

Управление реконfigurацией НАКУ КА на базе нейросетевых технологий и элементов искусственного интеллекта

Д. А. Шевцов, аспирант, shevtsoff@inbox.ru

АО «Российские космические системы», Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрены проблемные вопросы управления направленной реконfigurации наземного автоматизированного комплекса управления (НАКУ) космическими аппаратами (КА).

Проведен анализ основных тенденций развития НАКУ КА и показано, что основными свойствами, влияющими на управление реконfigurацией, являются его управляемость и наблюдаемость. Предложено решение по повышению уровня наблюдаемости и управляемости на базе нейросетевых технологий. Обоснована необходимость создания нейросетевого комплекса управления реконfigurацией НАКУ КА, состоящего из входного, выходного и нейросетевого слоев, в котором реализованы четыре нейронные подсети, образующие в свою очередь два контура — управляемости и наблюдаемости.

Главное преимущество интеграция нейросетевых технологий и элементов искусственного интеллекта в НАКУ КА состоит в применении самообучающихся алгоритмов управления реконfigurацией НАКУ КА и возможность создания единого информационного пространства динамических контуров управления КА и проведения измерений.

Ключевые слова: наземный автоматизированный комплекс управления, космический аппарат, нейросетевой алгоритм, искусственный интеллект, наблюдаемость, управляемость

Reconfiguration Control of the Ground Automatic Control Complex of Spacecraft Based on Neural Network Technologies and AI Elements

D. A. Shevtsov, postgraduate student, shevtsoff@inbox.ru

Joint Stock Company "Russian Space Systems", Moscow, Russian Federation

Abstract. The article considers the problematic issues of control of direct reconfiguration of the ground automatic control complex of spacecraft.

It is shown that main properties affecting control of the reconfiguration are controllability and observability. The proposed solution to increase the controllability and observability on base of neural network technologies are given. The necessity of creating a neural network complex to control the reconfiguration of the ground automatic control complex of spacecraft comprising an input, output, and neural network layer with four neural subnetworks having two circuits: controllability and observability is proposed.

The major advantage of this approach is using the application of self-trained algorithms of the control configuration of the ground automatic control complex of spacecraft and a possibility to create a uniform information field of dynamic contours of the control of spacecraft and carrying out the measurements.

Keywords: ground automatic control complex, spacecraft, neural algorithm, artificial intelligence, controllability, observability

Введение

НАКУ КА состоит из рассредоточенных по территории страны 14 отдельных командно-измерительных комплексов (ОКИК) и отдельных измерительных пунктов (ОИП), оснащенных командно-измерительными и телеметрическими средствами, аппаратурой связи и передачи данных, органами управления наземными средствами. Из состава средств НАКУ КА формируются наземный комплекс управления (НКУ) КА, комплекс средств измерений, сбора и обработки (КСИСО) и наземный измерительный комплекс (НИК) для разгонных блоков. То есть НАКУ КА является интегрированной структурой, призванной обеспечить формирование единого информационно-коммуникационного пространства, на котором реализуются процессы управления КА и проведения телеизмерений пусков изделий ракетно-космической техники (РКТ).

Планирование применения средств НАКУ КА, а также обеспечение технологического цикла (ТЦ) управления КА и проведения телеизмерений пусков изделий РКТ осуществляет Главный испытательный космический центр МО РФ им. Г. С. Титова (ГИКЦ).

Управление КА осуществляется в соответствии с технологическими циклами управления (ТЦУ) КА, определяющими последовательность, порядок и временные интервалы выполнения операций управления КА. Следовательно, НАКУ КА должен иметь архитектуру, позволяющую формировать НКУ КА различных типов, и обеспечить реализацию их ТЦУ. В свою очередь, ТЦУ в значительной степени определяется возможностями ЦУП установить взаимодействие с техническими объектами, входящими в НКУ КА. Повышение такой возможности является одной из целей развития НАКУ КА.

На данный момент под управлением НАКУ КА находится около нескольких десятков КА и тенденция увеличения ОГ примерно на 3–4 КА в год [1].

Информационное обеспечение запусков изделий РКТ (ракет-носителей (РН) и разгонных блоков (РБ)) заключается в приеме телеметрической информации (ТМИ) антенными системами (АС), ее регистрации на приемно-регистрирующих комплексах (ПРК), предварительной обработке ТМИ и передаче в центры обработки информации и анализа,

по закрытым и открытым каналам связи. Взаимодействие технических объектов, входящих в состав КСИСО и НИК, а также возможность управления их задействованием являются определяющей задачей развития наземных средств телеизмерений.

На сегодняшний день НАКУ КА обеспечивает измерения порядка 20 пусков различных типов РКТ.

Управление направленной реконfigurацией НАКУ КА

Отметим, что функционирование НАКУ КА определяют ряд важных факторов:

1) Возрастающая роль орбитальных группировок (ОГ) КА в военных конфликтах. Войны конца XX–начала XXI вв. (в Афганистане, Ираке, Сирии) показали важность и практическую пользу для сторон конфликта использования ОГ для космической разведки и связи, раннего предупреждения о ракетном нападении, а также метеорологического и навигационного обеспечения.

В связи с этим становится вероятным целенаправленное воздействие средств воздушного нападения противника на объекты НАКУ КА с целью снижения эффективности обеспечения из космоса действий группировок войск Российской Федерации [2].

2) Постоянное увеличение количества ОГ и КА в ОГ.

3) Тенденции унификации наземных средств управления и проведения измерений, а также расширения числа средств коллективного пользования.

4) Совершенствование бортовой аппаратуры КА и РКН.

Как следствие, отмечается возрастание роли процессов управления и координации средствами НАКУ КА. Актуальным становится рассмотрение процесса функционирования НАКУ КА как процесса динамического формирования работоспособной конфигурации средств управления КА (НКУ) и средств измерений (КСИСО и НИК) путем проведения планомерной направленной реконfigurации. Для каждой конфигурации НКУ, КСИСО и НИК обеспечивается свой набор центров управления

полетами (ЦУП), командно-измерительных систем (КИС), линий передачи данных (спутниковая, радиорелейная, наземная оптоволоконная и т. п.) и средств телеметрического обеспечения.

При загрузке НАКУ КА порядка 1000 сеансов связи в сутки с изделиями ракетно-космической техники в повседневной деятельности в особых периодах обстановки, в угрожаемый период и во время непосредственного ведения боевых действий требование к времени проведения реконфигурации НАКУ КА (НКУ, КСИСО и НИК) возрастает и достигнет 5–10 мин. В связи с этим требуется существенное повышение уровня наблюдаемости и управляемости НАКУ КА.

НАКУ КА приобретет свойство интегрированной многофункциональной наземно-космической структуры с единым информационным пространством и на этом этапе целесообразно отойти от понятия «статический контур управления и измерений» и ввести понятие «динамический контур управления и проведения измерений» [3], а процесс функционирования НАКУ КА будет заключаться в формировании близко к реальному масштабу времени таких динамических контуров.

Управляемость и наблюдаемость средств НАКУ КА станет определяющим свойством, что потребует расширения возможностей управления реконфигурацией средствами НАКУ КА и измерений.

Задача повышения наблюдаемости НАКУ КА представляет собой определение начального состояния системы, а именно:

- состояние технических средств НАКУ КА (техническое обслуживание, исправность, задействование средства в данный момент);

- наличие нужного количества должностных лиц для выполнения задач применения технических средств НАКУ КА;

- состояние систем передачи данных (загруженность линий связи, техническое обслуживание, исправность, задействование средства в данный момент).

Задача повышения управляемости НАКУ КА представляет собой увеличение возможностей перевода НАКУ КА из одного работоспособного состояния в другое.

Если НАКУ КА максимально наблюдаем и управляем, то можно получить такое допустимое

управление, которое позволит провести направленную реконфигурацию.

Таким образом, направленная реконфигурация НАКУ КА становится многофакторной, интеллектуальной задачей управления сложным техническим объектом и требует инновационного подхода к ее решению.

Самой перспективной информационной технологией для решения многофакторных задач в сложных технических системах на сегодняшний день является нейросетевое программирование и использование искусственного интеллекта. Первые исследования искусственного интеллекта были проведены с появлением вычислительных машин в середине XX в. Развитие вычислительной мощности, средств передачи данных, линий связи за последние 10 лет определили качественно новый скачок в развитии данных технологий и в их применении в технике.

Применение разрабатываемого нейросетевого комплекса позволит внести ряд улучшений в методику управления направленной реконфигурацией НАКУ КА. Главным его отличием от алгоритмов обычного программного обеспечения является то, что поставленная задача будет решаться не путем прямого программирования, а путем самообучения нейросетевого компонента с обратной связью. Этот уникальный процесс позволяет минимизировать необходимость прямого воздействия человека на формирование работоспособной конфигурации НАКУ КА, а также позволит выработать решение на основе данных, полученных нейросетевым комплексом извне при быстроменяющихся условиях [4, 5].

Предлагаемая нейросетевая структура комплекса управления реконфигурацией НАКУ КА и измерений представлена на рисунке.

Важно отметить, что в структуре нейросетевого комплекса условно можно выделить два функциональных контура: наблюдаемости и управляемости. Эти функциональные образования с помощью введенных в них нейросетевых компонентов решают непосредственно задачу повышения уровня наблюдаемости и управляемости.

Задача, решаемая всем нейросетевым комплексом, заключается в поиске оптимального решения по подбору конфигурации НАКУ КА и измерений за счет повышения наблюдаемости и управляемости.

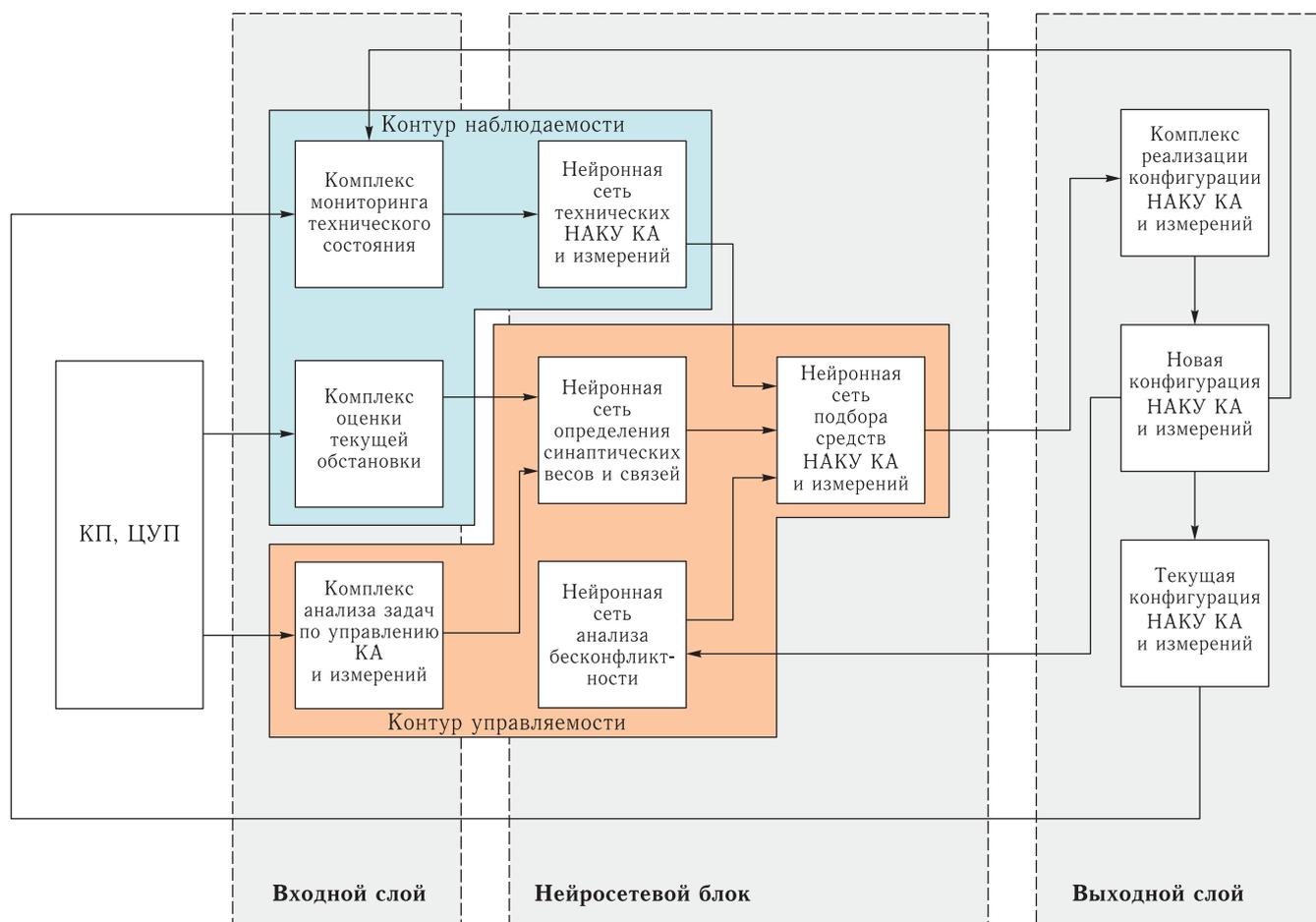


Рисунок. Нейросетевая структура комплекса управления реконfigurацией НАКУ КА и измерений

В процессе эксплуатации НАКУ КА формируются входные данные, которые представляют собой формализованную информацию:

- по техническому состоянию средств НАКУ КА и измерений (комплекс мониторинга технического состояния);
- по анализу текущей обстановки (комплекс оценки обстановки);
- по анализу задач по управлению КА и измерениям (комплекс анализа задач по управлению КА и измерений).

Выходные данные комплекса мониторинга технического состояния содержат в себе информацию об исправности средства и о регламентных работах, задействованных под задачи управления КА и проводимых измерениях; сведения о количестве должностных лиц для выполнения задач применения технических средств НАКУ КА.

Комплекс оценки текущей обстановки получает от ЦУП КА и командных пунктов ОКИК информацию по текущей обстановке: ведению повседневной деятельности, повышению боевой готовности или переходу к угрожаемому периоду. Эти данные являются для него выходными.

Комплекс анализа задач выводит данные из планов задействования средств (краткосрочного, среднесрочного, долгосрочного), полученных из ЦУП КА и командных пунктов.

Сформированная и формализованная информация передается в нейросетевой компонент комплекса, который состоит из четырех взаимосвязанных нейронных сетей:

- технических средств НАКУ КА и измерений;
- синаптических весов и связей;
- анализа бесконфликтности;
- подбора средств НАКУ КА и измерений.

Нейросеть технических средств НАКУ КА и измерений получает от комплекса мониторинга информацию по составу средств, готовых к работе.

Нейросеть синаптических весов и связей получает информацию от комплекса оценки текущей обстановки, и, в зависимости от того, какой период обстановки, определяются весовые коэффициенты связей (синапсов).

Нейросеть анализа бесконфликтности связана с базой знаний выходного слоя и проверяет полученные результаты на бесконфликтность, чтобы исключить дублирование технических средств НАКУ КА в различных задачах управления КА и проведения измерений.

Данные, полученные в результате работы трех вышеуказанных сетей, передаются в нейросеть подбора средств, где происходит принятие решения и в формализованном виде передается в комплекс реализации конфигурации НАКУ КА и измерений, который является исполнительным органом выходного слоя нейрокомплекса и непосредственно осуществляет управляющее воздействие на конфигурацию технических средств НАКУ КА.

Выходной слой содержит новую конфигурацию НАКУ КА и измерений согласно решаемой задаче, текущей обстановке и состоянию технических средств.

Структура информации, полученная в результате работы нейросетевого комплекса, представляет собой:

- базу знаний нейросети, которая используется для обеспечения обратной связи (рекуррентная структура), машинного обучения, создания шаблонов и правил для дальнейшей работы;

- визуальный компонент, выводимый на комплексы средств отображения информации.

Заключение

Таким образом, проведенный анализ текущего состояния НАКУ КА показал необходимость управления реконфигурацией НАКУ КА с целью получения более гибкой и динамичной структуры в быстроменяющихся условиях.

В результате исследования был предложен вариант использования нейросетевого комплекса для задачи управления реконфигурацией НАКУ КА. Данное решение позволит получить универсальный инструмент для создания динамических контуров управления КА и проведения измерений во времени, близком к реальному, а также, благодаря рекуррентной структуре нейросети, позволит системе самообучаться и принимать неочевидные для человека решения на основе накопленных знаний.

Список литературы

1. Федеральная космическая программа 2016–2025. М.: Госкорпорация «Роскосмос».
2. Предложения по обеспечению устойчивости управления КА в особых условиях. Научно-технический отчет. Королев: АО «ВИКОР», 2016. 50 с.
3. *Охтилев М. Ю., Соколов Б. В., Юсупов Р. М.* Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006. 410 с.
4. *Каллан Р.* Нейронные сети: краткий справочник. Пер. с англ. М.: ИД «Вильямс», 2017. 279 с.
5. *Хайкин С.* Нейронные сети. Полный курс. 2-е изд., испр. Пер. с англ. М.: ИД «Вильямс», 2006. 1104 с.