

УДК 004.8:623

В.К. АБРОСИМОВ, доктор
технических наук, старший
научный сотрудник
А.С. ГОРСКИЙ, кандидат
технических наук

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ КЛАССИФИКАЦИИ СИСТЕМ (ТЕХНОЛОГИЙ) ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИНТЕРЕСАХ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Активное развитие технологий искусственного интеллекта инициирует проблемные вопросы каталогизации и классификации таких технологий и образцов ВВСТ, в которых они применяются. В статье с использованием методологии комбинаторно-морфологического анализа и синтеза показано, что технологии искусственного интеллекта не могут являться объектами каталогизации в отличие от систем, в которых они реализуются. Но они могут быть классифицированы. Выделены отличительные признаки и разработана иерархическая классификация технологий искусственного интеллекта на шкале наименований, представленная в виде дендрограмм.

Ключевые слова: классификация; каталогизация; система; искусственный интеллект; технология; вооружение; комбинаторно-морфологический анализ и синтез.

Введение

На сегодняшний день основным источником информации о каталогизации продукции на федеральном уровне является федеральный каталог продукции (ФКП). Для проведения работ используются действующие документы федеральной системы каталогизации продукции для федеральных государственных нужд: 21 национальный стандарт ГОСТ Р серии 51725 и 10 рекомендаций по каталогизации Р 50.5.001 ... Р 50.5.009, Р 5.1.039-2002, а также классификационная основа федерального каталога продукции – Единый кодификатор предметов снабжения ЕКПС ЕК 001-2014 [1].

Одним из важных аспектов обеспечения боеготовности и боеспособности Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ) является каталогизация предметов снабжения (ПС). Под этим понимается спектр работ, проводимых в Министерстве обороны Российской Федерации (МО РФ), по единому образному описанию, присвоению им федеральных номенклатурных номеров и документированию этой информации в виде каталога разрабатываемых, закупаемых и находящихся в эксплуатации предметов снабжения [2].

Каталог ПС ВС РФ, впервые разработанный в 1992 году, как ведомственный документ, сейчас является составной частью ФКП. Различными законодательными и нормативными документами и положениями закрепляются цели, задачи, схема системы каталогизации, перечень участников работ по каталогизации ПС, их основные обязанности, порядок планирования и проведения работ по каталогизации ПС, а также контроль и отчетность по ним [3].

Активное внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в практику создания новых образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) вызывает необходимость определить место технологий ИИ в системе каталогизации. Для этого нужно ответить на вопрос, является ли разрабатываемая (закупаемая) технология ИИ или созданная на ее основе продукция объектом каталогизации.

1. Оценка возможности представления систем (технологий) искусственного интеллекта как объекта каталогизации

В соответствии с руководящими документами МО РФ и ГОСТ РВ 0044-001 ... 0044-019 объектом каталогизации является исключительно предмет снабжения ВС РФ – изделие военной техники, комплектующее изделие, материал, сырье, а также военное имущество и иная продукция, предназначенные для самостоятельной поставки для нужд ВС РФ [1]. Таким образом, объектом каталогизации может быть только то, что разрабатывается, закупается, ремонтируется в рамках государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа.

В работе [4] приведено определение каталогизации ПС, согласно которому она представляет собой информационную технологию, направленную на существенное повышение эффективности и экономичности действий органов управления и служб материально-технического обеспечения за счет единой системы идентификации, хранения и обращения

информации о продукции военных потребителей, применение которой позволяет избежать неоправданных затрат при заказе, разработке, производстве, эксплуатации и ремонте различных видов продукции. Под такое определение подпадают не технологии, а системы образцов ВВСТ, в которых реализуются технологии искусственного интеллекта.

Рассмотрим общий процесс каталогизации с использованием процессного подхода [5] как три взаимосвязанных этапа: идентификация, информационное обеспечение, актуализация каталога. На первом этапе (рисунок 1) устанавливаются отличительные признаки ПС, прежде всего показатели потенциальной ценности ПС для решения задач повышения обороноспособности страны. Определяется класс, к которому относится ПС, приводится его описание, проводится сопоставительный анализ и кодификация для последующего принятия военным потребителем решения о закупке предложенного поставщиком изделия.



Рисунок 1 – Содержание 1 этапа каталогизации ПС ВС РФ

Решение констатируется присвоением предмету федерального номенклатурного номера и включением информации о нем в каталог.

На втором этапе военный потребитель обеспечивается информационными сведениями о каталогизированном ПС и использует их в своей повседневной деятельности. Необходимость третьего этапа каталогизации обусловлена созданием новых ПС, имеющих значительные преимущества по своим характеристикам относительно уже состоящих в федеральном каталоге, что обуславливает потребность в выводе потерявшего требуемые потребительские свойства ПС из каталога [6].

Второй и третий этап связаны с ПС, уже включенными в соответствующие каталоги. Здесь же рассмотрим только начальные процедуры первого этапа, от которого зависит целесообразность последующих мероприятий.

К технологиям ИИ относят технологии, основанные на использовании искусственного интеллекта, включая компьютерное зрение, обработку естественного языка, распознавание и синтез речи, интеллектуальную поддержку принятия решений и перспективные методы искусственного интеллекта. Разработка технологий и систем ИИ, используемых в военных целях, осуществляется в ходе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), заказчиком которых является в основном МО РФ. Мероприятия каталогизации сопровождают все этапы НИОКР, в процессе которых осуществляется разработка продукции, предназначенной в дальнейшем для самостоятельной поставки в войска [7].

Чтобы определить место разрабатываемой системы (технологии) ИИ в системе каталогизации ПС ВС РФ, необходимо понять, является ли разрабатываемая в ходе НИОКР продукция объектом каталогизации. Для этого заказчик и исполнитель НИОКР обязаны в соответствии с требованиями ГОСТ РВ 0044-015-2012 провести комплекс мероприятий¹.

Проведенный анализ требований руководящих документов МО РФ и ГОСТ РВ 044-003-2007 позволил определить, что собственно технологии ИИ не могут являться объектами каталогизации в отличие от систем военного назначения и программно-аппаратной продукции, разработанных на их основе. В связи с этим вопросы каталогизации необходимо рассматривать в отношении систем с элементами ИИ, разрабатываемых (планируемых к разработке) на этапах ведущихся (перспективных) НИОКР. Тем не менее, принимая во внимание декомпозицию первого этапа процесса каталогизации (см. рисунок 1), целесообразным

¹ Гончаренко В.И., Мищенко Н.П. Основы стандартизации, унификации и каталогизации оборонной продукции: уч. пособие. М.: ДПК Пресс, 2019. – 296 с.

представляется исследовать вопросы классификации технологий ИИ как технологической основы для создания соответствующих систем.

Рассмотрим необходимые и достаточные условия каталогизации ПС ВС РФ. Формально это можно выразить следующим образом:

$$A \rightarrow B.$$

Если A – это процесс классификации, а B – процесс каталогизации, то можно говорить о том, что классификация является необходимым условием каталогизации.

Таким образом, проведенный анализ позволил установить, что технологии искусственного интеллекта сами по себе не могут быть объектом каталогизации, так как они не являются изделием военной техники, комплектующим изделием, материалом и иной продукцией, предназначенной для самостоятельной поставки для нужд ВС РФ.

И в силу сделанного здесь вывода ниже рассмотрим только вопросы классификации технологий ИИ.

2. Выбор методологического аппарата построения классификации технологий искусственного интеллекта

В настоящее время в отношении систем искусственного интеллекта вопросы классификации определены национальным стандартом ГОСТ Р 59277-2020, который введен в действие приказом Росстата от 23 декабря 2020 г. №1372-ст. Анализ открытых источников в области классификации технологий ИИ показал, что вопрос классификации существующих технологий ИИ, в целом, и технологий ИИ, используемых в интересах ВС РФ, в частности, до сих пор не рассматривался.

Рассмотрим существующие подходы к построению классификаций.

В работе² для решения задач классификации рекомендованы методы комбинаторно-морфологического анализа и синтеза. Они предназначены для поиска новых решений на основе разделения рассматриваемой системы на подсистемы и элементы, формирования подмножеств альтернативных вариантов реализации каждой подсистемы, комбинирования различных вариантов построения системы из

² Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике: учебник для вузов. М.: Финансы и статистика, 2000. – 368 с.

альтернативных вариантов реализации подсистем, выбора наилучших вариантов решения задачи классификации.

Метод морфологического исследования реализуется в два качественно различных этапа [8]. Первый этап – морфологический анализ – предполагает описание всех технологий ИИ, принадлежащих к исследуемому классу. На втором этапе – морфологический синтез – производится выбор технологий ИИ, наиболее соответствующих условиям задачи.

Метод морфологического анализа и синтеза реализуется в несколько этапов.

Этап 1. Формирование исходной цели или проблемы, отражающей основные требования к синтезируемому объекту.

Этап 2. Построение морфологической таблицы и заполнение ее альтернативами. В качестве альтернатив в нашем случае целесообразно рассматривать различные технологии ИИ.

Этап 3. Описываются свойства альтернатив морфологической таблицы. Свойства альтернатив могут описываться в шкале наименований классификационными функциональными и структурными признаками или в числовой шкале, отражающей качество альтернатив по различным критериям.

Проведенный анализ методов разработки морфологических таблиц показал, что для решения задачи классификации технологий ИИ наиболее подходящим является разработка морфологических таблиц с использованием классификационных признаков.

3. Разработка классификатора технологий искусственного интеллекта

Многообразие технологий ИИ существенно затрудняет их восприятие. Вместе с тем они обладают характерными отличиями, которые и являются классификационными признаками.

За методологическую основу выбора классификационных признаков был взят подход, использованный для классификации систем искусственного интеллекта в ГОСТ Р 59277-2020. Применение данного подхода позволило определить 7 основных классификационных признаков (таблица 1): по характеру решаемых задач; по методам решения задач; по типу систем военного назначения; по методам обработки информации; по типу используемых алгоритмов обработки информации; по виду представления знаний; по типу воспринимаемой информации.

Таблица 1 – Классификатор технологий ИИ

Классификационный признак	Класс технологий искусственного интеллекта
1. По характеру решаемых задач	1. Боевые задачи (задачи огневого, радиоэлектронного, ядерного поражения, поражения с использованием оружия на новых физических принципах и т.д.). 2. Задачи боевого обеспечения боевых действий (разведка, маскировка, инженерное обеспечение, радиационная, химическая и биологическая защита и т.д.). 3. Задачи технического обеспечения боевых действий (диагностика технического состояния ВВСТ, поиск и определение характера неисправностей (повреждений), расчет ресурсов для устранения неисправности (повреждения), эвакуация, восстановление ВВСТ и т.д.). 4. Задачи тылового обеспечения боевых действий (подвоз материальных средств, диагностика, эвакуация и восстановление техники тыла и т.д.). 5. Задачи медицинского обеспечения (контроль и диагностика состояния здоровья военнослужащих, эвакуация раненых и т.д.)
2. По методам решения задач	1. Глубокое обучение нейронных сетей. 2. Распознавание и синтез речи, текстов. 3. Виртуализация и виртуальные миры. 4. Извлечение знаний. 5. Обработка больших данных. 6. Самоорганизация. 7. Представление сущностей как агентов. 8. Квантовые вычисления. 9. Другие
3. По типу систем военного назначения	1. Системы управления войсками и оружием. 2. Системы разведки, наблюдения и целеуказания. 3. Системы диагностики технического состояния ВВСТ. 4. Системы управления ресурсами (финансовыми, кадровыми и т.д.). 5. Учебно-тренировочные системы. 6. Системы поддержки и принятия решений. 7. Системы информационного противоборства. 8. Системы противоракетной и противовоздушной обороны. 9. Системы связи. 10. Системы управления образцов ВВСТ. 11. Метеорологические системы. 12. Другие
4. По методам обработки информации	1. Нейросетевые алгоритмы. 2. Эволюционные и генетические алгоритмы. 3. Муравьиные алгоритмы. 4. Глубокое обучение. 5. Роевые вычисления. 6. Мягкие вычисления. 7. Дерево решений. 8. Регуляризация. 9. Аналоговая обработка данных. 10. Регрессия. 11. Решение обратных задач. 12. Система правил. 13. Другие
5. По типу используемых алгоритмов обработки информации	1. Традиционные алгоритмы. 2. Нейросетевые алгоритмы. 3. Гибридные алгоритмы
6. По виду представления знаний	1. Продукционные. 2. Фреймовые. 3. Нейросетевые. 4. Логические. 5. Нечеткие знания
7. По типу воспринимаемой информации	1. Фото-, видео-, тепловизионные, радиолокационные изображения. 2. Аудио-, текстовые (символьные) сообщения

Здесь представлен первый (базовый) уровень иерархии классификации, который можно декомпозировать по каждой группе в отдельности до необходимой глубины детализации.

Очевидно, что дальнейшее развитие технологий ИИ повлечет расширение данного классификатора базового уровня.

4. Разработка иерархической классификации технологий искусственного интеллекта (пример)

С учетом рассмотренных выше признаков классификации и шкал для их измерения при построении иерархической классификации технологий ИИ будем использовать шкалу наименований.

Рассмотрим матрицу «образов» технологий ИИ, которая представляет собой по вертикали перечень технологий, а по горизонтали – набор отличительных признаков, формирующих «образ» каждой технологии. Такая матрица имеет q столбцов и p строк (порядка $q \times p$), причем номеру столбца соответствует наименование технологии ИИ S_j , ($j = 1, 2, \dots, q$), а номеру строки – название функционального признака Z_i , ($i = 1, 2, \dots, p$). Информационным содержанием матриц являются указания о присутствии или отсутствии каждого из учитываемых признаков в рассматриваемых технологиях. При этом если i -й признак присутствует в j -й технологии, то на пересечении i -й строки и j -го столбца помещается «1», в противном случае – «0».

Примем, что на сегодняшний день существует более 20 основных технологий ИИ, а в качестве признаков, составляющих их «образы», можно использовать любые из предложенной классификации (см. таблицу 1). Для наглядности и в качестве примера выберем 6 наиболее разработанных и используемых в настоящее время технологий ИИ: машинное обучение; анализ больших данных (Big Data); интернет вещей; извлечение знаний; речевая аналитика; многоагентные технологии.

В качестве отличительных признаков возьмем 8 основных групп (классов) методов решения задач. Тогда в соответствии с рассматриваемым подходом матрица «образов» технологий ИИ может быть представлена в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Матрица образов технологий ИИ

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
Z_1	0	0	1	1	1	0
Z_2	0	0	1	0	0	1
Z_3	0	1	1	0	1	0
Z_4	1	1	1	1	1	1
Z_5	1	1	0	0	0	0
Z_6	1	0	1	0	0	0
Z_7	0	1	0	1	0	1
Z_8	1	0	0	0	0	0

Семейство множеств S или Z с заданными на них отношениями можно рассматривать как системы, в которых связи между элементами образуют определенную структуру. Следовательно, содержание задач по обработке матриц образов технологий ИИ включает подбор типов отношений и анализ структуры порождаемых ими систем классификации.

Рассмотрим алгоритм построения иерархической классификации на основе анализа матрицы сходства между технологиями ИИ по методам решения задач.

Приводимый здесь алгоритм построения иерархической классификации основан на анализе значений матрицы сходства. Рассмотрим пошаговую обработку данных для построения иерархической классификации.

Шаг 1. Определяются два множества: множество исследуемых объектов $S = \{S_1, S_2, \dots, S_q\}$ и множество признаков $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_p\}$. Экспертным методом формируются индексированные множества по каждому объекту. Далее вычисляются меры сходства по одной из формул, приведенных в работе³. Возьмем для расчетов формулу Чекановского-Серенсена, тогда вычисления будем осуществлять по следующему выражению:

$$C(S_1, S_2) = \frac{2 \sum_{i=1}^p x_{i1} x_{i2}}{\sum_{i=1}^p x_{i1} + \sum_{i=1}^p x_{i2}},$$

где x_{i1}, x_{i2} – одно из двух значений (0, 1).

Например, для пары объектов S_1 и S_2 меры сходства имеют следующие значения:

$$C(S_1, S_2) = \frac{2 \sum_{i=1}^{18} x_{i1} x_{i2}}{\sum_{i=1}^{18} x_{i1} + \sum_{i=1}^{18} x_{i2}} = \frac{2 \cdot 2}{4+4} = 0,5.$$

³ Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Указ. соч.

Аналогично проводятся расчеты по всем возможным парам объектов, затем на основе полученных значений строится матрица сходства (таблица 3).

Последующую иллюстрацию алгоритма осуществим на примере данной таблицы.

Шаг 2. Просматриваются все элементы матрицы сходства, расположенные выше главной диагонали. Определяется и метится элемент (элементы), имеющий максимальное значение меры сходства $C(S_i, S_j) = \max$ (данный элемент не принадлежит к элементам главной диагонали). Для рассматриваемой матрицы сходства такими элементами являются $C(S_3, S_5) = 0,75$.

Шаг 3. Определяются номера i -й строки j -го столбца, на пересечении которых расположены отмеченные на шаге 2 элементы. Из матрицы сходства извлекаются все значения, соответствующие i -й строке и j -му столбцу, из которых формируются массивы значений мер сходства (таблица 4).

Шаг 4. Определяется мера сходства класса $C(S_3, S_5)$ одним из методов, описываемых обобщенной формулой⁴. Используем метод медианы (среднего арифметического). Тогда с учетом метода медианы получаем массив (таблица 5).

Таблица 3 – Матрица мер сходства

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
S_1	1	0,5	0,44	0,29	0,33	0,33
S_2	0,5	1	0,44	0,57	0,29	0,57
S_3	0,44	0,44	1	0,5	0,75	0,5
S_4	0,29	0,57	0,5	1	0,67	0,67
S_5	0,33	0,29	0,75	0,67	1	0,33
S_6	0,33	0,57	0,5	0,67	0,33	1

Таблица 4 – Массив значений мер сходства на шаге 3

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
S_3	0,44	0,44	1	0,5	0,75	0,5
S_5	0,33	0,29	0,75	0,67	1	0,33

Таблица 5 – Массив значений мер сходства на шаге 4

	S_1	S_2	$S_{3,5}$	S_4	S_6
$S_{3,5}$	0,39	0,37	1	0,59	0,42

⁴ Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Указ. соч.

Полученный массив данных вписывается на место 3-й и 5-й строк и тех же столбцов вновь формируемой матрицы сходства. Исходная матрица сходства примет следующий вид (таблица 6).

На данном шаге запоминаются значения индексов вновь образованного класса (S_3, S_5), и меры сходства, при которой этот класс образовался, $C(S_3, S_5) = 0,75$.

Шаг 5. Процедура обработки матрицы сходства вновь начинается с шага 2. Итерационный процесс продолжается до тех пор, пока размерность матрицы сходства не уменьшится до 2x2. На этом процесс построения иерархической классификации заканчивается.

В результате работы алгоритма определяются перечень индексов классов в том порядке, в котором они объединялись в новые классы, а также уровни сходства, на которых это объединение происходило. Для рассматриваемого примера имеем следующие результаты (таблица 7).

Для удобства восприятия иерархической классификации строятся так называемые дендрограммы, которые представляют собой древо-видную схему и позволяют наглядно определить степень сходства технологий ИИ по выбранному признаку, в нашем случае – по методам решения задач (рисунок 2).

Таблица 6 – Итоговая матрица сходства

	S_1	S_2	$S_{3,5}$	S_4	S_6
S_1	1	0,5	0,39	0,29	0,33
S_2	0,5	1	0,37	0,57	0,57
$S_{3,5}$	0,39	0,37	1	0,59	0,42
S_4	0,29	0,57	0,59	1	0,67
S_6	0,33	0,57	0,42	0,67	1

Таблица 7 – Иерархическая классификация технологий ИИ

Уровень класса	Мера сходства	Классы
1	0,75	$S_3 = S_5$
2	0,67	$S_4 = S_6$
3	0,57	$S_2 = S_{4,6}$
4	0,46	$S_{2,4,6} = S_{3,5}$
5	0,4	$S_1 = S_{2,3,4,5,6}$

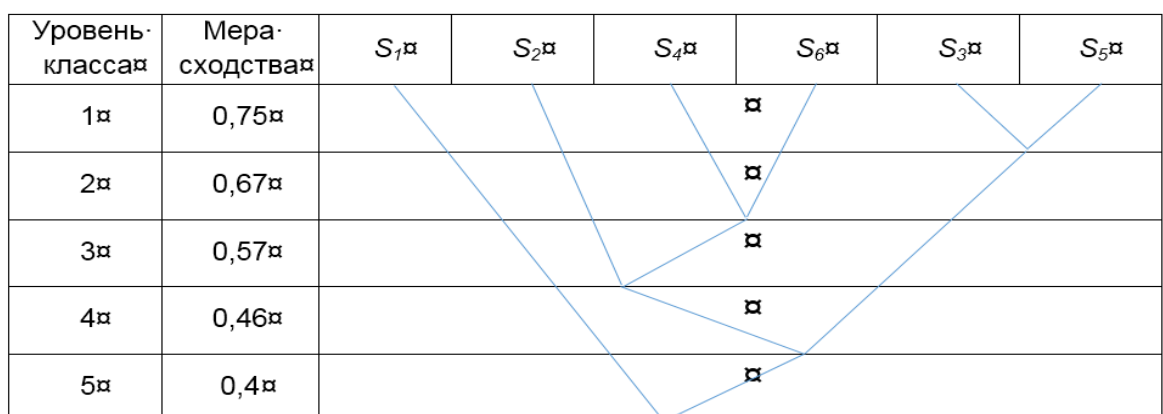


Рисунок 2 – Дендрограмма технологий искусственного интеллекта

Таким образом, для выбора классификационных признаков и построения классификации технологий ИИ в статье была использована методология комбинаторно-морфологического анализа и синтеза. С помощью выбранного подхода разработаны морфологическая таблица с использованием классификационных признаков, а также иерархическая классификация технологий ИИ на основе обработки матрицы мер сходства по методам решения задач, представленная в виде дендрограммы.

Заключение

В ходе исследований установлено, что технологии искусственного интеллекта не могут быть объектом каталогизации, так как технологии как объект не являются изделием военной техники, комплектующим изделием, материалом и иной продукцией, предназначенной для самостоятельной поставки для нужд ВС РФ. Вместе с тем для придания общности использования таких технологий в интересах Минобороны России целесообразно их классифицировать по ряду отличительных признаков: типу систем военного назначения, характеру, методам решаемых задач и другим отличительным признакам, а также по степени сходства методов решения задач.

Иерархические классификации целесообразно представлять в виде дендрограмм – специальных древовидных схем объектов классификации на основе матрицы сходства, которые делают наглядной структуру иерархической классификации и позволяют определить степень сходства технологий ИИ по выбранному отличительному признаку.

Список использованных источников

1. Моисеев В.В., Губанов А.В., Андреев С.Н. Использование системы каталогизации предметов снабжения Вооруженных Сил Российской Федерации для информационной поддержки экспортной деятельности оборонно-промышленного комплекса: этапность работ, проблемные вопросы, предложения по их реализации // Вооружение и экономика. 2010. №3(11). – С. 30-34.
2. Андрейков И.П., Пьянков А.А. Каталог оборонной продукции как инструмент согласованного планирования государственных программ вооружения и развития оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации // Вооружение и экономика. 2020. №2(52). – С. 24-32.
3. Терская Л.П., Степанов С.Б. К вопросу создания системы каталогизации предметов снабжения Вооруженных Сил Российской Федерации // Евразийское Научное Объединение. СПб. 2019. №11-5(57). – С. 426-428.
4. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. А.М. Московского. М.: Изд-во «Вооружение. Политика. Конверсия», 2005. – 418 с.
5. Дубовская Н.И., Щербаков К.А. Идентификация процессов каталогизации предметов снабжения Вооруженных Сил Российской Федерации // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооружённых Сил Российской Федерации. 2020. №2(16). – С. 16-20.
6. Карташев А.В. Основы каталогизации продукции. Рязань: «Русское слово», М.: Центр каталогизации и информационных технологий «Каталит», 2004. – 217 с.
7. Бойцов Б.В., Гончаренко В.И., Дмитриев С.А. и др. Стандартизация и унификация оборонной продукции: учебное пособие. М.: АСМиС, 2016. – 184 с.
8. Одрин В.М. Морфологический синтез систем: постановка, классификация методов, морфологические методы «конструирования». Киев: Ин-т кибернетики, 1986. – 37 с.