

## МОДЕЛИ КОГНИТИВНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

Сотников А.Д.<sup>1</sup>, Катасонова Г.Р.<sup>2</sup>, Стригина Е.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», Санкт-Петербург, Россия (193232, г. Санкт-Петербург, пр. Большевиков, 22, корп. 1), e-mail: pk@sut.ru;

<sup>2</sup> ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет культуры и искусств», Санкт-Петербург, Россия (191186, г. Санкт-Петербург, наб. Дворцовая, 2-4), e-mail: pk@spbguki.ru

---

В статье выполнено формальное описание доменной модели когнитивных взаимодействий в сервис-ориентированных системах, позволяющей с единых позиций рассматривать информационные процессы, обеспечивающие взаимодействие и однотипно связывающие три различные области: физический домен, информационный домен и когнитивный домен. Выполнена попытка описать в формальной интерпретации неэнергетическое взаимодействие субъектов (обмен сигналами) при котором изменяется состояние (уровень информированности) хотя бы одного из них. Это справедливо и для частного случая взаимодействия субъекта и объекта, когда первый выступает приемником, а второй – источником «информации». Взаимодействие пары сущностей, принадлежащих различным областям (доменам), происходящее, как правило, по инициативе одного из участников, удобно рассматривать как сервис, а весь процесс может быть описан как совокупность предоставления и использования сервисов - относительно автономных групп действий, которые могут быть однозначно идентифицированы среди множества подобных.

---

Ключевые слова: доменная модель, информационное взаимодействие, когнитивное взаимодействие, сервис-ориентированные системы.

## A MODEL OF COGNITIVE INTERACTIONS IN THE SERVICE-ORIENTED SYSTEM

Sotnikov A.D.<sup>1</sup>, Katasonova G.R.<sup>2</sup>, Strigina E.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Saint-Petersburg State University of Telecommunications them. prof. M.A. Bonch Bruyevich, St. Petersburg (Russia), (197198, St. Petersburg, prospekt Bolsheviks, 22, building 1), e-mail: pk@sut.ru;

<sup>2</sup> Saint-Petersburg State University of Culture and Art, St. Petersburg (Russia), (191186, St. Petersburg Embankment. Palace, 2-4), e-mail: pk@spbguki.ru

---

The paper carried out a formal description of the model domain of info-communications, allowing a unified position to consider the information processes that ensure interoperability and same type of connecting three different areas: the physical domain, information domain and cognitive domain. An attempt was made to describe the formal interpretation of the non-energy interaction of subjects (signaling) in which changes state (awareness) of at least one of them. This is true for the special case of interaction between subject and object, when the first acts receiver, and the second - a source of "information". The interaction of pairs of entities belonging to different regions (domains) that happens usually at the initiative of one of the participants, it is convenient to consider as a service, and the whole process can be described as a set of services and use of -relatively autonomous groups of actions that can be uniquely identified among many such.

---

Keywords: domain model, communication, cognitive interaction, service-oriented systems.

Современные технологические системы инфокоммуникаций, а также прикладные социально ориентированные и бизнес-системы все чаще используют в своих названиях прилагательные «интеллектуальный» или «когнитивный», подчеркивая тем самым наличие свойств, связанных с возможностью принятия относительно «самостоятельных» решений, которые повышают значение целевой функции и традиционно имеют отношение к деятельности и продуктам человеческого сознания [6]. Тем не менее зачастую речь идет о большей или меньшей степени автоматизации процессов и еще реже – о принятии решений на основе некоторых, порой достаточно сложных, моделей, например, нейронных сетей и

нечеткой логики.

Доменная модель инфокоммуникаций [5; 7] позволяет по-новому подойти к задачам, связанным с когнитивным взаимодействием участников информационного процесса. Три домена – физический (ФД), информационный (ИД) и когнитивный (КД) разделяют три различные группы сущностей, в каждой из которых объекты (экземпляры сущностей) взаимодействуют по своим правилам. При этом некоторый объект когнитивного домена может взаимодействовать с аналогичным объектом только посредством сервисов «нижележащего» - информационного домена, а тот, в свою очередь, должен воспользоваться сервисами физического домена для обмена данными с иной сущностью информационного домена, которая затем предоставит возможность объекту когнитивного домена воспользоваться своим сервисом предоставления информации. Описанная процедура взаимодействия подобна процедурам взаимодействия уровней в модели ISO/OSI и реализует похожую логику [14].

Такое взаимодействие характерно для сложно организованных информационных и инфокоммуникационных систем и поэтому представляет интерес разработка формализованных методов описания и анализ процессов взаимодействия сущностей когнитивного домена.

### **Процессы информационного взаимодействия в доменной модели инфокоммуникаций**

Под информационным взаимодействием понимаем такое неэнергетическое взаимодействие субъектов (обмен сигналами), при котором изменяется состояние (уровень информированности) хотя бы одного из них. Это справедливо и для частного случая взаимодействия субъекта и объекта, когда первый выступает приемником, а второй – источником «информации». В формальной нотации сказанное записывается следующим образом:

$$\langle A \rangle^{\xi_A} \xrightarrow{Q_{12}^{\xi_A \xi_C}} \langle C \rangle^{\xi_C} \xrightarrow{Q_{23}^{\xi_C \xi_B}} \langle B \rangle^{\xi_B} \quad \text{или}$$

$$\langle A \rangle^{\xi_A} \xrightarrow{Q_{12}^{\xi_A \xi_C}} \langle C \rangle^{\xi_C} \xrightarrow{Q_{23}^{\xi_C \xi_B}} \left[ \langle \langle C \rangle^{\xi_C} \rangle^{\xi_B} \xrightarrow{Q_{34}^{\xi_C \xi_A}} \langle \langle A \rangle^{\xi_A} \rangle^{\xi_B} \right], \quad (1)$$

где:

$A$  - объект физического домена,

$\langle A \rangle^{\xi_{A_n}}$  - одно из множества возможных представлений объекта  $A_n$ ,

$Q_{22}^{\xi_{C^m} \xi_{C^k}}$  - операция преобразования тезаурусов систем  $C_m$  и  $C_k$ .

В общем виде элементарное взаимодействие двух информационных систем внутри ИД состоит в однонаправленной передаче/приеме представления (образа) объекта ФД или КД, описывается выражением:

$$\left\langle \left\langle A_n \right\rangle^{\xi_{A_n}} \right\rangle^{\xi_{C^m}} \xrightarrow{Q_{22}^{\xi_{C^m} \xi_{C^k}}} \left\langle \left\langle A_n \right\rangle^{\xi_{A_n}} \right\rangle^{\xi_{C^k}}, \quad (2)$$

где  $\xi_{C_n^m}$  - тезаурус m-й информационной системы,  $C_n^m$  - n-й информационный объект (элемент тезауруса системы).

Тогда взаимодействие нескольких информационных систем внутри ИД описывается как

$$\left[ \left\langle \left\langle A_n \right\rangle^{\xi_{A_n}} \right\rangle_{n=1, \dots, N}^{\xi_{C^m}} \right] \xleftarrow[Q_{22}]{\xi_{C^m} \xi_{C^k}} \left[ \left\langle \left\langle A_n \right\rangle^{\xi_{A_n}} \right\rangle_{n=1, \dots, N}^{\xi_{C^k}} \right] \begin{matrix} k=1, \dots, K \\ m=1, \dots, M \end{matrix} \quad (3)$$

Следовательно, информационный процесс представляет совокупность элементарных информационных взаимодействий, происходящих в информационном домене. Выражение (3) представляет «доменную модель» - описание информационного взаимодействия, затрагивающего сущности трех доменов, а именно: физического домена (где располагается объект A), информационного домена (где присутствует сигнал C - информационное представление объекта A) и когнитивного домена (где происходит формирование объекта B – представления исходного объекта A через восприятие, декодирование и «осмысление» сигнала – объекта C).

На рисунке 1 описанное выше взаимодействие представлено в графической форме, напоминающей диаграмму последовательности взаимодействий, используемую во многих нотациях для представления взаимодействий.

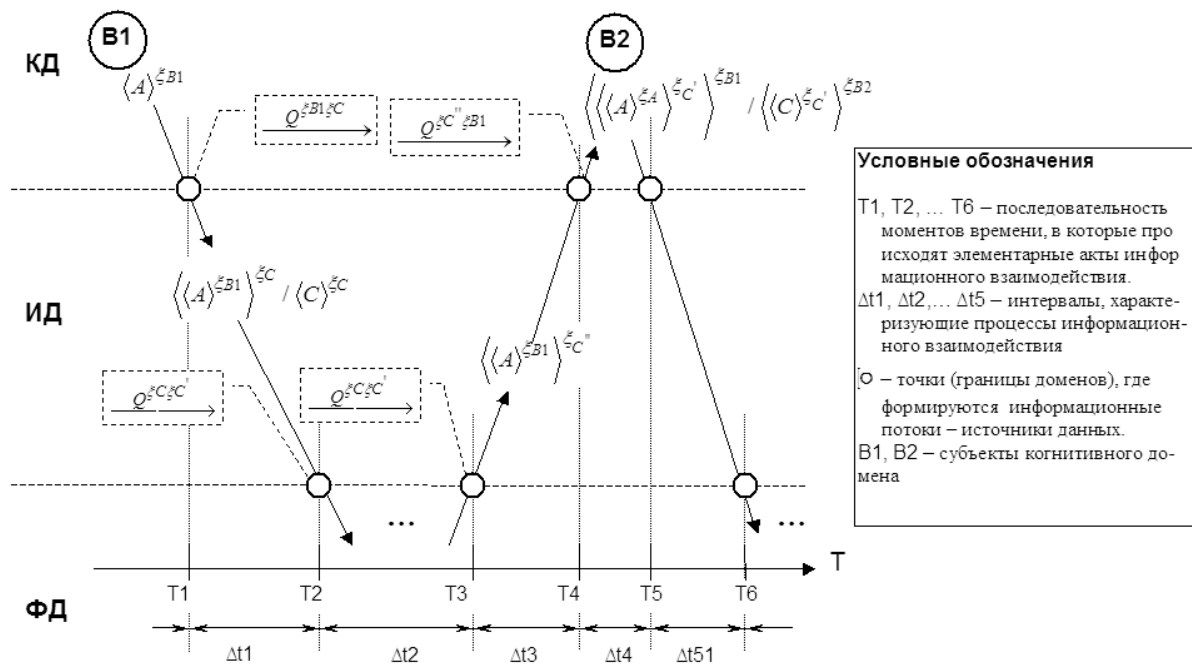


Рис. 1. Информационный процесс как совокупность элементарных взаимодействий сущностей трех доменов

Следует отметить, что каждое пересечение границы на рисунке 1 – это взаимодействие пары сущностей, принадлежащих различным доменам. Такое взаимодействие, происходящее, как правило, по инициативе одного из участников, удобно рассматривать как сервис, а весь процесс может быть описан как совокупность (часто последовательность) предоставления и использования сервисов – законченных, относительно автономных групп действий, которые могут быть однозначно идентифицированы среди множества подобных.

Из приведенных описаний модели можно сделать вывод, что *инфокоммуникации невозможно рассматривать, ограничиваясь компонентами ИД и ФД (информационной и телекоммуникационной составляющими), как это часто имеет место, без привлечения компонентов (сущностей и процессов) когнитивного домена*. Особенно заметно это становится в современном обществе, когда существенную долю передаваемого в телекоммуникационных сетях трафика данных (ИД) составляют, в смысле его внутреннего содержания, не только производственно-финансовые данные, но описание эмоций, чувств, воспоминаний, идей, решений, которые представляют сущности когнитивного домена. В значительной степени это относится к «социальным сетям» и другим информационным и когнитивным сервисам, во множестве возникающим в современных сетевых средах.

Для простейшего случая представление объекта  $A_1$  потребителю  $B_1$ , предоставленное информационной системой  $C_1^1$ , будет записан как

$$\langle A_1 \rangle^{\xi_{A_1}} \xrightarrow{Q_{12}^{\xi_{A_1} \xi_{C_1}^1}} \langle \langle A_1 \rangle^{\xi_{A_1}} \rangle^{\xi_{C_1}^1} \xrightarrow{Q_{23}^{\xi_{C_1}^1 \xi_{B_1}}} \langle \langle C_1 \rangle^{\xi_{C_1}^1} \rangle^{\xi_{B_1}} \quad \text{или} \quad \langle \langle \langle A_1 \rangle^{\xi_{A_1}} \rangle^{\xi_{C_1}^1} \rangle^{B_1} \quad (4)$$

Представления объектов  $A_1$  и  $A_2$  будут предоставлены потребителю  $B_2$  информационными объектами  $\langle C_1 \rangle^{\xi_{C_1}^1}$  и  $\langle C_2 \rangle^{\xi_{C_2}^2}$  систем  $C^1$  и  $C^2$  соответственно

$$\langle A_1 \rangle^{\xi_{A_1}} \xrightarrow{Q_{12}^{\xi_{A_1} \xi_{C_1}^1}} \langle \langle A_1 \rangle^{\xi_{A_1}} \rangle^{\xi_{C_1}^1} \xrightarrow{Q_{23}^{\xi_{C_1}^1 \xi_{B_2}}} \langle \langle C_1 \rangle^{\xi_{C_1}^1} \rangle^{\xi_{B_2}} \quad \text{или} \quad \langle \langle \langle A_1 \rangle^{\xi_{A_1}} \rangle^{\xi_{C_1}^1} \rangle^{B_2} \quad (5)$$

Аналогично для объектов  $A_n$  и потребителей  $B_k$  в общем виде:

$$\langle A_n \rangle^{\xi_{A_n}} \xrightarrow{Q_{12}^{\xi_{A_n} \xi_{C_n}^m}} \langle \langle A_n \rangle^{\xi_{A_n}} \rangle^{\xi_{C_n}^m} \xrightarrow{Q_{23}^{\xi_{C_n}^m \xi_{B_v}}} \langle \langle C_n \rangle^{\xi_{C_n}^m} \rangle^{\xi_{B_v}} \quad \text{или} \quad \langle \langle \langle A_n \rangle^{\xi_{A_n}} \rangle^{\xi_{C_n}^m} \rangle^{B_v} \quad (6)$$

Выражение (5) представляет модель информационного взаимодействия двух субъектов когнитивного домена, выраженную в терминах представлений систем информационного домена и объектов физического домена. Тогда представление объекта  $A_1$  в тезаурусе потребителя  $B_1$  служит основой для принятия решения  $\langle R_1 \rangle^{\xi_{B_1}}$  субъекта  $B_1$  когнитивного домена

$$\langle \langle \langle A_1 \rangle^{\xi_{A_1}} \rangle^{\xi_{C_1}^1} \rangle^{B_1} \xRightarrow{\Theta_{B_1}} \langle R_1 \rangle^{\xi_{B_1}}, \quad (7)$$

где  $\xRightarrow{\Theta_{B_1}}$  - оператор формирования решения (оператор сознания потребителя, автоматизированной системы принятия решений или управляющего автомата).

Тогда информационное взаимодействие пользователей  $B_i$  и  $B_j$ , ( $i \neq j$ ) в КД определяется через информационные представления  $\langle R_i^i \rangle^{\xi_{B_i}}$  и  $\langle R_m^j \rangle^{\xi_{B_j}}$  соответственно.

Вся последовательность начиная от формирования образа объекта  $A_1$  в ИД до восприятия его субъектом  $B_1$  в КД, принятия решения и передачи его через ИД субъекту  $B_4$  в КД представлена в выражении:

$$\langle \langle \langle A_1 \rangle^{\xi_{A_1}} \rangle^{\xi_{C_1}^1} \rangle^{B_1} \xRightarrow{\Theta_{B_1}} \langle R_1 \rangle^{\xi_{B_1}} \xrightarrow{Q_{32}^{\xi_{B_1} \xi_{C_7}^4}} \langle \langle R_1 \rangle^{\xi_{B_1}} \rangle^{\xi_{C_7}^4} \xrightarrow{Q_{23}^{\xi_{C_7}^4 \xi_{B_4}}} \langle \langle C_7 \rangle^{\xi_{C_7}^4} \rangle^{B_4} \langle \langle \langle R_1 \rangle^{\xi_{B_1}} \rangle^{\xi_{C_7}^4} \rangle^{\xi_{B_4}} \quad (8)$$

Выражение (8) представляет модель информационного взаимодействия двух субъектов когнитивного домена, выраженную в терминах представлений систем информационного домена, объектов физического домена и решений субъектов КД.

Более сложный случай, когда в ИД функционируют несколько взаимодействующих

ИС, например, С2 и С3. В этом случае возможен взаимный обмен информационными представлениями объектов из множества  $\{A\}$  ФД в той части, в которой совпадают тезаурусы  $\xi_{C^3}$  и  $\xi_{C^2}$  взаимодействующих систем. Иными словами, ИС С2 и С3 «понимают» друг друга настолько, насколько совпадают их тезаурусы.

### Практические приложения доменной модели

Доменная модель инфокоммуникаций обладает высоким уровнем абстракции и может с одинаковым успехом использоваться для описания деятельности в различных областях: бизнесе, здравоохранении, образовании, военном деле [13]. Каждый из этих случаев может рассматриваться как частная реализация более общего понятия – «инфокоммуникационная система» (ИКС).

Бизнес-процессы (БП) хорошо описывают деятельность, но взаимодействия участников БП – это в первую очередь акты информационных взаимодействий, поэтому дополнение процессной модели и ее проекция на доменную модель дают новые положительные свойства, которые позволяют отобразить в формальном описании новые черты объекта и использовать их для дальнейшего анализа и проектирования бизнес-систем.

Формальные описания процессов информационного взаимодействия ИС экономических бизнес-систем, например, предприятий, описываемые уточненными и расширенными соотношениями (5-8), позволяют корректно классифицировать различные типы предприятий и однозначно определить такие сущности, как «электронные» и «виртуальные» предприятия, которые зачастую ошибочно смешиваются [8]. Так, например, на основе доменной модели «электронное предприятие» может быть непротиворечиво определено как предприятие, основные (связанные с конечным продуктом) бизнес-процессы которого располагаются в информационном домене (рис. 2).

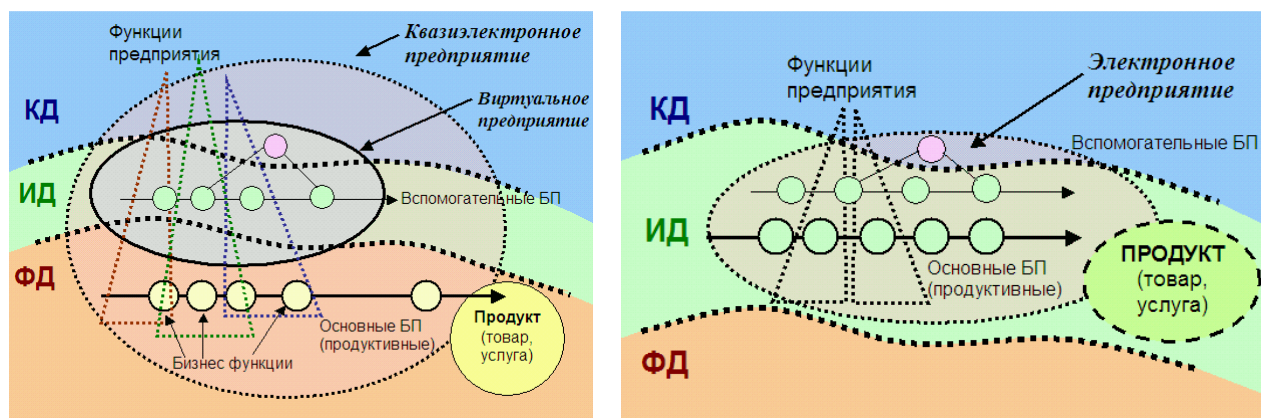


Рис. 2. Определение электронного предприятия

Кроме того, поскольку в доменной модели рассматриваются сущности когнитивного домена, связанные с ментальной деятельностью, впервые представляется возможным связать

такие важные *когнитивные элементы* бизнес-деятельности, как *принятие решений*, с информационными и физическими процессами в единой модели с единообразным способом описания, предоставив, таким образом, новые функциональные возможности по управлению совокупными процессами, происходящими на предприятии.

Развивая идеи, заложенные в доменной модели, и используя одновременно понятие «сервиса» как законченного взаимодействия, обладающего полезностью для потребителя, можно предложить сервисную модель [10], продуктивную для определенного класса систем, например, экономической природы. Классифицировав различные типы сервисов в соответствии с доменной моделью, оказывается возможным проводить количественный анализ экономических и иных субъектов на предмет соответствия требованиям современного «информационного» общества [1], предложив и введя понятие «сервисного профиля».

Доменная модель инфокоммуникаций работает в различных прикладных областях, традиционно относящихся к слабо формализованным, таких, например, как образование [3; 5]. Она позволяет решать проблемы анализа конкурентных преимуществ предприятий в информационной экономике [2], а также обеспечивать мониторинг процессов «информатизации» при переходе к информационному обществу [4; 9].

В целом доменная модель инфокоммуникаций представляется весьма продуктивной и может служить надежной методологической основой при решении в различных областях деятельности задач анализа сложных современных систем, обладающих интеллектуальными свойствами, берущими свое начало в когнитивном домене. В перспективе доменная модель может послужить инструментом для описания взаимодействия и взаимовлияния таких разнородных систем, как инфокоммуникации и общество.

### **Список литературы**

1. Абрамян Г.В., Катасонова Г.Р. Системы моделирования информационных процессов управления в сервисе // Региональная информатика «РИ-2012» : материалы юбилейной XIII Санкт-Петербургской международной конференции. - 2012. - С. 300.
2. Абрамян Г.В., Катасонова Г.Р. Проектирование компонентов методической системы обучения студентов информатике и информационным технологиям в экономических вузах с использованием современных методологий на основе информационных технологий управления // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 4. - С. 49.
3. Катасонова Г.Р. Проблемы обучения информационным технологиям управления и пути их решения на основе методологии метамоделирования, сервисов и технологий открытых

систем // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. - 2014. - № 167. - С. 105-114.

4. Katasonova G. The use of technology in teaching students metamodeling information technology management // Инновационные информационные технологии. - 2014. - № 1. - С. 210-214.

5. Сотников А.Д. Инфокоммуникации: информационное взаимодействие и модели телемедицинских систем. – СПб. : Судостроение, 2008. – 150 с.

6. Сотников А.Д. Классификация и модели прикладных инфокоммуникационных систем // Труды учебных заведений связи. – 2003. – № 169. – С. 149-162.

7. Сотников А.Д. Информационное общество инфокоммуникации и бизнес / А.Д. Сотников, М.Б. Вольфсон, А.А. Захаров; под ред. Ю.В. Арзуманяна. – СПб. : СПб ГУТ, 2005. – 475 с.

8. Сотников А.Д., Арзуманян М.Ю. Сервисно-ориентированная модель описания информационно-функциональных взаимодействий предприятия // Проблемы современной экономики [СПб.]. - 2009. - № 2 (30).

9. Сотников А.Д. Модели ИКС и организация ИК услуг для социально ориентированных отраслей образования и здравоохранения // Образование и Виртуальность : сб. трудов. – Харьков : Минобрнауки Украины, ХНУРЭ, 2003. – Вып. 7. – С. 109-114.

10. Сотников А.Д. Инфокоммуникационные системы и их модели для здравоохранения // Информационно-управляющие системы. – 2008. – № 3.

11. Сотников А.Д., Арзуманян М.Ю. Конкурентные преимущества предприятий в информационной экономике // Научно-технические ведомости СПб ГПУ. – 2010. - № 4 (102).

12. Сотников А.Д., Арзуманян М.Ю. Мониторинг «информатизации» предприятий в процессе перехода к информационной экономике // Вестник ИНЖЭКОНА [СПб.]. - 2008. - № 6.

13. Сотников А.Д., Катасонова Г.Р., Стригина Е.В. Модели информационного взаимодействия в системе непрерывного образования // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3.

14. TU-T, Recommendation Y.100, Y.101, Y.110:1998 General overview of the Global Information Infrastructure standards development. – URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y/en>.

#### **Рецензенты:**

Соколов А.В., д.п.н., профессор кафедры информационных систем и мультимедиа, Санкт-Петербургский государственный университет культуры и искусств, г. Санкт-Петербург;

Абрамян Г.В., д.п.н., профессор кафедры информационных и коммуникационных



технологий, Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена,  
г. Санкт-Петербург.