УДК 004.8

А.А. Тарамов, Н.Г. Шилов

Рекомендующие системы для информационной поддержки водителя: анализ состояния исследований

Представлен обзор, анализ и систематизация научных работ в области использования рекомендуемых систем для информационной поддержки водителя. Показана актуальность данной темы исследований. Выполнена классификация публикаций по четырем тематическим блокам. Определены ключевые характеристики систем информационной поддержки водителей, на основе которых выполнено сравнение работ, наиболее близко относящихся к теме. В качестве наиболее перспективного направления исследований в этой области предложено объединение сервисов и технологий для реализации рекомендуемой системы в рассматриваемой области.

Ключевые слова: информационная поддержка водителя, рекомендуемая система, аналитический обзор, систематизация, сервис-ориентированная архитектура.

doi: 10.21293/1818-0442-2018-21-2-68-74

Одной из перспективных областей применения информационных технологий является информационная поддержка водителя. Количество частных автотранспортных средств за последнее время существенно увеличилось и продолжает неуклонно расти. Это явилось причиной значимых проблем вне зависимости от географической локализации. Например, в крупных городах все чаще можно увидеть нескончаемые пробки, а на поиск парковочного места может потребоваться значительное время.

Помимо проблем и угроз современный мир также предоставляет и большое количество возможностей. Благодаря глобализации границы стали более открытыми, и число туристов растет год от года [1]. К сожалению, люди все еще вынуждены тратить свое время на поиск оптимальных маршрутов и определение приоритетов, по сути решая сложные математические задачи, которые едва ли должны их касаться. Неверный расчет может привести к нежелательным последствиям, например, к срыву поездки или трате существенного количества времени в пробках [2]. Что касается ежедневных задач, вроде поездки в офис на рабочее место или же турне по магазинам, то ситуация ничем не лучше – погода может преподнести неожиданный сюрприз в самый неподходящий момент, дороги закрыться на ремонт, а времени на обдумывание ситуации, тем более за рулем, практически не бывает.

Таким образом, поскольку автомобильное движение является весьма динамичным и непредсказуемым процессом, возлагающим на водителя огромную ответственность как за себя, так и за окружающих, предоставление точной контекстно зависимой информации подчас бывает жизненно важным фактором.

Учитывая перечисленные факты, становится очевидным, что для эффективного решения данной задачи необходимы новые технологии, способные обеспечивать информационную поддержку водителя в режиме реального времени. Интегрированная реализация таких технологий называется «системой информационной поддержки водителя». В большинстве случаев данные системы включают в себя не-

сколько различных технологий, окончательный состав которых определяется общим назначением системы. Типичными примерами таких технологий являются предоставление рекомендаций, методы анализа состояния водителя, алгоритмы построения маршрута.

Последние, исходя из названия, используются для автомобильной навигации методом нахождения кратчайшего пути между заданными точками с учетом определенных ограничений. Системы анализа состояния водителя могут отслеживать различные показатели находящегося за рулем человека – начиная от физиологических данных и заканчивая степенью его рассеянности и анализом эмоций [3]. Технологии предоставления рекомендаций, лежащие в основе рекомендуемых систем, используются для предоставления пользователям ранжированного согласно некоторым критериям списка сущностей, коими могут быть сервисы, продукты, географические локации, которые соответствуют предпочтениям конкретного пользователя [2]. Их можно встретить повсеместно на просторах сети Интернет, в сервисах, где ведется учет пользовательских предпочтений. Однако этим их применение не ограничивается, и сегодня они широко распространены, в том числе в сфере информационной поддержки водителя [1].

Эффективная информационная поддержка водителя достигается благодаря обработке контекстной информации и анализу персонализированных пользовательских данных, выполняемому с помощью технологий рекомендуемых систем, что позволяет составлять целостную картину текущей ситуации и даже прогнозировать предстоящие события. Данный тип систем представляется предпочтительным ввиду наличия ограничений на возможное взаимодействие водителя с системой во время движения [4].

Таким образом, данная статья посвящена обзору, анализу и систематизации существующих на текущий момент методологических и технологических решений в области информационной поддержки водителя. Рассматриваются решения, относящиеся к предоставлению информации о маршруте, а также

сопутствующей информации с точки зрения ее обработки для персонализированного контекстно-зависимого предоставления пользователю. Авторы не рассматривают вопросы, связанные с анализом работы узлов автомобиля или состояния пользователя.

Анализ публикаций в области информационной поддержки водителя

Поиск публикаций осуществлялся в системах доступа к научным публикациям ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com/>) и Springer (<http://www.springer.com/gp/computer-science/>). На основе выбранных ключевых слов были отобраны 28 публикаций со средним возрастом 2,5 года.

Проведя соответствующие наблюдения, можно заметить, что количество литературы, по крайней мере согласно текущей выборке, неуклонно растет, что подтверждает актуальность рассматриваемой темы (рис. 1).

Рис. 1. Количество найденных публикаций в области информационной поддержки водителя

Несмотря на схожую тематику представленных работ, список проблем, покрываемых ими, крайне неоднороден – одни статьи сфокусированы на сугубо теоретической проблематике, без касательства к вероятной практической области применения (например, работы, оценивающие эффективность разных математических моделей, используемых для создания рекомендаций [5–8]), иные же, наоборот, посвящены решению весьма прикладных задач, возникающих в ходе проектирования конкретного технического решения (например, MOVE [4], где описывается проблема восприятия водителем информации, представленной в различных текстово-графических формах). Подобное многообразие отражает сложность и глубину исследуемой темы. Изучив все материалы, были определены пять основных проблемных областей, затронутых в рассматриваемых статьях и релевантных для настоящего исследования:

– Информационная поддержка водителя: практические способы предоставления информации водителю.

– Рекомендующая система: описание готовой системы формирования рекомендаций и предоставления этих рекомендаций конечному пользователю.

– Учет контекста: использование контекстной информации для информационной поддержки водителя (в том числе формирования рекомендаций).

– Алгоритмы рекомендуемых систем: описание математического базиса, используемого для создания алгоритма формирования рекомендаций.

– Описание платформы: платформа, используемая в системе информационной поддержки водителя.

В табл. 1 приведено соответствие выбранных публикаций рассматриваемой проблематике. На ее основании можно сделать вывод о том, что следующие статьи недостаточно соответствуют предметной области данного обзора, поскольку не содержат ни одного полного тематического совпадения с выделенными категориями:

• Vehicle to Vehicle GeoNetworking using Wireless Sensor Networks [27].

• User resistance to acceptance of In-Vehicle Infotainment (IVI) [26].

Таблица 1

Тематика публикаций					
Публикация	Информационная поддержка водителя	Рекомендующая система	Учет контекста	Алгоритмы рекомендуемых систем	Описание платформы
[1]	✓	✓	✓	✓	✓
[2]	✓	✓	✓		✓
[3]	✓	✓			
[4]	✓	±	✓		✓
[5]		✓	✓	✓	✓
[6]		✓	✓	✓	
[7]		✓	✓	✓	
[8]			✓	✓	
[9]	✓	±	✓		✓
[10]	✓	✓	✓		✓
[11]		✓	✓	✓	✓
[12]		✓	✓	✓	
[13]	✓	✓	✓		
[14]	✓	✓	✓		✓
[15]		✓	✓	✓	✓
[16]			✓	✓	
[17]	✓	±	±		
[18]	✓	±	±		✓
[19]	✓	✓	✓	✓	
[20]	±	±	±		✓
[21]	✓	✓	✓	✓	
[22]		✓	✓	✓	
[23]		✓	✓	✓	
[24]		✓	✓	✓	
[25]		✓		✓	
[26]		±			
[27]			±		±
[28]	✓	✓	✓		✓

Остальные из перечисленных статей представляют существенный интерес для исследования. Тем не менее выделение каких-либо общих критериев для их анализа и сравнения представляется весьма трудной задачей, так как спектр рассматриваемых вопросов крайне широк. По этой причине статьи были разбиты на тематические блоки, в рамках которых проводилось сравнение (табл. 2).

Первый блок (описание рекомендуемой системы для водителя) включает в себя статьи, затрагивающие тему создания систем информационной

поддержки водителя или описания уже существующих. В них может присутствовать как демонстрация алгоритмического ядра системы, так и конфигурации технического характера, вкупе с анализом результативности по отношению к существующим альтернативам.

Второй блок (программные структуры рекомендуемых систем) объединяет статьи, посвященные обзору какой-либо платформы, предоставляющей ряд функциональных решений в области рекомендуемых технологий. Такие платформы отличаются от одиночных алгоритмов большей комплексностью, тесной интеграцией между составными частями и более обширным списком охватываемых проблем.

В третьем блоке (алгоритмы рекомендуемых систем) содержатся статьи, описывающие всевозможные рекомендуемые алгоритмы, отдельно от систем поддержки водителя, чье применение возможно также и в других областях. Эти статьи позволяют взглянуть на проблему создания рекомендаций и анализа предпочтений пользователя, абстрагируясь от автомобильной тематики, позволяя тем самым привнести туда что-то новое.

Последний блок (создание рекомендуемых систем) содержит статьи, в которых изложены не столько конкретные варианты реализаций систем и их алгоритмов, сколько описания самого процесса создания таких систем и агрегации любого другого опыта подобного рода.

Таблица 2

**Классификация публикаций
по предметной области исследования**

Наименование тематического блока	Публикации, входящие в тематический блок
1. Описание рекомендуемой системы для водителя	[1–4, 10, 14, 19, 21, 28]
2. Программные структуры рекомендуемых систем	[5, 15, 22]
3. Алгоритмы рекомендуемых систем	[6–8, 11, 12, 16, 23–25]
4. Создание рекомендуемых систем	[9, 13, 20]

Обсуждение результатов анализа

Данный раздел состоит из определения ключевых характеристик рассматриваемых систем поддержки водителей, последующего их сравнения и определения перспективных областей будущих работ.

Сравнение решений

Очевидно, что наиболее близкими по смыслу к рассматриваемому вопросу являются публикации первого блока, посвященные описанию рекомендуемых систем для водителей. В результате их систематического обзора было выделено несколько отличительных аспектов, которые определяют их функциональную основу и являются общими для систем поддержки водителей:

1. Платформа: программная структура или набор инструментов и интерфейсов, на основе которых построена система.

2. Связь между компонентами: способ передачи информации и соответствующие интерфейсы, которые позволяют частям системы взаимодействовать друг с другом.

3. Используемые модели и алгоритмы: математические модели и алгоритмы, отражающие принципы функционирования системы и представляющие ее программную часть.

4. Анализ предпочтений пользователя: подходы к учету предпочтений пользователя, влияющих на релевантность представленных и обработанных данных для конкретного человека, также определяют уровень настройки системы.

5. Анализ контекстной информации: если предыдущий аспект отвечает за способность системы адаптироваться к определенному пользователю, данный аспект обеспечивает адаптируемость системы к изменениям условий окружающей среды, что позволяет предоставлять информацию, актуальную для текущего местоположения, времени и других обстоятельств.

6. Архитектура: выбранный способ реализации аппаратного и программного обеспечения, который определяет принципы построения и функционирования ключевых элементов системы и их взаимодействие.

Сравнение решений на основе выбранных аспектов представлено в табл. 3, где используются следующие условные обозначения: «–» – данная функция не поддерживается, «?» – соответствующая информация недоступна.

Анализ результатов

Как видно из таблицы, различные исследования сосредоточены на разных, зачастую весьма узких разделах выбранных вопросов. Некоторые из них сосредоточены на использовании любых новых, возможно, неожиданных для данной области алгоритмов, некоторые стремятся получить максимальный результат от взаимодействия независимых сервисов, основанных на принципах сервис-ориентированной архитектуры, другие используют преимущества все более популярной концепции краудсорсинга.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что нет однозначно оптимального решения, которое может быть заявлено как «золотой стандарт» [9]. В то же время почти каждая из рассмотренных публикаций предлагает новые возможности, потенциал которых еще полностью не раскрыт. В сочетании со значительной востребованностью систем навигации и рекомендаций в отдельности можно утверждать, что успешная их комбинация на основе предложенных в рассматриваемых работах концепций и технологий станет настоящим прорывом в вопросе интеллектуальной поддержки водителей.

Однако, как отмечалось выше, разработка такого решения вряд ли будет ограничена выбором одной технологии, поскольку каждая имеет свои преимущества и недостатки, которые часто трудно устранить. Например, коллаборативная фильтрация в большинстве случаев справляется с интеллектуаль-

ным анализом предпочтений пользователей, но когда дело доходит до конкретных случаев с заранее определенным контекстом, эффективность этой технологии быстро падает даже при совместном использовании с различными методами коррекции [3, 5–7, 11, 12].

Выбор алгоритма поиска на основе муравьиных колоний является обоснованным для быстрого, ресурсосберегающего поиска кратчайших путей, но в значительной степени зависит от отзывов пользователей и количества участвующих агентов в системе и, следовательно, абсолютно бесполезен в областях с низкой аудиторией [19]. То же самое касается практически любых искусственных нейронных сетей, которые нуждаются в обучении [7]: некоторые гибридные решения, рассмотренные в данной статье, являются достаточно эффективными в преодолении части проблем, но при этом создают новые проблемы, хотя и менее значительные.

В некоторых исследованиях было решено отказаться от внутренних расчетов и сбора данных в

пользу сторонних сервисов, в то время как другие сосредоточены на сборе показаний только со своих собственных сенсоров, создавая таким образом полностью автономную систему.

Таким образом, главной проблемой на данный момент является не отсутствие технологий и решений как таковых – на самом их зачастую даже больше, чем требуется. Реальная проблема заключается в отсутствии интероперабельности из-за недостаточной однородности их интерфейсов [11]. Этот факт был также затронут в [10], где было высказано мнение о том, что достойным решением является использование сервис-ориентированной архитектуры. Этот метод требует множества независимых, унифицированных и, следовательно, взаимозаменяемых сервисов, которые составляют функциональные блоки единой системы. Такой подход обеспечивает максимальную гибкость системы и меньшую зависимость от некоторых ее элементов, что позволяет адаптировать окончательную конфигурацию к конкретной задаче.

Таблица 3

Сравнение рассмотренных решений

Публикация	Платформа	Связь между компонентами	Используемые модели и алгоритмы	Анализ предпочтений пользователя	Анализ контекстной информации	Архитектура
[3]	DVE	CAN, TCP/IP	–	Явные требования, данные с сенсоров	Автомобильные сенсоры, камеры	Встроенная система
[1]	–	TCP/IP	Нечеткая оценка путей	Объекты интереса, ограничивающие отношения, предпочтения V2V*, явные требования	V2V, характеристики маршрута, история маршрутов, собранная посредством V2V	V2V, взаимодействие с точками доступа (hot-spots)
[2]	REJA	TCP/IP	Коллаборативная фильтрация	Коллаборативная фильтрация	GPS, фильтрация знаний с учетом местоположения	Трехуровневая архитектура клиент-сервер
[4]	MOVE	–	Картографическое обобщение (5 шагов)	–	На основе текущего местоположения, подход «Zoom in Context»	–
[10]	Transport ML	XML via TCP/IP, TMLDocuments	–	?	На основе связанных сервисов	Сервис-ориентированная архитектура
[14]	PostGIS, расширение PgRouting	HTTP, JSON	Коллаборативная фильтрация, краудсорсинг	?	Данные акселерометра и других сенсоров	Архитектура клиент-сервер
[19]	SACO	?	Оптимизация на основе муравьиных колоний, оценка семантических расстояний	Онтология предметной области	?	?
[21]	–	–	Байесовские сети	Явные предпочтения объектов интереса, история действий пользователя	Онтология пользователя, сенсоры автомобиля	Встроенная система
[28]	?	TCP/IP	Коллаборативная фильтрация	Состояние водителя, определяемое сенсорами	Сервисы, зависящие от местоположения (LBS)	Встроенная система, сервис-ориентированная архитектура для внешних модулей

Заключение

В статье представлен обзор литературы на тему интеллектуальной поддержки водителей и смежных областей исследований. Судя по количеству найденных статей и динамике их роста, можно сделать вывод о том, что этот вопрос активно развивается благодаря усилиям научного сообщества и находит поддержку среди заинтересованных сторон.

Несмотря на весьма разные подходы к разработке систем поддержки водителей, которые были описаны в рассмотренных публикациях, а также разнообразие решаемых задач, авторы постарались организовать вышеупомянутые публикации и рассмотреть их в рамках единой парадигмы.

На основании выполненного анализа можно сделать вывод о том, что проблема разработки системы интеллектуальной поддержки водителей является весьма актуальной. В то же время в ходе настоящей работы наиболее перспективным направлением исследований в этой области предложено объединение сервисов и технологий для реализации решения поставленной проблемы на основе сервис-ориентированной архитектуры.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 18-07-01201 и 18-07-01203) и бюджетной темы № 0073-2018-0002.

Литература

1. A real-time personalized route recommendation system for self-drive tourists based on vehicle to vehicle communication / L. Liu, J. Xu, S.S. Liao, H. Chen // *Expert Systems with Applications*. – 2014. – Vol. 41, No. 7. – PP. 3409–3417.
2. A mobile 3D-GIS hybrid recommender system for tourism / J.M. Noguera, M.J. Barranco, R.J. Segura, L. Martinez // *Information Sciences*. – 2012. – Vol. 215. – PP. 37–52.
3. Driver-Vehicle-Environment monitoring for on-board driver support systems: Lessons learned from design and implementation / A. Amditis, K. Pagle, S. Joshi, E. Bekiaris // *Applied Ergonomics*. – 2010. – Vol. 41, No. 2. – PP. 225–235.
4. Lee J. Iterative design of MOVE: A situationally appropriate vehicle navigation system / J. Lee, J. Forlizzi, S.E. Hudson // *International Journal of Human-Computer Studies*. – 2008. – Vol. 66, No. 3. – PP. 198–215.
5. Panigrahi S. A Hybrid Distributed Collaborative Filtering Recommender Engine Using Apache Spark / S. Panigrahi, R.K. Lenka, A.A. Stitpragyan // *Procedia Computer Science*. – 2016. – Vol. 83. – PP. 1000–1006.
6. Kothari A.A. A Novel Approach Towards Context Based Recommendations Using Support Vector Machine Methodology / A.A. Kothari, W.D. Patel // *Procedia Computer Science*. – 2015. – Vol. 57. – PP. 1171–1178.
7. Elahi M. A survey of active learning in collaborative filtering recommender systems / M. Elahi, F. Ricci, N. Rubens // *Computer Science Review*. – 2016. – Vol. 20. – PP. 29–50.
8. Baltrunas L. Experimental evaluation of context-dependent collaborative filtering using item splitting / L. Baltrunas, F. Ricci // *User Modeling and User-Adapted Interaction*. – 2014. – Vol. 24, No. 1–2. – PP. 7–34.
9. Tideman M. A new scenario based approach for designing driver support systems applied to the design of a lane change support system / M. Tideman, M.C. van der Voort, B. van Arem // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. – 2010. – Vol. 18, No. 2. – PP. 247–258.
10. Ait-Cheik-Bihi W. A Platform for Interactive Location-Based Services / W. Ait-Cheik-Bihi, M. Bakhouya, A. Nait-Sidi-Moh, J. Gaber, M. Wack // *Procedia Computer Science*. – 2011. – Vol. 5. – PP. 697–704.
11. Yeung K.F. A proactive personalised mobile recommendation system using analytic hierarchy process and Bayesian network / K.F. Yeung, Y. Yang, D. Ndzi // *Journal of Internet Services and Applications*. – 2012. – Vol. 3, No. 2. – PP. 195–214.
12. Champiri Z.D. A systematic review of scholar context-aware recommender systems / Z.D. Champiri, S.R. Shahamiri, S.S.B. Salim // *Expert Systems with Applications*. – 2015. – Vol. 42, No. 3. – PP. 1743–1758.
13. Fastrez P. Designing and evaluating driver support systems with the user in mind / P. Fastrez, J.-B. Haué // *International Journal of Human-Computer Studies*. – 2008. – Vol. 66, No. 3. – PP. 125–131.
14. Predic B. Enhancing driver situational awareness through crowd intelligence / B. Predic, D. Stojanovic // *Expert Systems with Applications*. – 2015. – Vol. 42, No. 11. – PP. 4892–4909.
15. Hussein T. Hybreed: A software framework for developing context-aware hybrid recommender systems / T. Hussein, T. Linder, W. Gaulke, J. Ziegler // *User Modeling and User-Adapted Interaction*. – 2014. – Vol. 24, No. 1–2. – PP. 121–174.
16. Panniello U. Incorporating context into recommender systems: an empirical comparison of context-based approaches / U. Panniello, M. Gorgoglione // *Electronic Commerce Research*. – 2012. – Vol. 12, No. 1. – PP. 1–30.
17. Borràs J. Intelligent tourism recommender systems: A survey / J. Borràs, A. Moreno, A. Valls // *Expert Systems with Applications*. – 2014. – Vol. 41, No. 16. – PP. 7370–7389.
18. Fors C. Interface design of eco-driving support systems – Truck drivers' preferences and behavioural compliance / C. Fors, K. Kircher, C. Ahlström // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. – 2015. – Vol. 58. – PP. 706–720.
19. Mocholi J.A. Learning semantically-annotated routes for context-aware recommendations on map navigation systems / J.A. Mocholi, J. Jaen, K. Krynicki, A. Catala, A. Picón, A. Cadenas // *Applied Soft Computing Journal*. – 2012. – Vol. 12, No. 9. – PP. 3088–3098.
20. Gavalas D. Mobile recommender systems in tourism / D. Gavalas, C. Konstantopoulos, K. Mastakas, G. Pantziou // *Journal of Network and Computer Applications*. – 2014. – Vol. 39. – PP. 319–333.
21. Lüddecke D. Modeling context-aware and intention-aware in-car infotainment systems / D. Lüddecke, C. Seidl, J. Schneider, I. Schaefer // *Software & Systems Modeling*. – 2016. – PP. 1–15 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ssl.stu.neva.ru/psw/crypto.html>, требуется подписка (дата обращения: 28.07.2017).
22. Rodríguez-Hernández M. del C. Pull-based recommendations in mobile environments / M. del C. Rodríguez-Hernández, S. Ilarri // *Computer Standards & Interfaces*. – 2016. – Vol. 44. – PP. 185–204.
23. Bobadilla J. Recommender systems survey / J. Bobadilla, F. Ortega, A. Hernando, A. Gutiérrez // *Knowledge-Based Systems*. – 2013. – Vol. 46. – PP. 109–132.
24. Unger M. Towards latent context-aware recommendation systems / M. Unger, A. Bar, B. Shapira, L. Rokach // *Knowledge-Based Systems*. – 2016. – Vol. 104. – PP. 165–178.
25. Kurashima T. Travel route recommendation using geotagged photos / T. Kurashima, T. Iwata, G. Irie, K. Fujimura // *Knowledge and Information Systems*. – 2013. – Vol. 37, No. 1. – PP. 37–60.

26. Kim J. User resistance to acceptance of In-Vehicle Infotainment (IVI) systems / J. Kim, S. Kim, C. Nam // Telecommunications Policy. – 2016. – Vol. 40, No. 9. – PP. 919–930.

27. Anaya J.J. Vehicle to Vehicle GeoNetworking using Wireless Sensor Networks / J.J. Anaya, E. Talavera, F. Jiménez, F. Serradilla, J.E. Naranjo // Ad Hoc Networks. – 2015. – Vol. 27. – PP. 133–146.

28. Árnason J.I. Volvo intelligent news: A context aware multi modal proactive recommender system for in-vehicle use / J.I. Árnason, J. Jepsen, A. Koudal, M.R. Schmidt, S. Serafin // Pervasive and Mobile Computing. – 2014. – Vol. 14. – PP. 95–111.

Тарамов Андрей Александрович

Студент каф. информационных систем

Университета ИТМО

Кронверкский пр-т., д. 49, г. Санкт-Петербург, 197101

Тел.: +7 (812) 328-80-71

Эл. почта: tar-aa-spb@yandex.ru

Шилов Николай Германович

Канд. техн. наук, доцент, с.н.с. лаб.

интегрированных систем автоматизации СПИИРАН

14-я линия, д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178

Тел.: +7 (812-3) 28-80-71

Эл. почта: nick@iiias.spb.su

Taramov A.A., Shilov N.G.

Recommender Systems for Driver Information Support: State-of-the-Art Review

The article presents a review, analysis and systematization of scientific works in the area of recommender system application to driver information support. The relevance of this research topic is shown. The classification of publications on four thematic blocks is proposed. The key characteristics of driver information support systems are identified and used as the basis for comparison of works most closely related to the topic. The integration of services and technologies for implementation of a recommender system in the considered domain is proposed as a promising research direction.

Keywords: driver information support, recommender system, state-of-the-art review, systematization, service-oriented architecture.

doi: 10.21293/1818-0442-2018-21-2-68-74

References

1. Liu L., Xu J., Liao S.S., Chen H. A real-time personalized route recommendation system for self-drive tourists based on vehicle to vehicle communication. *Expert Systems with Applications*, 2014, vol. 41, no. 7, pp. 3409–3417.
2. Noguera J.M., Barranco M.J., Segura R.J., Martínez L. A mobile 3D-GIS hybrid recommender system for tourism. *Information Sciences*, 2012, vol. 215, pp. 37–52.
3. Amditis A., Pagle K., Joshi S., Bekiaris E. Driver-Vehicle-Environment monitoring for on-board driver support systems: Lessons learned from design and implementation. *Applied Ergonomics*, 2010, vol. 41, no. 2, pp. 225–235.
4. Lee J., Forlizzi J., Hudson S.E., Lee J. Iterative design of MOVE: A situationally appropriate vehicle navigation sys-

tem. *International Journal of Human-Computer Studies*, 2008, vol. 66, no. 3, pp. 198–215.

5. Panigrahi S., Lenka R.K., Stitipragyan A.A. A Hybrid Distributed Collaborative Filtering Recommender Engine Using Apache Spark. *Procedia Computer Science*, 2016, vol. 83, pp. 1000–1006.

6. Kothari A.A., Patel W.D. A Novel Approach Towards Context Based Recommendations Using Support Vector Machine Methodology. *Procedia Computer Science*, 2015, vol. 57, pp. 1171–1178.

7. Elahi M., Ricci F., Rubens N. A survey of active learning in collaborative filtering recommender systems. *Computer Science Review*, 2016, vol. 20, pp. 29–50.

8. Baltrunas L., Ricci F. Experimental evaluation of context-dependent collaborative filtering using item splitting. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 2014, vol. 24, no. 1, pp. 7–34.

9. Tideman M., van der Voort M.C., van Arem B. A new scenario based approach for designing driver support systems applied to the design of a lane change support system. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2010, vol. 18, no. 2, pp. 247–258.

10. Ait-Cheik-Bihi W., Bakhouya M., Nait-Sidi-Moh A., Gaber J., Wack M. A Platform for Interactive Location-Based Services. *Procedia Computer Science*, 2011, vol. 5, pp. 697–704.

11. Yeung K.F., Yang Y., Ndzi D. A proactive personalised mobile recommendation system using analytic hierarchy process and Bayesian network. *Journal of Internet Services and Applications*, 2012, vol. 3, no. 2, pp. 195–214.

12. Champiri Z.D., Shahamiri S.R., Salim S.S.B. A systematic review of scholar context-aware recommender systems. *Expert Systems with Applications*, 2015, vol. 42, no. 3, pp. 1743–1758.

13. Fastrez P., Haué J.-B. Designing and evaluating driver support systems with the user in mind. *International Journal of Human-Computer Studies*, 2008, vol. 66, no. 3, pp. 125–131.

14. Predic B., Stojanovic D. Enhancing driver situational awareness through crowd intelligence. *Expert Systems with Applications*, 2015, vol. 42, no. 11, pp. 4892–4909.

15. Hussein T., Linder T., Gaulke W., Ziegler J. Hybreed: A software framework for developing context-aware hybrid recommender systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 2014, vol. 24, no. 1–2, pp. 121–174.

16. Panniello U., Gorgoglione M. Incorporating context into recommender systems: an empirical comparison of context-based approaches. *Electronic Commerce Research*, 2012, vol. 12, no. 1, pp. 1–30.

17. Borràs J., Moreno A., Valls A. Intelligent tourism recommender systems: A survey. *Expert Systems with Applications*, 2014, vol. 41, no. 16, pp. 7370–7389.

18. Fors C., Kircher K., Ahlström C. Interface design of eco-driving support systems – Truck drivers' preferences and behavioural compliance. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2015, vol. 58, pp. 706–720.

19. Mocholi J.A., Jaen J., Krynicki K., Catala A., Picón A., Cadenas A. Learning semantically-annotated routes for context-aware recommendations on map navigation systems. *Applied Soft Computing Journal*, 2012, vol. 12, no. 9, pp. 3088–3098.

20. Gavalas D., Konstantopoulos C., Mastakas K., Pantziou G. Mobile recommender systems in tourism. *Journal of Network and Computer Applications*, 2014, vol. 39, pp. 319–333.

21. Lüddecke D., Seidl C., Schneider J., Schaefer I. Modeling context-aware and intention-aware in-car infotain-

ment systems. *Software & Systems Modeling*, 2016, pp. 1–15. Available at: <http://www.ssl.stu.neva.ru/psw/crypto.html> (accessed: 28.07.2017).

22. Rodríguez-Hernández M. del C., Ilarri S. Pull-based recommendations in mobile environments. *Computer Standards & Interfaces*, 2016, vol. 44, pp. 185–204.

23. Bobadilla J., Ortega F., Hernando A., Gutiérrez A. Recommender systems survey. *Knowledge-Based Systems*, 2013, vol. 46, pp. 109–132.

24. Unger M., Bar A., Shapira B., Rokach L. Towards latent context-aware recommendation systems. *Knowledge-Based Systems*, 2016, vol. 104, pp. 165–178.

25. Kurashima T., Iwata T., Irie G., Fujimura K. Travel route recommendation using geotagged photos. *Knowledge and Information Systems*, 2013, vol. 37, no. 1, pp. 37–60.

26. Kim J., Kim S., Nam V. User resistance to acceptance of In-Vehicle Infotainment (IVI) systems. *Telecommunications Policy*, 2016, vol. 40, no. 9, pp. 919–930.

27. Anaya J.J., Talavera E., Jiménez F., Serradilla F., Naranjo J.E. Vehicle to Vehicle GeoNetworking using Wireless Sensor Networks. *Ad Hoc Networks*, 2015, vol. 27, pp. 133–146.

28. Árnason J.I., Jepsen J., Koudal A., Schmidt M.R., Serafin S. Volvo intelligent news: A context aware multi-modal proactive recommender system for in-vehicle use. *Pervasive and Mobile Computing*, 2014, vol. 14, pp. 95–111.

Andrei A. Taramov

Master Student

Department of Information Systems

ITMO University

Kronverksky pr., 49, St. Petersburg, Russia, 197101

Phone: +7 (812-3) 28-80-71

Email: tar-aa-spb@yandex.ru

Nikolay G. Shilov

Doctor of Engineering Sciences, Senior Researcher

Computer-Aided Integrated Systems Laboratory SPIIRAS

14 Line, 39, St. Petersburg, Russia, 199178

0000-0002-9264-9127

Phone: +7 (812-3) 28-80-71

Email: nick@iias.spb.su