

УДК 004.622

DOI: 10.25559/SITITO.15.201901.182-189

Использование онтологий для описания структуры массивов информационного обмена

А. А. Комраков

Технологический университет, г. Королев, Россия

komrakovaa@yandex.ru

Аннотация

Существуют технические системы, содержащие пространственно-распределенные элементы способные к информационному обмену. Информационное взаимодействие между элементами такой системы, а также между системой и внешним миром, осуществляется с помощью структурированных двоичных потоков данных, передаваемых по линиям связи.

Анализ работы таких систем включает в себя извлечение информации из двоичных потоков данных. Для этого программа обработки должна точно знать структуру потока. Традиционный подход, с описанием структуры потока в исходном коде программ обработки, связан с необходимостью изменения программы при каждом изменении структуры данных, что всегда чревато появлением новых ошибок. К тому же внесение изменений в программный код не всегда можно выполнить оперативно. Вынесение этой информации из программы во внешнее онтологическое описание позволяет избавиться от необходимости вмешательства в исходный код при изменении структуры потока.

Основное назначение онтологии в данном случае – обеспечить программу преобразования данных всей информацией необходимой для преобразования двоичного потока в стандартное представление, удобное для дальнейшего анализа. При этом в реальных системах для описания структуры потока недостаточно данных только об адресах, размерности и типах передаваемых параметров. Для некоторых параметров требуется знать дополнительные аргументы для функций их преобразования в физические величины. Параметры могут иметь сложные правила интерпретации, которые можно выразить в виде логических моделей представления знаний.

В данной статье рассмотрен процесс разработки онтологического описания гетерогенных структур данных, упакованных в массивы информационного обмена для использования системами автоматического извлечения данных. В качестве примера рассмотрен обмен информацией при использовании мультиплексных каналов, построенных на основе стандарта ГОСТ Р 52070-2003. В качестве языка описания онтологии выбран расширяемый язык разметки XML.

Ключевые слова: онтология, информационный обмен, технические системы, мультиплексный канал.

Для цитирования: Комраков А. А. Использование онтологий для описания структуры массивов информационного обмена // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15, № 1. С. 182-189. DOI: 10.25559/SITITO.15.201901.182-189

© Комраков А.А., 2019



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



Using Ontologies to Describe the Structure of Arrays of Information Exchange

A. A. Komrakov

University of Technology, Korolev, Russia
komrakovaa@yandex.ru

Abstract

Many modern technical systems consist of spatially distributed elements capable of information exchange. Informational interaction between the elements of such a system, as well as between the system and the external world, is carried out using structured binary data streams transmitted over communication lines.

Analysis of the operation of such systems includes the extraction of information from binary data streams. The processing program must know exactly the structure of the stream. The traditional approach, with a description of the flow structure in the source code of processing programs, is associated with the need to change the program each time the data structure changes, which can lead to new errors. In addition, making changes to the program code can not always be done quickly enough. Transferring this information from the program to an external ontological description allows to eliminate need to change the source code when the stream structure changes.

The main purpose of ontology in this case is to provide to converting program all the information necessary to convert a binary stream into a standard representation, convenient for further analysis. In real systems for describing the flow structure there is not enough data only about the addresses, dimensions and types of the transmitted parameters. For some parameters, it is required to know additional arguments for the functions of their conversion to physical quantities. Parameters can have complex rules of interpretation, which can be expressed in the form of logical models of knowledge representation.

This article describes the process of developing an ontological description of heterogeneous data structures packaged in data exchange arrays for use by automatic data extraction systems. As an example, we consider the exchange of information when using multiplex channels, built on the basis of the standard GOST R 52070-2003. The extensible markup language XML is chosen as the language of ontology description.

Keywords: ontology, information exchange, technical systems, multiplex channel.

For citation: Komrakov A.A. Using Ontologies to Describe the Structure of Arrays of Information Exchange. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2019; 15(1):182-189. DOI: 10.25559/SITITO.15.201901.182-189



Введение

В связи с повсеместным переходом от аналоговых систем управления сложными техническими системами к цифровым, их неотъемлемой частью становятся информационно-коммуникационные технологии, используемые для связи между пространственно-распределенными элементами. Таким образом большинство современных технических системы можно обозначить термином «сложные информационно-технические системы» [12].

Одним из способов междомодульного обмена информацией является использование мультиплексных каналов, построенных на основе стандарта ГОСТ Р 52070-2003, интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей, разработанный на основе американского стандарта MIL-STD-1553[16]. Первоначально этот стандарт разрабатывался для использования в военной авиационной технике, однако сейчас стал применяться и в гражданских системах, в том числе в космонавтике [14].

Для анализа работы технических систем, использующих этот стандарт, требуется приведение данных поступающих от различных элементов информационно-технической системы к виду, пригодному для дальнейшей работы. Для извлечения параметров, характеризующих состояние технической системы из потока данных система автоматического извлечения информации должна точно знать структуру потока, формат пакетов, массивов, размерность и типы данных, формулы преобразования параметров, правила интерпретации функционально зависимых параметров и т.п.

Описание структуры данных внутри программного кода программ обработки требует внесения соответствующих изменений в исходный код программы при каждом изменении формата информационного обмена. Внесение изменений в программный код всегда связано с вероятностью появления новых ошибок. Ещё одной проблемой может стать внесение изменений в код программ, имеющих сертификат.

Решением данных проблем является вынесение описания структуры и правил интерпретации массивов информационного обмена из программного кода во внешнее онтологическое описание [17,18,21].

Целью данной работы является рассмотрение процесса разработки онтологического описания гетерогенных структур, упакованных в массивы информационного обмена, для использования системами автоматического извлечения данных.

Теоретическая часть

«Онтология» - изначально философский термин, учение о сущем, принявший в информатике самостоятельное значение. Онтология в информатике обязательно должна обладать двумя свойствами, она должна иметь формат пригодный для компьютерной обработки, и должна создаваться с конкретными применимыми целями.

В информатике под онтологией подразумевается система по-

нятий в какой-либо предметной области, состоящая из набора сущностей, соединенных различными отношениями. Онтологии используются для формальной спецификации понятий и отношений в различных областях знаний. Преимуществом онтологий в качестве способа представления знаний является их формальная структура, которая упрощает их компьютерную обработку [1, С.3].

В информатике онтологии как правило используются для следующих целей¹:

- для составления словарей предметной области, содержащих базу терминов и понятий;
- для описания схем данных;
- в качестве формата хранения метаданных;
- в качестве формата обмена данными между информационными системами.

В данной работе онтологии предлагается использовать в качестве формата хранения метаданных. Формат метаданных это стандартизированное описание категорий объектов, сущностей и атрибутов их характеризующих.

Онтологическое описание может использоваться в системах сбора данных для автоматизированной обработки(преобразования) информации из закрытых форматов [11, С.565]. Ещё одной сферой применения является визуализация поведения объектов исследования, например, в виде динамических интерактивных трехмерных моделей [10, С.126].

Онтологическое описание может быть представлено кортежем [3, С.160]:

$$O = \langle C, A, R \rangle, \quad (1)$$

где $C = \{c_i\}$ – множество понятий (концептов), образующих онтологию O ,

$A = \{a_1, \dots, a_n\}$ – множество атрибутов понятия c_i (n – количество атрибутов, описывающих данное понятие);

R – отношения (зависимости) между объектами онтологии.

Выделяют три вида языков описания онтологий: формализованные технические языки на базе естественных, машинно-ориентированные языки и универсальные языки [19].

Широко применяются универсальные языки описания онтологий основанные на Web-стандартах[1]. Для описания онтологий могут использоваться как универсальные языки разметки, например XML(*eXtensible Markup Language*), так и специальные, такие как RDF, DAML, OIL, OWL² [19,20]. Цель таких языков — дать возможность указывать дополнительную машинно-интерпретируемую семантику ресурсов, сделать машинное представление данных более похожим на положение вещей в реальном мире.

Анализ предметной области

Разработка онтологии начинается с анализа предметной области [5]. Структурная схема технических средств рассматриваемого интерфейса имеет шинную организацию³[7]. Устройства, подключённые к шине, подразделяются на три вида, контроллер канала(КК), оконечное устройство (ОУ) и монитор (М). Так же при построении систем управления может использоваться

¹ Голиков Н.В. Применение онтологий // VII Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям (с участием иностранных ученых), 1-3 ноября 2006. Красноярск, 2006. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nsc.ru/ws/YM2006/10628/golikov.html> (дата обращения: 10.01.2019).

² Resource Description Framework (RDF) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.w3.org/RDF/> (дата обращения: 10.01.2019).

³ ГОСТ Р 52070-2003. Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей. Общие требования. Москва: ИПК Издательство стандартов, 2003. 24 с.



многоуровневая организация, с распределением элементов по разным уровням по функциональному назначению.

В ГОСТ Р 52070-2003 описана только одноуровневая структура, однако в реальных системах часто используются многоуровневые системы управления на основе мультиплексного канала [8, С.43], рисунок 1.

Обмен данными происходит словами данных, сгруппированными в пакеты. Помимо служебных слов данных, структура и назначение которых строго определены стандартом, пакет содержит массив информационных слов, в котором данные могут быть закодированы произвольным образом. Согласно стандарту этого протокола, слова могут иметь три различных формата:

- командное слово (КК);
- информационное слово (ИС);
- ответное слово (ОС).

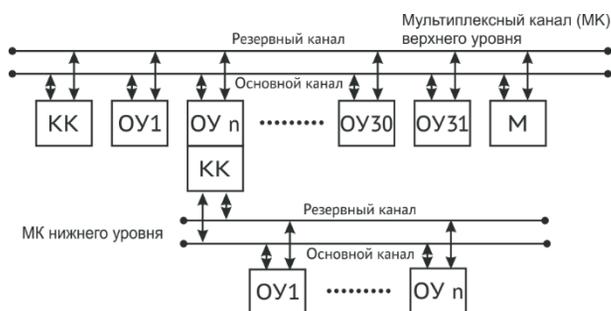


Рис. 1. Структура магистрали на основе мультиплексного канала
Fig. 1. Structure of the trunk on the basis of the multiplex channel

Структура КС и ОС определены стандартом, а в ИС данные в поле DATA могут быть закодированы произвольным образом (рис. 2). В том числе одно значение может быть закодировано в несколько ИС (рис. 6). Содержание передаваемой информации может быть любым при условии совместимости с форматами сообщений и форматами слов, определенными в стандарте⁴.

Командное слово										КК→ОУ									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SYNC C				ADDR RT				WR	SUBADDR/CI				N/COM				P		

Информационное слово										КК↔ОУ										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
SYNC D			DATA																	P

Ответное слово										КК←ОУ									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SYNC C				ADDR RT				A	B	C	X	X	X	D	E	F	G	H	P

Рис. 2. Форматы слов данных
Fig. 2. Formats of data words

На рисунке 3 показаны типы пакетов, в зависимости от того какие устройства обмениваются данными [6]. На рис. 3а представлен пакет передачи информации от контроллера канала оконечному устройству. На рис. 3б структура пакета при передаче данных от оконечного устройства на контроллер канала. Так же стандарт предусматривает обмен данными оконечных устройств между собой (рис. 3в).

⁴ Там же.

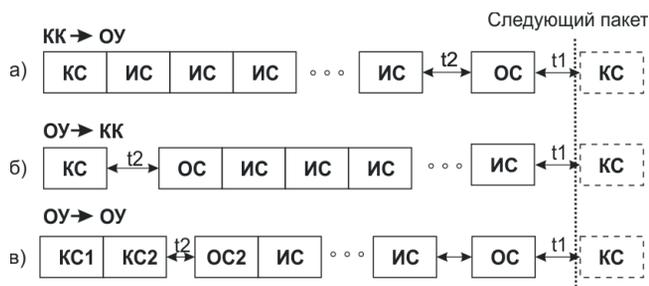


Рис. 3. Типы пакетов
Fig. 3. Types of packages

Процесс распаковки битового массива на отдельные параметры называется декоммутацией [22]. При обработке телеметрических параметров декоммутация является элементом первичной обработки, и определяется как оператор [4]:

$$D: \langle B_1 \dots B_n \rangle \times S \rightarrow \langle P_1 \dots P_k \rangle \quad (2)$$

Где $\langle B_1 \dots B_n \rangle$ двоичная последовательность данных; S – онтологическое описание, достаточное для распаковки на наборы измерений отдельных параметров $\langle P_1 \dots P_k \rangle$. Описание структуры S состоит из информации об упаковке параметров в массив ИС, их типах и правилах интерпретации с учётом взаимных отношений.

Разработка онтологии

Следующим шагом является формулировка задач, для решения которых составляется онтология [5]. В данном случае онтологическое описание должно содержать данные, позволяющие решить следующие задачи:

- сопоставить онтологическое описание с экземпляром технической системы;
- определить тип пакета, источник и приёмник данных, его назначение;
- получить описание структуры массива данных соответствующее этому пакету.

Для разработки онтологического описания требуется выделить концепты – понятия данной предметной области, их атрибуты, и построить связи между ними. Для рассматриваемой предметной области можно выделить следующие сущности (классы) рис.4:

- «Корень» - мета сущность, описывающая само онтологическое описание;
- «Канал» - источник данных, мультиплексный канал верхнего или нижнего уровня;
- «Пакет» - набор слов данных одного из трёх типов;
- «Массив» - массив информационных слов, содержащий структуру гетерогенных данных;
- «Параметр» - элемент структуры данных.

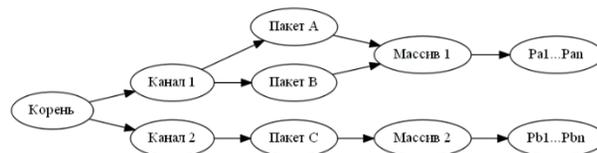


Рис. 4. Иерархия сущностей (классов) онтологии
Fig. 4. The hierarchy of entities (classes) of ontology



Первые три уровня можно представлять как таксономическую структуру, однако дальше появляется связь многие-к-одному. Вариант описания онтологии с использованием XML приведён на рис. 5. Выбор языка XML обусловлен его простотой, доступностью и возможностью работы с кодом в стандартных приложениях. Так же в силу специфичности предметной области, у нас нет необходимости в использовании готовых библиотек описания сущностей, созданных для языков RDF, OWL и других.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<root> <!-- Корень -->
  <version>1.0</version> <!-- версия онтологического описания -->
  <data>2018-03-11</data> <!-- дата создания -->
  <product>...</product> <!-- идентификатор технической системы -->
  <description>...</description> <!-- Словесное описание -->
  <channel>
    <id>mkio</id> <!-- идентификатор канала -->
    <description>Внешний канал МКЮ-0</description>
    <!-- Пакет, атрибутами заданы значения
    для однозначной идентификации -->
    <packet addr="0x01" wr="1" subaddr="0x01">
      <massiv_id>MH1<massiv_id> <!--ссылка на описание массива-->
    </packet>
    .....
  </channel>
  .....
  <massiv id="MH1">.....</massiv>
</root>
```

Рис. 5. Фрагмент онтологического описания

Fig. 5. Fragment of the ontological description

Корневая сущность онтологического описания должна содержать информацию, идентифицирующую само описание, его версию, техническую систему для которой оно предназначено. Канал описывает физическую линию передачи и приема информационного сигнала из устройства в устройство. В данном протоколе определить канал на основе передаваемых по нему данных практически невозможно. Информация об источнике данных должна быть предоставлена системе обработки данных другим способом.

Пакет состоит из служебной информации, включающей стартовые биты, и полезной нагрузки, состоящей из информационных слов. Характер и место нахождения *служебной информации* определяется форматом, и в данном случае состоит из одного или двух командных слов.

Каждый пакет начинается с командного слова, содержащего адрес ОУ (Address Remote Terminal, ADDR RT), которому предназначена информация, подадрес (sub-address, SUB ADDR) и сколько именно слов (N) будет передано на это ОУ или принято с него. Бит запись-чтение (Write-Read, WR) говорит о том, в каком направлении будут передаваться последующие за командным словом информационные слова.

Ответное слово (OC) передается оконечным устройством на контроллер канала. Оно необходимо для подтверждения того, что периферия приняла пакет. Значения информационных битов, содержащихся в OC, однозначно определено стандартом, и их отдельное описание не требуется.

Например, на языке XML описать конкретный пакет, передаваемый от КК к ОУ с адресом 0x01 и подадресом 0x01, можно так (рис.5): <packet addr="0x01" wr="1" subaddr="0x01">...</packet>. Каждому пакету, однозначно идентифицируемому по описанным параметрам, соответствует гетерогенная структура данных, упакованная в массив информационных слов.

В стандарте ГОСТ Р 52070-2003 и многочисленных работах, посвященных его реализации, ничего не сказано про способы упаковки данных в массив информационных слов. Под упаков-

кой в данном случае подразумевается компактное хранение значений в массиве, при условии, что значения могут быть представлены количеством бит, отличающимся от размера элемента массива ИС. Эту задачу каждый разработчик решает сам для себя исходя из своих задач.

На рисунке 6 показан пример упаковки гетерогенной структуры данных <rp1...rp> в массив ИС. Под упаковкой в данном случае подразумевается компактное хранение значений в массиве, при условии, что значения могут быть представлены количеством бит, отличающимся от размера элемента массива ИС. Каждый упакованный в массив ИС параметр описывается набором атрибутов, необходимых для его распаковки и перевода в физические величины. К таким атрибутам, например, относятся смещение и размер в битах (рис.6), тип (целое, знаковое, вещественное).

Основными типами данных, упакованных в массивы ИС являются знаковые и без знаковые целые числа разной длины (8,16,32 бита) и разным порядком байт в слове, вещественные числа и булев тип.

Для чисел с фиксированной запятой часто используется формат представления вещественных чисел в виде целого числа, когда x и его целочисленное представление x' связаны формулой $x = x' * z$, где z – цена младшего разряда. Для угловых величин часто принимают $z = 2\pi * 2^{-f}$. Для таких значений онтологическое описание должно иметь соответствующий атрибут.

Особый случай географические координаты, так как единых правил записи координат не существует. Координаты могут записываться:

- в ° градусах в виде десятичной дроби (современный вариант);
- в ° градусах и ' минутах с десятичной дробью;
- в ° градусах, ' минутах и " секундах с десятичной дробью (исторически сложившаяся форма записи).

Таким образом в большинстве случаев для распаковки массивов информационного обмена, каждый параметр может быть описан следующими атрибутами:

- идентификатор параметра;
- словесное описание, комментарий, для удобства сопровождения онтологии;
- номер СД, в котором начинается параметр;
- смещение в слове данных до первого бита, относящегося к упакованному параметру;
- размер параметра в битах;
- порядок слов для многобайтных параметров (от старшего к младшему или от младшего к старшему);
- наличие знака (знаковое или без знаковое);
- цена младшего разряда z , для целых чисел она будет равна 1.
- для географических координат дополнительная информация о способе их представления.



Рис. 6. Массив ИС содержащий гетерогенную структуру данных

Fig. 6. The array of IW containing a heterogeneous data structure

Параметры можно разделить на независимые и зависимые. Зависимые параметры описываются несколькими несовмест-



ными наборами значений своих атрибутов, выбор конкретного набора значений атрибутов определяется значением одного из независимых параметров на этапе декоммутации.

Для декоммутации каждого параметра мы должны знать подмножество $A \subseteq \langle B_1 \dots B_n \rangle$ битов исходной последовательности данных, которая ему соответствует, и множество значений атрибутов $\{a_1, \dots, a_n\}$ его описывающих.

Для преобразования каждого зависимого параметра вместо одного набора атрибутов требуется набор кортежей $\langle P, V, S \rangle$, где каждому предикату $P(P=v)$ соответствует свой набор атрибутов S для декоммутации зависимого параметра. Логическую модель декларативных знаний о правилах декоммутации параметра P_k зависящего от P_n , можно выразить следующим образом (3):

$$\Pi(P_n=v_1) \rightarrow (D: \langle A \subseteq \langle B_1 \dots B_n \rangle \rangle \times S_{v_1} \rightarrow P_k) \quad (3)$$

$$\dots$$

$$\Pi(P_n=v_n) \rightarrow (D: \langle A \subseteq \langle B_1 \dots B_n \rangle \rangle \times S_{v_n} \rightarrow P_k)$$

$$\Pi(P_n \notin \{v_1 \dots v_n\}) \rightarrow (F_{\text{ошибка}}())$$

Пример онтологического описания структуры данных с использованием XML приведён на рисунке 7. Здесь описано два параметра. Независимый, размером в один бит, находящийся в ИС №0 со смещением 5, и описанный одним набором атрибутов. А также зависимый от него, размером в 16 бит, находящийся в ИС №1 со смещением 0. Второй параметр содержит два несовместных набора атрибутов, каждый из которых содержит предикат, определяющий условия для его выбора.

```
<massive id="MH1">
  <!-- Независимый параметр из одного бита -->
  <!-- в атрибутах содержится номер ИС(is), смещение(offset), размер в битах |-->
  <parametr is="0" offset="5" length="1">
    <id>P1</id>                                <!-- Уникальный идентификатор -->
    <description>Бит признак 1</description> <!-- Слоговое описание -->
    <attrib>                                     <!-- Набор атрибутов -->
      <type>boolean</type>
      .....
    </attrib>
  </parametr>
  <!-- Зависимый параметр из 16 бит -->
  <parametr is="1" offset="0" length="16">
    <id>H</id>                                <!-- Уникальный идентификатор -->
    <description>Измеренное значение</description> <!-- Слоговое описание -->
    <attrib link="P1" value="1">             <!-- Набор атрибутов с предикатом P1=1 -->
      <cmr>1</cmr>                            <!-- Цена младшего разряда -->
      .....
    </attrib>
    <attrib link="P1" value="0">             <!-- Набор атрибутов с предикатом P1=0 -->
      <cmr>0.03125</cmr>                       <!-- Цена младшего разряда -->
      .....
    </attrib>
  </parametr>
</massive>
```

Рис. 7. Пример онтологического описания структуры данных

Fig. 7. Example of ontological description of the data structure

Заключение

При исследовании пространственно-распределенных систем, содержащих элементы способные к информационному обмену, требуется согласование структур данных с системами анализа.

Использование систем автоматического извлечения данных на основе использования онтологического описания позволяет свести к минимуму или полностью исключить участие человека в первичной обработке информации полученной от

пространственно-распределенных систем. Особенно это актуально при проведении опытно-конструкторских работ, когда форматы информационного обмена могут часто изменяться. Внесение изменений в онтологическое описание проще чем в программный код. В ряде случаев, когда применение программного обеспечения может приводить к проявлению рисков, обусловленных внутренними свойствами самих программных продуктов, ПО проходит различные независимые экспертизы, на проверку соответствия характеристик программы определенным стандартам. Внесение изменений в код таких программ может быть особенно затруднительным. Предложенный метод был использован при разработке информационной системы⁵, и показал свою применимость в ходе многолетней эксплуатации.

Список использованных источников

- [1] Константинова Н.С., Митрофанова О.А. Онтологии как системы хранения знаний // Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы». СПб.: СПбГУ, 2008. 54 с.
- [2] Кравченко Ю.А., Лежебоков А.А., Запорожец Д.Ю. Способы интеллектуального анализа данных в сложных системах // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2012. № 3(47). С. 52-57. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17822805> (дата обращения: 10.01.2019).
- [3] Кравченко Ю.А., Новиков А.А., Марков В.В. Метод создания онтологии предметной области на основе глоссария // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2015. № 6(167). С. 158-168. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24274671> (дата обращения: 10.01.2019).
- [4] Соколов И.С., Жукова Н.А., Балтрашевич В.Э. Графовая модель группового телеметрического сигнала со сменной кадром // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2010. № 10. С. 12-17. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15521523> (дата обращения: 10.01.2019).
- [5] Палагин А.В., Петренко Н.Г., Малахов К.С. Методика проектирования онтологии предметной области // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. 2011. № 10. С. 5-12. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/46447/01-Palagin.pdf?sequence=1> (дата обращения: 10.01.2019).
- [6] Дайнеко Д. Разработка контроллера протокола MIL-STD-1553B на ПЛИС. Часть 1 // Компоненты и технологии. 2013. № 12. С. 123-128. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20585810> (дата обращения: 10.01.2019).
- [7] Хвоц С.Т., Дорошенко В.В., Горовой В.В. Организация последовательных мультиплексных каналов систем автоматического управления / Под общ. ред. С.Т. Хвоца. Л.: Машиностроение, 1989. 271 с.
- [8] Хвоц С.Т., Амаду Х.Х. Промышленные сети на базе стандарта MIL-STD-1553B // Современные технологии автоматизации. 1999. № 1. С. 42-45. URL: <https://www.cta.ru/cms/f/366607.pdf> (дата обращения: 10.01.2019).

⁵ Автоматизированная система сбора и хранения данных: ПрЭВМ 200910396 Российская Федерация / А.А. Комраков, В.Ю. Ступнев, заявитель и правообладатель ОАО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение». № 200910396; заявл. 18.11.2008.



- [9] Аббасова Т.С. Подходы к моделированию и проектированию телекоммуникационных сетей на основе N -мерных технологий // Информационно-технологический вестник. 2015. № 2(04). С. 39-55. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25809736> (дата обращения: 10.01.2019).
- [10] Комраков А.А. Визуализация поведения объектов исследования в виде динамических интерактивных трехмерных моделей // Информационно-технологический вестник. 2017. № 4(14). С. 126-137. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32278339> (дата обращения: 10.01.2019).
- [11] Ступнев В.Ю. Распределенный подход к информационному сопровождению // Инновационные аспекты социально-экономического развития региона. Сборник статей по материалам участников VII Ежегодной научной конференции аспирантов «МГОТУ». М.: Научный консультант, 2017. С. 561-570. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30059768> (дата обращения: 10.01.2019).
- [12] Цветков В.Я. Сложные технические системы // Образовательные ресурсы и технологии. 2017. № 3(20). С. 86-92. DOI: 10.21777/2500-2112-2017-3-86-92
- [13] Бусурин В.И., Медведев В.М., Карабицкий А.С. Особенности модульного построения систем контроля и диагностики инерциальных систем управления // Труды МАИ. 2017. № 92. С. 19. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29009878> (дата обращения: 10.01.2019).
- [14] Щербаков С.А., Игнатовский В.В., Филонова С.Ю., Лянзбург В.П. Модуль мультиплексного канала информационного обмена // Решетневские чтения. 2014. Т. 1, № 18. С. 205-206. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22482662> (дата обращения: 10.01.2019).
- [15] Katalnikova S., Novickis L. Choice of Knowledge Representation Model for Development of Knowledge Base: Possible Solutions // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2018. Vol. 9, Issue 2. Pp. 358-363. DOI: 10.14569/IJACSA.2018.090249
- [16] Sushma K., Naidu C. D., Sai Y.P., Chandra K.S. Design and Implementation of High Performance MIL-STD-1553B Bus Controller // Proceedings of 2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC). Hyderabad, 2017. Pp. 266-269. DOI: 10.1109/IACC.2017.0065
- [17] Brek A., Djama O., Boufaïda Z. Using LOD and Fuzzy Ontology to Annotate Industrial Schemas // Proceedings of the International Conference on Smart Communications in Network Technologies (SaCoNeT). El Oued, 2018. Pp. 232-236. DOI: 10.1109/SaCoNeT.2018.8585662
- [18] Munir K., Sheraz Anjum M. The use of Ontologies for Effective Knowledge Modelling and Information Retrieval // Applied Computing and Informatics. 2018. Vol. 14, Issue 2. Pp. 116-126. DOI: 10.1016/j.aci.2017.07.003
- [19] Slimani T. Ontology Development: A Comparing Study on Tools, Languages and Formalisms // Indian Journal of Science and Technology. 2015. Vol. 8, Issue 24. Pp. 1-12. DOI: 10.17485/ijst/2015/v8i24/54249
- [20] Буракова Е.Е., Боргест Н.М., Коровин М.Д. Языки описания онтологий для технических предметных областей // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). 2014. № 3(45). С. 144-158. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22894002> (дата обращения: 10.01.2019).
- [21] Гагарин А.П., Сердюков В.В. Сбор и анализ научно-технической информации на основе динамической онтологии // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. Т. 14, № 3. DOI: 10.25559/SITITO.14.201803.654-662
- [22] Лобан А.В. Информационная технология распределенного диагностирования космических аппаратов. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2015. 146 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23914915> (дата обращения: 10.01.2019).

Поступила 10.01.2019; принята к публикации 05.03.2019; опубликована онлайн 19.04.2019.

Об авторе:

Комраков Андрей Александрович, аспирант, кафедра информационных технологий и управляющих систем, Технологический университет (141070, Россия, Московская область, г. Королев, ул. Гагарина, д. 42), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4662-0910>, komrakovaa@yandex.ru

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

References

- [1] Konstantinova N.S., Mitrofanova O.A. Ontologies as a knowledge storage system. All-Russian competitive selection of review and analytical articles in the priority area "Information and telecommunication systems". SPb.: SPbU; 2008. (In Russ.)
- [2] Kravchenko Y.A., Lezhebokov A.A., Zaporozhets D.Y. Methods of intelligent data analysis in complex systems. *News of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2012; 3(47):52-57. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17822805> (accessed 10.01.2019). (In Russ.)
- [3] Kravchenko Yu.A., Novikov A.A., Markov V.V. Method of creating a domain ontology from glossary. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*. 2015; 6(167):158-168. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24274671> (accessed 10.01.2019). (In Russ.)
- [4] Sokolov I.S., Zhukova N.A., Baltrashevich V.E. Group telemetry signals graph model with changing frame. *Izvestiya SPb-GETU «LETI»*. 2010; 10:12-17. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15521523> (accessed 10.01.2019). (In Russ.)
- [5] Palagin A.V., Petrenko N.G., Malakhov K.S. Technique for Designing a Domain Ontology. *Computer Means, Networks and Systems*. 2011; 10:5-12. Available at: <http://dSPACE.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/46447/01-Palagin.pdf?sequence=1> (accessed 10.01.2019). (In Russ.)
- [6] Daineko D. Development of the controller of the protocol MIL-STD-1553B on the FPGA. Part 1. *Components & Technologies*. 2013; 12:123-128. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20585810> (accessed 10.01.2019). (In Russ.)
- [7] Khvoshch S.T. Organization of serial multiplexed channels of automatic control systems. S.T. Khvoshch, V.V. Doroshenko, V.V. Gorovoy (eds). L.: Mechanical Engineering; 1989. (In Russ.)



- [8] Khvoshch S.T., Amadou H.H. Industrial networks based on standard MIL-STD-1553B. *Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii*. 1999; 1:42-45. Available at: <https://www.cta.ru/cms/f/366607.pdf> (accessed 10.01.2019). (In Russ.)
- [9] Abbasova T.S. Approach to the modeling and design of telecommunication networks on the N-dimensional based technologies. *Information technology Bulletin*. 2015; 2(04):39-55. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25809736> (accessed 10.01.2019). (In Russ.)
- [10] Komrakov A.A. Visualization of the behavior of research objects in the form of dynamic interactive three-dimensional models. *Information technology Bulletin*. 2017; 4(14):126-137. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32278339> (accessed 10.01.2019). (In Russ.)
- [11] Stupnev V.Yu. A distributed approach to information support of tests. Innovative aspects of the socio-economic development of the region. M.: Nauchnyj konsultant, 2017. p. 561-570. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30059768> (accessed 10.01.2019). (In Russ.)
- [12] Tsvetkov V.Ya. Complex technical systems. *Educational Resources and Technologies*. 2017; 3(20):86-92. (In Russ.) DOI: 10.21777/2500-2112-2017-3-86-92
- [13] Busurin V., Mevedev V., Karabitsky A. Modular inertial control systems control and diagnostic systems for design features. *Trudy MAI*. 2017; 92:19. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29009878> (accessed 10.01.2019). (In Russ.)
- [14] Shcherbakov S.A., Ignatovskiy V.V., Filonova S. Yu., Lyanzburg V.P. Information interchange multiplex channel module. *Reshetnev Readings*. 2014; 1(18):205-206. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22482662> (accessed 10.01.2019). (In Russ.)
- [15] Katalnikova S., Novickis L. Choice of Knowledge Representation Model for Development of Knowledge Base: Possible Solutions. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2018; 9(2):358-363. (In Eng.) DOI: 10.14569/IJACSA.2018.090249
- [16] Sushma K., Naidu C. D., Sai Y.P., Chandra K.S. Design and Implementation of High Performance MIL-STD-1553B Bus Controller. Proceedings of 2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC). Hyderabad, 2017. p. 266-269. (In Eng.) DOI: 10.1109/IACC.2017.0065
- [17] Brek A., Djama O., Boufaida Z. Using LOD and Fuzzy Ontology to Annotate Industrial Schemas. Proceedings of the International Conference on Smart Communications in Network Technologies (SaCoNeT). El Oued, 2018. p. 232-236. (In Eng.) DOI: 10.1109/SaCoNeT.2018.8585662
- [18] Munir K., Sheraz Anjum M. The use of Ontologies for Effective Knowledge Modelling and Information Retrieval. *Applied Computing and Informatics*. 2018; 14(2):116-126. (In Eng.) DOI: 10.1016/j.aci.2017.07.003
- [19] Slimani T. Ontology Development: A Comparing Study on Tools, Languages and Formalisms. *Indian Journal of Science and Technology*. 2015; 8(24):1-12. (In Eng.) DOI: 10.17485/ijst/2015/v8i24/54249
- [20] Burakova E.E., Borgest N.M., Korovin M.D. Ontology description languages for high-tech fields of applied engineering. *Vestnik of the Samara State Aerospace University*. 2014; 3(45):144-158. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22894002> (accessed 10.01.2019). (In Russ.)
- [21] Gagarin A.P., Serdyukov V.V. Dynamic ontology based retrieval and analysis of information on science and engineering. *Sovremennye informacionnye tekhnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technologies and IT-Education*. 2018; 14(3). (In Russ.) DOI: 10.25559/SITI-TO.14.201803.654-662
- [22] Loban A.V. Informatsionnaia tekhnologiiia raspredelennogo diagnostirovaniia kosmicheskikh apparatov [Information technology of distributed spacecraft diagnostic]. Moscow-Berlin: Direkt-Media Publ.; 2015. (In Russ.)

Submitted 10.01.2019; revised 05.03.2019;
published online 19.04.2019.

About the author:

Andrey A. Komrakov, Graduate student, Department of Information Technology and System Management, University of Technology (42 Gagarina St., Korolev 141070, Moscow region, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4662-0910>, komrakovaa@yandex.ru

The author has read and approved the final manuscript.

