

*Антипов Алексей Леонидович*¹,

заместитель начальника;

*Труфанов Андрей Иванович*²,

доцент, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.

ОНТОЛОГИЯ ЦЕЛЕВОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ АКТИВНОЙ ЧУЖЕРОДНОЙ СРЕДЫ

¹ Россия, Иркутск, Государственная корпорация по организации воздушного движения в Российской Федерации, Аэронавигация Восточной Сибири, управление развития радиотехнического обеспечения полетов и авиационной электросвязи, aleksei-antipov2021@yandex.ru;

² Россия, Иркутск, Иркутский национальный исследовательский технический университет, troufan@gmail.com

Аннотация. В условиях современного развития общества одной из важнейших задач является организация безопасности полетов воздушного транспорта в условиях действия активной чужеродной среды, снижения уровня рисков, связанных с авиационной деятельностью до допустимого контролируемого уровня. Система организации воздушного движения является одним из основных видов авиационной деятельности, и качество ее работы существенно определяет безопасность полетов, уровень развития авиационной транспортной инфраструктуры и объемы существующих и возможных будущих логистических транспортных потоков как внутри страны, так и связывающих различные страны и регионы. Построение онтологии целевой комплексной программы организации системы управления безопасностью полетов повышает качество описания системы организации воздушного движения, имеющей сложнейшую структуру. Использование аппарата комплексных сетей в качестве языка спецификации позволяет повысить детальность описания системы организации воздушного движения и улучшить эффективность определения границ и глубины воздействия акторов активной чужеродной среды для выработки контрмер. Это дает возможность повысить качество управляемости, как системы организации воздушного движения, так и всей авиационной деятельности в целом.

Ключевые слова: безопасность полетов, авиационная деятельность, организация воздушного движения, метасистема, онтология, комплексная сеть.

*Aleksei L. Antipov*¹,
Deputy Head of the Department;
*Andrey I. Trufanov*²,

Associate Professor, Candidate of Physical and Mathematical Sciences

ONTOLOGY OF THE TARGET INTEGRATED PROGRAM FOR ORGANIZING A FLIGHT SAFETY MANAGEMENT SYSTEM UNDER AN ACTIVE ALIEN ENVIRONMENT

¹ Department for the Development of Radio Engineering Support for
Flights and Aviation Communications, Eastern Siberia Air Navigation,
State Air Traffic Management Corporation of the Russian Federation,
Irkutsk, Russia, aleksei-antipov2021@yandex.ru;

² Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia,
troufan@gmail.com

Abstract. In the conditions of modern development of society, one of the most important tasks is to organize the safety of air transport flights in an active alien environment, reducing the level of risks associated with aviation activities to an acceptable, controllable level. The air traffic management system is one of the main types of aviation activities, and the quality of its work significantly determines flight safety, the level of development of aviation transport infrastructure and the volume of existing and possible future logistics transport flows both within the country and connecting different countries and regions. Construction of the ontology of a target integrated program for organizing a flight safety management system improves the quality of description of an air traffic management system that has a very complex structure. Using the apparatus of complex networks as a specification language makes it possible to increase the detail of the description of the air traffic management system and improve the efficiency of determining the boundaries and depth of influence of actors in an active alien environment for the development of countermeasures. This makes it possible to improve the quality of controllability of both the air traffic management system and all aviation activities in general.

Keywords: flight safety, aviation activities, air traffic management, metasystem, ontology, complex network.

Введение

Первое авиационное происшествие произошло 17 сентября 1908 года, и было связано с одним из братьев Райт, который потерпел катастрофу при испытании нового самолета, при этом пилот был ранен, а наблюдатель на земле погиб.

В дальнейшем интенсивное развитие воздушного транспорта, появление и рост количества логистических потоков и маршрутных сетей перевозки пассажиров и грузов привело к росту авиационных инцидентов и происшествий, которые зачастую заканчивались трагически. Все это привело к появлению нового направления в научных исследованиях – изучение безопасности полетов.

К настоящему времени целый ряд стран ведут исследования в области управления безопасностью полетов, на основании которых сформированы методологические принципы и подходы, изложенные в представленных ниже нормативных документах, как отдельных государств, так и межгосударственных организаций, таких как международная организация гражданской авиации ИКАО (далее по тексту – ИКАО):

– «НАСТАВЛЕНИЕ по производству полетов в гражданской авиации СССР (НПП ГА-85)» [1];

– «Управление безопасностью полетов. Приложение № 19 к Конвенции о международной гражданской авиации» [2];

– «Глобальная эксплуатационная концепция ОрВД. Дос 9854» [3];

– Федеральные авиационные правила использования воздушного пространства Российской Федерации с изменениями и дополнениями, вступившими в силу 09.08.2021 г. [4] и др.

Эволюция методологических принципов и подходов видна на примере изменения определения «безопасность полетов». Если в [1] представлен уже устаревший на настоящий момент подход:

«Безопасность полетов – комплексная характеристика воздушного транспорта и авиационных работ, определяющая способность выполнять полеты без угрозы для жизни и здоровья людей»,

то в [2] данное определение рассматривается с использованием риск-моделей:

«Безопасность полетов – это состояние, при котором риски, связанные с авиационной деятельностью и относящиеся к эксплуатации воздушных судов или непосредственно обеспечивающих такую эксплуатацию, снижены до приемлемого уровня и контролируются».

Одним из основных видов авиационной деятельности является система организации воздушного движения. «Реализация задач эволюционного развития и совершенствования системы организации воздушного движения прямо зависит от способности сообщества организации воздушного движения четко определить ожидаемые характеристики, установить надлежащие рамки характеристик, поставить реалистичные цели и осуществлять изменения экономичным образом, учитывая имеющиеся возможности в любой конкретный момент времени на всем протяжении периода планирования» [3], что особенно важно в условиях действия активной чужеродной среды, имеющей различную природу.

Для повышения уровня управляемости системы организации воздушного движения требуется существенное повышение качества ее описания. Что может быть выполнено за счет построения онтологии целевой комплексной программы организации системы управления безопасности полетов.

1. Постановка задачи и описание предметной области

В соответствии с [4] организация воздушного движения включает в себя:

- обслуживание (управление) воздушного движения;
- организацию потоков воздушного движения;
- организацию воздушного пространства.

В свою очередь обслуживание (управление) воздушного движения осуществляется органами обслуживания воздушного движения (управления полетами) и включает в себя:

- диспетчерское обслуживание воздушного движения;
- полетно-информационное обслуживание воздушного движения;
- аварийное оповещение.

Диспетчерское обслуживание воздушного движения включает в себя:

- районное диспетчерское обслуживание;
- диспетчерское обслуживание подхода;
- аэродромное диспетчерское обслуживание.

Организация потоков воздушного движения осуществляется центрами Единой системы Организации Воздушного движения для регулирования превышения потребностей воздушного движения над пропускной способностью органов обслуживания воздушного движения (управления полетами).

Организация воздушного пространства осуществляется центрами обслуживания воздушного движения в целях обеспечения обслуживания (управления) воздушного движения и организации потоков воздушного движения.

Система организации воздушного движения относится к информационным системам управления и является «весьма объемной сущностью взаимодействующих акторов различной природы – сознательных и бессознательных, образующих нетривиальные организационные и технологические структуры» [5]. Определение системы связано с выделением ее из всего окружающего многообразия. Она всегда является некоторой частью окружающего нас мира, который может рассматриваться по отношению к этой части как система более высокого уровня, что в сочетании с системой управления безопасностью полетов, с окружающей внешней средой, а также с возможными угрозами, имеющими внешнюю или внутреннюю природу воздействия, образует сложнейшую «Метасистему», объединяющую в себе системы, имеющие более низшие уровни необходимого разнообразия» [6].

Компонентные, функциональные и структурные сложности такой «Метасистемы» могут быть причиной появления дестабилизирующих факторов, повышающих риски для безопасности полетов, что особенно критично при наличии активной чужеродной среды. Для рассматриваемой «Метасистемы» активная чужеродная среда – это совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов, проявляющих активность при наличии авиационной деятельности.

Одним из важнейших условий поддержания допустимого уровня безопасности полетов и обеспечения авиационной деятельности в течение длительного интервала времени является наличие методов динамического описания вышеуказанной «Метасистемы», учитывающих последующие изменения входящих в ее состав систем, включая описание внешней окружающей среды.

Вследствие вышеуказанного для решения поставленной задачи целесообразным представляется построение онтологии целевой комплексной программы организации системы управления безопасностью полетов для исследуемой «Метасистемы» (далее по тексту – онтологии «Метасистемы») в условиях действия активной чужеродной внешней окружающей среды. Общая схема онтологий представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Общая схема онтологий

В качестве способа взаимной увязки моделей базовых категорий используется концепция целевой комплексной программы, а для описания задействованы подходы теории комплексных и стволых сетей.

Взаимная зависимость форм задания базовых категорий взаимно увязывается в рамках программно-целевого подхода.

2. Описание исследуемой онтологии

При создании онтологий всегда возникает вопрос, на основе каких понятий и подходов необходимо строить онтологию. Безусловно, для более точного описания подходы и понятия при построении онтологии «Метасистемы» должны быть гибкими, способными описывать разнообразные явления и смысловые оттенки многочисленных предметных областей. Большинство создателей и исследователей онтологий в качестве спецификации используют ограниченные языковые понятия – либо философские первоосновные термины (сущность, материя, пространство), либо лингвистические конструкции (актер, роль, действие, процесс). Так, онтология Джона Сова [7], реализует философский подход к выявлению базовых

категорий бытия, онтология WordNet [8], отражает лингвистический подход к анализу категорий окружающей действительности.

Использование подходов теории комплексных и ствольных сетей позволяет по-новому подойти к построению онтологий. Композитная сеть является одним из видов комплексных сетей и состоит из нескольких взаимосвязанных слоев. Каждый слой является наследником и одновременно родителем для понятий узел и связь.

Предлагается представление онтологии «Метасистемы» в виде мультиграфа концептуально формирующего композитную сеть. При этом комплексная сеть – это главное понятие в представленной онтологии. Принцип построения онтологии представлен на рисунке 2.

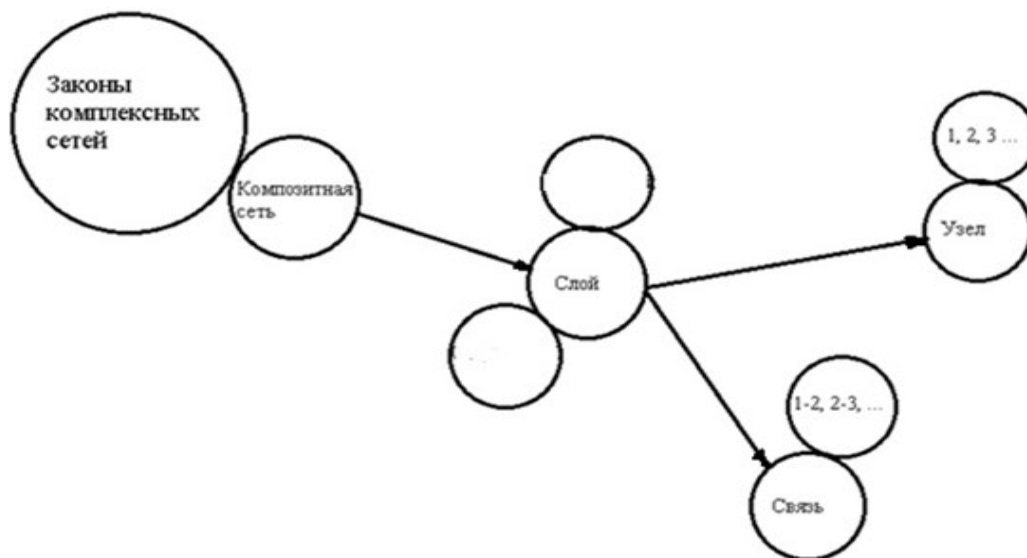


Рис. 2. Построение онтологии

В онтологии «Метасистемы» представлено несколько экземпляров понятий слой:

- 1) организационный Слой (№ 1–5);
- 2) слой Объектов;
- 3) слой Субъектов;
- 4) слой Управляющих функций.

Также представлены экземпляры понятий Узел и Слой. В описании онтологии учитывается модель причинности происшествия Джеймса Ризона (модель швейцарского сыра) [9]. Согласно данной модели для того, чтобы произошло авиационное происшествие, требуется воздействие одновременно или в определенной последовательности ряда содействующих факторов, каждый из которых необходим, но сам по себе недостаточен для нарушения защиты системы. При этом все происшествия включают сочетание активных и скрытых условий.

Полученная структура онтологии «Метасистемы» анализируется с помощью метрик сети. Каждый экземпляр онтологии (Диспетчер сектора, Пилот Воздушного судна, Воздушное судно, Канал связи и т. д.) на каждом слое

обладает своими атрибутами. При этом используется такой признак, как центральность – это метрика сети и атрибут узла. Данный признак показывает «важность» или «влияние» определённого узла (кластера) внутри сети. Степенная центральность узла определяется числом его связей. Центральными информационными субъектами (узлами) рассматриваемой композитной сети являются диспетчер сектора Центра управления полетами и пилот Воздушного судна. Вся композитная сеть строится на организации взаимодействия между ними. При уничтожении этих узлов происходят изменения во всех экземплярах других понятий, пересчитываются все метрики во всех слоях.

С использованием программного обеспечения визуализации и исследования данных с открытым исходным кодом, специализирующегося на графах и сетях большинства видов, «Gephi» [10] был построен пример онтологии «Метасистемы», существующей в условиях действия активной чужеродной внешней среды, включающей в себя схемы понятий, иерархии отношений между ними, экземпляры онтологии. Результаты работы представлены на рисунке 3.



Рис. 3 Онтология «Метасистемы» в условиях действия активной чужеродной внешней окружающей среды

Заключение

Описание организации авиационной деятельности в виде «Метасистемы», содержащей в себе как системы, отвечающие за отдельные направления, включая организацию воздушного движения, взаимоувязанную с системой управления безопасности полетов, так и активную чужеродную среду, позволяют привести процесс управления к варианту управления в условиях, приближенных к условиям действия замкнутой системы.

Построение онтологии целевой комплексной программы организации системы управления безопасности полетов расширяет возможности нахождения оптимальных структур управления, повышения качества и

оперативности вырабатываемых управленческих решений, что критически важно при существовании «Метасистемы» в условиях действия активной чужеродной внешней окружающей среды.

Использование в описании концепции комплексных сетей в качестве языка спецификации повышает уровень выразительности онтологии, т. е. степень детализации описания понятий, включаемых в онтологию.

Исследуемая онтология «Метасистемы» становится стволочной сетью с несколькими слоями, что позволяет отслеживать влияние отдельных узлов, выявлять наиболее уязвимые участки, прогнозировать атаки, оценивать взаимное влияние различных сетевых слоев при моделировании процессов воздействия активной чужеродной среды.

Список литературы

1. Наставление по производству полетов в гражданской авиации СССР (НПП ГА-85) (с изменениями на 15.05.2006), утвержденного приказом Министерства гражданской авиации СССР от 8 апреля 1985 г. № 77 [Электронный ресурс]. – 174 с. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9014314> (дата обращения: 07.06.2024).
2. Управление безопасностью полетов. Приложение № 19 к Конвенции о международной гражданской авиации / Международная организация гражданской авиации. – 2-е изд. – Монреаль, Квебек, 2016. – 48 с.
3. Глобальная эксплуатационная концепция ОпВД. Дос. 9854, ИКАО / Международная организация гражданской авиации. – 1-е изд. – Монреаль, Квебек, 2005. – 93 с.
4. Федеральные авиационные правила использования воздушного пространства Российской Федерации, утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 11 марта 2010 г. № 138 (ред. 21.06.2023) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_98957/2696fa16ed088ac15dd783e2d9c0ea558732f3fe/ (дата обращения: 07.06.2024).
5. Тихомиров А. А., Труфанов А. И. Smart World – концепция развития информационного общества [Электронный ресурс]. – URL: <https://sites.pitt.edu/~super1/lecture/lec50371/> (дата обращения: 07.06.2024).
6. Бир С. Мозг фирмы / Пер. с англ.; предисл. Л. Н. Отоцкого. – Изд. 3-е. – М.: Книжный дом «Либроком», 2009. – 416 с.
7. Sowa J. Knowledge representation: logical, philosophical, and computational foundations [Electronic resource]. – Brooks Cole Publishing Co., 2000. – 512 p. – URL: https://www.researchgate.net/publication/225070439_Knowledge_Representation_Logical_Philosophical_and_Computational_Foundations (access date: 07.06.2024).
8. Miller G. A., Beckwith R. Introduction to WordNet: an online lexical database [Electronic resource] // International Journal of Lexicography. – 1990. – Vol. 3. – No. 4. – 86 p. – URL: <http://wordnetcode.princeton.edu/5papers.pdf> (access date: 07.06.2024).
9. Reason J., Hollnagel E., Paries J. Revisiting the “Swiss Cheese” model of accidents [Electronic resource] / European Organisation for the safety of air navigation; Eurocontrol Experimental Centre, Centre de Bois des Bordes, Brétigny-sur-Orge Cedex, France. – Project Safbuild – EEC Note No. 13/06, October 2006. – 35 p. – URL: https://www.eurocontrol.int/archive_download/all/node/9792 (access date: 07.06.2024).
10. Описание программного обеспечения визуализации и исследования данных с открытым исходным кодом “Gephi” [Электронный ресурс]. – URL: <https://gephi.org/about/> (дата обращения: 07.06.2024).