

УДК 004.85

DOI: 10.18101/2304-5728-2019-2-83-94

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫЗОВОВ WEB-СЕРВИСОВ НА МОБИЛЬНОМ УСТРОЙСТВЕ¹

© **Воскобойников Михаил Леонтьевич**

аспирант,
Институт динамики систем и теории управления имени
В. М. Матросова СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 134
E-mail: voskoboynikov1988@gmail.com

© **Федоров Роман Константинович**

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,
Институт динамики систем и теории управления имени
В. М. Матросова СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 134
E-mail: fedorov@icc.ru

© **Ружников Геннадий Михайлович**

доктор технических наук, заведующий отделением,
Институт динамики систем и теории управления имени
В. М. Матросова СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 134
E-mail: rugnikov@icc.ru

В статье рассмотрена задача автоматизации вызовов web-сервисов на мобильном устройстве в зависимости от текущего контекста. Определена постановка задачи классификации контекста для вызова web-сервисов. Выявлено, что для этой задачи наиболее доступной информацией на мобильном устройстве внутри здания являются Wi-Fi точки доступа. Разработан метод классификации контекстов применения web-сервисов на мобильном устройстве, который реализует классификацию на основе обучения с учителем. В процессе обучения пользователь указывает положительные и отрицательные прецеденты вызова сервисов. Для оценки прецедентов по существующим Wi-Fi точкам доступа введена метрика, учитывающая силу сигнала и возможное отсутствие информации от них. Классификатор строится для каждого сочетания сервиса и пользователя. Приведены результаты применения метода, которые подтверждают работоспособность метода и возможность его использования в системах умного дома и умного города.

Ключевые слова: контекстно-зависимые вычисления; контекстно-зависимые системы; сервисно-ориентированные системы; Android-приложение; обучение на основе прецедентов; Wi-Fi точка доступа.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-07-00554-а, 16-07-00411-а, 18-07-00758-а, 17-47-380007-р, 17-57-44006_Монг_а), Президиума РАН проект № 27, интеграционных программ СО РАН, проект № 184.

Для цитирования:

Воскобойников М. Л., Федоров Р. К., Ружников Г. М. Автоматизация вызовов web-сервисов на мобильном устройстве // Вестник Бурятского государственного университета. Математика, информатика. 2019. № 2. С. 83–94.

Введение

Развитие сетей передачи данных обеспечивает высокую скорость обмена информацией практически с любой точки мира. Активно внедряются разнородные информационные и программно-аппаратные системы, позволяющие получать точные и оперативные данные с различных датчиков, реализовать удаленное управление. Развитие программно-аппаратных систем и сетей передачи данных позволяет проводить автоматизацию множества действий человека. Уже сейчас человек способен удаленно управлять многими устройствами, используя мобильный телефон. Например, это шлагбаумы, системы отопления загородных домов, охранные комплексы, предпусковые подогреватели, освещение и т. д. Многие устройства предоставляют программный интерфейс в виде web-сервисов, доступных через интернет, что позволяет унифицировать их использование, организовать каталогизацию сервисов, поиск, формирование сценариев их применения и т. д.

Согласно [1], «...контекст — это любая информация, которая может быть использована для описания ситуации, в которой находится сущность. Сущностью является человек, место или объект, который рассматривается релевантным к взаимодействию между пользователем и приложением, включая местоположение, время, виды деятельности и параметры каждой сущности». Использование web-сервисов осуществляется часто в похожих контекстах. Например, открытие шлагбаума производится при подъезде к нему на автомобиле или включение освещения — при наличии человека в помещении и низкой освещенности. Каждый человек имеет свои предпочтения, в каком контексте необходим вызов web-сервиса. Мобильные устройства обладают рядом сенсоров, с помощью которых можно получить описание контекста применения web-сервиса. Реализация системы управления устройствами в виде контекстно-зависимой [2; 3] упрощает управление устройствами и значительно снижает требования к квалификации пользователя.

В статье рассмотрена задача формирования управления web-сервисами на основе прецедентов, т. е. пользователь указывает, в каких контекстах используется web-сервис, а в каких нет. Определение необходимости применения web-сервиса сводится к задаче распознавания с учителем. Для решения поставленной задачи нужно сформировать классификатор контекста вызова web-сервисов на основе данных сенсоров. С помощью классификатора можно будет автоматически классифицировать контексты и предлагать или выполнять web-сервисы, формировать сценарии, автоматизирующие выполнение последовательности действий, и т. д.

Целью исследования является упрощение управления множеством web-сервисов. Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи:

1. Организация сбора данных о применении пользователем web-сервисов.
2. Разработка методов классификации контекста применения web-сервисов, включающая определение информативных признаков, разработка метрик и т. д.
3. Автоматизация поиска доступных для выполнения web-сервисов в зависимости от контекста мобильного устройства пользователя.
4. Автоматизация построения сценариев выполнения web-сервисов.

1 Методы, модели и системы анализа контекста

В работе [4] авторами предложена система под названием MyParking, которая призвана облегчить пользователям поиск парковки для своего автомобиля в зависимости от их текущего местоположения. Система MyParking состоит из трех модулей: Android-клиенте, административная и web-служба. Определение контекста осуществляется на основе данных GPS. В Android-клиенте производится регистрация клиента, который использует приложение, поиск парковки по близости, городу и адресу, а также визуализацию данных. На сервере осуществляется управление автостоянками, городами и клиентами, где с автостоянки отправляются парковочные данные, такие как количество свободных мест, цены, общее количество мест и идентификационный код автостоянки.

В [5] рассматриваются модели применения контекстной информации в приложениях:

- a) обмен информацией между пользователями (пользователями и приложениями) с учетом контекста;
- b) ситуационное реагирование;
- c) определение (поиск) подходящей информации в зависимости от контекста.

Рассматриваемая в данной статье задача классификации контекста основана на модели ситуационного реагирования.

В работе [6] авторы дают определение сетевой близости, которая измеряет то, насколько мобильные устройства находятся близко или далеко от элементов сетевой инфраструктуры, рассмотрено применение метода оценки сетевой близости для поиска и представления контекстно-зависимой информации. Оценка сетевой близости мобильного устройства к Wi-Fi точкам доступа внутри помещения в настоящей работе составляет контекст вызова сервиса.

В [7] представлена модель данных для контекстно-зависимых сервисов на уровне города — CityProximus. Общая идея системы для поддержки контекстно-зависимых сервисов состоит классификации контекстов на основе набора продуктов, каждая из которых имеет вид:

Слепок сети – > Контент для Представления

Контентом для представления является текст в формате JSON, который интерпретируется контекстно-зависимым браузером, реализованным в виде мобильного приложения. Недостатком метода для поддержки контекстно-зависимых сервисов является то, что необходимо создавать и поддерживать вручную множество продуктов. В настоящей работе для поддержки контекстно-зависимых сервисов рассматривается автоматизация процесса обучения и классификации контекстов на основе метода обучения по прецедентам.

2 Организация сбора данных о применении пользователем web-сервисов

Для сбора данных о применении пользователем web-сервисов разработано Android-приложение [4], устанавливаемое на мобильное устройство пользователя, геопортал ИДСТУ СО РАН и сервер пользовательских сервисов на платформе Node.js. Схема сбора, обработки и хранения данных, получаемых с датчиков мобильного телефона, представлена на рис. 1.

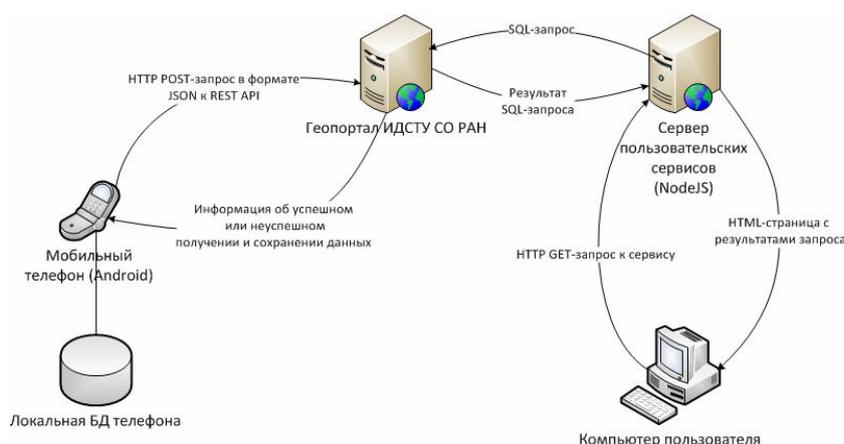


Рис. 1. Схема сбора, обработки и хранения данных, получаемых с датчиков мобильного телефона

Android-приложение с некоторой периодичностью опрашивает сенсоры мобильного устройства. В большинстве мобильных устройств возможно получение следующих данных:

- дата и время;
- географическое местоположение;
- ускорение;
- уровень освещенности;
- сила сигнала ближайших Wi-Fi точек доступа;
- уровень магнитного поля.

В начале работы Android-приложение выполняет HTTP-запрос к каталогу сервисов, развернутому на геопортале ИДСТУ СО РАН, для получения спецификаций сервисов. На основе полученных спецификаций в пользовательском интерфейсе мобильного устройства формируется список web-сервисов. При выборе web-сервиса формируется пользовательский интерфейс его вызова. Текущий контекст мобильного устройства может принадлежать одному из классов: вызов определенного web-сервиса и отрицание необходимости его вызова. Поэтому с целью обучения системы для каждого сервиса реализовано два действия:

- 1) вызов сервиса с последующей активацией устройства;
- 2) вызов сервиса без активации устройства.

При активации пользователем любого из этих действий производится опрос сенсоров и формируется вектор признаков. В каждый вектор добавляется его класс. Полученный вектор признаков и его класс отправляется HTTP запросом на геопортал в виде JSON-объекта. После обработки полученной информации геопортал, если класс — вызов сервиса с последующей активацией устройства, отправляет результат вызова сервиса. Собранные данные сохраняются в специальной таблице в БД. Отдельно сохраняются данные о Wi-Fi точках доступа, видимых определенным мобильным устройством пользователя, с указанием времени их обнаружения.

На данный момент производится тестирование системы распознавания на трех сервисах, взаимодействующих со специализированными устройствами в ИДСТУ СО РАН через их программный интерфейс:

- датчик освещенности;
- электромеханический замок для открытия двери;
- реле для включения и выключения освещения.

Для тестирования системы распознавания при формировании обучающей выборки ограничили только информацией о 10 ближайших Wi-Fi точках доступа.

3 Классификация контекста выполнения сервисов

Одним из наиболее важных признаков для классификации является географическое местоположение мобильного устройства. В настоящее время на мобильных устройствах существует четыре основных способа определения географического положения с использованием:

- 1) GPS/ГЛОНАСС;
- 2) информации с ближайших базовых станций с помощью GSM-модуля мобильного устройства;
- 3) Wi-Fi точек доступа;
- 4) специализированных устройств, размещаемых в помещениях здания, например, iBeacon, и последующей программной триангуляции по координатам этих устройств.

Часто применение сервисов производится внутри зданий, где определение местоположения мобильного устройства с использованием информации с GPS/ГЛОНАСС-спутников невозможно, поскольку радиосигнал, получаемый со спутников, не распространяется через стены зданий. Определение местоположения с помощью GSM-модуля также является нецелесообразным, поскольку точность этого метода составляет более 30 метров. Применение специализированных устройств недостаточно распространено. Поэтому для определения местоположения необходимо использовать информацию о Wi-Fi точках доступа, размещенных внутри здания. В большинстве зданий размещено множество Wi-Fi точек доступа, которыми пользуются для доступа в интернет с мобильных телефонов, планшетов, ноутбуков и других мобильных устройств. Сложностью использования информации о Wi-Fi точках доступа является то, что на силу сигнала от Wi-Fi точки доступа до мобильного устройства влияют стены, двери в помещениях, загруженность этих устройств, наличие электромагнитного поля от других устройств, находящихся в непосредственной близости как к Wi-Fi точке доступа, так и к мобильному устройству. Для классификации контекста нет необходимости точно определять координаты мобильного устройства. Достаточно определить уровень сигнала, при котором происходит вызов web-сервиса.

Определим постановку задачи классификации контекста для вызова web-сервисов:

X — множество контекстов (векторов признаков).

$x \in X, x = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, где x_i — значение i -го датчика.

$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n, \bar{y}\}$ — множество классов, где y_1, y_2, \dots, y_n — вызовы сервисов, \bar{y} — отсутствие вызова.

Отображение $f: X \rightarrow Y$ — неизвестная целевая зависимость.

Необходимо построить алгоритм $a: X \rightarrow Y$, способный классифицировать произвольный контекст $x \in X$.

В настоящее время существует множество алгоритмов классификации. В данном исследовании авторы использовали методы деревьев решений [9] и опорных векторов [10]. Следует отметить, что в ходе экспериментов достаточно хорошо показал себя метод классификации по прецедентам¹.

В ходе обучения системы обнаружено колебание силы сигнала Wi-Fi точек доступа при стационарном положении мобильного телефона. Экспериментально установлено, что при увеличении расстояния между мобильным телефоном и точкой доступа среднеквадратическое отклонение измеряемой силы сигнала падает, а при уменьшении расстояния растет. Из этого следует, что необходимо вводить весовые коэффициенты, которые должны указывать на степень доверия к информации о силе сигнала для конкретной Wi-Fi точки доступа, то есть чем сильнее сигнал, тем меньше доверия его значению, и наоборот.

¹ Regression-nmp. URL: <https://www.npmjs.com/package/regression> (Дата обращения: 29.07.2018).

Таблица 1

Измерения силы сигнала (дБм) в зависимости от расстояния между Wi-Fi точкой доступа и мобильным устройством

Расстояние	Сила сигнала Wi-Fi точки доступа (dBm)
1 м	-45
	-44
	-54
	-44
	-41
	-40
Среднеквадратическое отклонение	4,966555
4 м	-43
	-41
	-41
	-45
	-45
	-48
Среднеквадратическое отклонение	2,71416
6 м	-47
	-48
	-51
	-50
	-49
	-49
Среднеквадратическое отклонение	1,414214

Как следует из вышесказанного, необходимо выявить зависимость между силой сигнала и среднеквадратическим отклонением силы сигнала от его среднего значения в зависимости от расстояния мобильного устройства до Wi-Fi точки доступа. Силу сигнала Wi-Fi точек доступа относительно мобильного устройства принято измерять в дБм (децибел-милливатт). Это логарифмическая единица мощности, измеренной относительно опорного уровня в 1 мВт (милливатт). На рис. 2 изображен пример линейной зависимости между силой сигнала Wi-Fi точек доступа и ее среднеквадратическим отклонением.

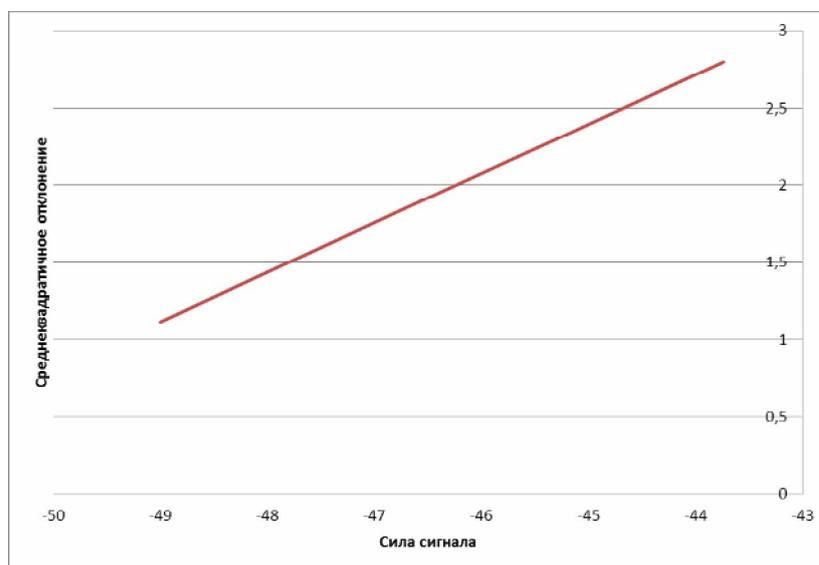


Рис. 2. Линейная зависимость между силой сигнала Wi-Fi точек доступа и ее среднеквадратическим отклонением

Для расчета коэффициентов уравнения линейной регрессии в реальном времени был использован модуль regression [12] для платформы Node.js, который реализует метод наименьших квадратов. Вычисление метрики $d(x^1, x^2)$ между прецедентами производится следующим образом:

$$d_c(a, b) = \begin{cases} 0, & a = -100 \vee b = -100 \\ a - b, & a \neq -100 \wedge b \neq -100 \end{cases}$$

$$d(x^1, x^2) = \sqrt{\sum_{i=1}^m d_c(x^1, x^2)^2 w\left(\frac{x_i^1 + x_i^2}{2}\right)}$$

$$w(a) = \frac{1}{ka + c},$$

где k и c — коэффициенты уравнения регрессии.

Если Wi-Fi точка доступа в конкретном прецеденте отсутствует, то уровень сигнала устанавливается равным -100 (минимальное значение, которое могут выдавать сенсоры). Метод классификации контекстов по прецедентам состоит из следующих шагов:

1. Обучение системы пользователем, т. е. формирование множества прецедентов, где каждый прецедент — это информация о ближайших Wi-Fi точках доступа и их силе (вектор признаков) и должен ли в этом контексте вызвать web-сервис или нет.

2. Производится регулярный опрос сенсоров, формируется вектор текущего контекста и производится его классификация. Если класс текущего контекста — вызов web-сервиса, то пользователю предлагается его запуск.

На рис. 3 приведен пример определения класса контекста в двухмерном пространстве, где x_1 — сила сигнала первой точки доступа, x_2 — сила сигнала второй (единицы измерения dBm). Кругами обозначены контексты класса $x \in A$, квадратами — контексты класса $x \in B$, звездой — текущий контекст \hat{x} мобильного устройства, который необходимо классифицировать.

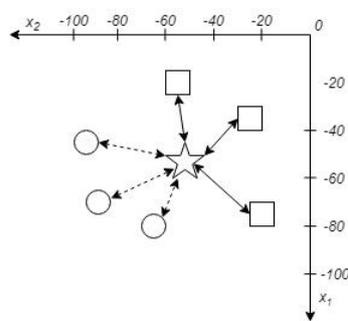


Рис. 3. Определение класса контекста

Для классификации текущего контекста находим все расстояния между \hat{x} и контекстами каждого класса.

$$x' = \underset{x_i \in A \cup B}{\operatorname{argmin}}(d(\hat{x}, x_i)).$$

Далее, находим x' из множества прецедентов, которое имеет минимальное расстояние до текущего контекста \hat{x} . Класс x' будет являться искомым классом.

4 Результаты применения метода

В таблице 2 представлены результаты применения метода для классификации web-сервисов ГИС-центра ИДСТУ. Оценка точности классификации осуществлялась при условии, что временной интервал, между тем как пользователь с мобильным устройством остановился и тем, как с мобильного устройства был произведен вызов соответствующего web-сервиса, прошло t секунд.

Таблица 2

Результаты применения метода классификации web-сервисов

Наименование web-сервиса (класса)	Общее количество попыток	Количество правильных ответов	Количество неправильных ответов	Интервал t (секунд)	Точность классификации
Реле для открытия двери в ГИС-центр ИДСТУ СО РАН	10	7	3	< 2	70%
Нет вызова	10	7	3	< 2	70%
Реле для открытия двери в ГИС-центр ИДСТУ СО РАН	10	10	0	≥ 2 с	100%
Нет вызова	10	10	0	≥ 2 с	100%

Из приведенных в табл. 2 результатов видно, что при интервале $t \geq 2$ с точность классификации составила 100%. При $t < 2$ точность составила 70%. Это связано с тем, что время на обновление информации о видимых Wi-Fi точках доступа в ОС Android составляет больше 2 с. Судя по полученным результатам, метод работоспособен и может быть использован в системах умного дома и умного города.

Заключение

Разработан метод классификации контекста мобильного устройства внутри помещения, основанный на информации о силе сигнала Wi-Fi точек доступа, который позволяет вызывать web-сервисы для управления различными устройствами. Ранее использование контекста мобильного устройства внутри помещения рассматривалось только в аспекте отображения подходящей информации. Полученные результаты применения метода позволяют судить о работоспособности метода и возможности его использования в системах умного дома и умного города.

Результаты получены при использовании ЦКП «Интегрированная информационно-вычислительная сеть Иркутского научно-образовательного комплекса» (<http://net.icc.ru>).

Литература

1. Dey A. Understanding and Using Context // Personal and Ubiquitous Computing. 2001. Vol. 5, Issue 1. P. 4–7. DOI: 10.1007/s007790170019.
2. Byun H. E., Cheverst K. Utilizing context history to provide dynamic adaptations // Applied Artificial Intelligence. Vol. 18, No. 6. P. 533–548.
3. Jong-yi Hong, Eui-ho Suh, Sung-Jin Kim. Context-aware systems: literature review and classification // Expert Systems with Applications. 2009. Vol. 36, Issue 4. P. 8509–8522.
4. Shabani I., Sejdiu B., Jasharaj F. Consuming Web Services on Android Mobile Platform for Finding Parking Lots // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2015. Vol. 6, No. 2. P. 174–180. DOI: 10.14569/IJACSA.2015.060225.
5. Namiot D., Sneys-Sneppes M. Wireless networks sensors and social streams // Proceedings of 27th International Conference on Advanced Information Networking

and Applications Workshops. Barcelona, Spain. IEEE. 2013. P. 413–418. DOI: 10.1109/WAINA.2013.27

6. Namiot D. E. Network Proximity on Practice: Context-aware Applications and Wi-Fi Proximity // International Journal of Open Information Technologies. 2013. Т. 1, № 3. С. 1–4.

7. Намиот Д. Е., Шнепс-Шнеппе М. А. О модели данных для контекстно-зависимых сервисов // Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных: тр. XVII Междунар. конф. DAMDID/RCDL'2015. Обнинск, 2013. С. 71–77.

8. Quinlan J. R. Induction of decision trees // Machine Learning. 1986. Vol. 1, Issue 1. P. 81–106.

9. Вьюгин В. В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования. М.: Изд-во МЦНМО, 2013. 387 с.

10. Люгер Дж. Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. М.: Вильямс, 2005. 864 с.

AUTOMATION OF WEB SERVICES INVOCATIONS ON A MOBILE DEVICE

Mikhail L. Voskoboinikov

Research Assistant,

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS

134 Lermontova St., Irkutsk 664033, Russia

E-mail: voskoboinikov1988@gmail.com

Roman K. Fyodorov

Cand. Sci. (Engineering), Leading Researcher,

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS

134 Lermontova St., Irkutsk 664033, Russia

E-mail: fedorov@icc.ru

Gennadiy M. Ruzhnikov

Dr. Sci. (Engineering),

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS

134 Lermontova St., Irkutsk 664033, Russia

E-mail: ruzhnikov@icc.ru

The article describes the task of automating web services invocations on a mobile device in dependence to the current context. We have defined the statement of the problem of classifying context for invoking web services. It has been revealed that for this task Wi-Fi access points are the most accessible information on a mobile device inside the building. We have developed a method for classifying the contexts for web services application on a mobile device, which implements classification based on learning with a teacher. In the process of learning, the user indicates positive and negative cases for invoking services. To assess the use cases for existing Wi-Fi access points, we have introduced a metric that takes into account the signal strength and the possible lack of information from them. The classifier is built for each combination of service and user. The results of the study confirm the efficiency of the applying method and the possibility of its use in smart home and smart city systems.

Keywords: context-aware computing; context-aware systems; service-oriented-systems; Android-application; learning from examples; Wi-Fi access point.

References

1. Dey A. Understanding and Using Context. *Personal and Ubiquitous Computing*. 2001. V. 5. Iss. 1. Pp. 4–7. 10.1007/s007790170019.
2. Byun H. E., Cheverst, K. Utilizing Context History to Provide Dynamic Adaptations. *Applied Artificial Intelligence*. 2004. V. 18. No. 6. Pp. 533–548.
3. Jong-yi Hong, Eui-ho Suh, Sung-Jin Kim. Context-Aware Systems: Literature Review and Classification. *Expert Systems with Applications*. 2009. V. 36. Iss. 4. Pp. 8509–8522.
4. Shabani I., Sejdiu B., Jasharaj F. Consuming Web Services on Android Mobile Platform for Finding Parking Lots. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*. 2015. Vol. 6. No. 2. URL: <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2015.060225> (accessed 29.07.2018)
5. Namiot D. E., Sneps-Sneppe M. A. Wireless Networks Sensors and Social Streams. *Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA): 27th International Conference on IEEE (2013, March)*. 2013. Pp. 413–418.
6. Namiot D. E. *Network Proximity on Practice: Context-Aware Applications and Wi-Fi Proximity*. 2013. V. 1. No. 3. Pp. 1–4.
7. Namiot D. E., Sneps-Sneppe M. A. O modeli dannykh dlya kontekstno-zavisimyykh servisov [About the Data Model for Context-Aware Services]. *Analitika i upravlenie dannymi v oblastyakh s intensivnym ispolzovaniem dannykh*. Obninsk, 2018. Pp. 71–77.
8. Quinlan J. R. Induction of Decision Trees. *Machine Learning*. Vol. 1. Iss. 1. Pp. 81–106. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1986.
9. Vyugin V. V. *Matematicheskie osnovy teorii mashinnogo obucheniya i prognozirovaniya* [Mathematical Background of the Theory of Machine Learning and Forecasting]. Moscow, 2013. 387 p.
10. Luger G. F. *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving*. 6th ed. Pearson Addison Wesley, 2009. 754 p.