

УДК 004.8

## **Методологические основы интеллектуальной поддержки социально-ориентированных решений в гибких транспортных системах\***

**Н.Г. ШИЛОВ<sup>1</sup>, В.И. ЕРМОЛАЕВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> 199178, РФ, г. Санкт-Петербург, 14-я линия, 39, СПИИ РАН, кандидат технических наук, доцент. E-mail: [nick@iias.spb.su](mailto:nick@iias.spb.su)

<sup>2</sup> 199178, РФ, г. Санкт-Петербург, 14-я линия, 39, СПИИ РАН, кандидат технических наук, доцент. E-mail: [VErmolaev@iias.spb.su](mailto:VErmolaev@iias.spb.su)

Развитие транспортной инфраструктуры крупных российских городов требует качественных изменений, комплексно влияющих на социальную, экономическую и экологическую составляющие транспортного процесса, для чего, в свою очередь, необходимо разработать современные подходы и информационно-вычислительных технологии, позволяющие повысить качество транспортного процесса. В статье решается задача создания методологических основ интеллектуальной поддержки социально-ориентированных решений участников транспортного процесса на основе методов и механизмов социальной самоорганизации web-сообществ. Для этого предлагается использование таких технологий, как интеллектуальная поддержка принятия решений, самоорганизация сетей сервисов, управление на основе социальных систем, киберфизические и социокриберфизические системы, web-сообщества. Предложены специфицированные на основе анализа проблемной области и существующих технологий требования к интеллектуальным системам поддержки социально-ориентированных решений участников транспортного процесса, а также общая методология динамического конфигурирования мультимодальных транспортных сетей на основе их анализа, виртуализации и последующего синтеза с использованием общей онтологической модели.

В качестве примеров использования предложенной методологии рассмотрены два социально-ориентированных сценария. В первом сценарии предлагается использование набирающей популярность концепции совместного использования автотранспорта. Она подразумевает, в отличие от традиционных способов пассажироперевозок, использование в качестве транспорта личных автомобилей участников дорожного движения. Это позволит существенно уменьшить число требуемых транспортных средств, и в то же время участники транспортного процесса получат «выигрыш» в стоимости и удобстве поездки. Другим сценарием использования предложенной методологии является оперативное оказание помощи на дорогах, когда составление согласованного плана действий участников транспортного процесса является первоочередной задачей. Использование предложенного подхода позволит участникам транспортной ситуации оперативно получить ее описание, структурировать получаемую информа-

---

\* Статья получена 16 мая 2016 г.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 14-07-00378, № 15-07-08391, № 16-07-00463 и № 16-07-00375) Президиума РАН (программа I.5, проект № 213) и бюджетной темы № 0073-2014-0005.

цию, рассматривать только релевантную ситуации информацию и, следовательно, существенно сократить время, затрачиваемое на выработку и принятие согласованных решений.

**Ключевые слова:** транспортная система, социально-ориентированные решения, спецификация требований, методология, динамическое конфигурирование, совместное использование автотранспорта, оперативное оказание помощи на дорогах, web-сервис, web-сообщество

DOI: 10.17212/1814-1196-2016-3-59-72

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие транспортной инфраструктуры крупных российских городов не успевает за ростом нагрузки на них. Для решения этой проблемы необходимы ее качественные изменения, комплексно влияющие на социальную, экономическую и экологическую составляющие транспортного процесса, что, в свою очередь, требует применения современных подходов и информационно-вычислительных технологий, позволяющих повысить качество транспортного процесса.

Анализ литературы на тему организационного поведения и управления человеческими ресурсами показывает, что наиболее эффективными являются коллективы, работающие при общем понимании текущей ситуации (контекста). Например, социальная самоорганизация исследовалась в работах [1, 2]. Таким образом, предполагается, что использование элементов конфигурирования социальных систем для задач контекстно-зависимого управления транспортными процессами позволит существенно повысить эффективность их решения.

Поведение людей в социальных системах рассматривалось еще в работах М.Г. Гаазе-Рапопорта и Д.А. Поспелова [3], Г.Г. Горвица [4] и др. Однако, возможности использования таких моделей социального поведения при конфигурировании киберфизических систем (т. е. систем, тесно интегрирующих физические системы и киберсистемы (ИТ) на основе их взаимодействия в реальном времени) еще малоизучены, хотя и привлекают внимание ученых всего мира (например, европейские проекты Inductive Constraint Programming [5] и Smart Society [6], ориентированные на создание социально-киберфизических систем и объединяющие усилия ряда ведущих европейских университетов; [7] и др.). В настоящее время роль web-сообществ внимательно исследуется в рамках направления «Антикризисная информатика» (crisis informatics) [8]. В качестве основы исследований были взяты записи, фиксирующие обмен сообщениями между людьми, имеющими информацию о возникшей ситуации (например, ДТП) или заинтересованными в получении такой информации с помощью Интернета [9–13], а также записей в блогах и на web-порталах [14, 15]. В ходе исследований был сделан вывод, что web-сообщества являются мощным средством, обеспечивающим возможность эффективных слаженных действий независимых участников за счет коллективного понимания содержания и последствий этих ситуаций (situational awareness). Однако потенциальные возможности web-сообществ пока в полной мере не реализованы.

В статье предлагается решение задачи создания методологических основ интеллектуальной поддержки социально-ориентированных решений участников транспортного процесса на основе методов и механизмов социальной

самоорганизации web-сообществ. Для этого предлагается использование таких технологий, как интеллектуальная поддержка принятия решений, самоорганизация сетей сервисов, управление на основе социальных систем, киберфизические и социок cyberфизические системы, web-сообщества.

## **1. ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ В РАССМАТРИВАЕМОЙ ОБЛАСТИ**

Ключевыми механизмами, поддерживающими контекстно-зависимую самоорганизацию сетей сервисов, являются механизмы самоорганизации и модели переговоров. Обычно выделяют следующие механизмы [16]: интеллектуальная переадресация, адаптивная кластеризация, ситуационное поведение, динамическая оценка затрат, интеллектуальная передача задач. Также можно упомянуть следующие модели переговоров [17]: различные формы спонтанной самоагрегации с целью коллективного и адаптивного предоставления сервиса несколькими распределенными сервисами/агентами (так называемая холоническая агрегация); самоуправление как способ реализации управления в сообществе сервисов/агентов (т. е. назначение прав и обязанностей менеджера одному из сервисов/агентов); ситуационное поведение, т. е. организация контекстной информации, описывающей текущую ситуацию, а также доступ к ней с целью принятия более рациональных решений и поддержка более сложных форм опосредованного взаимодействия (stigmergic interaction).

Использование концепции киберфизических систем (cyber-physical system) может обеспечить более высокую степень гибкости и надежности транспортных систем. Киберфизические системы тесно связывают физические и информационно-управляющие системы, поддерживающие транспортные процессы, на основе взаимодействия между ними в реальном времени. Это достаточно новая тема исследований, требующая разработки новых подходов. Киберфизические системы интенсивно используют коммуникационную, вычислительную и управляющую инфраструктуры. Согласно прогнозу McKinsey Global Institute [18], рынок таких технологий, как мобильный интернет, автоматизация обработки знаний и Internet of Things, к 2025 году в сумме может превысить 20 триллионов долларов США. Особый интерес они представляют для управления транспортными процессами, сильно зависящими от решений, принимаемых людьми – участниками таких процессов. Таким образом, рассматриваемую в проекте многомодальную транспортную систему можно рассматривать как социок cyberфизическую.

Планирование эффективных транспортных систем в крупных городах, развитие инфраструктур которых не успевает за ростом нагрузки на них, выдвигает дополнительные требования к поддержке принятия решений. В частности, необходимо искать компромиссные решения для участников транспортного процесса, позволяющие повысить эффективность последнего в целом, но не обеспечивающие оптимальности решений для каждого участника в отдельности. Для решения этой задачи предлагаются использование элементов теории планируемого поведения [19] и организационного поведения [20], а также модели переговоров, изначально разработанные для многоагентных систем [21].

Поведение человека в рамках социкиберфизической системы можно определить как совокупность осознанных действий субъекта, обладающих характерной для него особенностью, которая повторяется в разных ситуациях [22]. Под социальным поведением понимается совокупность человеческих поведенческих процессов, связанных с удовлетворением физических и социальных потребностей и возникающих как реакция на окружающую социальную среду. Поведение определяется главным образом следующими факторами, которые необходимо учитывать при поддержке принятия социально-ориентированных решений.

1) Действие. Здесь определяется, какой вид поведения осуществляется. Это может быть конкретное социальное или экономическое поведение, какое-то межличностное взаимодействие и т. д.

2) Объект. В этом случае определяется, на какой объект направлено поведение: на определенный социальный сервис, на какой-либо товар, на близкого человека и т. п.

3) Контекст. Речь о том, в каком контексте осуществляется поведение: в какой социально-экономической ситуации (при достаточных средствах или при их отсутствии, на людях или в интимной обстановке).

4) Временной фактор. Анализируется конкретное время осуществления поведения (например, немедленно, через год, в течение нескольких лет, в определенную дату).

Выделяются три системообразующих элемента общественного сознания: потребности, нормы и способности.

Общественные потребности определяют качество транспортного процесса в целом и каждого его участника в отдельности. Они базируются на их способностях и регулируются общей социальной политикой. Определяя уровень удовлетворенности, общественные потребности оказывают влияние на общественные нормы и развитие общественных способностей.

Общественные нормы – это социокультурные правила, которыми руководствуется каждый член общества в своей жизни. Эти правила формируются на основе различных форм общественного сознания: науки, политики, права, морали, религии, искусства. Сохраняя наиболее ценные традиции, культуру и ментальность, общественные нормы изменяются под влиянием окружающей среды.

Общественные способности – это способы деятельности общества. Они отражают уровень цивилизованности: чем выше уровень развития общества, тем разнообразнее общественные способности.

Таким образом, зная содержание структуры общественного сознания, можно создать условную модель поведения человека – участника транспортного процесса, которая позволит получить представление о том, как возникает, протекает и чем регулируется его поведение.

Функциональный анализ поведения проводится после выявления ключевого поведения, относящегося к данной деятельности, когда определена частота соответствующих поведенческих событий. Функциональный анализ более известен как ABC-анализ (Antecedent (предпосылка), Behavior (поведение), Consequence (последствие)) и заключается в выявлении как предпосылок А, так и результатов С поведенческого события В. Формирование системы мотивации также позволяет влиять на поведение участников

транспортного процесса для повышения эффективности последнего. Для повышения качества управления и моделирования предлагается выделять модели (patterns) социального поведения, описывающие ценностно-нормативные комплексы, которые являются образцами действий, мировоззрения, поступков и установок участников транспортного процесса. Описывать условные модели поведения в рамках проекта предлагается с помощью UML-диаграмм.

## **2. ТРЕБОВАНИЯ К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ СИСТЕМАМ ПОДДЕРЖКИ СОЦИАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ РЕШЕНИЙ УЧАСТНИКОВ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА**

В рамках выполнения представленного научного исследования на основе анализа проблемной области и существующих технологий специфицированы следующие требования к интеллектуальным системам поддержки социально-ориентированных решений участников транспортного процесса.

1) Семантическая интероперабельность. Задача поддержки социально-ориентированных решений в транспортных процессах является мультидисциплинарной, и ее решение требует использования методов из различных научных областей, указанных выше. Таким образом, должна быть обеспечена семантическая интеграция различных мультидисциплинарных моделей, отражающих различные аспекты проблемы поддержки социально-ориентированных решений в транспортных процессах.

2) Персонализированность (учет индивидуальных особенностей и предпочтений конкретных пользователей). Как было показано выше, социальное поведение участников транспортного процесса сильно зависит от их личностных особенностей. Для эффективной поддержки социально-ориентированных решений необходимо учитывать такие особенности, а также явные и неявные предпочтения участников для повышения степени их мотивации.

3) Ориентированность на контекст (использование контекстной информации при поддержке принятия решений). Как любой другой динамический процесс, транспортный процесс требует учета текущей ситуации и ее возможного развития для принятия эффективных решений. Этого можно достигнуть за счет использования технологии управления контекстом.

4) Динамичность. При использовании контекстной информации условия принятия решений постоянно меняются, что требует разработки механизмов динамического обновления предлагаемых решений в зависимости от развития ситуации.

5) Разделение структурного и параметрического описания. Поскольку условия принятия решений постоянно меняются, необходимы механизмы, позволяющие наиболее полно и многократно использовать имеющуюся (накапливаемую) информацию.

6) Многоаспектность. Моделирование рассматриваемой в проекте комплексной проблемной области требует ее многоаспектного представления.

7) Масштабируемость. Поддержка участников транспортных процессов должна выполняться как в небольших транспортных узлах, так и в крупных транспортных системах.

При построении конфигурации транспортной сети каждый ее участник видит ту часть плана, которая предназначена для выполнения этим участником. Участники и исполнительные ресурсы, ознакомленные с планом, включаются в web-сообщество. Однако, участники и исполнительные ресурсы могут и не соглашаться участвовать в совместных действиях. В случае отказа хотя бы одного из участников предпринимается попытка корректировки плана для остальных участников. Корректировка заключается в перераспределении действий, запланированных для исполнительного ресурса, который отказался принять участие в совместных действиях, между другими ресурсами, входящими в web-сообщество, а также изменение ранее предложенных им действий. При этом должно соблюдаться условие, что откорректированный план не ведет к значительной потере времени (в частности, запланированное время транспортировки). Если корректировка плана невозможна или ведет к потере времени, то генерируется новый набор альтернативных планов совместных действий, из которого опять выбирается эффективный план и передается на согласование исполнителям, включенным в этот план.

### **3. ОБЩАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО КОНФИГУРИРОВАНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

В рамках представленного проекта была разработана общая методология динамического конфигурирования мультимодальных транспортных систем на основе их анализа, виртуализации и последующего синтеза с использованием общей онтологической модели. Разработанная методология основана на следующих принципах.

1) Информация и знания об участниках, исполнительных, материальных (транспортные средства, дороги, сооружения и т. п.), информационных и вычислительных ресурсах извлекаются из «распределенного хранилища», представляющего собой совокупность открытых для доступа фрагментов информационных баз этих ресурсов. Для обеспечения технической интероперабельности предлагается использование стандартов web-сервисов. Для обеспечения семантической интероперабельности предлагается использование единой онтологии, описывающей общие понятия, относящиеся к рассматриваемой системе, а также отношения между ними.

2) На основе этой информации / знаний осуществляется построение онтологической (структурной) модели рассматриваемой системы (модели, описывающей все элементы и структурные связи между ними, но не содержащей конкретные данные).

3) Текущая задача описывается в виде контекстной модели, структурная составляющая которой соответствует онтологической модели, а параметрическая составляющая извлекается из указанного выше «распределенного хранилища».

4) На основе онтологической модели осуществляется построение структурно-параметрической модели рассматриваемой системы, содержащей как структурные компоненты и связи, так и их конкретные характеристики, стратегии поведения и т. п. в контексте текущей ситуации. Полученная модель используется при конфигурировании рассматриваемой системы.

5) Виртуализация транспортного процесса посредством моделирования его участников с помощью социально-инспирированных web-сервисов, т. е. сервисов, моделирующих механизмы поведения участников транспортного процесса в социальной системе.

В рамках представленной методологии в зависимости от типа и свойств конкретной задачи выделяется фрагмент онтологии, включающий элементы, имеющие отношение к данной задаче. Таким образом формируется абстрактный контекст текущей ситуации, который является онтологической моделью решаемой задачи. Затем данный абстрактный контекст «наполняется» конкретными значениями, описывающими текущую ситуацию и предоставляемыми ранее упомянутыми сервисами. Результатом такого «наполнения» является оперативный контекст. Оперативный контекст является моделью текущей ситуации в реальном времени. Применение контекстной модели позволяет существенно уменьшить количество информации, которое необходимо обработать при решении задачи, а также обеспечить учет всей информации, относящейся к текущей ситуации. Благодаря использованию формализма объектно-ориентированных сетей ограничений [23], оперативный контекст представляет собой задачу удовлетворения ограничений, что позволяет использовать существующие решатели для поиска наиболее эффективных конфигураций логистической сети. Очевидно, что для большого числа ситуаций будет существовать несколько допустимых решений, из которых пользователь сможет выбрать наиболее подходящее (например, с наименьшим числом пересадок, без использования какого-либо вида транспорта; маршруты, позволяющие осмотреть достопримечательности, и т. п.). Для изучения предпочтений пользователей предполагается ориентироваться на использование технологий групповых рекомендательных систем класса коллаборативной фильтрации.

Предложенная концептуальная модель социально-инспирированного сервиса состоит из следующих компонентов.

1) Сервис – основной действующий субъект модели транспортного процесса. Сервис может представлять сенсор, транспортное средство, компанию – поставщика услуг, участника транспортного процесса и т. п. Сервис обладает структурными знаниями, параметрическими знаниями и профилем. Сервис характеризуется такими свойствами, как автономность и проактивность, и выполняет некоторые действия.

2) Структурные знания являются концептуальным описанием проблем, которые могут быть решены соответствующим сервисом. Они представляют собой внутреннюю онтологию сервиса. Структурные знания описывают структуру параметрических знаний сервиса. В зависимости от ситуации структурные знания могут быть модифицированы (адаптированы) посредством самоадаптации. Они также описывают терминологию контекста и профиля сервиса.

3) Параметрические знания являются знаниями о конкретной ситуации. Их структура определяется структурными знаниями сервиса, а параметрическая составляющая зависит от контекста текущей ситуации. Они определяют поведение сервиса.

4) Контекстом называется любая информация, которая может быть использована для описания ситуации объекта, где в качестве объекта может вы-

ступать человек, место и т. п., которые считаются относящимися к задаче, решаемой пользователем, включая самого пользователя и используемые им инструментальные средства [24]. Целью контекста является представление только релевантных информации и знаний из всего объема доступных. Релевантность информации и знаний оценивается на основе того, насколько они связаны с рассматриваемой задачей. Контекст описывается в терминологии структурных знаний сервиса. Он обновляется по мере поступления информации из окружения сервиса и как результат действий сервиса. Контекст обновляет параметрические знания сервиса, которые, в свою очередь, определяют его поведение. В предложенной методологии используется двухэтапное построение контекста: построение контекста текущей ситуации на основании знаний проблемной области (абстрактный контекст) и конкретизация абстрактного контекста значениями переменных, получаемыми от информационных сервисов (оперативный контекст).

5) Окружение является окружающей средой социокберфизической системы, частью которой является рассматриваемый сервис. Такая среда способна взаимодействовать с данной системой. Окружение влияет на контекст сервиса. Сервис может воздействовать на окружение, если он имеет соответствующую функциональность (например, автобус может перевезти пассажира).

6) Функциональность – это набор киберфизических функций, которые могут быть выполнены сервисом. Посредством функциональности сервис может воздействовать на свое окружение. Функциональность описывается профилем сервиса.

7) Профиль описывает функциональность, предпочтения и стратегии сервиса в терминах его структурных знаний таким образом, чтобы он мог быть «понимаем» другими сервисами киберфизической системы.

8) Поведение – это способность сервиса выполнять определенные действия и самоадаптация для изменения как собственного состояния, так и состояния окружения с текущих на желаемые. Поведение определяется предпочтениями и стратегиями сервиса.

9) Предпочтения – это склонность сервиса к определенным состояниям окружения или собственным состояниям, а также склонность избегать некоторых состояний. Предпочтения описаны в профиле сервиса и влияют на его поведение. Сервис может изменять свои предпочтения в процессе функционирования.

10) Стратегия – это предопределенный план действий или набор правил выбора действий для изменения состояния сервиса или его окружения с текущего на желаемое. Стратегия описывается в профиле сервиса и определяет его поведение. Сервис может изменять свои стратегии посредством самоадаптации.

11) Действия – это способность сервиса взаимодействовать с другими сервисами и вести переговоры посредством своего поведения. Они регулируются протоколом переговоров и нормами поведения.

12) Протокол переговоров – это набор базовых правил, сформулированных таким образом, чтобы при следовании сервисом этим правилам вся система вела себя так, как задумано ее создателями. Протокол переговоров определяет действия сервиса.



13) Нормы поведения – это правила, регулирующие действия сервиса. В отличие от протокола переговоров нормы носят рекомендательный характер.

Поскольку структуры и модели различных компонентов сервисов в целом идентичны, система, построенная на основе предложенной методологии, будет масштабируемой.

#### **4. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДОЛОГИИ**

В качестве примеров использования предложенной методологии рассмотрены два социально-ориентированных сценария. В первом сценарии предлагается использование набирающей популярность концепции совместного использования автотранспорта (англ. carpool, также известного как ride-sharing, lift-sharing и covoiturage). Она подразумевает, в отличие от традиционных способов пассажироперевозок, использование в качестве транспорта личных автомобилей участников дорожного движения. Это позволит существенно уменьшить число требуемых транспортных средств, благодаря чему уменьшится число заторов и вероятность аварий, количество припаркованных автомобилей на улицах города, а также существенно снизится выброс парниковых газов. При этом участники транспортного процесса получают «выигрыш» в стоимости и удобстве поездки, так как сокращается количество используемых автомобилей, а следовательно, снижаются общие расходы на топливо, их ремонт и обслуживание. К тому же возникает возможность дополнительного общения людей.

Предполагается, что каждый пассажир и водитель имеют мобильное устройство, которое с соответствующим программным обеспечением становится частью этого пространства. Все участники системы устанавливают специальное приложение на мобильное устройство. С согласия пользователя приложение собирает информацию о расписании пользователя, личных предпочтениях, наиболее частых маршрутах и т. д. Также пользователь может выставлять дополнительные ограничения (например, максимально допустимая задержка в пути, максимальное дополнительное расстояние, которое водитель готов проехать в интересах пассажира, интересы для социального общения и т. п.). После внутренней обработки и деперсонализации информации (передается не сама информация, а ее признаки) она передается в интеллектуальное пространство для формирования групп наиболее подходящих попутчиков в рамках собранных ограничений. Пользователи интерактивно получают список возможных попутчиков с описанием их профилей и если разрешено пользователем, то ссылкой на внешние ресурсы (например, страницу в социальных сетях ВКонтакте, Facebook), точки и время встречи и полные рекомендации по маршруту. Кроме предварительного поиска попутчиков возможен режим постоянного поиска в режиме реального времени в зависимости от изменения контекстной информации (например, при подключении к пространству новых пользователей, внесении изменений в ограничения и т. д.). Таким образом, от пользователя не требуется никаких действий для поиска подходящих попутчиков, вся работа выполняется на стороне интеллектуального пространства, при этом особое внимание уделяется сохранению ощущения личного пространства у пользователя.

Другим сценарием использования предложенной методологии является оперативное оказание помощи на дорогах. Первоочередной задачей в таких ситуациях является составление согласованного плана действий участников транспортного процесса. Принятие решений по выработке совместных действий участников и различных служб связано с необходимостью обработки и анализа больших объемов динамически меняющейся информации, поступающей из различных ресурсов. Web-сообщество позволит участникам транспортной ситуации (ТС) оперативно получить ее описание, структурировать получаемую информацию, рассматривать только релевантную ситуации информацию и, следовательно, существенно сократить время, затрачиваемое на выработку и принятие согласованных решений.

Информационная поддержка планирования и проведения операций по ликвидации последствий ТС связана с необходимостью решения ряда актуальных проблем. Повсеместный доступ к информационным ресурсам привел к возможности получать информацию, предоставляемую многочисленными источниками. В результате в информационную систему поступают огромные потоки информации. Избыток получаемой информации ведет к существенным временным (а в ряде случаев и стоимостным) затратам на ее обработку, что, в свою очередь, затягивает и делает дороже процедуру разработки плана операции по ликвидации последствий ТС. Решение данной проблемы связано с уменьшением объемов информации, обрабатываемых информационной системой. С другой стороны, может возникнуть проблема недостатка информации. Следствием недостатка информации может стать неэффективный, а иногда и неверный план операции по ликвидации последствий ТС. Информационная система, предназначенная для функционирования в таких условиях, должна поддерживать возможности поиска недостающей информации. Предложенный подход позволяет при необходимости вовлекать независимые стороны, не имеющие на момент ТС общего органа управления, в экстренные мероприятия, а также использовать членов web-сообществ в качестве информационного ресурса при недостатке требуемой информации. С появлением и развитием интеллектуальных сообществ (таких как web-сообщества) возникла проблема автоматической интеграции автономных ресурсов таких пространств в общую среду. Решение этой проблемы связано с преодолением семантической разнородности ресурсов, с определением их функциональной совместимости и с разработкой механизмов, обеспечивающих возможность взаимодействия ресурсов. Интеллектуальная интеграция ресурсов позволяет уменьшить объемы обрабатываемой системами информации и, соответственно, повысить их производительность. Задача планирования операции по ликвидации последствий ТС решается как задача динамической логистики методом удовлетворения ограничений. Ее решением является набор альтернативных планов, каждый из которых представляет собой множество исполнительных ресурсов со списком услуг, которые должны быть ими предоставлены, с маршрутами следования и с расписанием выполнения запланированных действий. Задача решается сетью web-сервисов.

Из множества альтернативных планов выбирается эффективный план. За выбор эффективного плана отвечают либо один или несколько ресурсов интеллектуального пространства, либо лицо, принимающее решение.

В момент выбора плана исполнительные ресурсы представлены посредством web-сервисов. Таким образом, вначале формируется множество web-

сервисов, которые представляют включенные в план исполнительные ресурсы. Это множество является сервис-ориентированным представлением общего поля ресурсов. web-сервисы, входящие в рассматриваемое множество, самостоятельно или опосредованно через сервис связи передают соответствующие сообщения ресурсам, которые они представляют. Эти сообщения являются сигналом, что тот или иной исполнительный ресурс получил задание на выполнение. Из исполнительных ресурсов, получивших задание, формируется web-сообщество.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлены методологические основы интеллектуальной поддержки социально-ориентированных решений в гибких транспортных системах. Предложены специфицированные на основе анализа проблемной области и существующих технологий требования к интеллектуальным системам поддержки социально-ориентированных решений участников транспортного процесса, а также общая методология динамического конфигурирования мультимодальных транспортных сетей на основе их анализа, виртуализации и последующего синтеза с использованием общей онтологической модели.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hofkirchner W. Emergence and the logic of explanation: an argument for the unity of science // Acta Polytechnica Scandinavica: Mathematics, Computing and Management in Engineering Series. – 1998. – Vol. 91. – P. 23–30.
2. Fuchs C. Globalization and self-organization in the knowledge-based society // TripleC. – 2003. – Vol. 1, N 2. – P. 105–169.
3. Гаазе-Ранопорт М.Г., Поспелов Д.А. От амебы до робота: модели поведения. – М.: Наука, 1987. – 286 с.
4. Горвиц Г.Г. Некоторые модели социального поведения // Труды VII Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO'08, Москва, 28–31 января 2008 г. – М.: ИПУ РАН, 2008. – С. 1382–1393.
5. EU FET-Open: Inductive Constraint Programming, 2012–2014 [Electronic resource]: website. – URL: <http://www.icon-fet.eu/> (accessed: 12.09.2016).
6. Smart Society project [Electronic resource]: website. – URL: <http://www.smart-society-project.eu/> (accessed: 12.09.2016).
7. Sheth A., Anantharam P., Henson C. Physical-cyber-social computing: an early 21st century approach // IEEE Intelligent Systems. – 2013. – Vol. 28, N 1. – P. 78–82.
8. Hagar C. Introduction to Special section on crisis informatics // Bulletin of the American Society for Information Science and Technology. – 2010. – Vol. 36, N 5. – P. 10–12.
9. Armour G. Communities communicating with formal and informal systems: being more resilient in times of need // Bulletin of the American Society for Information Science and Technology. – 2010. – Vol. 36, N 5. – P. 34–38.
10. Krakovsky A. The role of social networks in crisis situations: public participation and information exchange // ISCRAM 2010 Conference Proceedings / ed. by S. French, B. Tomaszewski, C. Zobel. – Seattle, 2010. – P. 52–57.
11. Palen L., Starr R.H., Liu S. Online forums supporting grassroots participation in emergency preparedness and response // Communications of the ACM. – 2007. – Vol. 50, N 3. – P. 54–58.
12. Starbird K., Palen L. (How) will the revolution be retweeted? Information propagation in the 2011 Egyptian uprising // CSCW'12 Proceedings of the ACM 2012 Conference on Computer Supported Cooperative Work. – New York: ACM, 2012. – P. 7–16.
13. Starbird K., Palen L. "Voluntweeters": self-organizing by digital volunteers in times of crisis // CHI 2011: Conference Proceedings and Extended Abstracts. – New York: ACM, 2011. – P. 1071–1080.

14. Helping libraries prepare for the storm with web portal technology / L.H. Mandel, C.R. McClure, J. Brobst, E.C. Lanz // *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*. – 2010. – Vol. 36, N 5. – P. 22–26.
15. Microblogging during two natural hazards events: what twitter may contribute to situational awareness / S. Vieweg, A. Hughes, K. Starbird, L. Palen // *ACM CHI 2010 Conference Proceedings*. – New York: ACM, 2010. – P. 1079–1088.
16. Telenor. R&D Report. Project No. TFPFAN. Program Peer-to-peer computing, 2003. – URL: [http://www.telenor.com/-rd/pub/rep03/R\\_17\\_2003.pdf](http://www.telenor.com/-rd/pub/rep03/R_17_2003.pdf) (accessed: 14.06.2016).
17. Mola F. de, Quitadamo R. Towards an agent model for future autonomic communications // *Proceedings of the 7<sup>th</sup> WOA 2006 Workshop "From Objects to Agents"*. – Catania, Italy, 2006. – P. 26–27.
18. Disruptive technologies: advances that will transform life, business, and the global economy / J. Manyika, M. Chui, J. Bughin, R. Dobbs, P. Bisson, A. Marrs; McKinsey Global Institute. – Washington, DC: McKinsey Global Institute, 2013. – 22 p.
19. Fishbein M., Ajzen I. Belief, attitude, intention, and behavior: an introduction to theory and research. – Reading, MA: Addison-Wesley Publ., 1977.
20. Райгородский Д.Я. Организационное поведение: хрестоматия. – Самара: Бахрах-М, 2006. – 752 с.
21. Sandholm T. Distributed rational decision making // *Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence* / ed. by G. Weiss. – Cambridge, MA: MIT Press, 1999. – P. 201–258.
22. Громкова М.Т. Организационное поведение. – М.: ЮНИТИ, 1999. – 42 с.
23. Шилов Н.Г. Разработка моделей для интеллектуальной поддержки принятия решений при конфигурировании виртуальных предприятий: дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2005. – 140 с.
24. Dey A.K., Salber D., Abowd G.D. A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications // *Human-Computer Interaction*. – 2001. – Vol. 16, N 2. – P. 97–166.

*Шилов Николай Германович*, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник СПИИ РАН. Основное направление научных исследований – контекстно-управляемое конфигурирование сложных систем. Имеет более 200 публикаций. E-mail: [nick@iiias.spb.su](mailto:nick@iiias.spb.su)

*Ермолаев Виктор Иванович*, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник СПИИ РАН. Основное направление научных исследований – семантические технологии, web-сервисы. Имеет более 40 публикаций. E-mail: [VErmolaev@iiias.spb.su](mailto:VErmolaev@iiias.spb.su)

### ***Methodological basis of intelligent socio-oriented decision support in flexible transport systems\****

*N.G. SHILOV<sup>1</sup>, V.I. ERMOLAEV<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *SPH RAS, 39, 14 Line, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, PhD, associate professor. E-mail: [nick@iiias.spb.su](mailto:nick@iiias.spb.su)*

<sup>2</sup> *SPH RAS, 39, 14 Line, St. Petersburg, 199178, Russian Federation, PhD, associate professor. E-mail: [VErmolaev@iiias.spb.su](mailto:VErmolaev@iiias.spb.su)*

The development of the transport infrastructure of Russian cities requires changes that will affect fully the social, economical, and ecological constituents of the transportation process. This in turn requires innovative approaches and information technologies that will be able to increase the quality of the transportation process. The paper is aimed at solving the problem of building a methodological basis of intelligent socio-oriented decision support of the trans-

---

\* Received 16 May 2016.

The work has been partially supported by the Russian Foundation for Basic Research (grants ## 14-07-00378, 15-07-08391, 16-07-00463, and 16-07-00375), Presidium of RAS (program I.5, project # 213) and Budget theme # 0073-2014-0005

portation process members based on the methods and mechanisms of social self-organization of Web-societies. For this purpose the paper proposes using such technologies as intelligent decision support, service network self-organization, management based on social systems as well as cyber-physical and socio-cyber-physical systems, and Web-societies. The requirements to intelligent decision support of transportation process members have been specified based on the problem domain and the state-of-the-art research analysis as well as the generic methodology of the dynamic configuration of multimodal transportation networks based on their analysis, virtualization and further synthesis on the basis of a general ontological model.

**Keywords:** Transportation system, socio-oriented decisions, specification of requirements, methodology, dynamic configuration, ride sharing, operative road situation relieve, web-service, web-society

DOI: 10.17212/1814-1196-2016-3-59-72

## REFERENCES

1. Hofkirchner W. Emergence and the logic of explanation: an argument for the unity of science. *Acta Polytechnica Scandinavica: Mathematics, Computing and Management in Engineering Series*, 1998, vol. 91, pp. 23–30.
2. Fuchs C. Globalization and self-organization in the knowledge-based society. *TripleC*, 2003, vol. 1, no. 2, pp. 105–169.
3. Gaaze-Rapoport M.G., Pospelov D.A. *Ot ameb do robota: modeli povedeniya* [From amoeba to robot: behavior models]. Moscow, Nauka Publ., 1987. 286 p.
4. Gorvitz G.G. [Some models of social behavior]. *Trudy VII Mezhdunarodnoi konferentsii "Iden-tifikatsiya sistem i zadachi upravleniya" SICPRO'08* [Proceedings of the VII International Conference "System Identification and Control Problems" SICPRO'08], Moscow, 28–31 January 2008, pp. 1382–1393.
5. *EU FET-Open: Inductive Constraint Programming, 2012–2014*: website. Available at: <http://www.icon-fet.eu/> (accessed 12.09.2016)
6. *Smart Society project*: website. Available at: <http://www.smart-society-project.eu/> (accessed 12.09.2016)
7. Sheth A., Anantharam P., Henson C. Physical-cyber-social computing: an early 21st century approach. *IEEE Intelligent Systems*, 2013, vol. 28, no. 1, pp. 78–82.
8. Hagar C. Introduction to Special section on crisis informatics. *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*, 2010, vol. 36, no. 5, pp. 10–12.
9. Armour G. Communities communicating with formal and informal systems: being more resilient in times of need. *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*, 2010, vol. 36, no. 5, pp. 34–38.
10. Krakovsky A. The role of social networks in crisis situations: public participation and information exchange. *ISCRAM 2010 Conference Proceedings*. Ed. by S. French, B. Tomaszewski, C. Zobel, Seattle, 2010, pp. 52–57.
11. Palen L., Starr R.H., Liu S. Online forums supporting grassroots participation in emergency preparedness and response. *Communications of the ACM*, 2007, vol. 50, no. 3, pp. 54–58.
12. Starbird K., Palen L. (How) will the revolution be retweeted? Information propagation in the 2011 Egyptian uprising. *CSCW'12 Proceedings of the ACM 2012 Conference on Computer Supported Cooperative Work*. New York, ACM, 2012, pp. 7–16.
13. Starbird K., Palen L. "Voluntweeters": self-organizing by digital volunteers in times of crisis. *CHI 2011: Conference Proceedings and Extended Abstracts*. New York, ACM, 2011, pp. 1071–1080.
14. Mandel L.H., McClure C.R., Brobst J., Lanz E.C. Helping libraries prepare for the storm with web portal technology. *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*, 2010, vol. 36, no. 5, pp. 22–26.
15. Vieweg S., Hughes A., Starbird K., Palen L. Microblogging during two natural hazards events: what twitter may contribute to situational awareness. *ACM CHI 2010 Conference Proceedings*. New York, ACM, 2012, pp. 1079–1088.
16. Telenor. R&D Report. Project No TFPFAN. Program Peer-to-peer computing, 2003. Available at: [http://www.telenor.com/-rd/pub/rep03/R\\_17\\_2003.pdf](http://www.telenor.com/-rd/pub/rep03/R_17_2003.pdf) (accessed 14.06.2016)

17. Mola F. de, Quitadamo R. Towards an agent model for future autonomic communications. *Proceedings of the 7<sup>th</sup> WOA 2006 Workshop "From Objects to Agents"*, Catania, Italy, 2006, pp. 26–27.
18. Manyika J., Chui M., Bughin J., Dobbs R., Bisson P., Marrs A. *Disruptive technologies: advances that will transform life, business, and the global economy*. Washington, DC, McKinsey Global Institute, 2013. 22 p.
19. Fishbein M., Ajzen I. *Belief, attitude, intention, and behavior: an introduction to theory and research*. Reading, MA, Addison-Wesley Publ., 1977.
20. Raigorodskii D.Ya. *Organizatsionnoe povedenie* [Organisational behavior]. Samara, Bakhrah-M Publ., 2006. 752 p.
21. Sandholm T. Distributed rational decision making. *Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence*. Ed. by G. Weiss. Cambridge, MA, MIT Press, 1999, pp. 201–258.
22. Gromkova M.T. *Organizatsionnoe povedenie* [Organisational behavior]. Moscow, UNITI Publ., 1999. 42 p.
23. Shilov N.G. *Razrabotka modelei dlya intellektual'noi podderzhki prinyatiya reshenii pri konfigurirovanii virtual'nykh predpriyatii*. Diss. kand. tekhn. nauk [Development of models for intelligent decision support in virtual enterprise configuration. PhD eng. sci. diss.]. St. Petersburg, 2005. 140 p.
24. Dey A.K., Salber D., Abowd G.D. A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. *Human-Computer Interaction*, 2001, vol. 16, no. 2, pp. 97–166.