

УДК: 004.8

DOI: 10.53816/23061456\_2021\_11-12\_3

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
СЛОЖНЫМИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ  
СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**METHODOLOGICAL APPROACH TO THE IMPROVEMENT  
OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR COMPLEX ORGANIZATIONAL  
AND TECHNICAL SYSTEMS FOR SPECIAL PURPOSES BASED ON THE  
INTRODUCTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES**

*Канд. техн. наук Д.А. Мосин, канд. техн. наук А.Ю. Цветков, канд. техн. наук М.А. Прохоров*

*Ph.D. D.A. Mosin, Ph.D. A.U. Tsvetkov, Ph.D. M.A. Prokhorov*

*ВКА им. А.Ф. Можайского*

В статье рассмотрена актуальная проблема совершенствования автоматизированных систем управления сложными организационно-техническими системами специального назначения (АСУ СОТС СН) за счёт внедрения технологий искусственного интеллекта на примере наземного автоматизированного комплекса управления (НАКУ) космическими аппаратами (КА). В результате анализа руководящих и концептуальных документов предметной области, а также с учётом особенностей состояния НАКУ КА, были выделены два основных направления их дальнейшей модернизации: обеспечение качественного управления КА и обеспечение заданного уровня надёжности и технического состояния объектов наземной космической инфраструктуры. В результате был сделан вывод о целесообразности внедрения в совершенствуемые АСУ СОТС СН «интеллектуальных советчиков» или систем поддержки принятия решений, основывающихся на онтологической инженерии.

**Ключевые слова:** автоматизированная система управления, сложная организационно-техническая система, эффективность, совершенствование, технологии искусственного интеллекта, наземный автоматизированный комплекс управления.

The article deals with the actual problem of improving automated control systems of complex organizational and technical systems through the introduction of artificial intelligence technologies on the example of the ground-based automated control system (GBACS) for spacecraft. As a result of the analysis of the guiding and conceptual documents of the subject area, as well as the features of the GBACS, as the main areas of improvement, two enlarged tasks were identified to ensure high-quality control of the spacecraft and a given level of reliability, the technical condition of ground-based technical equipment. As a result, it was concluded that it is advisable to introduce «intelligent advisors» or decision support systems based on ontological engineering into the improved automated control systems for space-based systems.

**Keywords:** automated management system, complex organizational and technical system, efficiency, improvement, artificial intelligence technologies, ground-based automated control system for spacecraft.

## Введение

Отличительной особенностью современной эпохи является хаос и непредсказуемость геополитических процессов, обусловленных парадигмальным кризисом традиционных форм политики и существующей модели глобальной безопасности [1]. В результате изменений в обществе, мир приобретает принципиально иную динамику и сложность, что, в частности, сказывается на основных принципах деятельности государств по освоению и использованию космического пространства. Всё больше стран рассматривают космическое пространство как новый экономический базис для своего развития в будущем [2]. Именно в этих условиях задача обеспечения полноценной космической деятельности Российской Федерацией (РФ) приобретает стратегический характер. Согласно «Основных положений государственной политики РФ в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу», утвержденных Президентом РФ, основной задачей всей космической отрасли РФ является «обеспечение гарантированного доступа России в космос со своей территории, обеспечение решения задач по использованию космических средств в интересах развития социально-экономической сферы и науки». Данным документом декларируется принцип государственной политики в области космической деятельности: обеспечение гарантированного доступа РФ в космос со своей территории, исключающего потенциальные риски при использовании наземной космической инфраструктуры.

### **Наземный автоматизированный комплекс управления как сложная организационная техническая система специального назначения**

Современный этап освоения космического пространства характеризуется постоянным расширением перечня и усложнением задач, решаемых в космосе и из космоса. Решение этих задач обеспечивается наземным автоматизированным комплексом управления (НАКУ) космическими аппаратами (КА) [3, 4]. НАКУ КА представляет собой совокупность необходимой инфраструктуры, технических систем, средств из состава

отдельных командно-измерительных комплексов, центров и пунктов управления КА, центров обработки измерительной информации, предназначенных для формирования наземных комплексов, обеспечивающих реализацию автоматизированных процессов контроля параметров полёта КА (ракет-носителей, разгонных блоков), состояния бортовой аппаратуры и управления их целевым функционированием [3].

НАКУ осуществляет управление всеми КА коммерческого, научного и социально-экономического назначения. Следует особо отметить, что технологическая инфраструктура НАКУ КА также используется для управления пилотируемыми программами (планируется, что он будет «технологическим сердцем» предстоящей Российской программы по освоению Луны, рассчитанной на период 2021–2040 гг.).

Сейчас НАКУ КА представляет собой хорошо организованную структуру взаимосвязанных технических средств, информационного, математического и программного обеспечения, предназначенную для формирования наземных комплексов управления (НКУ) всех типов КА, входящих в состав орбитальных группировок (ОГ) и систем КА различного целевого назначения.

Учитывая фактор дуальности, в широком смысле НАКУ КА обладает всеми признаками онтологической и гносеологической сложности и в соответствии с определениями подлежит при совершенствовании и применении обязательному рассмотрению с позиций системного подхода. Воспринимать НАКУ КА необходимо как автоматизированную систему управления (АСУ) сложными организационно-техническими системами (СОТС) специального назначения (СН) (рис. 1). Необходимо отметить, что НАКУ создавался для проведения порядка 800 сеансов управления с 200 одновременно находящимися на орбитах КА в сутки [5].

Уровень интенсивности современной космической деятельности диктует необходимость адаптации существующей наземной инфраструктуры к возможному лавинообразному увеличению нагрузки вследствие кратного увеличения как количества ОГ, так и КА за счёт применения технологий малых (маломассогабаритных) КА, а также существенного усложнения проводимых технологических циклов управления (ТЦУ) КА. Все это говорит о необходимости существенного

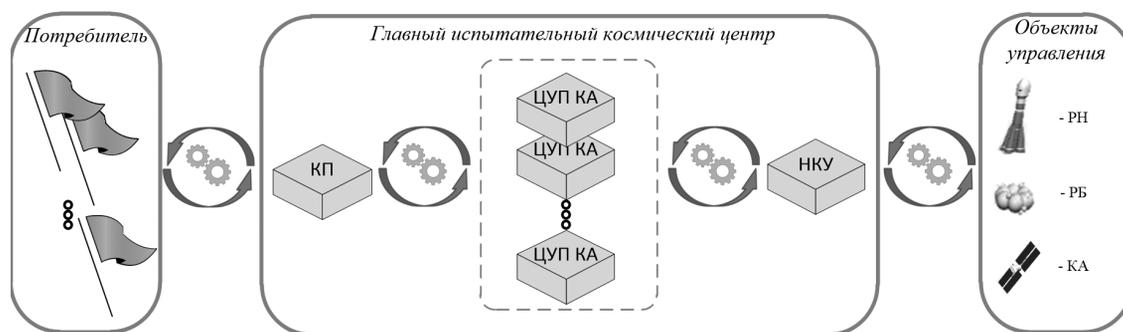


Рис. 1. Структура АСУ СОТС СН в системе космической деятельности Российской Федерации

повышения эффективности функционирования НАКУ КА.

По мнению ведущих отечественных специалистов в области кибернетики и автоматизации сложных технологических процессов, качественное улучшение любой АСУ СОТС возможно за счёт её «интеллектуализации», под которой понимается внедрение соответствующих технологий искусственного интеллекта (ИИ) для решения определённых классов задач. Сегодня технологии ИИ приобретают статус стратегических, поскольку потенциально способны оказывать огромное влияние на различные сферы деятельности человека, в том числе и в космической отрасли.

Верность данного подхода подтверждается мировым опытом совершенствования АСУ различного назначения посредством внедрения соответствующих информационных технологий. В последнее десятилетие наблюдается суще-

ственный рост интереса к подобным решениям в технологически развитых государствах мира, что также свидетельствует об их актуальности и перспективности.

При этом основным направлением модернизации и совершенствования выступает тотальное внедрение технологий ИИ, что должно обеспечить существенное сокращение длительности циклов управления функционированием СОТС, рис. 2 [6].

Кроме того, по мнению представителей международной научной общественности, применение технологий ИИ, где основные разработки концентрируются вокруг технологий получения, представления, преобразования и использования знаний, позволит значительно увеличить скорость обработки сверхбольших массивов информации, уменьшить нагрузку на операторов; реализовать возможность обучения, адаптации

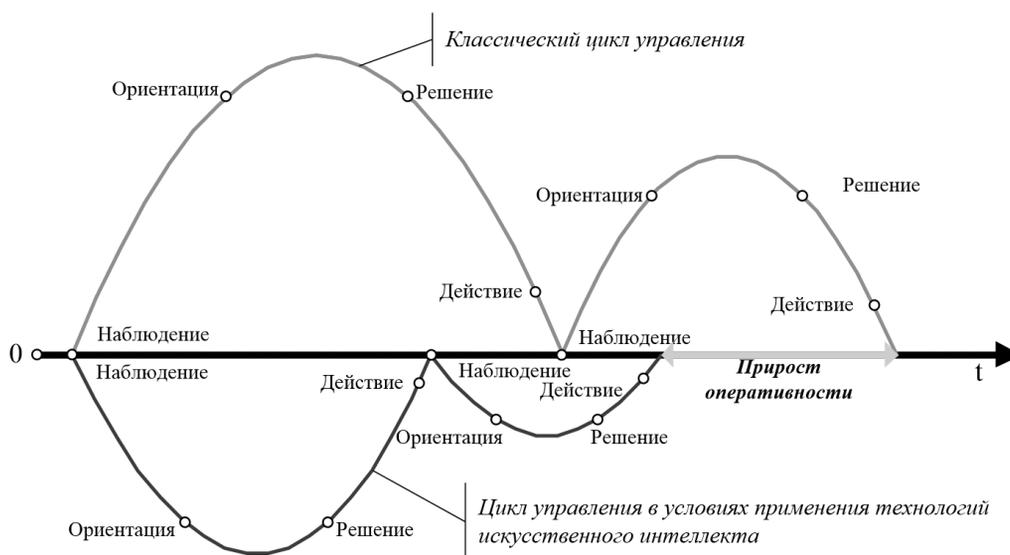


Рис. 2. Зависимость длительности циклов управления СОТС от внедрения технологий искусственного интеллекта в АСУ

и принятия самостоятельных решений в АСУ СОТС, а в перспективе создать полностью автономные робототехнические комплексы.

Данные обстоятельства обязывают руководство нашей страны к активным действиям, целью которых является недопущение отставания от ведущих стран в области технологий ИИ, а также обеспечение соответствующего научно-технического задела.

Так в 2019 году была принята «Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года», а уже в 2020 году, в рамках МО РФ, было объявлено о проведении конкурса на выполнение научно-исследовательской работы «Исследования по созданию экспериментального образца комплекса разработки, обучения и реализации глубоких нейронных сетей для нового поколения военных систем с искусственным интеллектом» (шифр «Каштан») [7]. Необходимо отметить, что, несмотря на обусловленную необходимость внедрения технологий ИИ в АСУ СОТС, речи о полном исключении человека-оператора из контура управления не идёт. Прерогатива принятия решений по-прежнему остаётся за человеком, что качественно отличает отечественный подход к совершенствованию систем управления от зарубежного.

В соответствии с [8] под ИИ понимается комплекс технологических решений, позволяющих имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека, а под технологиями ИИ — технологии, основанные на использовании ИИ, включая компьютерное (машинное) зрение, обработку естественного языка, распознавание и синтез речи, интеллектуальную поддержку принятия решений и перспективные методы ИИ. В настоящее время практически все интеллектуальные задачи можно решать с помощью ИИ.

Инвестиции в технологии ИИ с 2014 по 2017 гг. выросли более чем в три раза и составили около 40 млрд. долларов США. По прогнозам экспертов к 2024 году мировой рынок технологических решений, разработанных на основе ИИ вырастет до 140 млрд долларов, а благодаря

внедрению таких решений рост мировой экономики составит не менее 1 трлн долларов.

Необходимо отметить, что искусственный интеллект «зародился» в России в 1954 году на семинаре «Автоматы и мышление» Московского государственного университета под руководством профессора Ляпунова А.А. В этом семинаре приняли участие выдающиеся физиологи, лингвисты, психологи и математики. Однако следует понимать, что текущий уровень развития технологий пока ещё далёк от создания некоего универсального ИИ («strong» или «сильного» ИИ), способного решать весь спектр существующих задач. Сейчас, когда говорят о технологиях ИИ, как правило, подразумевают «weak» или «слабый» ИИ, способный решать только узкоспециализированные задачи. При этом существует два подхода к формализации подобных технологий. Первый подразумевает использование любых решений, которые работают на практике, при этом не важно, как именно получается результат. Второй опирается на то, что решения должны быть понятными, их корректность должна быть доказуема, при этом акцент делается на логику, статистику и аналитическое решение задач. Применимость к интеллектуализации АСУ СОТС СН исключительно второго подхода строго определена «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года».

**Основные направления  
«интеллектуализации» автоматизированных  
систем управления сложными  
организационно-техническими системами  
специального назначения**

Практическая реализация технологий ИИ в АСУ СОТС СН, ровно, как и в других информационно-управляющих системах, не является самоцелью. Данные технологии должны использоваться в тех случаях, когда их применение потенциально более эффективно по сравнению с традиционными. Применительно к рассматриваемой предметной области можно выделить следующие основные условия (факторы), определяющие целесообразность применения тех или иных технологий ИИ [9]:

– потенциально обеспечивается решение соответствующих прикладных задач с более высо-

ким выходным качеством (результативностью) и оперативностью (по сравнению с традиционными технологиями) при приемлемых затратах, например, вполне возможно и целесообразно применение ИИ, на этапах проверки данных на достоверность, восстановления достоверности, сигнализации о нарушениях;

– повышается уровень автономности функционирования объектов управления, в том числе в условиях существенной априорной неопределённости относительно условий их функционирования, без ущерба эффективности их целевого применения.

Исходя из особенностей НАКУ КА (дualности, территориальной распределённости) и реализуемых технологических циклов управления КА, в качестве основных направлений совершенствования посредством внедрения технологий ИИ, в процесс управления КА следует выделить две укрупнённые задачи по обеспечению:

- гарантированного управления КА;
- заданного уровня надёжности и технического состояния объектов наземной космической инфраструктуры.

В рамках решения каждой из задач, специалистами выделяется целесообразность интеллектуализации следующих функций (подзадач):

1. Верификация данных, циркулирующих в ходе реализации технологических циклов управления КА (контроль достоверности данных и замена недостоверных достоверными);

2. Сигнализация анализируемых параметров (оценивание отклонения параметров от установленных регламентных значений);

3. Информационно-аналитическое обеспечение функционирования объекта управления (мониторинг и диагностика, как КА, так и объектов наземной космической инфраструктуры, в том числе и элементов (компонентов) АСУ СОТС);

4. Обеспечение повышения степени осведомлённости лица, принимающего решение при реализации ТЦУ КА;

5. Человеко-машинный интерфейс (комплекс задач взаимодействия личного состава с элементами (компонентами) АСУ СОТС СН);

6. Обеспечение информационной безопасности;

7. Обеспечение накопления, обработки и оперативного доступа к совокупности метаданных, связанных с жизненным циклом объек-

тов управления (КА, объектов наземной космической инфраструктуры, элементов (компонентов) АСУ СОТС).

Целесообразность применения технологий ИИ в области обеспечения информационной безопасности АСУ СОТС СН обуславливается необходимостью высокоскоростной и эффективной идентификации деструктивных информационных воздействий на распределённую технологическую инфраструктуру как наземного, так и космического базирования. Высокая оперативно-стратегическая и социально-экономическая значимость СОТС СН обуславливает необходимость проведения оперативного оценивания актуальности и последствий инцидентов информационной безопасности, а самое важное — необходимо осуществление в режиме времени, близком к реальному, выбора пропорциональных ответов, в том числе с использованием принципа ограниченной рациональности, который ориентирует исследователя на поиск «хороших» решений вместо оптимальных, но за разумное или заданное время.

Несмотря на недопустимость и объективную невозможность полного исключения человека-оператора из контура управления СОТС СН остро стоит вопрос по минимизации факторов, оказывающих негативное влияние на оперативность и качество принимаемых управленческих решений. Необходимо заметить, что принятие решений — это волевой акт субъекта, напрямую зависящий от его интересов. Именно поэтому, говоря об информационной системе, необходимо рассматривать только поддержку принятия решений, которая заключается в обеспечении лица, принимающего решение (ЛПР), оперативной и достоверной информацией, а также предсказании последствий тех или иных вариантов решения для того, чтобы у ЛПР появилась возможность оценить их приемлемость с учётом субъективных ценностных установок. Многочисленные исследования показывают, что одной из главных особенностей человеческого сознания является то, что оно лениво. Мозг отсекает все «лишнее», сводя представление человека о событиях и явлениях к довольно простым определениям, и он видит только чёрное и белое, принимает решения, исключив из рассмотрения подавляющее большинство объективной информации. Все это приводит к тому, что ЛПР

без дополнительной аналитической поддержки используют упрощённые, а иногда и противоречивые решающие правила, в связи с этим повышение степени осведомлённости является очень важной задачей [10]. Вместе с тем, необходимо существенное ускорение вывода оптимального состава информации человеку-оператору (на основе применения принципов когнитивной визуализации) во всех режимах и условиях функционирования объекта управления.

Нетривиальность и объективная сложность рассмотренных задач, а также имеющиеся ограничения на применение технологий ИИ, позволяет сделать вывод о целесообразности внедрения в совершенствуемые АСУ СОТС СН «интеллектуальных советчиков» или систем поддержки принятия решений (СППР), генерирующих рекомендации с помощью технологий получения новых знаний (рис. 3).

Важнейшим моментом перспективных СППР является использование интеллектуальной технологии получения новых знаний о предметной области, ядром которой выступают базы знаний, организуемые в виде онтологий. Ключевая роль знаний в информационных технологиях ИИ состоит в том, что именно благодаря использованию знаний стало возможным эффективное решение многих вычислительных задач, являющихся задачами экспоненциальной сложности, для которых любое кратное увеличение производительности ЭВМ не в состоянии гарантировать получение оптимального решения за разумное время.

Термин «онтология» заимствован из гуманитарных наук, где он традиционно понимается как раздел философии, изучающий бытие, «всё

сущее». Позже под онтологией стали понимать результат классификации, систематизацию знаний в различных предметных областях. Таким образом, переход с традиционных информационных технологий на семантические технологии, обеспечивающие работу со смыслом информации, является переходом от работы с данными к работе со знаниями, что позволит выполнять автоматические операции по получению логических выводов, то есть новых знаний. Для восприятия и использования данных необходим человек-оператор, субъект, которому приходится выполнять при этом операцию осмысления, выявления смысла данных, и его переноса на интересующую часть реальности. Знания же могут восприниматься непосредственно, так как они уже представлены при помощи того понятийного аппарата, которым пользуется человек. Кроме того, с представленными в электронном виде знаниями (онтологиями) могут выполняться и полностью автоматические операции, например, получение логических выводов. Результатом этого процесса являются новые знания.

Основной задачей онтологического моделирования является создание формализованных электронных моделей знаний, используемых для решения определённых подзадач соответствующих укрупнённых групп. Цели применения этих моделей могут включать: выполнение имитационного моделирования процессов с целью их оптимизации; быстрое получение логических выводов на основании большого количества информации, с целью поддержки принятия решений; обеспечение доступности для восприятия пользователей больших объёмов сложно

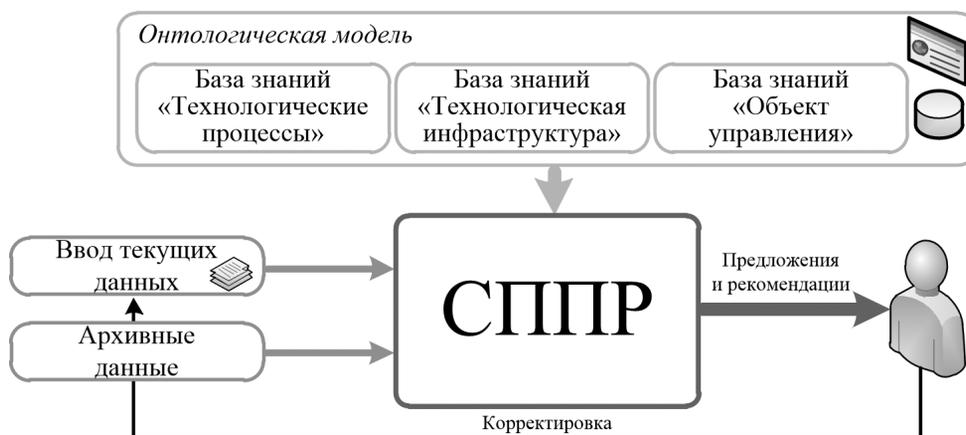


Рис. 3. Типовая архитектура СППР с применением технологий ИИ

структурированной информации; решение ряда технических задач, прежде всего в области интеграции информационных систем, в том числе и АСУ СОТС СН.

Процесс создания и использования онтологических моделей, которые являются предметом обработки с помощью семантических технологий — междисциплинарный вид деятельности, требующий глубоких знаний информационных технологий, математики, логики, философии и моделируемых предметных областей, что обусловило появление самостоятельного направления деятельности — инженерии онтологий (ИО). При этом под ИО следует понимать совокупность методологий, методов и методик, а также средств построения и использования онтологий с целью явного извлечения и представления знаний, содержащихся в компьютерных системах предметных областей различного назначения. Главной задачей ИО является решение проблем интероперабельности, вызванных семантическими аспектами описываемой предметной области.

Учитывая многогранность ИО, необходимо понимать, что сама по себе корректно построенная модель знаний не принесёт пользы без адекватной программной реализации, ни одна безупречно спроектированная информационная система не будет эффективна без чёткого понимания целей и способа применения получаемых результатов. Начиная с середины 90-х годов прошлого столетия, начали активно создаваться первые среды для реализации процессов ИО, позволяющие обеспечить интерфейсы для концептуализации, реализации, проверки непротиворечивости и документирования. В настоящее время число подобных сред кратно возросло (например, на официальном сайте организации World Web Consortium их представлено более 50). Наибольшее распространение за рубежом в последнее время получили инструменты построения онтологий, результаты анализа которых представлены в табл. 1.

В РФ также ведутся активные разработки и достигнуты определённые успехи в области ИО, этому способствует высокий уровень базового физико-математического образования, сильная естественно-научная школа, наличие компетенций в области моделирования и программирования.

Все отечественные проекты опираются на исследования в области прикладной математики, компьютерной лингвистики, гносеологии, семиотики и других фундаментальных и междисциплинарных отраслей знаний. Используемые, а также вновь создаваемые решения полностью соответствуют технологиям Semantic Web, определёнными стандартами консорциума W3C (табл. 2).

Представленный список отечественных разработок не является исчерпывающим. В настоящее время ведутся активные исследования рядом академических коллективов страны, сконцентрированных на трёх основных направлениях: медицина, лингвистические системы и системы управления.

Таким образом, в рамках обоснованного и выбранного направления дальнейшего совершенствования АСУ СОТС СН необходимо использовать существующий опыт, что позволит организовать более продуктивную деятельность, нежели попытки «разработок принципиально новых подходов с нуля». Это, в свою очередь, потребует организации тесной кооперации профильных научно-исследовательских организаций и представителей оборонно-промышленного комплекса.

**Предложения по внедрению  
системы поддержки принятия решений  
с применением технологий искусственного  
интеллекта в технологическую  
инфраструктуру наземного  
автоматизированного комплекса  
управления космическими аппаратами**

Как известно, управление КА это сложный технологический процесс, состоящий из согласованных и взаимосвязанных по цели, задачам, месту и времени сеансов управления, проводимых одновременно или последовательно по единому замыслу и плану для решения задач применения (испытания) космических комплексов или космических систем. Управление КА заключается в формировании и реализации управляющих воздействий на соответствующие бортовые устройства (системы) КА, обеспечивающих поддержание заданных параметров их движения и функционирование бортовой аппаратуры в режимах, необходимых для успешного решения задач применения [4]. Оперативно-техническое

Таблица 1

Сравнительный анализ зарубежных средств инженерии онтологий

Название	OiLEd	OntoEdit	Ontolingua	OntoSaurus	Protégé	WebODE	WebOnto
Характеристики							
Разработчик	IMG, University of Manchester	Ontoprize	KSL, Stanford University	ISI, University of Southern California	SMI, Stanford University	Ontology Group, Polytechnic University of Madrid	KMI, Open University
Доступность	Открытый код	Свободная лицензия	Свободный доступ	Открытый код, свободный доступ	Открытый код	Свободный доступ	Свободный доступ
Архитектура приложения	3-х уровневая	3-х уровневая	Клиент/сервер	Клиент/сервер	3-х уровневая	3-х уровневая	n-уровневая
Хранение онтологий	файлы	файлы	файлы	файлы	СУБД, файлы	СУБД	файлы
Язык программной реализации	Java	Java	Lisp	Lisp	Java	Java	Java+ Lisp
Проверка непротиворечивости	+	+	-	+	+	+	+
Возможность импорта	RDF(S), OIL, DAML+OIL, SHIQ	OXML, RDF(S), DAML+OIL, FLlogic	Ontolingua, KIF, CML, IDL	LOOM, PowerLOOM, Stella, IDL	XML, RDF (S), XML, Schema, XMI	XML, RDF(S), DAML+OIL, OWL, CARIN	RDF (S), XML, Schema, FLlogic
Возможность экспорта	RDF(S), OIL, DAML+OIL, SHIQ, DIG	OXML, RDF(S), DAML+OIL, FLlogic	Ontolingua, KIF, CML, IDL, LOOM, CLIPS, CML, Epikit, Prolog	LOOM, PowerLOOM, Stella, IDL, KIF, Ontolingua, C++	XML, RDF (S), XML, Schema, FLlogic, CLIPS, Java, XMI	XML, RDF(S), DAML+OIL, OWL, CARIN, FLlogic, Prolog, Jess, Java	OXML, Ontolingua, RDF(S)

Современные российские разработки в области онтологического моделирования

№ п/п	Название	Разработчик	Описание	Внедрение
1	Smart Enterprise	Группа компаний «Генезис знаний»	Общая система управления, объединяющая в единый контур все существующие на предприятии корпоративные системы, базу знаний предприятия и предлагаемые системы планирования ресурсов в подразделениях.	ОАО «РКК «Энергия», ОАО «РЖД», Coca-Cola и др.
2	Система управления знаниями для предприятий ракетно-космической отрасли	ООО «НПК «Разумные решения»	Предполагает использование онтологии доменов (Semantic Web) и «мультиагентного Интернета» в качестве интеллектуальной базы для управления знаниями предприятий ракетно-космической отрасли.	
3	Интеллектуальные системы гражданского и «двойного» назначения на основе мультиагентных технологий	НПК «Сетецентрические Платформы»	Создание модулей оперативного планирования для: – контроля космического пространства; – планирования групповых действий самолётов и вертолётов тактической авиации в реальном времени; – планирование действий групп (роя) КА, беспилотных авиационных систем, а также автономных необитаемых подводных аппаратов и наземных роботов.	МО РФ, МАК «Вымпел», Росатом и др.
4	QuaSy	Компания «Дан Роуз»	Семейство ИТ-решений, ориентированных на онтологическое моделирование бизнес-процессов крупного предприятия, поддержку принятия решений, анализ текстов сообщений работников предприятия и пр.	ФСК ЕЭС
5	АрхиГраф.СУЗ	Компания «ТриниДата»	Прикладное решение для сбора и агрегации разнородных данных, обеспечения связности информации, поддержки принятия решений. Система включает инструменты семантического поиска по распределенным массивам информации (в т.ч. посредством логической витрины данных), конструктор правил логического вывода и инструмент их автоматического выполнения, инструменты выявления и анализа связей между информационными объектами.	ПАО «Россети», «РусГидро», АО «ОТ-Ойл», «НИПИгаз»
6	SemIoT	Международная лаборатория «Интеллектуальные методы обработки информации и семантические технологии» (на базе ИТМО)	Проект прикладных научных исследований и экспериментальных разработок для обеспечения интероперабельности информационных систем и электронных устройств в области Интернета вещей. Реализовался совместно с ЗАО «Морские Компьютерные Системы» в 2014–2016 гг.	

Современные российские разработки в области онтологического моделирования

№ п/п	Название	Разработчик	Описание	Внедрение
7	DataFabric Core	Компании DataFabric и Vismart	Позволяет анализировать и визуализировать связи между компаниями и людьми на основании данных из различных источников, создавать интерактивное рабочее пространство взаимосвязей для анализа и расследований в сфере экономической и финансовой безопасности.	
8	Онлайн-платформа для краудсорсинга	Компания Witology	Используется для поиска идей, способов решения задач. Для координации проекта привлекаются фасилитаторы (редакторы) от компании, управляющие поведением участников проекта с помощью инструментов комьюнити-менеджмента и способствующие достижению целей проекта, не влияя на его содержание.	ГК «Росатом», ОАО «Сбербанк России», «Ростелеком», СК «Согласие»
9	Программно-аппаратный комплекс семантического поиска	Компания Полиглот	Программно-аппаратный комплекс для выполнения семантического поиска на естественном языке. Разработка ведется в направлении проектирования программно-аппаратных комплексов и интернет-сервисов по смысловой обработке информации на базе создания методов автоматического извлечения данных из текстов на естественном языке.	

руководство всем комплексом задач (процессов, операций) по управлению КА с момента вывода на орбиту до окончания срока активного существования осуществляется центрами управления полётами (ЦУП) КА.

ЦУП КА располагают возможностями имитирования и моделирования с помощью ЭВМ все возможных, в том числе нештатных ситуаций, возникающих на борту КА [4]. Причём для этого используются совокупности данных и отношений между ними, описывающие различные свойства реального объекта (КА), то есть информационные модели изделий (ИМИ) [5]. Однако ИМИ не учитывают интерактивный и динамичный характер обстановки, характерный для процессов управления КА в реальных условиях. Этот недостаток возможно устранить внедрением в технологическую инфраструктуру управления КА элементов ИИ, основывающихся на онтологическом моделировании предметных областей, что позволит не ограничиваться сбором данных, полученных во время разработки и изготовления КА, а продолжать собирать и анализировать информацию в течение всего жизненного цикла реального КА и получать на этой основе

новые логические выводы (знания), необходимые для повышения степени осведомлённости ЛПР (эксплуатирующего персонала).

На рис. 4 представлена роль и место элементов ИИ в АСУ СОТС СН на примере выполнения ТЦУ типовым ЦУП КА.

В качестве примера рассмотрим ситуацию, в которой двигательная установка КА выключена, а датчик расхода рабочего тела выдаёт ненулевое значение, которое укладывается в допустимый диапазон. В этой ситуации возможны выводы: датчик неисправен или же недостоверен сигнал об отключении двигательной установки. Для локализации неисправности в ход идёт информация с других датчиков, позволяющих определить достоверные данные. Например, если датчики линейных и угловых ускорений показывают нулевые значения, можно сделать вывод о неисправности датчика расхода рабочего тела двигательной установки КА.

Применение онтологического моделирования позволяет создавать своего рода «цифровые двойники» объектов управления (в данном случае КА). При этом под цифровым двойником понимается полный виртуальный прото-

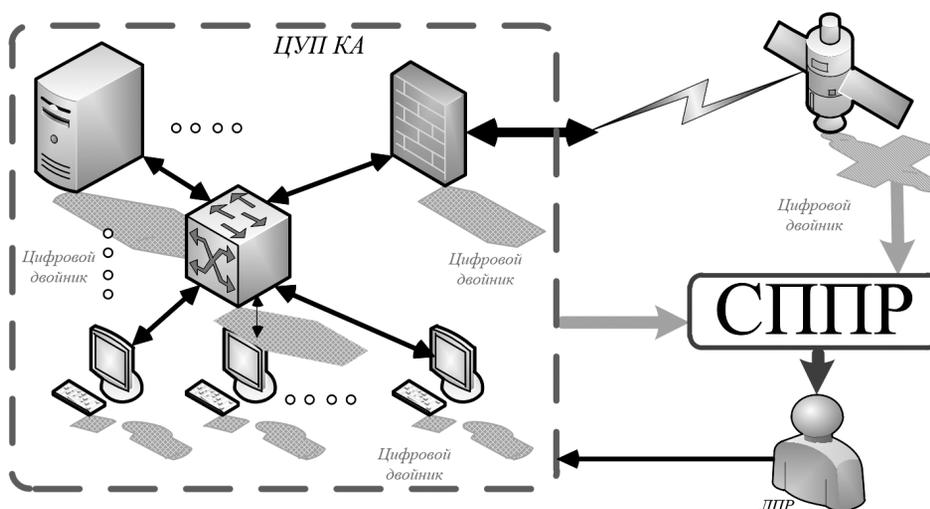


Рис. 4. Предлагаемые роль и место элементов ИИ в технологической инфраструктуре АСУ СОТС СН

тип реального объекта, содержащий все данные о нем, включая историю и информацию о текущем состоянии. Отметим, что в соответствии с фактором дуальности, создание цифровых двойников также целесообразно для структурных элементов технологической инфраструктуры НАКУ (АСУ СОТС). Причём совокупность подобных цифровых двойников позволит создать агрегированный двойник АСУ СОТС в целом. Благодаря этому станет возможным обеспечение заданного уровня устойчивости функционирования наземных технических средств, а также предоставление необходимых данных о текущем и возможном состоянии системы в органы военного управления, что как раз и подразумевается в рамках принятой концепции единого информационного пространства (ЕИП) ВС РФ.

Заметим, что в современных условиях, характеризующихся довольно большим разнообразием существующих подходов к формализации данных и используемых форматов их представления (табл. 1, 2) проявляется проблема согласованности решений по объёмам и формам циркулирующей информации внутри АСУ СОТС СН в частности, и в рамках ЕИП в целом.

Решение этой проблемы возможно за счёт совершенствования и внедрения соответствующих подходов к организации информационного взаимодействия в АСУ СОТС различного назначения. Как показали результаты исследований, для решения задач обеспечения информационного сопряжения АСУ СОТС целесо-

образно использовать технологический стандарт XML.

### Заключение

В заключение необходимо отметить, что кроме существенного повышения эффективности АСУ СОТС СН, широкое, а главное обоснованное внедрение и использование соответствующих онтологических моделей позволит обеспечить «бесшовное» взаимодействие разнородных АСУ различного целевого назначения. Это, в свою очередь, позволит предоставлять возможность доступа потребителей к разнородной информации и даже к результатам её предварительного машинного анализа (метаданным) безотносительно к её природе, способам хранения и обработки, что справедливо считать началом формирования полноценного ЕИП.

Говоря об информационных системах, на современном этапе развития ИИ в АСУ СОТС СН необходимо рассматривать только поддержку принятия решений, заключающуюся в исчерпывающем оперативном обеспечении ЛПР необходимой информацией, а также предсказании последствий тех или иных вариантов решения для того, чтобы существовала возможность оценить их рациональность (приемлемость) с учётом как ценностных установок ЛПР, так и целевых задач СОТС СН. Применение технологии ИИ в АСУ СОТС СН позволит создавать и эффективно эксплуатировать существующие и перспективные КС с учётом противодействия деструктивному

воздействию на данные и инструменты машинного обучения на качественно новом функциональном уровне, способствуя более глубокому освоению и рациональному использованию человечеством космического пространства.

### Литература

1. Цыгичко В.Н., Смолян Г.Л., Черешкин Д.С. Обеспечение безопасности критических инфраструктур в США // Труды ИСА РАН. 2006. Т. 27. С. 4–34.

2. Квасов М.Н., Криков А.П., Прохоров М.А. Практические рекомендации по обеспечению устойчивости функционирования автоматизированных систем специального назначения критически важными объектами в условиях деструктивных информационных воздействий // Журнал «Известия Тульского государственного университета. Технические науки». 2019. Вып. 6. С. 14–21.

3. Гершберг А.Ф., Мусаев А.А., Нозик А.А., Шерстюк Ю.М. Концептуальные основы информационной интеграции АСУ ТП нефтеперерабатывающего предприятия. — СПб: Альянс-строй. 2003. 128 с.

4. Татарникова Т.М. Структурный синтез центра сопряжения корпоративных сетей // Информационно-управляющие системы. 2015. № 3. С. 92–98.

5. Королев А.С. Обеспечение информационно-технического сопряжения автоматизированных систем на программном уровне с помощью модульных шлюзов // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2016. № 5. С. 63–69.

6. Автоматизированные системы управления войсками: Учебник. Часть 1: Математическое обеспечение функционирования АСУВ / С.А. Васьков, В.Ф. Волков, А.В. Галанкин, С.А. Тихонов, В.Г. Цыбрин, С.И. Шаныгин. МО РФ. 2010. 392 с.

7. Черноуцкий И.Г. Методы оптимизации в теории управления. — СПб: Питер. 2004. 256 с.

8. Канаев К.А., Фалеева Е.В., Пономарчук Ю.В. Сравнительный анализ форматов обмена данными, используемых в приложениях с клиент-серверной архитектурой // Фундамен-

тальные исследования. Технические науки. 2015. № 2. С. 5569–5572.

9. JSON и XML. Что лучше [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.habr.com/post/31225> (дата обращения 03.02.2021).

### References

1. Cygichko V.N., Smolyan G.L., Chereshkin D.S. Ensuring the security of critical infrastructures in the USA // Trudy ISA RAN. 2006. Vol. 27. P. 4–34.

2. Krikov A.P., Kvasov M.N., Prohorov M.A. Practical recommendations for ensuring the sustainability of functioning automated special purpose systems with critical important objects in the conditions of destructive information impact // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. Vol. 6. 2019. P. 14–21.

3. Gershberg A.F., Musaev A.A., Nozik A.A., Sherstyuk Y.M. Conceptual bases of information integration of ACS for TP of an oil refining enterprise. — SPb: Al'yans-stroj. 2003. 128 p.

4. Tatarnikova T.M. Structural synthesis of the Corporate Network Interface Center // Informacionno-upravlyayushchie sistemy. 2015. № 3. P. 92–98.

5. Korolev A.S. Providing information and technical interface of automated systems at the software level using modular gateways // Naukoyomkie tekhnologii v kosmicheskikh issledovaniyah Zemli. 2016. № 5. P. 63–69.

6. Automated systems of command and control of troops: Textbook. Part 1: Mathematical support for the functioning of the ACST / S.A. Vas'kov, V.F. Volkov, A.V. Galankin, S.A. Tihonov, V.G. Cybrin, S.I. SHanygin. MO RF. 2010. 392 p.

7. Chernoruckij I.G. Optimization methods in control theory. — Saint-Petersburg: Piter. 2004. 256 p.

8. Kanaev K.A., Faleeva E.V., Ponomarchuk Y.V. Comparative analysis of data exchange formats used in applications with client-server architecture // Fundamental'nye issledovaniya. Tekhnicheskie nauki. 2015. № 2. P. 5569–5572.

9. JSON and XML. Which is better. Available at: <http://www.habr.com/post/31225> (accessed 03.02.2021).