



УДК 007.52.
ГРНТИ 78.25.13

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КОМПЛЕКСАХ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

А.Е. ГРИЦЕНКО, кандидат технических наук, доцент
Главный научно-технический испытательный центр робототехники МО РФ (г. Москва)
С.И. СЛИНИН, кандидат технических наук
Главный научно-технический испытательный центр робототехники МО РФ (г. Москва)
В.И. РУБИНОВ, кандидат технических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

В статье рассматриваются проблемные вопросы реализации искусственного интеллекта в комплексах с беспилотными летательными аппаратами, особенности формирования облика систем искусственного интеллекта в бортовых системах управления на современном и перспективном этапах развития робототехнических комплексов воздушного базирования.

Ключевые слова: автономное управление, разведывательные робототехнические комплексы воздушного базирования, методы искусственного интеллекта, архитектура и облик систем искусственного интеллекта.

PROBLEMATIC QUESTIONS ARTIFICIAL INTELLIGENCE IMPLEMENTATION IN COMPLEXES WITH UNMANNED AERIAL VEHICLES

A.E. GRITSENKO, Candidate of Technical sciences, Associate Professor
The robotics main scientific and technical testing center of Ministry of Defence of the Russian Federation (Moscow)
S.I. SLININ, Candidate of Technical sciences
The robotics main scientific and technical testing center of Ministry of Defence of the Russian Federation (Moscow)
V.I. RUBINOV, Candidate of Technical sciences, Associate Professor
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

The article discusses the problematic questions of the artificial intelligence implementation in complexes with unmanned aerial vehicles, especially the appearance formation of the artificial intelligence systems in on-board control systems at the modern and promising stages of the airborne robotic systems development.

Keywords: autonomous control, airborne reconnaissance robotic systems, artificial intelligence methods, architecture and appearance of artificial intelligence systems.

Введение. Основным направлением развития современных разведывательных воздушных робототехнических комплексов (ВРТК) является повышение автономности их действий при решении задач по предназначению. Автономное управление ВРТК устраняет ряд важных недостатков, характерных системам с дистанционным управлением:

- ограниченность радиуса действия;
- необходимость участия операторов в управлении;
- выполнение сравнительно несложных задач роботизации;
- снижение аварийности беспилотных летательных аппаратов (БЛА) из-за ошибок операторов.

Актуальность. Наибольшее развитие автономное управление получило в разведывательных ВРТК, поскольку их тактико-технические характеристики (ТТХ) достигли



уровня, который по оценкам зарубежных и отечественных специалистов достаточен для решения большинства соответствующих задач.

Достигнутый уровень автономности действий при выполнении разведывательных задач наиболее полно демонстрируют американские БЛА тяжелого класса типа «Global Hawk», имея взлетную массу 14500 кг при полезной нагрузке в 1300 кг, могут оставаться в воздухе 36 часов, покрывая за это время 22000 км. Поэтому в ближайшее время командованием США планируется замена самолетов-разведчиков типа «U-2» и «U-2S» беспилотниками «Global Hawk» [1].

Потребности Вооруженных сил РФ в автономных ВРТК чрезвычайно велики, что вызвано значительным отставанием уровня развития технологий воздушной робототехники от наших «партнеров». Это отставание выражается не только в качественном, но и в количественном превосходстве. Особенно, это заметно по основному направлению развития воздушных роботов – автономности действий при выполнении задач по предназначению. Так, состоящий на вооружении Российской армии самый крупный разведывательный БЛА «Форпост» имеет максимальную взлетную массу 372 кг с дальностью действия не превышающей 220 км и продолжительностью полета 12–14 часов [2].

Резервом повышения эффективности применения разведывательных БЛА является использование методов искусственного интеллекта (ИИ) для создания интеллектуальных ВРТК.

Анализ и возможности использования искусственного интеллекта в бортовых системах управления воздушных робототехнических комплексов. Современный этап создания интеллектуальных ВРТК во многом определяется развитием методов ИИ, который характеризуется наличием противоречий. Эти противоречия обусловлены, с одной стороны, различными подходами к формированию облика ИИ (здесь под термином облик ИИ понимается сочетание применяемых технологий и архитектуры систем ИИ) для бортовых систем управления (БСУ) БЛА, а с другой стороны – относительно слабым развитием методов ИИ для комплексного решения задач, возлагаемых на БСУ БЛА. Это в конечном итоге, приводит к разработке нескольких автономных систем ИИ (СИИ) в составе БСУ ВРТК. Возможный облик систем ИИ в БСУ ВРТК, отражающий современное состояние технологий развития ИИ, указан на рисунке 1.

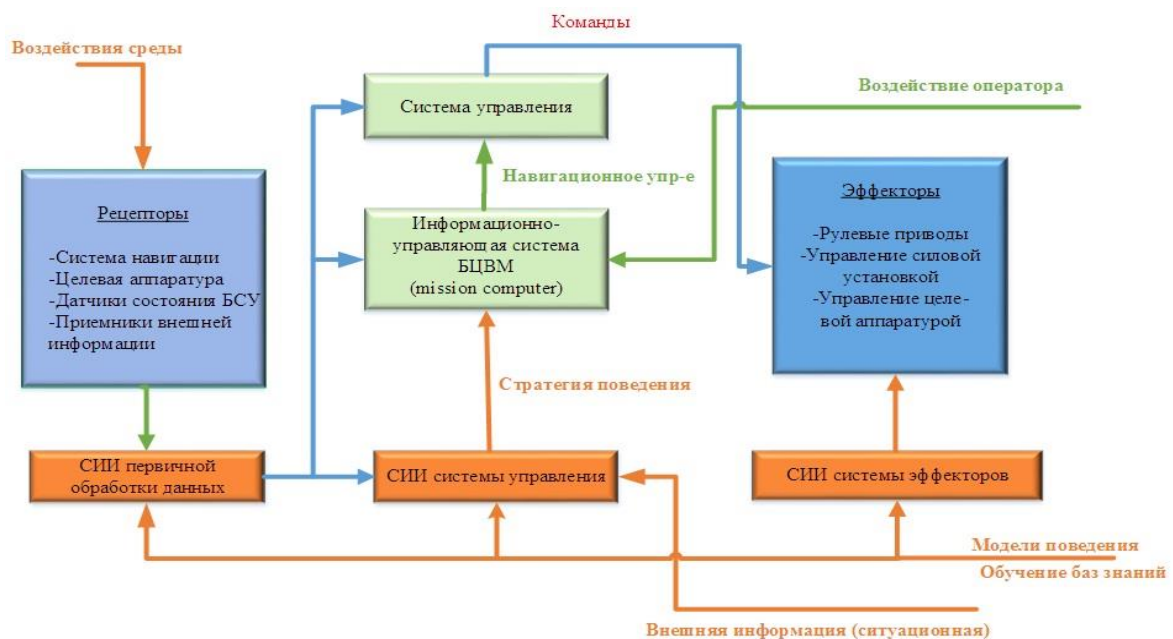


Рисунок 1 – Структура бортовой системы управления ВРТК ВН



Данный облик содержит следующие подсистемы ИИ:

СИИ для первичной обработки данных (управления целевыми нагрузками). В случае наличия на борту ВРПК ВН нескольких типов целевой нагрузки, например ИК/ТВ-камер слежения и РЛС бокового обзора, потребуется разработать несколько подсистем ИИ для управления работой каждой из указанных целевых нагрузок;

СИИ для управления на стратегическом уровне решения поставленных задач (планирования стратегий выполнения заданий, взаимодействия с другими БЛА и т.п.);

СИИ системы эффекторов исполнительного уровня для контроля механизмов управления полетом БЛА таких как рулевые поверхности, управление тягой двигателя и т.п.

Несмотря на явные преимущества [3], которые предоставляют современные технологии ИИ в решении комплекса задач боевого применения различных типов ВРПК, современному уровню развития технологий ИИ для воздушных роботов присущ ряд недостатков, отмеченных в [3, 4]:

– главным проблемным вопросом реализации ИИ в БСУ [3, 4] является тот факт, что современные технологии ИИ являются узконаправленными. Например, технологии ИИ, разработанные для классификации и распознавания образов наземной военной техники по сигналам датчиков видовой информации непригодны для решения других важных задач таких как: управление взлетом и посадкой, планирование полетом в целом. Аналогичные примеры можно построить по данным таблицы «Перечень задач ИИ для БСУ ВРПК», указанным в таблице 1;

Таблица 1 – Перечень задач ИИ для БСУ ВРПК

Задачи комплекса с БЛА	Методы искусственного интеллекта					
	Экспертные системы	Машинное обучение	Машинное зрение	Распознавание образов	Интеллектуальное управление	Базы знаний
Планирование применения	×	×				×
Управление полетом	×		×	×		
Взлет и посадка		×	×	×		
Взаимодействие и поведение в группе	×	×			×	
Мониторинг состояния систем	×				×	×
Управление ресурсами					×	×
Управление целевыми нагрузками	×			×		×
Обработка данных			×	×		×

– каждая фирма-изготовитель при создании системы ИИ, как правило, использует свое специальное программное обеспечение. Это могут быть системы программирования (платформы разработки) «Си++», «Питон» и т.д., что приводит к определенным трудностям при создании, например, общих баз данных портретов наземных объектов и т.п.;

– в итоге, указанная структура БСУ ВРПК, использующая несколько автономных систем ИИ, (рисунок 1) потребует при своей реализации в качестве конкретного образца вооружений, военной и специальной техники (ВВСТ) дополнительных вычислительных и энергетических затрат, связанных с увеличением количества бортовых вычислителей для каждой СИИ, и временных затрат на обучение (настройку) баз знаний каждой системы ИИ.

Также необходимо отметить еще один проблемный вопрос развития ВРПК, на первый взгляд не связанный с темой статьи, но без решения которого невозможен дальнейший прогресс технологий ИИ для ВРПК – это давно известная проблема микроминиатюризации отечественной элементной базы микроэлектроники, скорейшее разрешение которой, как



минимум, позволит повысить ТТХ российских беспилотников за счет снижения массогабаритных показателей полезной нагрузки БЛА и, как максимум, обеспечить такой уровень автономности действий воздушных роботов вплоть до реализации концепции группового поведения ВРТК: стайного, роевого и коллективного выполнения боевых и обеспечивающих задач.

Наличие вышеприведенных недостатков указывает на необходимость их преодоления, т.е. дальнейшего развития технологий ИИ для ВРТК.

Известный российский ученый в области ИИ Бугаков И.А. заявил [5], что стратегический путь развития технологий ИИ для рассматриваемых БСУ БЛА – это ориентация на создание «полноценного» (для своего уровня задач и среды применения) искусственного интеллекта и интеллектуальных ВРТК.

Полноценный ИИ, предлагаемый для реализации в ВРТК, должен обладать следующими свойствами [8]:

способностью выделять существенное в текущих данных и знаниях, упорядочивать их – это необходимый аспект интуиции;

способностью к целеполаганию и планированию поведения – это порождение последовательностей “цель - план - действие”;

способностью к отбору знаний (посылок выводов, релевантных целей рассуждения);

способностью извлекать следствия из имеющихся фактов и знаний, т.е. способность к рассуждению, которое может содержать как правдоподобные выводы, используемые для выдвижения гипотез, так и достоверные выводы (следовательно, под рассуждением понимаются последовательности правдоподобных и достоверных выводов);

способностью к аргументированному принятию решений, использующему упорядоченные знания (представление знаний) и результаты рассуждений, соответствующие поставленной цели;

способностью к рефлексии – оценке знаний и действий;

способностью к синтезу познавательных процедур, образующих эвристики решения задач и рассмотрения проблем. Например, такой эвристикой является взаимодействие индукции, аналогии и абдукции (с учетом фальсификации выдвигаемых гипотез посредством поиска контрпримеров) с последующим применением дедукции;

способностью к обучению и использованию памяти;

способностью к рационализации идей: стремление и умение уточнить их как понятия;

способностью к созданию целостной картины относительно предмета мышления, объединяющей знания, релевантные поставленной цели (т.е. формирование приближенной «теории» предметной области);

способностью к адаптации в условиях изменения ситуаций и знаний, что означает коррекцию «теории» и поведения.

Перечень свойств полноценного ИИ для реализации в БСУ ВРТК указан на рисунке 2.

Таким образом, в основе концепции построения полноценных интеллектуальных ВРТК предлагается использовать следующие ключевые положения:

реализация парадигмы ситуационного управления;

обоснованное использование интеллектуальных технологий (экспертных систем, методов нечеткой логики, нейронных сетей и т.д.);

обеспечение адекватного соответствия степени интеллектуальности системы требуемому уровню адаптации к внешним условиям и факторам неопределенности;

иерархическая структура системы управления воздушным роботом как сложным динамическим объектом.

Необходимо также отметить, что при создании интеллектуальных ВРТК на основе концепции полноценного ИИ возникает противоречие между требуемым и реализованным уровнями концептуальных свойств. Причинами возникновения противоречия являются



недостатки применяемых сегодня методов обоснования облика ИИ для рассматриваемых БСУ ВРТК.

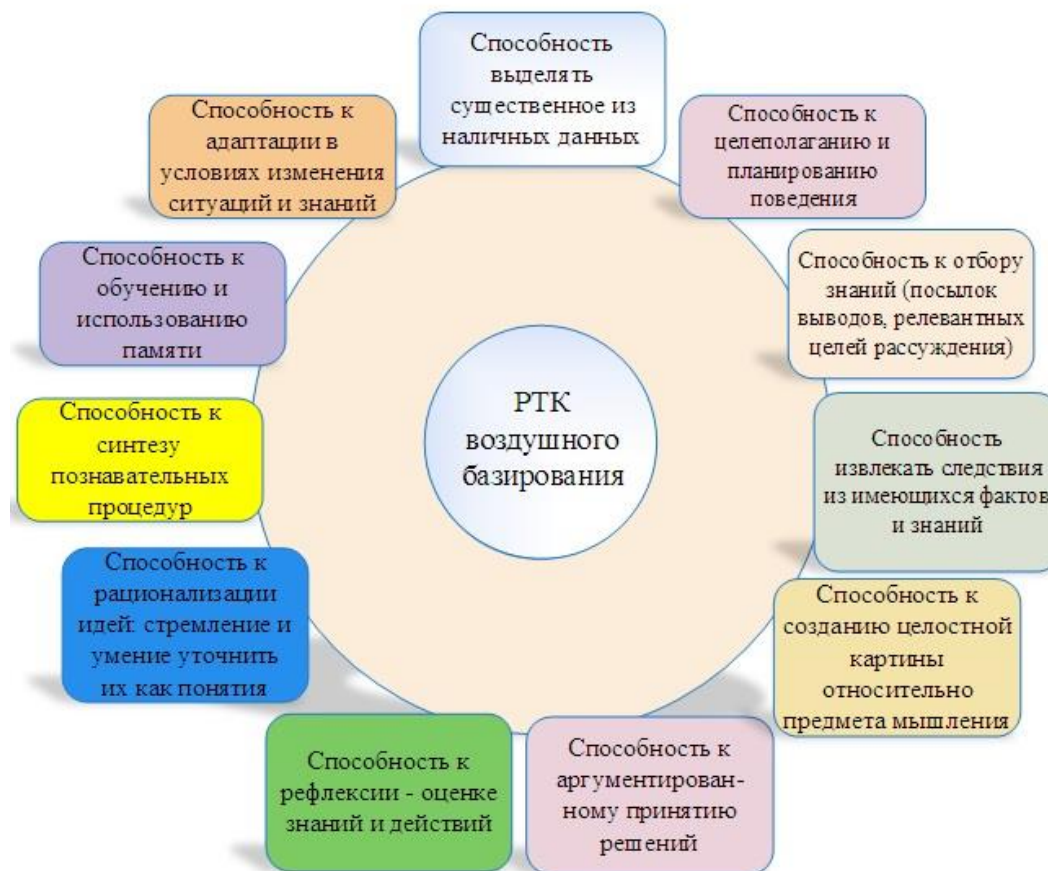


Рисунок 2 – Свойства ИИ в БСУ ВРТК ВН

Для преодоления сформулированных проблем необходимо разрешить соответствующие вопросы в следующих сферах деятельности:

- организационной;
- производственно-технологической;
- научно-методологической.

В организационной сфере требуется решить вопросы, связанные с формированием тактико-технических требований на конкретный прототип (образец) ВРТК, создаваемый в определенный временной период и с учетом достижимых технологий создания базовых элементов микроэлектроники, необходимых для разработки прогрессивных схемно-конструкторских решений по облику ИИ.

В производственно-технологической сфере необходимо решить схемно-конструкторские вопросы создания БСУ с ИИ для ВРТК на базовых элементах микроэлектроники, в том числе мини/микроэлементах (чипах) в микро или нано исполнении с минимальными массогабаритными размерами и потреблением энергии, реализуемыми в заданный временной период для достижения требуемых характеристик функционирования воздушных роботов.

В научно-методологической сфере необходимо создать систему методов обоснования наилучшего варианта облика ИИ для БСУ ВРТК, что связано с характерными особенностями решаемых ими задач [6, 7]:

- неполнотой и неточностью исходных данных о решаемых задачах;



отсутствием детерминизма в процессе поиска решения;
высокой вычислительной сложностью получения решения задач в реальном времени.

В связи с возникающим противоречием между требуемым и реализованным уровнями концептуальных свойств полноценного ИИ в БСУ ВРТК, которое порождает проблему достижения требуемого (ожидаемого) уровня их реализации в образцах ВРТК, необходимо в ближайшее время разработать систему методов обоснования облика ИИ в БСУ.

Для сравнительной оценки и получения наилучшего варианта облика ИИ БСУ ВРТК потребуется создать несколько вариантов облика систем ИИ, каждый из которых имеет свой уровень концептуальных свойств. Окончательная оценка варианта облика ИИ выполняется с помощью известных критериев эффективности, например, «эффективность - стоимость».

Структурная схема обоснования перспективных обликов ИИ в БСУ ВРТК представлена ниже на рисунке 3, где формирование системы методов обоснования облика ИИ в образцах БЛА основывается на достижении требуемого уровня концептуальных свойств ИИ и ожидаемой эффективности новых вариантов облика ИИ в БСУ с использованием критерия «эффективность - стоимость».

Как видно из представленной структурной схемы разработку новых систем ИИ для ВРТК предлагается выполнить на основе концепции полноценного ИИ для ВРТК, которая предоставляет разработчикам возможность для достижения концептуальных свойств ИИ ВРТК. Ожидаемый уровень реализации концептуальных свойств ИИ ВРТК сравнивается с достигнутым уровнем, производится оценка возможных вариантов реализации ИИ в БСУ ВРТК. Наилучшие варианты облика ИИ определяются путем сравнения по интегральному критерию «эффективность - стоимость» с учетом разрешения всех вышеуказанных проблем развития ИИ в БСУ ВРТК.

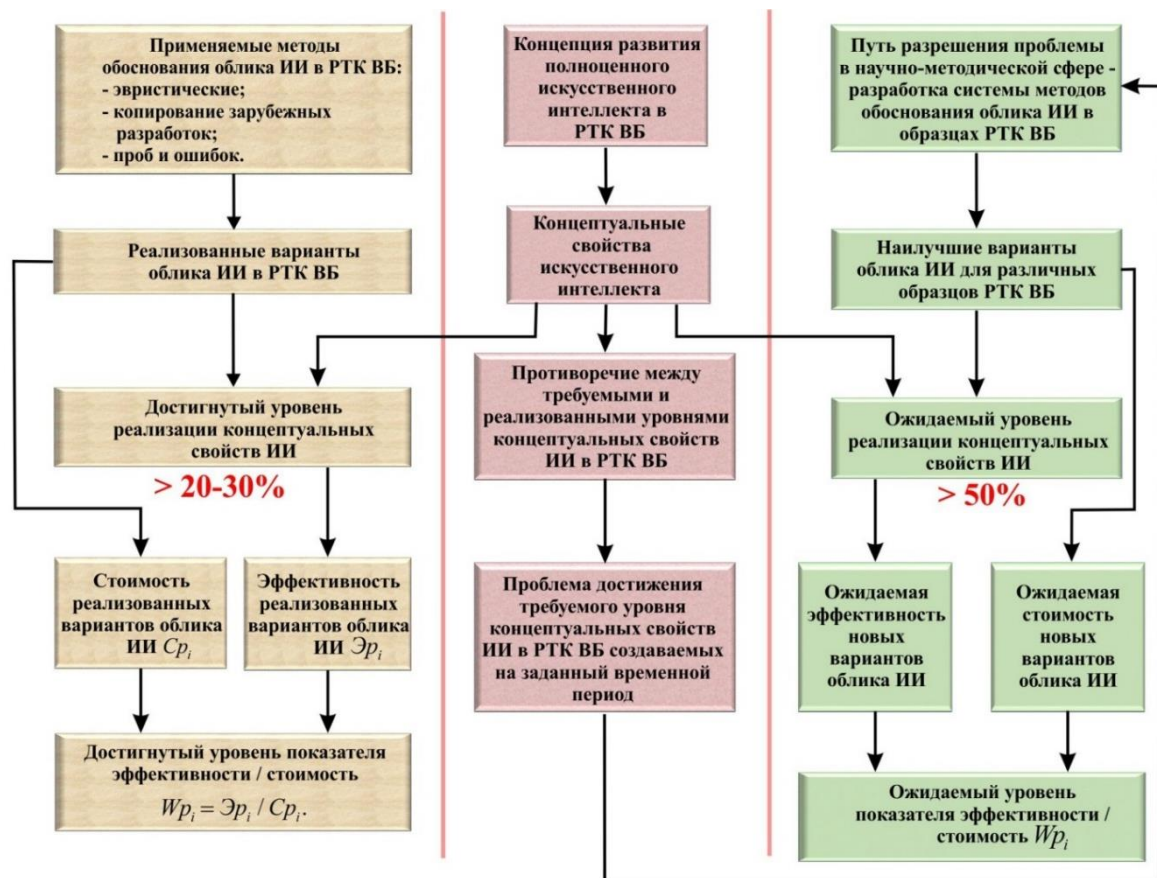


Рисунок 3 – Структурная схема обоснования перспективных обликов ИИ в БСУ ВРТК



Одним из альтернативных вариантов облика ИИ в БСУ ВРТК, для преодоления функциональной избыточности систем ИИ (вариант облика ИИ с несколькими автономными СИИ – рисунок 1), предлагается применять единую систему ИИ (ЕС ИИ) с использованием некой супер-БЦВМ (аналогичной суперкомпьютеру со скоростью обработки информации до 10 терафлопс) для решения задач управления объектом на всех уровнях и различных этапах функционирования военного воздушного робота.

При этом возможный вариант облика ЕС ИИ в БСУ ВРТК принимает вид, представленный на рисунке 4.

Из всего вышесказанного следует, что обоснование технологий и облика систем ИИ БСУ ВРТК должно выполняться по достижении требуемого уровня концептуальных свойств ИИ и критерию «эффективность-стоимость» с учетом тактико-технических характеристик и достижимых уровней технического совершенства в производственно-технологической сфере на заданный временной период.



Рисунок 4 – Вариант облика единой системы искусственного интеллекта в БСУ ВРТК

Выводы. Внедрение полноценного ИИ в бортовые системы управления ВРТК представляется дальнейшим этапом развития в интересах создания нового поколения «думающих» воздушных роботов. Реализация методов искусственного интеллекта в ВРТК сопровождается необходимостью решения ряда проблемных вопросов в организационной, научно-методологической и производственно-технологической сферах. Создание системы методов обоснования технологий и облика систем ИИ для бортовых систем управления ВРТК, учитывающих неполноту и неточность исходных данных о решаемых задачах, отсутствие детерминизма в процессе поиска решения задач и высокую вычислительную сложность получения решения задач в реальном времени, является частично решенным вопросом в научно-методологической сфере реализации ИИ [6, 7]. Обоснование технологий и облика систем ИИ для бортовых систем управления ВРТК должно выполняться в результате достижения требуемого уровня концептуальных свойств ИИ и выполнения критерия «эффективность-стоимость» с учетом требуемых уровней их тактико-технических



характеристик и достижимых уровней технического совершенства в производственно-технологической сфере на заданный временной период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспилотники в армии: реалии и перспективы. // «Арсенал». 2018. № 2 (68). С. 18–27.
2. «Форпост» становится российским. // «Арсенал». 2018. № 2 (68). С. 52–56.
3. Реализация элементов искусственного интеллекта как путь повышения автономности беспилотных авиационных систем. / Воронов В.В. // Тр. II-й военно-научной конференции Роботизация ВС РФ. М., ГНИИЦ РТ МО, 2017. С. 121–128.
4. Интеллектуальные системы управления – перспективная платформа для создания специальной робототехники. / Лохин В.М., и др. // Тр. II-й военно-научной конференции Роботизация ВС РФ. М., ГНИИЦ РТ МО, 2017. С. 56–60.
5. Проблемы интеллектуализации робототехники военного и специального назначения. / Бугаков И.А. и др. // Тр. II-й военно-научной конференции Роботизация ВС РФ. М., ГНИИЦ РТ МО, 2017. С. 281–293.
6. Модели предметных знаний на основе системно-когнитивного анализа. Бова В.В. // Известия ЮФУ. Технические науки. 2010. № 7 (108). С. 146–153.
7. Мультиагентные робототехнические системы и нейросетевые технологии. Тимофеев А.В. // Известия ЮФУ. Технические науки. 2010. № 3 (104). С. 20–23.
8. Публикации для учащихся. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.skachate.ru> (дата обращения 01.08.2019).

REFERENCES

1. *Bespilotniki v armii: realii i perspektivy*. // «Arsenal». 2018. № 2 (68). pp. 18–27.
2. «Forpost» stanovitsya rossijskim. // «Arsenal». 2018. № 2 (68). pp. 52–56.
3. *Realizaciya `elementov iskusstvennogo intellekta kak put' povysheniya avtonomnosti bespilotnyh aviacionnyh sistem*. / Voronov V.V. // Tr. II-j voenno-nauchnoj konferencii Robotizaciya VS RF. M., GNIIC RT MO, 2017. pp. 121–128.
4. *Intellektual'nye sistemy upravleniya – perspektivnaya platforma dlya sozdaniya special'noj robototehniki*. / Lohin V.M., i dr. // Tr. II-j voenno-nauchnoj konferencii Robotizaciya VS RF. M., GNIIC RT MO, 2017. pp. 56–60.
5. *Problemy intellektualizacii robototehniki voennogo i special'nogo naznacheniya*. / Bugakov I.A. i dr. // Tr. II-j voenno-nauchnoj konferencii Robotizaciya VS RF. M., GNIIC RT MO, 2017. pp. 281–293.
6. *Modeli predmetnyh znaniy na osnove sistemno-kognitivnogo analiza*. Bova V.V. // *Izvestiya YuFU. Tehnicheskie nauki*. 2010. № 7 (108). pp. 146–153.
7. *Mul'tiagentnye robototehnicheskie sistemy i nejrosetevye tehnologii*. Timofeev A.V. // *Izvestiya YuFU. Tehnicheskie nauki*. 2010. № 3 (104). pp. 20–23.
8. *Publikacii dlya uchaschihsya*. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.skachate.ru> (data obrascheniya 01.08.2019).

© Гриценко А.Е., Слинин С.И., Рубинов В. И., 2019

Гриценко Андрей Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, Главный научно-технический испытательный центр робототехники МО РФ, 125167, Россия, г. Москва, ул. Серегина, 5, gritsoff@mail.ru.

Слинин Сергей Игоревич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Главный научно-технический испытательный центр робототехники МО РФ, 125167, Россия, г. Москва, ул. Серегина, 5, slininsergey@gmail.com.



Рубинов Владимир Иванович, кандидат технических наук, доцент, начальник 92 кафедры автоматизации управления летательными аппаратами (и вычислительных систем), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, rubinov777@mail.ru.