

Математическая модель электронного документа долговременного хранения

А. В. Соловьев

Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" РАН, г. Москва, Россия

Аннотация. В статье предложена математическая модель электронного документа долговременного хранения, представляющая собой объединение выделенных по смыслу частей документа – семантических блоков. Определен состав семантических блоков верхнего уровня (макроблоков), необходимый и достаточный для организации долговременного хранения. В ходе исследования выполнено достаточно подробное моделирование макроблоков верхнего уровня: оригинала электронного документа долговременного хранения, а также его нормализованной копии. Под нормализацией в данном исследовании понимается приведение оригинала электронного документа к единому формату (набору форматов) данных, предназначенного для долговременного хранения. Показано, что состав семантических блоков электронного документа зависит от создающей его информационной системы. Приведен пример электронного документа системы электронного документооборота и определен состав его семантических блоков.

Ключевые слова: долговременное хранение, сохранность документа, электронный документ, метаданные, цифровые данные.

DOI 10.14357/20718632220204

Введение

Как было показано в работе автора [1], когда речь идет о долговременном хранении электронных документов (далее – ЭлД) крайне важной становится проблема определения состава информации, необходимой и достаточной для полной интерпретации такого документа в будущем. Т.е., по сути, речь идет о разработке математической модели ЭлД долговременного хранения.

В статьях [1, 2] был определен подход к математическому моделированию ЭлД в смысле определения состава и структуры информации, необходимой и достаточной для долговременного хранения ЭлД. Была также представлена разработанная в общем виде математическая модель ЭлД.

Кроме того, в работе [1] дано определение ЭлД в применении к организации долговременного хранения и в общем виде дан состав его информации.

В качестве необходимого состава информации были взяты важные составные части ЭлД долговременного хранения. К таким частям, по мнению автора, относятся метаданные ЭлД, нормализованная копия ЭлД, связанные справочники и классификаторы, индексы. Также к составным частям ЭлД могут относиться компоненты электронной подписи (ЭП), если ЭП используется для подтверждения авторства и неизменности ЭлД.

В данной статье представлена математическая модель ЭлД долговременного хранения.

1. Математическая модель электронного документа долговременного хранения

Как было показано в [1], согласно теории документного интерфейса [3, 4], документ – это структурированная информация, представляющая собой совокупность взаимосвязанных семантических блоков, где семантические блоки — выделенные по смысловому содержанию части документа. В общем случае разбиение документа на семантические блоки неоднозначно и может осуществляться человеком, а может - с помощью автоматической информационной системы [5]. На основании этого для Элд долговременного хранения необходимо разработать математическую модель.

Математическую модель Элд можно представить в виде графа или дерева, вершинами которого являются семантически блоки B_i , ребрами – связи между B_i . B_i [1]. Необходимо разобраться, какие семантические блоки можно однозначно выделить в Элд, которые необходимы и достаточны для организации долговременного хранения.

Часть семантических блоков может быть общей для различных Элд, например, если нормативные документы, на которые ссылаются Элд, также представляют собой Элд. Спра-

вочники и классификаторы, причем именно в той версии, которая существовала на момент создания Элд, также могут быть как семантическими блоками, общими для различных Элд, так и связанными разными Элд [6]. Множество связанных Элд, каждый из которых представляет собой отдельный граф из B_i , может быть объединено в единый граф связанных Элд.

Согласно исследованию [1], в общем виде модель Элд определяется так:

существует множество Элд $D = \{ D_k \}$,
 $D_k = U_{(i=1,N)}(B_i)$.

Элд разбивается на семантические блоки, если:

- $B_i \cap B_j \neq 0$, то $B_i \subseteq B_j$ или $B_j \subseteq B_i$;
- $\exists B_j \subset B_i$, то $B_i = \cup B_j$ для всех $B_j \subset B_i$.

Каждому Элд D_k из множества D поставим в соответствие некоторый граф $G(D_k) = (V, E)$, представляющий схему его семантических блоков. V — множество вершин графа, E — множество дуг.

$$V = \{B_i\}. E = \{(B_i, B_j): B_i \rightarrow B_j\}.$$

Графически документ и схему его семантических блоков (граф) можно представить как показано на Рис. 1.

Каждый B_i представляет собой определенную часть Элд, фрагмент части (подчасть), фрагмент подчасти и т.д.

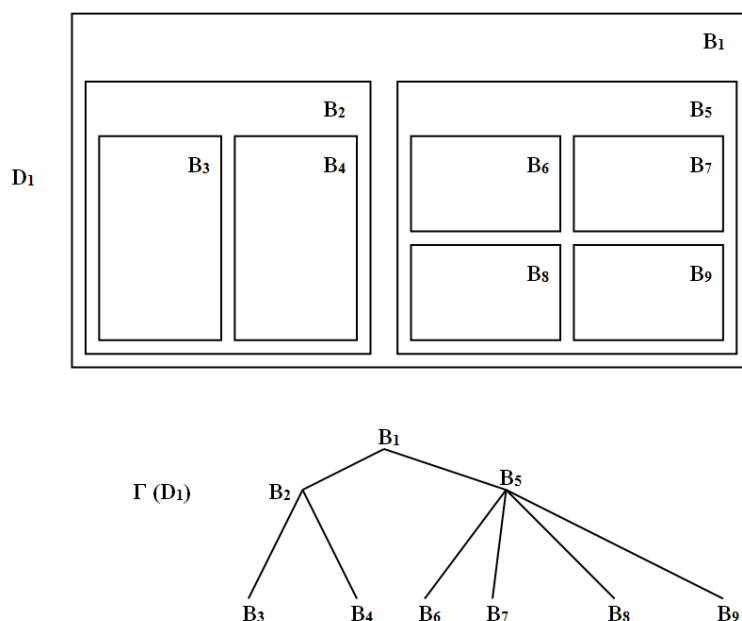


Рис. 1. Документ (D_k) и схема его семантических блоков (граф $G(D_k)$)

Перечислим части документа, необходимые для долговременного хранения.

Во-первых, это, безусловно, сам оригинал документа *OrD*, т.е. электронный документ (оригинал) или оцифрованное изображение оригинального бумажного документа, которое далее также будем обозначать как оригинал. Это неизменяемая часть ЭлД долговременного хранения, которая может состоять из одной или нескольких частей (файлов), может включать ЭП, проставленные, например, в системе электронного документооборота (СЭД) [2, 7]. Этот семантический блок ЭлД верхнего уровня является необходимым для долговременного хранения.

Во-вторых, это метаданные ЭлД *DMD*, т.е. такие данные о документе, как автор (авторы), время и место создания, время последнего изменения, сведения о формате, название документа. Возможны и другие данные, например, установленные стандартом «дублинского ядра» (Dublin Core [8]). Метаданные необходимы для решения проблемы интерпретирования ЭлД [9]. Кроме того, к метаданным также может относиться модель содержания документа или структура его семантических блоков, обычно представленная в виде графа $G(D_k)$. Также к метаданным может относиться и модель представления (отображения) ЭлД в процессе интерпретации или просмотра пользователем. Метаданные – это также семантический блок ЭлД верхнего уровня, который является необходимым для долговременного хранения. Также к метаданным могут быть отнесены данные о действиях с ЭлД, т.е. различные выписки из журналов инвентаризаций, операций, безопасности и т.д., данные индексов, в том числе и полнотекстовых.

В-третьих, еще одна часть документа, необходимая для долговременного хранения – это *OdfD*, нормализованная копия ЭлД. Под нормализацией здесь понимается приведение ЭлД к единому формату (набору форматов) долговременного хранения оригинала документа *OrD*. Это также семантический блок ЭлД верхнего уровня, который хотя и не является крайне необходимым для долговременного хранения, но, безусловно, поможет в решении проблемы интерпретации ЭлД [9], особенно, когда речь идет о хранении ЭлД в течение десятилетий. За та-

кой период ни один производитель форматов не даст гарантии технической поддержки, а, следовательно, и интерпретации цифрового формата ЭлД.

В-четвертых – нормативно-справочная информация (классификаторы, словари, нормативные документы) *CLI* на которые ссылается основной документ. Все подобные системы классификации и нормативно-справочной информации в случае ссылок на них из ЭлД, подлежащего долговременному хранению, должны сохраняться вместе с ЭлД. Причем, сохраняться они должны именно в той версии, которая была актуальна на момент создания ЭлД. Дело в том, что вся нормативно-справочная информация (НСИ) может изменяться со временем, что может привести к тому, что версии НСИ не совпадут с актуальными на момент создания ЭлД. Это, в свою очередь, приведет к проблеме интерпретации ЭлД в будущем. Впрочем, сложность может представлять и отсутствие соответствующей актуальной НСИ в электронном виде на момент создания ЭлД.

В-пятых – данные о документах, связанных с данным ЭлД *LDI*. Этот блок выделен отдельно от НСИ скорее для удобства, а не по причине принципиальной разницы. Наличие блока также связано с необходимостью решения проблемы интерпретации ЭлД. Проблемы здесь те же, что и в случае с НСИ: наличие связанных ЭлД в электронном виде и наличие актуальных на момент создания ЭлД версий связанных документов.

Таким образом, математическую модель ЭлД долговременного хранения можно представить в следующем виде:

$$D_k = OrD \cup OdfD \cup DMD \cup CLI \cup LD \quad (1)$$

Каждый семантический блок ЭлД верхнего уровня (назовем его макроблоком), представленный в формуле (3.1) также делится на семантические блоки следующего уровня.

Оценку сложности модели ЭлД при составлении модели для конкретной информационной системы, выполняющей функции долговременного хранения ЭлД, можно провести следующим образом. Назовем рангом (или порядком) семантического блока B_i и обозначим $r(B_i)$ — длину максимальной цепочки вложенных бло-

ков с началом в B_i . Иначе $r(B_i) = \max \{m: \exists \text{ блоки } B_{i1}, \dots, B_{im} \text{ такие, что } B_{im} \subset \dots \subset B_{i1} \subset B_i\}$. Если блок B_i прост, то $r(B_i) = 0$.

Модель ЭЛД считаем сложной, если $r(B_i) \geq 10$, простой, если $r(B_i) \leq 4$. Иначе, модель можно отнести к среднему классу сложности.

2. Математические модели макроблоков

Теперь перейдем к разработке математических моделей каждого макроблока ЭЛД долговременного хранения.

В первую очередь необходимо разработать математические модели для оригинала ЭЛД OrD и связанной с оригиналом нормализованной копии ЭЛД OdD .

2.1. Математическая модель оригинала электронного документа

Для того, чтобы разработать математическую модель оригинала ЭЛД необходимо представить, из каких семантических блоков может состоять ЭЛД, создаваемый в той или иной информационной системе и подготовленный для долговременного хранения.

Пусть оригинал ЭЛД OrD – это электронный оригинал документа или оцифрованное изображение оригинального бумажного документа будет неизменяемой частью ЭЛД. Тогда неизменность и авторство OrD должно быть каким-то образом подтверждено. Пусть для подтверждения неизменности и авторства OrD ЭЛД используется электронная подпись (ЭП).

Тогда математическая модель оригинала документа OrD представляется в общем виде следующим образом:

$$OrD = U_{(i=1,N)}(OrDoc_i \cup U_{(j=1,M1)}(Sign_{ij})) \quad (2)$$

$OrDoc_i$ – часть оригинала ЭЛД. Она может состоять из набора отдельных семантических блоков (например, если каждая страница многостраничного документа представлена отдельной оцифрованной копией), каждый из которых может быть заверен отдельной ЭП.

$Sign_{ij}$ – j -я электронная подпись (ЭП) i -го семантического блока оригинала документа.

$Sign_{ij}$ – также может делиться на семантические блоки. ЭП может содержать в себе как собственно ЭП $Sign_{ij}$, так и сертификат подпи-

савшего или даже цепочку сертификатов $CertSign_{ijk}$, или же ссылки на сертификаты ЭП $CertLinkSign_{ijk}$, если сами сертификаты хранятся в виде отдельных ЭЛД. ЭП также может содержать сертификаты удостоверяющих центров (УЦ) $CertUC_{ijk}$, или же ссылки на ЭЛД сертификатов УЦ $CertLinkUC_{ijk}$, списки отзыва сертификатов CRL_{ijk} . $Sign_{ij}$ – неизменяемая часть ЭЛД. Новые ЭП могут добавляться в процессе, например, перезаверения новой ЭП с целью обеспечения аутентичности ЭЛД в процессе долговременного хранения (подробнее – [10]).

Тогда математическая модель оригинала ЭЛД будет выглядеть следующим образом:

$$OrD = U_{(i=1,N)}(OrDoc_i \cup U_{(j=1,M1)}(Sign_{ij} \cup U_{(k=1,K)}(CertSign_{ijk} \cup CertLinkSign_{ijk} \cup CertUC_{ijk} \cup CertLinkUC_{ijk} \cup CRL_{ijk}))) \quad (3)$$

Хотя OrD – неизменяемая часть ЭЛД долговременного хранения, могут быть случаи, когда добавляется более точная версия ЭЛД (например, более четкий оцифрованный образ). В этом случае допустимо добавить новый, но делается это только уполномоченным лицом, например, администратором безопасности, а в протоколе безопасности обязательно ставится отметка о произведенной замене. Добавлять новые электронные образы OrD рекомендуется без удаления старых, чтобы исключить возможность подделки ЭЛД.

Вследствие того, что ЭЛД создаются в различных прикладных системах, в частности в СЭД, состав семантических блоков должен отражать особенности структуры ЭЛД, созданного в информационной системе.

Для примера рассмотрим состав семантических блоков типового делового документа, передаваемого в долговременное хранение из СЭД.

Состав семантических блоков ЭЛД может быть следующим:

$OrRes$ – оригиналы листов резолюций документа (эта часть документа и последующие могут возникнуть, например, при передаче документа из СЭД в архив), в общем случае также набор файлов, заверенный множеством ЭП;

$OrAgr$ – оригиналы листов согласований,

$OrExe$ – оригиналы листов исполнения (например, исполнения поручений по документу в СЭД),

OrMet – оригиналы листов ознакомлений,

OrApp – различные приложения оригинала ЭлД (например, файлы, в том числе аудио и видео).

В этом случае математическая модель *OrD* может быть представлена в следующем виде:

$$OrD = ((U_{(i=1,N1)}(OrDoc_i \cup (U_{(j=1,M1)}DSign_{ij}))) \cup \\ (U_{(i=1,N2)}(OrRes_i \cup (U_{(j=1,M2)}RSign_{ij}))) \cup \\ (U_{(i=1,N3)}(OrAgr_i \cup (U_{(j=1,M3)}ASign_{ij}))) \cup \\ (U_{(i=1,N4)}(OrExe_i \cup (U_{(j=1,M4)}ESign_{ij}))) \cup \\ (U_{(i=1,N5)}(OrMet_i \cup (U_{(j=1,M5)}MSign_{ij}))) \cup \\ (U_{(i=1,N6)}(OrApp_i \cup (U_{(j=1,M6)}ApSign_{ij}))) \cup SignOrD, \quad (4)$$

где *DSign_{ij}*, *RSign_{ij}*, *ASign_{ij}*, *ESign_{ij}*, *MSign_{ij}*, *ApSign_{ij}* – *j*-я электронная подпись *i*-го семантического блока оригинала ЭлД соответственно: *OrDoc_i*, *OrRes_i*, *OrAgr_i*, *OrExe_i*, *OrMet_i*, *OrApp_i*.

SignOrD – ЭП контролирующая целостность *OrD*. Эта ЭП, так же как и остальные подписи частей, может дополняться «новыми» подписями по мере прохождения процедур инвентаризации ЭП для обеспечения целостности состава семантических блоков оригинала ЭлД.

Можно утверждать, что разбиение документа на подобные семантические блоки может быть оправдано, учитывая, например, разделение прав доступа к различным частям (семантическим блокам) оригинала ЭлД.

Например, рассмотрим такую операцию для ЭлД долговременного хранения, как выдача документа по запросу пользователю. При этом необходимо учитывать тот факт, что разные части документа могут иметь разные уровни доступа (грифы секретности). Следовательно, выдавать такой документ можно только в отношении тех частей, уровень доступа к которым соответствует уровню доступа пользователя. Если бы оригинал документа представлял собой единый семантический блок, подобную выдачу было бы сложно осуществить.

В этом случае вопрос о том, как хранить документ, и как выдавать пользователю по запросу, должен базироваться на возможности разного доступа к частям документа. Декомпозиция документа на части при долговременном хранении в таком случае неизбежна и оправдана.

Недостатком данной схемы является необходимость контроля целостности всего документа, а не только отдельных частей, иначе

части могут быть потеряны. Другой недостаток – избыточность информации для подтверждения неизменности различных семантических блоков ЭлД.

2.2. Математическая модель нормализованной копии электронного документа

Нормализованная копия оригинала ЭлД – это преобразованный к формату долговременного хранения семантический блок *OrD*. Нормализованная копия *OdfD* создается один раз при приеме ЭлД в долговременное хранение и больше не изменяется в процессе хранения.

Пусть нормализованная копия оригинала документа *OdfD* – неизменяемая часть электронного документа долговременного хранения в ЭлД. *OdfD* может заверяться ЭП при приеме ЭлД в долговременное хранение. В общем виде математическая модель нормализованной копии ЭлД может быть представлена в следующем виде:

$$OdfD = (U_{(i=1,N1)}OdfDoc_i \cup (U_{(il=1,L1)}OdfLinkPic_{il})) \cup (U_{(j=1,N2)}OdfPic_j) \cup (U_{(k=1,N3)}Sign_k) \quad (5)$$

где *OdfDoc* – преобразованное к формату долговременного хранения (нормализованное) текстовое содержимое частей [1–N1] оригинала ЭлД (XML, ODF, PDF/A),

OdfPic – множество [1–N2] нормализованной графической информации (растровые и векторные изображения, элементы презентаций и др.), подлежащей преобразованию из сдаваемых документов в графические форматы долговременного хранения (TIFF, JPEG, PNG). Также в данную часть входят изображения, представляющие собой графический точный вид оригинала документа (подробнее о форматах долговременного хранения и хранении внешнего вида ЭлД [9]). Блок *OdfDoc* содержит множество ссылок на все графические материалы *OdfLinkPic*, *Sign* – множество ЭП [1–N3], заверяющих нормализованный документ (содержит в себе сертификаты подписавших, цепочку сертификатов, сертификаты удостоверяющих центров УЦ, возможно СОС – математическая модель (3)).

Можно утверждать, что если *OrD* логически можно разбить на семантические блоки, как в математической модели (4), то и *OdfD* должна

содержать нормализованные семантические блоки *OrD*. Например, как это представлено в математической модели (4).

Следует учесть, что если формат долгосрочного хранения (например, PDF/A) для *OdfD* спустя десятилетия (сейчас гарантия поддержки формата со стороны производителя заявлена на 50 лет), то может потребоваться повторная нормализация *OrD*. При этом появится проблема, если формат *OrD* более не интерпретируется. В этом случае потребуется провести нормализацию *OdfD* в новый формат долговременного хранения, однако юридическая значимость документа может быть поставлена под сомнение.

Чтобы постараться решить эту проблему, структура семантических блоков и обязательность заверения их по отдельности, и всей нормализованной копии в целом, должны повторять структуру деления для оригинала (математическую модель (4)).

Электронные подписи *OdfD* в этом случае должны содержать сведения об авторах документа из ЭП *OrD*.

Заключение

В результате проведенного исследования были разработаны математические модели Элд долговременного хранения с точки зрения структуры и состава информации. Математическая модель документа была разработана в виде объединения семантических блоков верхнего уровня (макроблоков). Важность и актуальность данного исследования подчеркивается большим количеством работ, посвященных определению состава информации Элд.

Описано моделирование макроблоков оригинала Элд долговременного хранения, а также нормализованной копии. Под нормализацией в данном исследовании понимается приведение оригинала Элд к единому формату (набору форматов) данных, предназначенного для долговременного хранения.

Провести моделирование Элд важно для создания технологии организации долговременного хранения Элд в целом и решения проблемы интерпретации Элд на длительном сроке хранения в частности.

Литература

1. Соловьев, А.В. Проблема определения электронного документа долговременного хранения // Информационные технологии и вычислительные системы, №1, 2022. С.47-54. doi: 10.14357/20718632220106.
2. Solovyev, A.V. Long-Term Digital Documents Storage Technology // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2020. vol. 641, pp.901-911. ISSN 1876-1100. doi: 10.1007/978-3-030-39225-3_97.
3. Емельянов, Н.Е. Виды представления структурированных данных // Теоретические основы информационной технологии. Сборник трудов ВНИИСИ. № 22, М.:ВНИИСИ, 1988. С.42–46.
4. Емельянов, Н.Е. Теоретический анализ документного интерфейса: Препринт / Н.Е. Емельянов. М.: Всесоюзный научно-исследовательский институт системных исследований. 1987, 40 с.
5. Grigoriev, O.G. et al. TITANIS: A Tool for Intelligent Text Analysis in Social Media // In: Kovalev S.M., Kuznetsov S.O., Panov A.I. (eds) Artificial Intelligence. RCAI 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12948. pp. 232-247. Springer, Cham. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-86855-0_16.
6. Белова, А.Н., Соловьев, А.В. Построение баз данных взаимосвязанных документов // Труды ИСА РАН. 2012. 62(3). С.25-30.
7. Typical requirements for automated electronic document management systems. Specification MoReq // Office for Official Publications of the European Communities as INSAR Supplement VI, ISBN 92-894-1290-9.
8. ГОСТ Р 7.0.10-2019 (ИСО 15836-1:2017) Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. НАБОР ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАДАННЫХ "ДУБЛИНСКОЕ ЯДРО". Основные (ядерные) элементы. (System of standards for information, librarianship and publishing. The Dublin Core metadata element set. Basic (core) elements).
9. Соловьев, А.В. Решение проблемы интерпретации цифровых данных долговременного хранения // Труды ИСА РАН. Том 71, выпуск 2, М.: 2021. С.43-49. doi: 10.14357/20790279210206.
10. Solovyev, A.V. Authentication control algorithm for long-term keeping of digital data // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE), vol.862(5), 052080, 2020. doi: 10.1088/1757-899X/862/5/052080.

Соловьев Александр Владимирович, Федеральное государственное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" Российской академии наук" г. Москва, Россия. Главный научный сотрудник, доктор технических наук. Количество печатных работ: 130. Область научных интересов: системный анализ, системы управления базами данных, теория надежности, математическое моделирование, долговременное хранение электронных документов. E-mail: soloviev@isa.ru

Mathematical Model of an Electronic Document of Long-Term Storage

A. V. Solovyev

Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. The article proposes a mathematical model of an electronic document for long-term storage, which is a union of the parts of the document distinguished by the meaning - semantic blocks. The composition of semantic blocks of the upper level (macroblocks), necessary and sufficient for the organization of long-term storage, is determined. In the course of the study, a sufficiently detailed modeling of top-level macroblocks was performed: the original of an electronic document for long-term storage, as well as its normalized copy. Normalization in this study is understood as bringing the original electronic document to a single format (set of formats) of data intended for long-term storage. It is shown that the composition of the semantic blocks of an electronic document depends on its information system being created. An example of an electronic document of an electronic document management system is given and the composition of its semantic blocks is determined. In the course of further research, the author plans to present the developed mathematical models of all macroblocks of an electronic document for long-term storage.

Keywords: long-term storage, document preservation, electronic document, metadata, digital data.

DOI 10.14357/20718632220204

References

1. Solovyev, A.V. 2022. Problema opredeleniya elektron-nogo dokumenta dolgovremennogo khraneniya [The problem of defining an electronic document for long-term storage] // Informatsionnyye tekhnologii i vychislitel'nyye sistemy [Information Technology and Computing Systems] 1: 47-54. doi: 10.14357/20718632220106.
2. Solovyev, A.V. 2020. Long-Term Digital Documents Storage Technology. Lecture Notes in Electrical Engineering. 641: 901-911. doi: 10.1007/978-3-030-39225-3_97.
3. Emelyanov, N.E. 1988. Vidy predstavleniya strukturirovannykh dannykh [Types of representation of structured data]. Teoreticheskiye osnovy informatsionnoy tekhnologii. Sbornik trudov VNIISI. [Theoretical foundations of information technology. Collection of works of VNIISI]. 22: 42-46.
4. Emelyanov, N.E. 1987. Teoreticheskiy analiz dokument-nogo interfeysa [Theoretical analysis of the document interface]. Vsesoyuznyy nauchno-issledovatel'skiy institut sistemnykh issledovaniy [All-Union Research Institute for System Research]. 40 p.
5. Grigoriev, O.G. et al. 2021. TITANIS: A Tool for Intelligent Text Analysis in Social Media. Artificial Intelligence. RCAI 2021. Lecture Notes in Computer Science. Springer, Cham. 12948: 232-247. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-86855-0_16.
6. Belova, A.N., Solovyev, A.V. 2012. Postroyeniye baz dannykh vzaimosvyazannykh dokumentov [Building databases of related documents]. Trudy ISA RAN [Proceedings of the ISA RAS]. 62(3): 25-30.
7. Typical requirements for automated electronic document management systems. Specification MoReq // Office for Official Publications of the European Communities as INSAR Supplement VI, ISBN 92-894-1290-9.
8. GOST R 7.0.10-2019 (ISO 15836-1:2017) System of standards for information, librarianship and publishing. The Dublin Core metadata element set. Basic (core) elements.
9. Solovyev, A.V. 2021. Resheniye problemy interpretatsii tsifrovyykh dannykh dolgovremennogo khraneniya [Solving the problem of interpreting digital data for long-term keeping]. Trudy ISA RAN [Proceedings of the ISA RAS]. 71(2): 43-49. doi: 10.14357/20790279210206.
10. Solovyev, A.V. 2020. Authentication control algorithm for long-term keeping of digital data // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE). 862(5): 052080. doi: 10.1088/1757-899X/862/5/052080.

Solovyev A. V. Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences. Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences, 44/2 Vavilova str., Moscow, 119333, Russia. E-mail: soloviev@isa.ru