

## МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОАКТИВНЫХ РЕКОМЕНДУЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ИНФОМОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Н. Г. Шилов<sup>а</sup>, канд. техн. наук, старший научный сотрудник

<sup>а</sup>Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН, Санкт-Петербург, РФ

**Постановка проблемы:** с развитием персональных мобильных устройств пользователи получают доступ к различной информации практически в любое время и в любом месте. Однако традиционные способы не позволяют осуществлять эффективную поддержку принятия решений в случаях постоянно изменяющейся ситуации и в отсутствие у пользователя возможности достаточно интенсивно взаимодействовать с устройством, предоставляющим информацию (например, при вождении автомобиля или во время ходьбы). **Цель:** разработка теоретических и технологических основ проактивных рекомендуемых систем для создания инфомобильных приложений, способных оказывать персонализированную мобильную контекстно зависимую интеллектуальную поддержку принятия решений пользователям, на основе анализа не только текущей ситуации, но и предполагаемого ее развития. **Результаты:** проанализированы исследования в области проактивных рекомендуемых систем и в смежных областях (персонализации, контекстно зависимой поддержки принятия решений, информационной поддержки туристов). На основе данного анализа и анализа сценариев использования инфомобильных приложений специфицированы следующие требования к ним: распределенная архитектура, наличие средств обеспечения технической и семантической интероперабельности, контекстная зависимость и персонализированность, использование мобильных устройств для взаимодействия с пользователем, проактивность, использование концепции рекомендуемых систем. Сформулированы основные принципы методологии построения проактивных рекомендуемых систем для инфомобильных приложений: наличие общей онтологии проблемной области; описание контекста в формализме и терминологии общей онтологии; использование сервис-ориентированной архитектуры и стандартов интернет-сервисов; использование методов управления контекстом, профилирования, проактивного предоставления рекомендаций. Разработана сервис-ориентированная архитектура систем рассматриваемого класса. **Практическая значимость:** предложенные методология и сервис-ориентированная архитектура могут быть использованы при создании инфомобильных приложений.

**Ключевые слова** — инфомобильность, рекомендуемая система, требования, методология, сервис-ориентированная архитектура.

### Введение

Создание проактивных рекомендуемых систем, позволяющих формировать рекомендации с ориентацией на текущие и прогнозируемые потребности и предпочтения (как явные, так и неявные) пользователя, — это новый качественный уровень интеллектуальной поддержки принятия решений.

Инфомобильность (infomobility) [1] подразумевает организацию сервисов для предоставления мультимодальной динамической информации пользователям как до поездки, так и во время нее. С появлением персональных мобильных устройств, с помощью которых пользователь может получать мультимодальную информацию в любой момент времени, данное направление исследований вызвало повышенный интерес. Инфомобильность играет важную роль в развитии эффективных транспортных систем, а также в улучшении качества обслуживания их пользователей. Согласно прогнозу McKinsey Global Institute [2], рынок таких информационных технологий, как мобильный Интернет, автоматизированная обработка знаний и Internet of Things к 2025 г. в сумме может превысить 20 трлн долл.

На основе анализа состояния исследований в рассматриваемой и смежных областях и анализа сценариев использования инфомобильных приложений автором определены требования к ним, сформулированы основные принципы методологии построения проактивных рекомендуемых систем для инфомобильных приложений и предложена их сервис-ориентированная архитектура.

### Сценарии использования инфомобильных приложений и их специфика

Предложены следующие два возможных сценария использования системы.

Первый сценарий подразумевает информационную поддержку пользователя, для достижения заданной точки использующего общественный транспорт. Инфомобильное приложение загружено в смартфон. Согласно сценарию, после выбора конечной точки приложение анализирует доступные маршруты общественного транспорта и предлагает пользователю различные способы передвижения. При этом учитываются предпочтения пользователя (ограничение на передвижение пешком, преимущественные виды общественного транспорта, приоритеты по стоимости проезда

и времени поездки). В процессе формирования допустимых решений система должна учитывать настоящую обстановку и ее развитие, например погодные условия (даже если пользователь предпочитает перемещение пешком, во время дождя такой способ передвижения нежелателен), текущую ситуацию с общественным транспортом (при задержке одного из видов общественного транспорта система должна перестроить маршрут «на лету» так, чтобы пользователь прибыл в пункт назначения вовремя) и т. п.

Второй сценарий направлен на информационную поддержку пользователя, совершающего поездку на автомобиле. В данном случае необходимо не только учитывать дорожную ситуацию (например, наличие или прогнозируемое появление заторов), но и текущее состояние автомобиля (например, необходимость заправки) и пользователя (например, при длительной поездке система должна найти место отдыха, чтобы водитель мог отдохнуть и поесть). Кроме того, при поиске заправок, мест отдыха и т. п. необходимо учитывать предпочтения пользователя (т. е. предлагать автозаправочные станции, рестораны или кафе определенных сетей и т. п.). Поскольку при дальних поездках водитель зачастую может оказаться там, где он раньше не был, и предпочтений, соответствующих конкретной ситуации, может не быть, предполагается использовать методы коллаборативной фильтрации [3] для обобщения предпочтений пользователей со схожими предпочтениями.

Очевидно, что в инфомобильных приложениях одним из существенных ограничений является то, что пользователь должен иметь возможность взаимодействия с приложением «на ходу», при этом способы взаимодействия существенно ограничены (невозможность ввода текстового запроса, просмотра и анализа значительного объема предоставляемой информации и т. п.). Таким образом, для решения данной проблемы предлагается в качестве основы инфомобильных приложений использовать концепцию проактивных рекомендующих систем. С одной стороны, проактивность позволит избежать необходимости вводить информацию во время движения (система сама может анализировать текущую ситуацию за счет использования либо различных датчиков персонального мобильного устройства (например, акселерометра и GPS/ГЛОНАСС), либо информационной системы транспортного средства (предоставляющей сведения о скорости, текущем местоположении, остатке топлива и т. п.)), а с другой стороны, система на основе анализа текущей ситуации и ее вероятного развития сама может предвосхищать вероятные ситуации, требующие информационной поддержки, и осуществлять такую поддержку проактивно (без запроса пользователя).

Использование концепции рекомендующих систем позволит избавлять пользователя от необходимости изучения больших объемов информации и предоставлять ему ранжированный согласно некоторому критерию (например, полезности) небольшой список альтернативных решений. Очевидно, что эффективная работа такой системы возможна, только если она является персонализированной и контекстно зависимой.

### Обзор состояния исследований

Рекомендующие системы — это разновидности систем поддержки принятия решений, осуществляющих сужение и ранжирование множества представляемых пользователю альтернатив путем оценки предполагаемой их полезности. Информация, на основе которой происходит оценка предполагаемой полезности, определяет класс рекомендующей системы и может включать в себя анкетные данные пользователя, историю предыдущих решений, характеристики альтернатив, параметры текущей ситуации, решающие правила и др.

В последнее время интерес к созданию рекомендующих систем значительно возрос, однако современные рекомендующие системы в большинстве своем работают по принципу «вопрос — ответ». Активной стороной во взаимодействии с рекомендующей системой выступает пользователь, посылающий запрос, возможно, сообщая в нем какие-то дополнительные ограничения на интересующие варианты. В ответ рекомендующая система предлагает набор рекомендаций. На данный момент практически не существует систем, которые предлагали бы рекомендации проактивным образом, без запроса пользователя на основе анализа текущей ситуации и профиля его предпочтений. Одной из причин такого положения является то, что слишком велик риск назойливого предложения пользователю нерелевантной информации. Однако, как было указано выше, современные мобильные устройства, оснащенные разнообразными, в том числе биометрическими, сенсорами, делают проактивные рекомендации осуществимыми и удобными за счет возможности строить все более точные модели действий пользователя. Особенно актуальными проактивные рекомендации являются в мобильных туристических и транспортных приложениях по двум причинам: во-первых, в силу ярко выраженного динамического характера проблемной ситуации — пользователь все время перемещается в пространстве, изменяется транспортная обстановка, погодные условия; во-вторых, на мобильных устройствах, как правило, довольно ограничены возможности для явного ввода информации и просмотра большого числа предла-

гаемых вариантов, но богатые возможности для неявного ввода за счет разнообразных сенсоров.

Поскольку проактивные рекомендуемые системы являются новым направлением исследований, в данном разделе представлены исследования областей, методы, модели и технологии которых были использованы при разработке теоретических и технологических основ вышеуказанных систем.

В основу рассматриваемого подхода предлагается заложить механизмы проактивности. Использование элементов проактивности в информационных системах для различных областей человеческой деятельности обсуждается уже не первое десятилетие. Например, система XLibris [4] направлена на поиск дополнительных, предположительно полезных для пользователя, документов, в то время как он работает над своим документом.

Появление мобильных устройств вызвало более интенсивное развитие проактивных систем. Наиболее популярной является идея предоставления информации, если пользователь находится в определенном месте или рядом с ним. Например, CyberMinder [5] показывает предварительно заданные пользователем напоминания, связанные с определенным местом. Использование этой идеи положило начало появлению различных автоматизированных туристических гидов.

Следующим шагом развития является появление систем, основанных на предсказании поведения пользователя (например, его будущего местоположения [6, 7] или действий [8, 9]) и распознавании ситуации [10].

Проактивная информационная поддержка пользователей, несмотря на значительную историю исследований, все еще не может предложить эффективно работающие решения в областях повседневной деятельности [11–13]. Существует ряд подходов, направленных на решение задач в достаточно узких проблемных областях, например, мониторинг навигационной обстановки [14, 15], обеспечение безопасности строго регламентированных процессов [16, 17], электронное обучение [18–20] и т. п.

Своевременное предоставление рекомендаций невозможно без учета контекста текущей ситуации. Предоставление информации пользователю в зависимости от текущей ситуации и с использованием мобильных устройств (инфомобильные приложения) также рассматривается в ряде работ [21–23], однако ни одна из них не предлагает проактивного поведения применительно к инфомобильным приложениям.

Интеграция проактивных систем в автомобильные информационные системы является на сегодня практически не исследованной областью. Такие работы в основном посвящены филь-

трации отображаемых точек интереса на основе таких методов, как байесовские сети доверия; вывод, основанный на правилах; групповые рекомендации. Интеграция проактивных систем с рекомендуемыми рассматривается как весьма перспективное направление [24, 25].

Существует достаточно большое количество проектов поддержки туристов в зависимости от контекста текущей ситуации, которые можно разделить на три основные группы [26].

1. Приложения, которые выполняют поиск информации о достопримечательностях рядом с туристом (например, система Word Explorer, которая, по сути, является интерфейсом к сервису Wikipedia; система Tourist attractions, которая использует сервис Google для поиска).

2. Приложения, осуществляющие поиск по собственной базе данных (например, SmartMuseum, Triposo).

3. Приложения, которые накапливают оценки пользователей и позволяют тем самым туристу получить представление о достопримечательности (например, Foursquare, TripAdvisor).

Ни одно из существующих приложений не дает рекомендации пользователю на основе прогнозирования развития текущей ситуации и поведения пользователя, т. е. они не являются проактивными.

Технический университет в Мюнхене (Германия) в настоящее время ведет работы в области исследования теоретических аспектов использования проактивных рекомендуемых систем в автомобилях для концерна BMW. В данной работе не рассматриваются преимущества использования групповых рекомендуемых систем [27–29].

В политехническом университете Милана (Италия) проводятся исследования в области разработки интегрированной архитектуры инфомобильных систем [30]. Эта работа посвящена в большей степени технологической составляющей инфомобильных систем, без использования элементов проактивности.

Существует также и ряд других работ, более отдаленно связанных с рассматриваемой темой. Однако работ, решающих данную задачу, нами не найдено. Вышеуказанные проекты могут являться взаимодополняющими, результаты которых в будущем могут быть объединены для решения в большей степени прикладных задач.

### Спецификация требований к инфомобильным приложениям

Проведенный анализ существующих результатов исследований в области построения рекомендуемых систем показал, что персонализация уже является неотъемлемой частью современных

рекомендующих систем. За последнее время сформировалось два основных подхода к персонализированному предоставлению информации [31]: 1) персонализированное извлечение информации (изменение результатов поиска информации, как правило, посредством ранжирования найденной информации (например, документов) с помощью различных алгоритмов) и 2) адаптивное предоставление информации (изменение параметров поиска информации и ее представление на основе ряда параметров, как правило, именуемых «аспектами» или «контекстами»). В рамках инфомобильных систем предлагается использовать подходы обоих классов. С одной стороны, инфомобильные приложения (приложения, направленные на информационную поддержку пользователя как при планировании поездки, так и во время поездки, т. е. с учетом изменяющейся ситуации) должны учитывать предпочтения пользователей (очевидно, что разные пользователи могут выбрать разные способы/маршруты передвижения в точку назначения). С другой стороны, предоставление информации во время поездки может быть полезным, лишь если эта информация изменяется в зависимости от текущей ситуации, т. е. необходимо учитывать контекст текущей ситуации. Таким образом, в части персонализации предлагается гибридный подход контекстно зависимой персонализированной информационной поддержки пользователя на основе технологий профилирования и управления контекстом.

В области взаимодействия устройств и сервисов можно выделить следующие задачи, требующие решения в системах рассматриваемого класса: самоорганизация и самоадаптация устройств для решения задач пользователя, семантическая интеграция устройств, оркестрирование сервисов, создание проблемно-ориентированных систем. Поскольку информация о текущей ситуации и возможных способах перемещения (дорожной обстановке, маршрутах и т. п.) извлекается из различных независимых источников, необходимо обеспечить их интероперабельность как на техническом, так и на семантическом уровнях. Кроме того, ряд типовых задач (прокладка маршрута, расчет расхода топлива, поиск достопримечательностей или других объектов и т. п.) можно эффективно решать с помощью сторонних сервисов. Следовательно, необходимо не только обеспечить техническую и семантическую интероперабельность инфомобильных приложений с такими сервисами, но и организовать их эффективное взаимодействие в реальном времени посредством решения задач оркестрирования и самоорганизации сервисов.

Таким образом, на основе анализа существующих результатов в области построения реко-

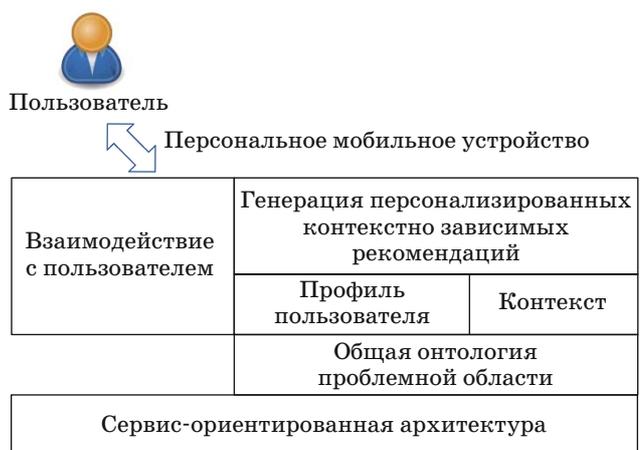
мендующих систем, систем персонализации, использования мобильных устройств, проактивных систем, а также предложенных сценариев специфицированы следующие требования к системе для инфомобильных приложений:

- 1) система должна иметь распределенную архитектуру, основанную на использовании различных независимых информационных устройств и сервисов;
- 2) в системе должны быть предусмотрены средства обеспечения технической и семантической интероперабельности элементов системы;
- 3) система должна осуществлять контекстно зависимую персонализированную информационную поддержку пользователя;
- 4) система должна поддерживать использование мобильных устройств для взаимодействия с пользователем;
- 5) система должна быть проактивной;
- 6) система должна основываться на концепции рекомендующих систем для оказания информационной поддержки пользователя.

### Методология построения проактивных рекомендующих систем для инфомобильных приложений

На основе вышеуказанных требований разработана методология построения проактивных рекомендующих систем для инфомобильных приложений (рис. 1). Базовые принципы данной методологии следующие.

1. Использование сервис-ориентированной архитектуры и стандартов интернет-сервисов для обеспечения технической интероперабельности элементов системы. Сервис-ориентированная архитектура позволяет не только реализовать рас-



■ **Рис. 1.** Концептуальная схема проактивных рекомендующих систем для инфомобильных приложений

пределенную систему, но и использовать многочисленные существующие сервисы, способные как предоставлять информацию (например, о текущей погоде и ее прогноз, состоянии дорожной сети, достопримечательностях и местах интересов и др.), так и выполнять решения типовых задач (например, расчет маршрута). Применение общепринятых стандартов интернет-сервисов (wsdl, soap и т. п.) позволяет подключать такие сервисы к системе без дополнительной разработки интерфейсных агентов (wrappers).

2. Использование общей онтологии проблемной области для обеспечения семантической интероперабельности элементов системы. Онтологии хорошо зарекомендовали себя в качестве средства обеспечения семантической интероперабельности систем, состоящих из многочисленных независимых элементов. Ввиду ограниченной проблемной области инфомобильных приложений использование общей онтологии позволяет избежать неоднократных переводов информации из одной терминологии в другую, что, как правило, сопровождается потерей информации.

3. Использование методов управления контекстом для обеспечения контекстной зависимости предоставляемой информационной поддержки. Данные методы подразумевают описание текущей ситуации и (или) проблемы при помощи контекста, который, с одной стороны, содержит всю информацию, относящуюся к данной ситуации/проблеме (что позволяет не упустить какие-либо факторы, влияющие на возможные решения), а с другой стороны, не содержит информацию, не относящуюся к ней (что позволяет снизить размерность задачи за счет отсека ненужной информации). Технологии управления контекстом также включают управление версиями контекста (context versioning), интеллектуального анализа контекста (context mining) и др., которые помогут существенно повысить эффективность работы с контекстом.

4. Описание контекста в формализме и терминологии общей онтологии. При наличии общей онтологии проблемной области целесообразно использовать ее формализм и терминологию для описания контекста, что, как было показано ранее, позволяет избежать неоднократных переводов информации из одной терминологии в другую, как правило, сопровождающихся потерей информации.

5. Использование методов профилирования для описания предпочтений пользователя. Персонализированные системы основаны на моделировании пользователя при помощи описания его предпочтений в виде профиля пользователя. При разработке системы для инфомобильных приложений необходимо учитывать, что профили пользователей должны быть динамичными, т. е.

они должны позволять осуществлять обновление предпочтений пользователя, причем как самим пользователем, так и автоматически, при выявлении системой неявных предпочтений на основе анализа истории принятых пользователем решений, а также контекстов текущих ситуаций, в которых данные решения были приняты.

6. Использование методов проактивной информационной поддержки. Как уже указывалось, проактивное поведение системы позволит избежать необходимости ввода информации во время движения за счет способности предвосхищать вероятное развитие текущей ситуации, возникновение задач, требующих информационной поддержки, и осуществлять необходимую поддержку проактивно (без запроса пользователя).

7. Использование методов предоставления рекомендаций, объединяющих персонализированное извлечение информации и адаптивное предоставление информации. Такой способ предоставления информационной поддержки (в виде ранжированного по степени предполагаемой полезности пользователю решений) является наиболее удобным в ситуациях, когда пользователь не имеет возможности детально изучать информацию, влияющую на принимаемое решение.

### **Сервис-ориентированная архитектура проактивных рекомендуемых систем для инфомобильных приложений**

Предложенная сервис-ориентированная архитектура системы (рис. 2) подразумевает наличие служебных сервисов, направленных на решение специфических задач, возникающих при работе системы (эти сервисы описаны ниже), а также сторонних сервисов, предоставляющих различную информацию и способных решать типовые задачи.

Как отмечалось, в инфомобильных приложениях взаимодействие с пользователем (предоставление рекомендаций и ввод явных предпочтений) осуществляется через персональное мобильное устройство (планшет, смартфон, инфомобильную систему автомобиля и т. п.), на котором работает сервис взаимодействия с пользователем или его клиентская часть в случае его распределенной реализации. При этом система должна накапливать информацию о действиях пользователя в целях выявления его неявных предпочтений с учетом ситуации, в которой эти действия были предприняты (сервис анализа решений пользователя) и хранить ее в профиле пользователя (сервис управления профилем пользователя) для последующего учета при формировании рекомендаций рекомендуемым сервисом.

Для учета текущей ситуации используется сервис управления контекстом. Контекст описы-



■ **Рис. 2.** Сервис-ориентированная архитектура проактивных рекомендующих систем для инфомобильных приложений

вается в терминах словаря и формализме общей онтологии, а информация о текущей ситуации собирается с персонального мобильного устройства пользователя и сторонних («облачных») сервисов, предоставляющих соответствующую информацию (например, о погоде). Данная информация обрабатывается сервисом анализа развития текущей ситуации и формализуется в виде контекста. Анализ развития текущей ситуации позволяет формировать рекомендации проактивно, т. е. предвосхищая возможные потребности и действия пользователя.

## Литература

1. Moraitis P., Petraki E., Spanoudakis N. I. Providing Advanced, Personalised Infomobility Services Using Agent Technology// Applications and Innovations in Intelligent Systems XI. Springer, 2004. P. 35–48.
2. Manyika J., et al. Disruptive Technologies: Advances that will Transform Life, Business, and the Global Economy: Executive Summary/ J. Manyika, M. Chui, J. Bughin, R. Dobbs, P. Bisson, A. Marrs. — McKinsey Global Institute, 2013. — 22 p.
3. Ekstrand M. D., Riedl J. T., Konstan J. A. Collaborative Filtering Recommender Systems // Foundations

Поскольку сторонние («облачные») сервисы, предоставляющие как информацию, так и методы решения типовых задач (например, прокладки маршрута), оперируют в своей терминологии, а не терминологии общей онтологии системы, необходимо установить соответствия между последними. Данная функциональность заложена в сервисе установки семантических соответствий.

## Заключение

В статье предложена методология создания контекстно зависимых рекомендующих систем для инфомобильных приложений. Данная методология базируется на методах контекстно зависимого поиска, обработки и предоставления информации, описания предпочтения пользователей с помощью динамических профилей, онтолого-ориентированного описания проблемной области, контекста текущей ситуации и профилей пользователей. Объединение подходов персонализированного извлечения информации и адаптивное предоставление информации позволяет обеспечить динамическую информационную поддержку пользователей с учетом их предпочтений и потребностей. Описание всех элементов системы (источников информации, вспомогательных сервисов, контекста, профиля пользователя) с помощью формализма и терминологии единой общей онтологии позволяет избавиться от необходимости перевода информации из одной терминологии в другую и предотвратить возможные потери, связанные с таким переводом. Динамическое профилирование пользователей с учетом неявных предпочтений, выявляемых системой на основе анализа истории взаимодействия, существенно повышает качество предлагаемых системой рекомендаций.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-07-08092 и 15-07-08391), Президиума РАН (программа III.3, проект № 213) и бюджетных тем № 0073-2014-0005, 0073-2015-0006 и 0073-2015-0007.

and Trends in Human-Computer Interaction. 2011. N 4(2). P. 81–173.

4. Price M., Golovchinsky G., Schilit B. N. Linking by Inking: Trailblazing in a Paper-Like Hypertext// Conference on Hypertext and Hypermedia, Pittsburgh, PA, USA, Jun. 20–24, 1998. P. 30–39.
5. Dey A. K., Abowd G. D. CyberMinder: a Context-Aware System for Supporting Reminders// Symp. on Handheld and Ubiquitous Computing, Bristol, UK, Sept. 25–27, 2000. P. 172–186.
6. Hinze A., Sachs K., Buchmann A. Event-Based Applications and Enabling Technologies// Conf. on Distributed Event-Based Systems, Nashville, TN,

- USA, Jul. 6–9, 2009. <https://www.dvs.tu-darmstadt.de/publications/pdf/EBA-keynoteBuchmann04.pdf> (дата обращения: 31.10.2016).
7. **Lee G.** An Automatic Personalized Context-Aware Event Notification System for Mobile Users. 2010. <http://www.docfoc.com/622015-1-an-automatic-personalized-context-aware-event-notification-system> (дата обращения: 31.10.2016).
  8. **Bellotti V.**, et al. Activity-Based Serendipitous Recommendations with the Magitti Mobile Leisure Guide/ V. Bellotti, B. Price, P. Rasmussen, M. Roberts, D. J. Schiano, A. Walendowski, B. Begole, E. H. Chi, N. Ducheneaut, J. Fang, E. Isaacs, T. King, M. W. Newman, K. Partridge // Conf. on Human Factors in Computing Systems, Florence, Italy, Apr. 5–10, 2008. P. 1157–1166.
  9. **Partridge K., Price B.** Enhancing Mobile Recommender Systems with Activity Inference// Conf. on User Modeling, Adaptation, and Personalization, Trento, Italy, Jun. 22–26, 2009. P. 307–318.
  10. **Ciaramella A.**, et al. Combining Fuzzy Logic and Semantic Web to Enable Situation-Awareness in Service Recommendation/ A. Ciaramella, M. G. C. A. Ciminno, F. Marcelloni, U. Straccia // Conf. on Database and Expert Systems Applications, Bilbao, Spain, Aug. 30–Sept. 3, 2010. P. 31–45.
  11. **Kaufman R., Bowers D.** Proactive and Reactive Planners: An Even Closer Look at Needs Assessment and Needs Analysis // Performance + Instruction. 1990. N 29(5). P. 7–10.
  12. **Hummel J. W., Stenger A. J.** An Evaluation of Proactive vs. Reactive Replenishment Systems // Intern. Journal of Physical Distribution & Materials Management. 1988. N 18(4). P. 3–13.
  13. Пат. 4130881 США, System and Technique for Automated Medical History Taking/ Haessler H. A., Elshtain E. L., Holland T. 1978.
  14. **Mishra M.**, et al. Dynamic Resource Management and Information Integration for Proactive Decision Support and Planning/ M. Mishra, D. Sidoti, D. F. M. Ayala, X. Han, G. V. Avvari, L. Zhang, K. R. Pattipati, W. An, J. A. Hansen, D. L. Kleinman // IEEE 18th Intern. Conf. on Information Fusion, Washington, DC, USA, Jul. 06–09, 2015. P. 295–302.
  15. **Moroni D.**, et al. A Proactive System for Maritime Environment Monitoring/ D. Moroni, G. Pieri, M. Tampucci, O. Salvetti // Marine Pollution Bulletin. 2015. N 102(2). P. 316–322.
  16. **Fyhr A., Ternov S., Ek Å.** From a Reactive to a Proactive Safety Approach. Analysis of Medication Errors in Chemotherapy Using General Failure Types // European Journal of Cancer Care. 2015. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ecc.12348/pdf> (дата обращения: 31.10.2016).
  17. **Forsythe P.** Proactive Construction Safety Systems and the Human Factor // Proc. of the ICE-Management, Procurement and Law. 2014. N 167(5). P. 242–252.
  18. **Gallego D.**, et al. Enhanced Recommendations for e-Learning Authoring Tools Based on a Proactive Context-Aware Recommender/ D. Gallego, E. Barra, A. Gordillo, G. Huecas // IEEE Frontiers in Education Conf., Oklahoma City, OK, USA, Oct. 23–26, 2013. P. 1393–1395.
  19. **Shirnin D., Reis S., Zampunieris D.** Experimentation of Proactive Computing in Context Aware Systems: Case Study of Human-Computer Interactions in e-Learning Environment// IEEE Intern. Multi-Disciplinary Conf. on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support (CogSIMA), San Diego, CA, USA, Feb. 25–28, 2013. P. 269–276.
  20. **Shirnin D., Reis S., Zampunieris D.** Design of Proactive Scenarios and Rules for Enhanced e-Learning// Intern. Conf. on Computer Supported Education, Porto, Portugal, Apr. 16–18, 2012. P. 253–258.
  21. **da Silvia R. A. N., da Silva Costa M., Macedo M. H.** Multiple Views of Sustainable Urban Mobility: the Case of Brazil // Transport Policy. 2008. Vol. 15. P. 350–360.
  22. **Guohua Z., Ming L., Jingxia W.** Application of the Advanced Public Transport System in Cities of China and the Prospect of Its Future Development // Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology. 2007. N 7(5). P. 24–30.
  23. **Sterle C.** Location-Routing Models and Methods for Freight Distribution and Infomobility in City Logistics: PhD Thesis. — Universita degli Studi di Napoli Federico II, 2009. — 212 p.
  24. **Worndl W., Brocco M., Eigner R.** A Context-Aware Gas Station Recommender System for Vehicular Ad-Hoc Networks// Conf. on Wireless Applications and Computing, Amsterdam, Netherlands, Jul. 22–24, 2008. P. 101–108.
  25. **Turlier S., Hahn C., Gebhardt S.** Browsing Online Music Catalogs in a Vehicle// Workshop on Mobile Cloud Media Computing, Firenze, Italy, Oct. 25–29, 2010. P. 53–58.
  26. **Smirnov A.**, et al. Mobile Application for Guiding Tourist Activities: Tourist Assistant – TAIS / A. Smirnov, A. Kashevnik, N. Shilov, N. Teslya, A. Shabaev // Proc. of the 16th Conf. of Open Innovations Association FRUCT, Oulu, Finland, Oct. 27–31, 2014. P. 94–100.
  27. **Bader R.**, et al. Explanations in Proactive Recommender Systems in Automotive Scenarios/ R. Bader, A. Karitnig, W. Worndl, G. Leitner // Workshop on Decision Making and Recommendation Acceptance Issues in Recommender Systems, Girona, Spain, Jul. 11–15, 2011. [http://ceur-ws.org/Vol-740/DEMRA2011\\_paper2.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-740/DEMRA2011_paper2.pdf) (дата обращения: 31.10.2016).
  28. **Bader R.**, et al. Context-Aware POI Recommendations in an Automotive Scenario Using Multi-Criteria Decision Making Methods/ R. Bader, E. Neufeld, W. Worndl, V. Prinz // Workshop on Context-awareness in Retrieval and Recommendation, Palo Alto, CA, Feb. 13–16, 2011. P. 23–30.

29. Gallego-Vico D., Worndl W., Bader R. A Study on Proactive Delivery of Restaurant Recommendations for Android Smartphones// ACM Workshop on Personalization in Mobile Applications, Chicago, IL, Oct. 23–27, 2011. [http://pema2011.cs.ucl.ac.uk/papers/pema2011\\_vico.pdf](http://pema2011.cs.ucl.ac.uk/papers/pema2011_vico.pdf) (дата обращения: 31.10.2016).
30. Arena M., Azzone G., Malpezzi S. Review on the Infomobility Quality — a New Framework //

IET Intelligent Transport Systems. 2015. N 9(9). P. 881–886.

31. Steichen B., Ashman H., Wade V. A Comparative Survey of Personalised Information Retrieval and Adaptive Hypermedia Techniques // Information Processing & Management. 2012. N 48(4). P. 698–724.

UDC 004.8

doi:10.15217/issn1684-8853.2016.6.16

### Methodology of Developing Proactive Recommender Systems for Infomobile Applications

Shilov N. G.<sup>a</sup>, PhD, Tech., Senior Researcher, [nick@iias.spb.su](mailto:nick@iias.spb.su)

<sup>a</sup>Saint-Petersburg Institute for Informatics and Automation of the RAS, 39, 14 Line, V. O., 199178, Saint-Petersburg, Russian Federation

**Introduction:** Development of personal mobile devices makes it possible for the users to access various information anywhere and at any time. However, traditional methods do not provide efficient decision support when the situation is continuously changing and the intensive interaction of the user with the device is not possible (e.g., when driving or walking). **Purpose:** We develop theoretical and technological foundations of proactive recommender systems for infomobile applications capable of providing personalized context-aware intelligent decision support for the users, taking into account not only the current situation but also its possible development. **Results:** The state of the art in the area of proactive recommender systems and related areas (personalization, context-aware decision support, tourist information support) has been analyzed. On the base of this analysis and scenarios of infomobile application usage, the following requirements to such applications have been specified: distributed architecture, availability of technical and semantic interoperability support means, context awareness, personalization, usage of mobile devices to interact with the user, proactiveness, and the usage of the recommender system concept. The major principles of the methodology have been formulated: availability of a common ontology; context specification by means of formalism and terminology of the common ontology; usage of service-oriented architecture and Web-service standards, as well as usage of methods of context management, profiling and proactive generation of recommendations. A service-oriented architecture for the systems of the considered class has been proposed. **Practical relevance:** The proposed methodology and service-oriented architecture can be used for the creation of infomobile applications.

**Keywords** — Infomobility, Recommender System, Requirements, Methodology, Service-Oriented Architecture.

### References

- Moraitis P., Petraki E., Spanoudakis N. I. Providing Advanced, Personalised Infomobility Services Using Agent Technology. *Applications and Innovations in Intelligent Systems XI*. Springer, 2004, pp. 35–48.
- Manyika J., Chui M., Bughin J., Dobbs R., Bisson P., Marrs A. *Disruptive Technologies: Advances that will Transform Life, Business, and the Global Economy: Executive Summary*. McKinsey Global Institute, 2013. 22 p.
- Ekstrand M. D., Riedl J. T., Konstan J. A. Collaborative Filtering Recommender Systems. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 2011, no. 4(2), pp. 81–173.
- Price M., Golovchinsky G., Schilit B. N. Linking by Inking: Trailblazing in a Paper-Like Hypertext. *Conf. on Hypertext and Hypermedia*, Pittsburgh, PA, USA, 1998, pp. 30–39.
- Dey A. K., Abowd G. D. CyberMinder: a Context-Aware System for Supporting Reminders. *Symp. on Handheld and Ubiquitous Computing*, Bristol, UK, 2000, pp. 172–186.
- Hinze A., Sachs K., Buchmann A. Event-Based Applications and Enabling Technologies. *Conf. on Distributed Event-Based Systems*, Nashville, TN, USA, 2009. Available at: <https://www.dvs.tu-darmstadt.de/publications/pdf/EBA-keynoteBuchmann04.pdf> (accessed 31 October 2016).
- Lee G. *An Automatic Personalized Context-Aware Event Notification System for Mobile Users*. 2010. Available at: <http://www.docfoc.com/622015-1-an-automatic-personalized-context-aware-event-notification-system> (accessed 31 October 2016).
- Bellotti V., Price B., Rasmussen P., Roberts M., Schiano D. J., Walendowski A., Begole B., Chi E. H., Ducheneaut N., Fang J., Isaacs E., King T., Newman M. W., Partridge K. Activity-Based Serendipitous Recommendations with the Magitti Mobile Leisure Guide. *Conf. on Human Factors in Computing Systems*, Florence, Italy, 2008, pp. 1157–1166.
- Partridge K., Price B. Enhancing Mobile Recommender Systems with Activity Inference. *Conf. on User Modeling, Adaptation, and Personalization*, Trento, Italy, 2009, pp. 307–318.
- Ciaramella A., Cimino M. G. C. A., Marcelloni F., Straccia U. Combining Fuzzy Logic and Semantic Web to Enable Situation-Awareness in Service Recommendation. *Conf. on Database and Expert Systems Applications*, Bilbao, Spain, 2010, pp. 31–45.
- Kaufman R., Bowers D. Proactive and Reactive Planners: An Even Closer Look at Needs Assessment and Needs Analysis. *Performance + Instruction*, 1990, no. 29(5), pp. 7–10.
- Hummel J. W., Stenger A. J. An Evaluation of Proactive vs. Reactive Replenishment Systems. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, 1988, no. 18(4), pp. 3–13.
- Haessler H. A., Elshstain E. L., Holland T. *System and Technique for Automated Medical History Taking*. Patent USA, no. 4130881, 1978.
- Mishra M., Sidoti D., Ayala D. F. M., Han X., Avvari G. V., Zhang L., Pattipati K. R., An W., Hansen J. A., Kleinman D. L. Dynamic Resource Management and Information Integration for Proactive Decision Support and Planning. *IEEE 18th Intern. Conf. on Information Fusion*, Washington, DC, USA, 2015, pp. 295–302.
- Moroni D., Pieri G., Tampucci M., Salvetti O. A Proactive System for Maritime Environment Monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, 2015, no. 102(2), pp. 316–322.
- Fyhr A., Ternov S., Ek Å. From a Reactive to a Proactive Safety Approach. Analysis of Medication Errors in Chemotherapy Using General Failure Types. *European Journal of Cancer Care*, 2015. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ecc.12348/pdf> (accessed 31 October 2016).
- Forsythe P. Proactive Construction Safety Systems and the Human Factor. *Proc. of the ICE-Management, Procurement and Law*, 2014, no. 167(5), pp. 242–252.
- Gallego D., Barra E., Gordillo A., Huecas G. Enhanced Recommendations for e-Learning Authoring Tools Based on a Proactive Context-Aware Recommender. *IEEE Frontiers in Education Conf.*, Oklahoma City, OK, USA, 2013, pp. 1393–1395.

19. Shirnin D., Reis S., Zampunieris D. Experimentation of Proactive Computing in Context Aware Systems: Case Study of Human-Computer Interactions in e-Learning Environment. *IEEE Intern. Multi-Disciplinary Conf. on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support (CogSIMA)*, San Diego, CA, USA, 2013, pp. 269–276.
20. Shirnin D., Reis S., Zampunieris D. Design of Proactive Scenarios and Rules for Enhanced e-Learning. *Intern. Conf. on Computer Supported Education*, Porto, Portugal, 2012, pp. 253–258.
21. da Silvia R. A. N., da Silva Costa M., Macedo M. H. Multiple Views of Sustainable Urban Mobility: the Case of Brazil. *Transport Policy*, 2008, vol. 15, pp. 350–360.
22. Guohua Z., Ming L., Jingxia W. Application of the Advanced Public Transport System in Cities of China and the Prospect of its Future Development. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2007, no. 7(5), pp. 24–30.
23. Sterle C. *Location-Routing Models and Methods for Freight Distribution and Infomobility in City Logistics*. PhD Thesis, Università degli Studi di Napoli Federico II, 2009. 212 p.
24. Worndl W., Brocco M., Eigner R. A Context-Aware Gas Station Recommender System for Vehicular Ad-Hoc Networks. *Conf. on Wireless Applications and Computing*, Amsterdam, Netherlands, 2008, pp. 101–108.
25. Turlier S., Hahn C., Gebhardt S. Browsing Online Music Catalogs in a Vehicle. *Workshop on Mobile Cloud Media Computing*, Firenze, Italy, 2010, pp. 53–58.
26. Smirnov A., Kashevnik A., Shilov N., Teslya N., Shabaev A. Mobile Application for Guiding Tourist Activities: Tourist Assistant – TAIS. *Proc. of the 16th Conf. of Open Innovations Association FRUCT*, Oulu, Finland, 2014, pp. 94–100.
27. Bader R., Karitnig A., Worndl W., Leitner G. Explanations in Proactive Recommender Systems in Automotive Scenarios. *Workshop on Decision Making and Recommendation Acceptance Issues in Recommender Systems*, Girona, Spain, 2011. Available at: [http://ceur-ws.org/Vol-740/DEM-RA2011\\_paper2.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-740/DEM-RA2011_paper2.pdf) (accessed 31 October 2016).
28. Bader R., Neufeld E., Worndl W., Prinz V. Context-Aware POI Recommendations in an Automotive Scenario Using Multi-Criteria Decision Making Methods. *Workshop on Context-awareness in Retrieval and Recommendation*, Palo Alto, CA, 2011, pp. 23–30.
29. Gallego-Vico D., Worndl W., Bader R. A Study on Proactive Delivery of Restaurant Recommendations for Android Smartphones. *ACM Workshop on Personalization in Mobile Applications*, Chicago, IL, 2011. Available at: [http://pema2011.cs.ucl.ac.uk/papers/pema2011\\_vico.pdf](http://pema2011.cs.ucl.ac.uk/papers/pema2011_vico.pdf) (accessed 31 October 2016).
30. Arena M., Azzone G., Malpezzi S. Review on the Infomobility Quality – a New Framework. *IET Intelligent Transport Systems*, 2015, no. 9(9), pp. 881–886.
31. Steichen B., Ashman H., Wade V. A Comparative Survey of Personalised Information Retrieval and Adaptive Hypermedia Techniques. *Information Processing & Management*, 2012, no. 48(4), pp. 698–724.

## УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ!

Научная электронная библиотека (НЭБ) продолжает работу по реализации проекта SCIENCE INDEX. После того как Вы регистрируетесь на сайте НЭБ (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>), будет создана Ваша личная страничка, содержание которой составят не только Ваши персональные данные, но и перечень всех Ваших печатных трудов, имеющих в базе данных НЭБ, включая диссертации, патенты и тезисы к конференциям, а также сравнительные индексы цитирования: РИНЦ (Российский индекс научного цитирования), h (индекс Хирша) от Web of Science и h от Scopus. После создания базового варианта Вашей персональной страницы Вы получите код доступа, который позволит Вам редактировать информацию, помогая создавать максимально объективную картину Вашей научной активности и цитирования Ваших трудов.