечает экспертному оцениванию *EE*, тогда можно перейти к выполнению второго действия, разрешающего получить реальный результат *RR*. Это действие заключается в выполнении отображения *F2* по правилам *DR2*:

$$F2: SM \xrightarrow{DR2} S. \quad (4)$$

Проведение работ по тестированию и диагностированию *S* позволит сделать заключение о корректности исполнения отображения (4) для достижения реального результата *RR*, отвечающего экспертному оцениванию *EE*.

Итак, отображение (2) предлагается представить произведением (композицией) двух отображений – *F1* и *F2*. В этом случае  $DR1 \subset DR$ ,  $DR2 \subset DR$  или  $DR1 \cup DR2 = DR$ . Такой подход делает возможным анализировать материалистический аспект цели так же, как идеалистический, – посредством моделирования, что значительно повышает вероятность достижения реального результата *RR*, отвечающего экспертному оцениванию *EE*.

#### Модель робототехнической системы

Многообещающим методом исследования является имитационное моделирование (simulation modeling), называемое **агентным** (англ. agent-based model (ABM)) [6; 8; 9; 13; 16–19; 21; 22; 24; 29]. Агентное моделирование как нельзя лучше подходит для исследования группового поведения роботов [10–12; 28]. Положим, что *S* – коллектив роботов, где каждый робот есть агент, обладающий знаниями и возможностями. Вместе с тем считаем, что любой агент знаком с правилами целенаправленного поведения. Такой коллектив роботов или агентов, настроенных на выполнение одной или нескольких целей, назовем многоагентной интеллектуальной робототехнической системой (МИРС). Поскольку МИРС *S* является открытой системой, то любой ее агент может воспринимать среду своего функционирования, т.е. строить модель «внешнего мира», подверженную динамическим изменениям. Эти изменения отражаются на «внутреннем мире» агента и его взаимосвязях с другими агентами. «Внутренний мир» агента есть его ментальное состояние. В зависимости от своего ментального состояния агент может производить коррекцию своих планов и действий, направленных на достижение как собственных локальных целей, так и целей всей МИРС *S* в целом.

Если множество агентов в зависимости от их локальных целей, знаний и возможностей, а также правил поведения разобьем на классы *A* и определим между ними отношения *I*, тогда модель коллектива роботов *SM* представим следующим образом:

$$SM = \{A, I\}, \quad (5)$$

где

$A = \{A_k\}(\overline{1, K})$  – множество классов агентов, принадлежащих исследуемой предметной области;

$I = \{I_n\}(\overline{1, N})$  – множество связей между классами агентов предметной области.

Тогда класс агентов представим в виде 11-значного набора

$$A_k = \{IA, MC, CON, KB, L, O, IP, CM, MM, IM, ACM\}, \quad (6)$$

где

$IA$  (information attributes) – множество информационных свойств агентов класса  $A_k$  (имя, местоположение, цель и др.);

$MC$  (mental components) – множество ментальных компонент, описывающих ментальное состояние агента;

$CON$  (conditions) – множество допустимых условий и параметров среды функционирования агентов;

$KB$  (knowledge-base) – основная база знаний класса агентов  $A_k$ , которая всегда доступна для принятия решений всем классам агентов данной предметной области вне зависимости от наличия механизмов параллельного доступа к ней;

$L$  (languages) – множество языков передачи сообщений (обыкновенно используется только один язык), с помощью которых агенты общаются;

$O$  (ontologies) – множество онтологий (предметных областей), с которыми поддерживаются отношения;

$IP$  (interaction protocols) – множество протоколов взаимодействия, устанавливающих типы взаимодействия;

$CM$  (communication methods) – множество методов (функций) коммуникации;

$MM$  (migration methods) – множество методов миграции агентов;

$IM$  (intelligent methods) – интеллектуальные методы рассуждений и приобретения знаний;

$ACM$  (accessory methods) – вспомогательные методы, предназначенные для исполнения конкретных специальных требований, функций, задач. Множество  $UN$  (union), соответствующее выражению  $UN = CONUCMUMMUIMUACM$ , характеризует возможности класса агентов  $A_k$ , т.е. способность класса агентов достигать поставленные цели. В зависимости от условий  $CON$  изменяющейся во времени среды класс агентов для исполнения поставленных целей способен к адаптации за счет обучения без нахождения наиболее эффективных действий. Агентное моделирование позволяет выявить предельные условия функционирования класса агентов  $A_k$  описываемого набором (6), для модели коллектива роботов  $SM(5)$  в целом.

Реализация отображения (4) позволяет определить МИРС  $S$ . С помощью агентного моделирования можно проверить корректность инженерных решений, выявить и уточнить существенные параметры и характеристики коллектива роботов  $S$  в изменяющихся во времени условиях реальной среды функционирования. Агентное моделирование является тем инструментом, которое поможет сравнить идеализированный результат с его техническим исполнением, т.е. реальным результатом, полученным с помощью МИРС. Это сравнение даст возможность судить о степени достижения цели.

#### Заключение

Телеологическое понятие цели обладает принципом дуализма, т.е. имеет двойственную природу – идеалистическую и материалистическую. Пройгнорировать двойственность понятия цели не представляется возможным. Поэтому в статье дана модель идеализированного результата, описание которого возможно на одном или нескольких языках математических логик. Если из множества целенаправленных поведений технического объекта или системы произведен выбор поведения, отвечающий экспертной оценке, то такое поведение является целесообразным. Экспертная оценка есть комплекс критериев и методов исследования, который позволяет оценить целесообразность выбранного поведения. Отметим, что в этот комплекс могут входить методы прогнозирования. Ре-

Кибернетический подход к пониманию цели. Многоагентная робототехническая система ...

альный результат, отвечающий материалистическому аспекту цели, может быть получен посредством технического объекта или системы. Вероятность достижения реального результата, соответствующего экспертной оценке, существенно повысится при выполнении комплекса работ по моделированию поведения технического объекта или системы. Как правило, в настоящее время повышенный интерес вызывают разработки сложных технических объектов или систем, модели которых описываются в терминах перспективных парадигм, в частности агентного моделирования. В статье предлагается для исследования поведения коллектива роботов, нацеленного на исполнение одной или нескольких задач, представить его множеством интеллектуальных агентов, обладающих знаниями и умеющих строить модель «внешнего мира», подверженной динамическим изменениям. Для создания эффективной системы управления множество агентов разбивается на классы, и устанавливаются связи между классами. Любой класс агентов описывается 11-значным набором, согласно которому определяются его возможности достигать поставленные цели. Проведение работ по агентному моделированию позволяет уточнить свойства классов агентов, оценить целесообразность их поведения, а также выявить степень достижения поставленной цели в условиях динамически изменяющейся среды.

### Литература

1. Белотелов Н.В., Бродский Ю.И., Павловский Ю.Н. Компьютерное моделирование демографических, миграционных, эколого-экономических процессов средствами распределенных вычислений. М.: Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук (ВЦ РАН), 2008. 122 с.
2. Белотелов Н.В., Бродский Ю.И., Павловский Ю.Н. Сложность. Математическое моделирование. Гуманитарный анализ: исследование исторических, военных, социально-экономических и политических процессов. М.: ЛИБРОКОМ, 2009. 317 с.
3. Бродский Ю.И. Лекции по математическому и имитационному моделированию. Москва – Берлин: Директ-Медиа, 2015. 241 с.
4. Бродский Ю.И. Модельный синтез и модельно – ориентированное программирование. М.: Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук (ВЦ РАН), 2010. 141 с.
5. Винер Н. Кибернетика и общество. М.: Тайдекс Ко, 2002. 182 с.
6. Горохов А.В., Маслобоев А.В., Олейник А.Г. Технология формирования спецификаций среды имитационного моделирования задач управления // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2013. №3 (19). С. 55–70.
7. Гуц А.К., Лаптев А.А. Моделирование социальных систем: учеб. пособие. Омск: Изд-во Омского гос. ун-та, 2019. 163 с.
8. Замятина Е.Б., Ланин В.В., Лядова Л.Н., Фирсов А.Н. Системы имитационного моделирования и машинная имитация: теоретические основы и реализация. Пермь: Пермский гос. ун-т, 2007. 290 с.
9. Ивашкин Ю.А. Агентные технологии и мультиагентное моделирование систем: учеб. пособие М.: МФТИ, 2013. 267 с.

10. *Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г.* Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. М.: Физматлит, 2009. 278 с.
11. *Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г.* Распределенные системы планирования действий коллективов роботов. М.: Изд-во Янус-К, 2002. 291 с.
12. *Каляев И.А., Гайдук А.Р.* Однородные нейрореподобные структуры в системах выбора действий интеллектуальных роботов. М.: Янус-К, 2000. 279 с.
13. *Лихтенштейн В.Е., Конявский В.А., Росс Ш.В., Лось В.П.* Мультиагентные системы: самоорганизация и развитие. М.: Финансы и статистика, 2018. 262 с.
14. *Макаров М.Г.* Категория «цель» в домарксистской философии. Ленинград: Наука, Ленингр. отделение, 1974. 188с.
15. *Макаров М.Г.* Сложность и вариативность категорий диалектики. Ленинград: Наука, Ленингр. отделение, 1988.180с.
16. *Маслобоев А.В.* Имитационное моделирование развития инновационных процессов на основе метода системной динамики и агентных технологий // Качество. Инновации. Образование. 2009. № 3. С. 34–42.
17. *Маслобоев А.В., Лангханс М.* Мультиагентная система информационной поддержки управления региональным инновационным развитием // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. Т.18, № 4. С. 630–638.
18. *Матвеева А.А., Ким Ю.В., Виксин И.И.* Методы обеспечения информационной безопасности коммуникационных каналов в мультиагентных робототехнических системах // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19, № 1. С. 102–108.
19. *Павловский Ю.Н., Белотелов Н.В., Бродский Ю.И.* Имитационное моделирование: учеб. пособие. М.: Академия, 2008. 234 с.
20. *Павловский Ю.Н., Белотелов Н.В., Бродский Ю.И.* Компьютерное моделирование: учеб. пособие. М.: Физматкнига, 2014. 303 с.
21. *Пантелеев М.Г., Пузанков Д.В.* Интеллектуальные агенты и многоагентные системы. СПб.: ЛЭТИ, 2015. 215 с.
22. *Тимофеев А.В.* Мультиагентные робототехнические системы и нейросетевые технологии // Известия ЮФУ. Технические науки. С. 20–23.
23. *Трубников Н.Н.* О категориях «цель», «средство» и «результат». М.: Высшая школа, 1968. 148 с.
24. *Романов В.П., Лельчук А.В.* Мультиагентные системы в экономике: учеб. пособие для аспирантов. М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2013. 87 с.
25. *Филатов Ю.А.* Начала телеологии (основы науки о целях и целесообразности). М.: АКАЛИС, 2008. 235 с.
26. *Черноусова Т.Г.* К вопросу об адаптационной системе организма индивидуума // Мир современной науки. 2017. № 4 (44). С. 82–84.
27. *Черноусова Т.Г.* Биометрия и аутентификация // Мир современной науки. 2017. № 3 (43). С. 20–24.

28. Amato C., Konidaris G., Cruz G., Maynor C.A., How J.P., Kaelbling L.P. (2015) Planning for decentralized control of multiple robots uncertainty. Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on robotics and Automation (ICRA); Seattle, WA, USA. 26-30 May, pp. 1241–1248.
29. Biswas P.K. (2007) Towards Agent-Oriented Conceptualization and Implementation. Architectural Design of Multi-Agent Systems: Technologies and techniques. New York, Information science reference, pp. 1–25.

### References

1. Belotelov N.V., Brodsky Yu.I., Pavlovsky Yu.N. (2008) *Komp'yuternoe modelirovanie demograficheskikh, migratsionnykh, ekologo-ekonomicheskikh protsessov sredstvami raspredelennykh vychisleniy* [Computer modeling of demographic, migration, ecological and economic processes by means of distributed computing]. Moscow, Vychislitel'nyy tsentr im. A.A. Dorodnitsyna Rossiyskoy akad. nauk (VTs RAN), 122 p. (in Russian).
2. Belotelov N.V., Brodsky Yu.I., Pavlovsky Yu.N. (2009) *Slozhnost'. Matematicheskoe modelirovanie. Gumanitarnyy analiz: issledovanie istoricheskikh, voennykh, sotsial'no-ekonomicheskikh i politicheskikh protsessov* [Complexity. Mathematical modeling. Humanitarian analysis: study of historical, military, socioeconomic and political processes]. Moscow, LIBROKOM Publishing, 317 p. (in Russian).
3. Brodsky Yu.I. (2015) *Leksii po matematicheskomu i imitatsionnomu modelirovaniyu* [Lectures on mathematical and simulation modeling]. Moscow-Berlin, Direct Media Publishing, 241 p. (in Russian).
4. Brodsky Yu.I. (2010) *Model'nyy sintez i model'no-orientirovannoe programmirovaniye* [Model synthesis and model-oriented programming]. Moscow, Vychislitel'nyy tsentr im. A.A. Dorodnitsyna Rossiyskoy akad. nauk (VTs RAN), 141 p. (in Russian).
5. Wiener N. (2002) *Kibernetika i obshchestvo* [Cybernetics and Society]. Moscow, Taydeks Ko Publishing, 182 p. (in Russian).
6. Gorokhov A.V., Masloboev A.V., Oleinik A. G. (2013) *Tekhnologiya formirovaniya spetsifikatsiy srede imitatsionnogo modelirovaniya zadach upravleniya* [Technology of formation of the specs of the simulation environment task management]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy*, no. 3 (19), pp. 55–70 (in Russian).
7. Guts A.K., Laptev, A.A. (2019) *Modelirovanie sotsial'nykh sistem* [Modeling of social systems: a tutorial]. Omsk, Omsk state University Publishing, 163 p. (in Russian).
8. Zamyatina E.B., Lanin V.V., Lyadova L.N., Firsov A.N. (2007) *Sistemy imitatsionnogo modelirovaniya i mashinnaya imitatsiya: teoreticheskie osnovy i realizatsiya* [Simulation systems and machine simulation: theoretical foundations and implementation]. Perm, Perm state University Publishing, 290 p. (in Russian).
9. Ivashkin Yu.A. (2013) *Агентные технологии и мультиагентное моделирование систем* [Agent technologies and multi-agent modeling of systems]. Moscow, MIPT Publishing, 267 p. (in Russian).
10. Kalyayev I.A., Gaiduk A.R., kapustian S.G. (2009) *Modeli i algoritmy kollektivnogo upravleniya v gruppakh robotov* [Models and algorithms of collective control in groups of robots]. Moscow, Fizmatlit Publishing, 278 p. (in Russian).



11. Kalyaev I.A., Gaiduk A.R., Kapustyan S.G. (2002) *Raspredelemnnye sistemy planirovaniya deystviy kollektivov robotov* [Distributed systems of planning of actions of groups of robots]. Moscow, Janus-K Publishing, 291 p. (in Russian).
12. Kalyaev I.A., Gaiduk A.R. (2000) *Odnorodnye neyropodobnyye struktury v sistemakh vybora deystviy intellektual'nykh robotov* [Homogeneous neural-like structures in the systems of choice of actions of intelligent robots]. Moscow, Janus-K Publishing, 279 p. (in Russian).
13. Lichtenstein V.E., Konyavskiy V.A., Ross S.V., Los V.P. (2018) *Mul'tiagentnyye sistemy: samoorganizatsiya i razvitie* [Multi-agent systems: self-organization and development]. Moscow, Finansy i statistika, 262 p. (in Russian).
14. Makarov M.G. (1974) *Slozhnost' i variativnost' kategoriy dialektiki* [Category “goal” in the pre-Marxist philosophy]. Leningrad, Nauka Publishing, 188 p. (in Russian).
15. Makarov M.G. (1988) *Slozhnost' i variativnost' kategoriy dialektiki* [Complexity and variability of categories of dialectics]. Leningrad, Nauka Publishing, 180 p. (in Russian).
16. Masloboev A.V. (2009) *Imitatsionnoe modelirovanie razvitiya innovatsionnykh protsessov na osnove metoda sistemnoy dinamiki i agentnykh tekhnologiy* [Simulation modeling of the development of innovative processes based on the method of system dynamics and agent technologies]. *Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie*, no. 3, pp. 34–42 (in Russian).
17. Masloboev A.V. Langhans M. (2018) *Mul'tiagentnaya sistema informatsionnoy podderzhki upravleniya regional'nym innovatsionnym razvitiem //* [Multi-Agent system of information support of regional innovation development management]. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki*, vol. 18, no. 4, pp. 630–638 (in Russian).
18. Matveeva A.A., Kim Y.V., Viksnin I.I. (2019) *Metody obespecheniya informatsionnoy bezopasnosti kommunikatsionnykh kanalov v mul'tiagentnykh robototekhnicheskikh sistemakh* [Methods of ensuring information security of communication channels in multi-agent robotic systems]. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki*, vol. 19, no. 1, pp. 102–108 (in Russian).
19. Pavlovsky Yu.N., Belotelov N.V., Brodsky Yu.I. (2008) *Imitatsionnoe modelirovaniebie* [Simulation modeling]. Moscow, Akademiya Publishing, 234 p. (in Russian).
20. Pavlovsky Yu.N., Belotelov N.V., Brodsky Yu.I. (2014) *Komp'yuternoe modelirovaniesobie* [Computer modeling]. Moscow, Fizmatkniga Publishing, 303 p. (in Russian).
21. Panteleev M.G., Puzankov D.V. (2015) *Intellektual'nye agenty i mnogoagentnyye sistemy* [Intelligent agents and multi-agent systems]. St. Petersburg, LETI Publishing, 215 p. (in Russian).
22. Timofeev A.V. *Mul'tiagentnyye robototekhnicheskie sistemy i neyrosetevyye tekhnologii* [Multi-agent robotic systems and neural network technologies]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki*, pp. 20–23 (in Russian).
23. Trubnikov N.N. (1968) *O kategoriyakh «tsel'», «sredstvo» i «rezul'tat»* [About the categories “purpose”, “means” and “result”]. Moscow, Vysshaya shkola Publishing, 148 p. (in Russian).
24. Romanov V.P., Lelchuk V.A. (2013) *Mul'tiagentnyye sistemy v ekonomike* [Multi-agent system in the economy: textbook for graduate students]. Moscow, REU im. G.V. Plekhanova Publishing, 87 p. (in Russian).

25. Filatov Y.A. (2008) *Nachala teleologii (osnovy nauki o tselyakh i tselesoobraznosti)* [Beginning of teleology (the foundations of the science of purpose and appropriateness)]. Moscow, AKALIS Publishing, 2008, 235 p. (in Russian).
26. Chernousova T.G. (2017) *K voprosu ob adaptatsionnoy sisteme organizma individuum* [To the question about the adaptive system of the organism of the individual]. *Mir sovremennoy nauki*, no. 4 (44), pp. 82–84 (in Russian).
27. Chernousova T.G. (2017) *Biometriya i autentifikatsiya* [Biometrics and authentication]. *Mir sovremennoy nauki*, no. 3 (43), pp. 20–24 (in Russian).
28. Amato C., Konidaris G., Cruz G., Maynor C.A., How J.P., Kaelbling L.P. (2015) Planning for decentralized control of multiple robots uncertainty. Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on robotics and Automation (ICRA); Seattle, WA, USA. 26-30 May, pp. 1241–1248.
29. Biswas P.K. (2007) *Towards Agent-Oriented Conceptualization and Implementation. Architectural Design of Multi-Agent Systems: Technologies and techniques*. New York, Information science reference, pp. 1–25.