

DOI: 10.12731/2227-930X-2018-2-58-73

УДК 004.932.2

ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ АБОНЕНТА МОБИЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Раевич А.П., Добронец Б.С., Пятаева А.В., Раевич К.В.

Цель. В связи с увеличением числа абонентов мобильных сетей, используемых абонентами устройств, а также высокой активностью абонентов агрегируемая об атрибутах абонентов информация необходима для выполнения рекомендательных функций систем телекоммуникационных компаний, проведения маркетинговых инициатив, повышения качества оказываемых услуг, при прогнозировании потребностей и желаний клиентов, а также для многих других функций. Статья посвящена рассмотрению методов, направленных на формализацию предметной области при построении профилей абонентов мобильной связи.

Методы. В работе рассматриваются метод формальных понятий, а также модель представления информации на концептуальном уровне в контексте представления знаний об абонентах мобильной связи.

Результаты. На основе изучения методов структурирования знаний о предметной области авторами предлагается модель представления качественной и количественной информации об объекте исследования с использованием онтологического подхода.

Ключевые слова: профиль абонента мобильной сети; концептуальная модель; формальный контекст.

BUILDING THE PROFILE OF THE SUBSCRIBER OF MOBILE NETWORKS BASED ON ONTOLOGICAL APPROACH

Raevich A.P., Dobronec B.S., Pyataeva A.V., Raevich K.V.

Purpose. In connection with the increase in the number of mobile network subscribers used by device users, as well as the high activity of

subscribers, information aggregated about the attributes of subscribers is necessary for building advisory functions of telecommunications companies' systems, conducting marketing initiatives, improving the quality of services provided, predicting the needs and desires of customers, and for many other functions. The article is devoted to the consideration of methods aimed at formalization of the subject domain in the construction of profiles of mobile communication subscribers.

Methods. *The paper considers the method of formal concepts, as well as the model of information representation at the conceptual level in the context of knowledge representation about mobile communication subscribers.*

Results. *On the basis of studying the methods of structuring knowledge of the subject domain, the authors propose a model for presenting qualitative and quantitative information about the object of research using the ontological approach.*

Keywords: *mobile subscriber profile; conceptual model; formal context.*

Введение

Развитие рыночных отношений с течением времени вносит существенные изменения в деятельность любого предприятия. В условиях растущей конкуренции предприятия должны заботиться о сбыте своих услуг и товаров. Понимание целевой аудитории является важнейшим элементом в ведении успешного бизнеса. Это, в частности, относится к сервисам и услугам, предоставляемым мобильными операторами.

Сегментирование аудитории может быть проведено по самым разным критериям:

- разделение аудитории на групповые и индивидуальные сегменты потребления такие как физические лица и организации;
- по пространственно-географическим признакам таким как: домашний регион, перемещение в международном и внутрисетевом роуминге;
- по социально-демографическим признакам, к которым относятся пол, возраст или возрастная группа, образование, род занятий, уровень дохода и т.д.;

- экономическим признакам, отражающим структуру доходов, в свою очередь тесно связаны с социально-демографическим признаками и могут включать предпочтения по расходам;
- с помощью психологических признаков разделение аудитории может быть выполнено на абонентов, которые длительное время не меняют свои предпочтения, а также на абонентов, принимающих новые продукты и инициативы.

Сбор первичных данных об абонентах может быть выполнен компаниями по результатам анкетирования, при проведении массовых опросов, при заключении договорных обязательств, за счет сохранения информации с программно-аппаратных устройств и комплексов. Совокупность основных показателей позволит построить профиль каждого отдельно взятого лица или группы лиц.

Целью данной работы является рассмотрение методов, направленных на формализацию предметной области, на основе теоретико-модельного подхода [1–3].

Представление информации о предметной области

Общая структура системы сбора данных для анализа

В настоящее время сотовая связь является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей инфраструктуры современного «информационного общества». Перечень услуг, предоставляемых операторами сотовой связи, постоянно расширяется [1–6, 13–16].

При этом все услуги подразделяются на два основных класса:

1) Базовые услуги (платные/бесплатные), к которым относятся услуги по передаче данных, голоса, коротких текстовых сообщений. В эту группу так же входят услуги по определению номера, переадресации вызова, различные тарифные модификаторы, геолокация, экстренные вызовы и другие.

Инфраструктура сети сотовой связи обеспечивает контроль географических зон абонентов, выполняет установку соединения к абоненту, выполняет функции маршрутизации вызовов, управление вызовами, эстафетной передачи обслуживания при перемещении абонента между станциями.

2) К дополнительным услугам (платные/бесплатные) могут относиться услуги:

- индивидуализации: гудок, мелодии;
- справочно-информационные услуги;
- услуги мобильной коммерции, включающие проведение различных финансовых операций;
- услуги мобильного офиса и многие другие.

Выполнение обслуживания абонентов генерирует значительный поток информации со стороны средств мониторинга, сенсоров, систем наблюдения, операционных систем персональных устройств, приложений смартфонов, прочих интеллектуальных систем и датчиков [13].

Общая архитектура системы сбора абонентских данных представлена на рисунке 1.

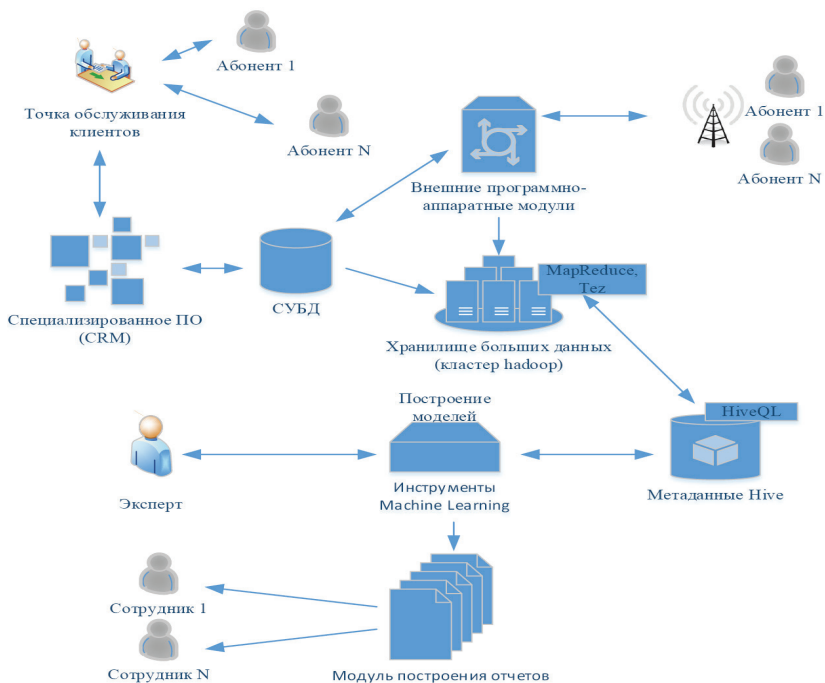


Рис. 1. Архитектура системы сбора абонентских данных

Необходимо отметить, что построение профиля абонента и наполнение его необходимыми данными является непрерывным процессом, который начинается с заключения абонентского договора и далее насыщается данными о ежедневной активности абонента.

Анализ формальных понятий (АФП)

Используемый для анализа собираемых данных метод формальных понятий был сформулирован Рудольфом Вилле, применение метода подробно описано в трудах [1, 7, 8]. С помощью данного метода анализа могут быть визуализированы объектно-признаковые зависимости, определенные с помощью соответствия Галуа. Формальные понятия, определяемые с помощью соответствия Галуа, представляют собой пары множеств вида (объем, содержание).

Формальным контекстом метода АФП называется тройка:

$$K = \langle G, M, I \rangle \quad (1)$$

где G – множество объектов, M – множество признаков, а отношение $I \subseteq G \times M$ говорит о том, какие объекты какими признаками обладают.

Для произвольных $A \subseteq G$ и $B \subseteq M$ определены операторы Галуа:

$$A' = \{m \in M \mid \forall g \in A (g \text{ Im})\}$$

$$B' = \{g \in G \mid \forall m \in B (g \text{ Im})\}$$

Оператор " называется двукратным применением оператора ', также является оператором замыкания: он идемпотентен ($A = A''$), монотонен ($A \subseteq B$ влечет $A'' \subseteq B''$) и экстенсивен ($A \subseteq A'$). Множество объектов $A \subseteq G$, такое, что $A'' = A$ называется замкнутым. Аналогично для замкнутых множеств признаков – подмножеств множества M .

Формальным понятием контекста K называется пара множеств (A, B) таких, что $A \subseteq G, B \subseteq M, A' = B, B' = A$. Множества A и B замкнуты и называются объемом и содержанием формального понятия (A, B) соответственно. Для множества объектов A множество их общих признаков A' служит описанием сходства объектов из множества A , а замкнутое множество A'' является кластером сходных объектов (с множеством общих признаков A).

Импликацией формального контекста $K = \langle G, M, I \rangle$ в анализе формальных понятий называется признаковая зависимость вида $A \rightarrow B$, где $A, B \subseteq M$, при условии, что все объекты, обладающие A , также обладают всеми признаками из, т.е. $A' \subseteq B'$. Импликация в АФП является частным случаем такой признаковой зависимости как ассоциативное правило в разработке данных, это в точности ассоциативное правило с достоверностью равной 1.

Связь импликаций и функциональных зависимостей позволила использовать базис импликаций Дюкена-Гига для компактного представления функциональных зависимостей, используемых в теории баз данных, виде их ограниченного множества, из которого все оставшиеся функциональные зависимости данного многозначного контекста (таблицы данных) выводимы по правилам Армстронга [1].

Отбор признаков на этапе предварительного анализа данных позволяет улучшить точность классификаций. Так в работе [1] используется алгоритм Argio1 для поиска ассоциативных правил для произвольных наборов признаков и объектов поведенческой деятельности абонентов мобильной связи.

Концептуальный уровень

Специфика формируемой в голове окружающей действительности определяется глубиной и границами человеческого познания, эмоциональным отношением и готовностью действовать в нем [9–12]. Современная техническая и информационная реальность определяют условия для процессов приема и обработки информации многих видов профессиональной и непрофессиональной деятельности.

В инженерной психологии выделяются такие понятия как «информационная модель» и «концептуальная модель», на основании которых восприятие информационной модели у человека формирует оперативный образ, разновидностью которого, по Д.А. Ошанину, является концептуальная модель деятельности, впервые предложенная в 1961 г. английским психологом А.Т. Велфордом

на XIV Международном конгрессе по прикладной психологии и изначально раскрывалась как глобальный образ, формирующийся в голове оператора [9].

В работе [3] решается задача конфигурирования продуктов операторов сотовой связи, при котором создаваемый объект (продукт) собирается из различных компонентов, которые, в свою очередь, могут быть объединены в конечном продукте так, что продукт будет соответствовать заданным ограничениям.

Сценарий конфигурирования продуктов состоит из следующих шагов:

1) Выполняется специфицирование пожеланий абонентов, результатом которого является сформированный набор терминов, описывающих пожелания абонента. Термины состоят из компонент, над которыми будут осуществляться операции (добавление, изменение, исключение).

2) При необходимости расширения конфигурации продукта строится спецификация пожеланий абонента:

$$S_a = (C_a, OP_a, R_a) \quad (2)$$

где C_a – список концептов, описывающих пожелания абонента; OP_a – множество операций по модификации существующей конфигурации; R_a – множество отношений, задающих связь между операциями и множеством концептов, над которыми эти операции будут выполняться.

3) Спецификация пожеланий абонента сопоставляется с онтологией продукта:

$$M : C_a \rightarrow C \cup I \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_1 = C_{a_1} \rightarrow C, M_1 \subset M, C_{a_1} \subset C_a \\ M_2 = C_{a_2} \rightarrow I, M_2 \subset M, C_{a_2} \subset C_a \end{array} \right. ; M_1 \cap M_2 = \emptyset ; C_{a_1} \cap C_{a_2} = \emptyset \quad (4)$$

где M – отображения между концептами спецификации и элементами онтологии (результат сопоставления); C – множество концептов, которые специфицируют классы (типы, виды) объектов проблемной области; I – множество объектов, экземпляров классов; для отображений M_1 в онтологии продукта определяются эк-

земпляры концептов C , в результате формируется множество экземпляров $I_1 \subset I$; для отображений M_2 в онтологии определяются экземпляры концептов, связанные отношениями с экземплярами I , формируется множество экземпляров $I_2 \subset I$.

4) На основании отображений M составляется таблица требований к абоненту. В таблице каждый элемент $i : i \in I$, где верхняя строка таблицы ($i_1 \dots n$) – имена экземпляров концептов из множества $I_r = I_1 \cup I_2$, n – количество экземпляров концептов в этом множестве, i_{nk} – имя экземпляра k , который связан отношением (исключая родовидовое отношение) с экземпляром n .

Таблица требований сопоставляется с профилем абонента и, если не для всех элементов из таблицы требований найдены соответствия в профиле, то абоненту предоставляется список недостающих компонентов.

Онтологическая модель предметной области

В работах [1–3, 16] при представлении знаний об абонентах мобильной связи рассматривается теоретико-модельный подход при построении онтологической модели.

В работе [1] для структурирования знаний о предметной области авторами используется четырехуровневая модель представления знаний: онтология, представление общих (теоретических) знаний, представление эмпирических знаний и оценочных (вероятностных) знаний:

1) На первом уровне модели описывается онтология предметной области, содержащая набор ключевых понятий, на языке которых описывается данная предметная область, а также определения этих понятий. Для предметной области «мобильная связь» включаются такие термины как: смс, тарифный план, звонок, роуминг и другие, в том числе названия услуг и сервисов.

2) Второй уровень модели содержит универсальные – общие утверждения, законы и постулаты предметной области:

Описание сервиса состоит из набора {название услуги, объем предоставляемой услуги, период действия сервиса, абонентская

плата за данный период, абонентская плата за подключение услуги}. Описание тарифов состоит из набора {множество наборов {название услуги, объем предоставляемой услуги}, период действия тарифа, абонентская плата за период, абонентская плата за подключение тарифа}.

3) Третий уровень модели состоит из эмпирических данных, содержащих описание конкретных прецедентов предметной области, к которым относится профиль абонента.

4) Четвертый уровень рассматриваемой онтологической модели содержит вероятностные и оценочные знания, которые порождаются из внешних источников, или из информационных структур рассматриваемой модели.

Каждый профиль a_i – это множество (набор) значений параметров абонента, для которых описывается множество признаков (сигнатурных предикатов), истинных для рассматриваемого абонента.

Для каждого профиля абонента a_i возможно построить одноэлементную модель $a_i = (\{a_a\}, \sigma \cup c_{ai})$ называемую прецедентом предметной области, где $\sigma = \sigma_M$ – сигнатура предметной области, состоящая из признаков индивидуальных показателей абонента и набора тарифных планов и услуг; c_{ai} – персонифицированный идентификатор абонента.

Разработка модели представления знаний об абонентах мобильной связи

В данном разделе будут рассмотрены основные теоретические понятия предметной области при построении онтологической модели профиля абонента мобильной сети.

На концептуальном уровне модель представления качественной и количественной информации об объекте исследования (абонентском профиле), определена как кортеж Z вида:

$$Z = \langle C, I, R_1, R_2 \rangle \quad (5)$$

где C – множество концептов (профилей абонентов), которые заданы в концептуальной модели (абоненты prepaid/postpaid, абоненты потребляющие только data/voice трафик т.д.);

I – множество индивидуалов (экземпляров). Это множество задано в базе данных при формировании конкретных экземпляров для сформулированных выше концептов;

R_1 – множество унарных свойств. (Свойство = <наименование, тип шкалы, ограничения на значения, порядок измерения, способ измерения>);

R_2 – множество бинарных отношений: $R_2 = \langle RN, RE \rangle$ где RN – множество имен отношений, содержащее 4 элемента, $RN = \{ \langle \text{«часть-целое»}, \langle \text{«род-вид»}, \langle \text{«класс-индивидуал»}, \langle \text{«ассоциация»} \rangle \}$; RE – множество экземпляров отношений, заданное в концептуальной модели, $RE \subset C \times C$.

Как всякий объект информационного моделирования профиль абонента может быть описан при использовании набора отношений и атрибутов, характеризующих:

- типизацию объекта и его положение в родовидовых иерархиях;
- структуризацию объекта и его место в пространственных структурах;
- сущностные характеристики объекта;
- сущностные характеристики внешней среды и внешних объектов, а также взаимодействий «объект-среда» и «объект-объект».

Типизация объекта выполняется на основе деления профиля на абонентов авансовой и кредитной системы расчетов; деления на тип сегмента бизнес или физическое лицо; в зависимости от экономических аспектов и др.

Основой для структуризации информации об абонентском профиле является онтологический подход представления знаний о предметной области мобильной связи [1–3].

Сущностные характеристики профиля могут быть подразделены на следующие группы:

- геопространственные характеристики;
- характеристики используемого устройства;
- характеристики потребляемого типа трафика;

- демографические характеристики;
- социально-экономические характеристики и другие.

В основе данной модели лежит таксономия признаков:

$$K = \langle N, R \rangle \quad (6)$$

где $N = \{n_i\}$ – множество классов таксономии (признаков моделируемого объекта); $R \subset N \times N$ – отношение порядка на N . При этом корневая вершина таксономического дерева соответствует интегральной характеристике моделируемого объекта.

Заключение

В работе были рассмотрены основные теоретические подходы к описанию проблемной области. Информационная поддержка решения задач сбора и представления знаний об абонентах мобильной сети имеет практическую направленность и широкую применимость. Предложено концептуальное решение представления качественной и количественной информации об объекте исследования на базе онтологической модели. В дальнейшем предполагается расширение области исследования посредством методов анализа поведенческой деятельности абонентов и построения базы концептов.

Список литературы

1. Долгушева Е.В., Пальчунов Д.Е. Теоретико-модельные методы порождения знаний о предпочтениях абонентов мобильных сетей. // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Информационные технологии. 2016. №2. С. 5–16.
2. Пальчунов Д.Е. Решение задачи поиска информации на основе онтологий // Бизнес-информатика. 2008. № 1. С. 3–13.
3. Левашова Т., Пашкин М. Онтологический подход к конфигурированию продуктов операторов сотовой связи для абонентов // Научный вестник НГТУ, Новосибирск: НГТУ. 2016. Т. 63. №2. С. 99–114.
4. Гомзин А.Г., Кузнецов С.Д. Метод автоматического определения возраста пользователей с помощью социальных связей // Труды ИСП РАН. 2016. Т. 28. № 6. С. 171–184.

5. Определение демографических атрибутов пользователей микроблогов / А. Коршунов, И. Белобородов, А. Гомзин и др. // Труды Института системного программирования РАН (электронный журнал). 2013. Т. 25. С. 179–194.
6. III Всероссийская НПК / Алгоритмические основы интеллектуальной системы анализа предпочтений абонентов «НТЕКСИ» // Прикладные информационные системы, Москалева Т.С., Полежаев П.Н. / Изучение возможностей контроллера Ruc и оценка эффективности программно-конфигурируемой сети // Прикладные информационные системы, Полежаев П.Н., Чернов В.И., Шиховцов С.Ю. / Разработка системы защиты от кибератак в крупных корпоративных сетях // Прикладные информационные системы, Полежаев П.Н., Адрова Л.С., 2016 г.
7. Игнатов Д.И., Каминская А.Ю., Константинов А.В. Анализ данных в краудсорсинговых проектах // Открытые системы СУБД, №1. 2013, С. 36–39.
8. Пульманс Й., Игнатов Д.И. Анализ формальных понятий и его приложения // Инженерия знаний и технологии семантического веба. 2011. № 2.
9. Дружилов С.А. Формирование модели мира человека в новой информационной реальности // Современные научные исследования и инновации. 2011. № 4 Режим доступа к журн. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2011/08/1741> (дата обращения: 11.01.2018).
10. Зинченко В.П., Панов Д.Ю. и др. Инженерная психология. М.: Мысль, 1964.
11. Дружилов С.А. Освоение студентами модели профессии и профессиональной деятельности как необходимое условие профессионализации // Образовательные технологии и общество. Том 13. 2010. № 4. С. 299–318. URL: http://ifets.ieee.org/russian/depository/v13_i4/pdf/4r.pdf
12. Ganter B., Kuznetsov S.O. Hypotheses and Version Spaces, Proc. 10th Int. Conf. on Conceptual Structures, *ICCS 2003, A. de Moor, W. Lex, and B.Ganter, Eds., Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol.2746, 2003, pp. 83–95.

13. Furletti B., Gabrielli L., Renso C., Rinzivillo S. Analysis of GSM calls data for understanding user mobility behavior. *IEEE Big Data International Conference*, 2013, pp. 550–555.
14. Chueh H.-E. Mining target-oriented fuzzy correlation rules to optimize telecom service management. *International Journal of Computer Science & Information Technology*, 2011, vol.3, no.1, pp. 74–83.
15. Colace F., Santo M., Greco L. An adaptive product configurator based on slow intelligence approach. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, 2014, vol. 9, no. 2, pp. 128–137. doi: 10.1504/IJMSO.2014.060340
16. Pravin A.P., Aggarwal A.K. Associative Rule Mining of Mobile Data Services Usage for Preference Analysis, Personalization & Promotion, Proc. WSEAS. 2004.

References

1. Dolgusheva E.V., Pal'chunov D.E. Teoretiko-model'nye metody porozhdeniya znanij o predpochteniyah abonentov mobil'nyh setej [Theoretical and model methods of generating knowledge about the preferences of mobile network subscribers]. *Informacionnye tekhnologii Novosib. state UN-TA*, 2016, no 2, pp. 5–16.
2. Pal'chunov D.E. Reshenie zadachi poiska informacii na osnove ontologij [Solution of the problem of information search based on ontologies]. *Biznes-informatika*[Business Informatics], 2008, no 1, pp. 3–13.
3. Levashova T., Pashkin M. Ontologicheskij podhod k konfigurirovaniyu produktov operatorov sotovoj svyazi dlya abonentov [Ontological approach to configuration of mobile operator products for subscribers]. *Nauchnyj vestnik Novosibirsk: NGTU*, 2016. T. 63. no 2, pp. 99–114.
4. Gomzin A.G., Kuznecov S.D. Metod avtomaticheskogo opredeleniya vozrasta pol'zovatelej s pomoshch'yu social'nyh svyazej [A method of automatically determining the age of users through social connections]. *The proceedings of ISP RAS*, 2016, V. 28. no 6, pp. 171–184.

5. Korshunov A., Beloborodov I., Gomzin A. et al. Opredelenie demograficheskikh atributov pol'zovatelej mikroblogov [Determination of demographic attributes of users of microblogs]. *Proceedings of the Institute of system programming RAS (electronic magazine)*, 2013. V. 25, pp. 179–194.
6. III Vserossiyskaya NPK / Algoritmicheskie osnovy intellektual'noj sistemy analiza predpochtenij abonentov «NETEKSI» // Prikladnye informacionnye sistemy, Moskaleva T.S., Polezhaev P.N. / Izuchenie vozmozhnostej kontrollera Ryu i ocenka ehffektivnosti programmno-konfiguriruemoj seti // Prikladnye informacionnye sistemy, Polezhaev P.N., Chernov V.I., SHihovcov S.YU. / Razrabotka sistemy zashchity ot kibernetak v krupnyh korporativnyh setyah // Prikladnye informacionnye sistemy, Polezhaev P.N., Adrova L.S., 2016.
7. Ignatov D.I., Kaminskaya A.Yu., Konstantinov A.V. Analiz dannyh v kraudsorsingovyh proektah [Data analysis in crowdsourcing projects]. *Otkrytye sistemy SUBD*, no 1. 2013, pp. 36–39.
8. Pul'mans J., Ignatov D.I. Analiz formal'nyh ponyatij i ego prilozheniya [Analysis of formal concepts and its applications]. *Inzheneriya znanij i tekhnologii semanticheskogo veba* [knowledge Engineering and semantic web technology], 2011, no 2.
9. Druzhilov S.A. Formirovanie modeli mira cheloveka v novoj informacionnoj real'nosti [Formation of the model of the human world in the new information reality]. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii* [Modern scientific research and innovation], 2011, no 4. <http://web.snauka.ru/issues/2011/08/1741>
10. Zinchenko V.P., Panov D.Yu. *Inzhenernaya psihologiya* [Engineering psychology]. M.: Mysl, 1964.
11. Druzhilov S.A. Osvoenie studentami modeli professii i professional'noj deyatel'nosti kak neobhodimoe uslovie professionalizacii [Students mastering the model of profession and professional activity as a necessary condition of professionalization]. *Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo*. V. 13, 2010, no 4. pp. 299–318. http://ifets.ieee.org/russian/depository/v13_i4/pdf/4r.pdf
12. Ganter B., Kuznetsov S.O. Hypotheses and Version Spaces, Proc. *10th Int. Conf. on Conceptual Structures, ICCS 2003, A. de Moor, W. Lex,*

- and B. Ganter, Eds., *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol. 2746, 2003, pp. 83–95.
13. Furletti B., Gabrielli L., Renso C., Rinzivillo S. Analysis of GSM calls data for understanding user mobility behavior. *IEEE Big Data International Conference*, 2013, pp. 550–555.
 14. Chueh H.-E. Mining target-oriented fuzzy correlation rules to optimize telecom service management. *International Journal of Computer Science & Information Technology*, 2011, vol.3, no.1, pp. 74–83.
 15. Colace F., Santo M., Greco L. An adaptive product configurator based on slow intelligence approach. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, 2014, vol. 9, no. 2, pp. 128–137. doi: 10.1504/IJMSO.2014.060340
 16. Pravin A.P., Aggarwal A.K. Associative Rule Mining of Mobile Data Services Usage for Preference Analysis, Personalization & Promotion Proc. WSEAS. 2004.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Раевич Алексей Павлович, аспирант кафедры «Системы искусственного интеллекта»

Сибирский федеральный университет

ул. Киренского, 26, г. Красноярск, 660074, Российская Федерация

raevich.ap@yandex.ru

Добронев Борис Станиславович, профессор кафедры «Системы искусственного интеллекта», д-р. физ.-мат. наук

Сибирский федеральный университет

ул. Киренского, 26, г. Красноярск, 660074, Российская Федерация

bdobronets@yandex.ru

Пятаева Анна Владимировна, доцент кафедры «Системы искусственного интеллекта», канд. техн. наук

Сибирский федеральный университет

ул. Киренского, 26, г. Красноярск, 660074, Российская Федерация
anna4u@list.ru

Раевич Ксения Владиславовна, доцент кафедры «Системы искусственного интеллекта», канд. техн. наук
Сибирский федеральный университет
ул. Киренского, 26, г. Красноярск, 660074, Российская Федерация
ksenia_248@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Raevich Aleksey Pavlovich, Postgraduate Student of Department of Artificial Intelligence Systems
Siberian Federal University
26, Kirensky Str., Krasnoyarsk, 660074, Russian Federation
raevich.ap@yandex.ru

Dobronets Boris Stanislavovich, Professor, Department of Artificial Intelligence Systems, Doctor of Physical and Mathematical Sciences
Siberian Federal University
26, Kirensky Str., Krasnoyarsk, 660074, Russian Federation
bdobronets@yandex.ru

Pyataeva Anna Vladimirovna, Assistant Professor, Department of Artificial Intelligence Systems, Candidate of Engineering Sciences
Siberian Federal University
26, Kirensky Str., Krasnoyarsk, 660074, Russian Federation
anna4u@list.ru

Raevich Ksenia Vladislavovna, Assistant Professor, Department of Artificial Intelligence Systems, Candidate of Engineering Sciences
Siberian Federal University
26, Kirensky Str., Krasnoyarsk, 660074, Russian Federation
ksenia_248@mail.ru