

УДК 314:004.04

П. САПАТЫЙ, М. СУГИСАКА

**РЕШЕНИЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ С ПОМОЩЬЮ
РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Анотация. У роботі розглянуто високорівневу технологію розподіленого керування та контролю, яка спроможна вирішувати складні нелокальні задачі по підтримці старіючого населення та його подальшій участі в розвитку суспільства. Запропонований підхід об'єднує фізичний та віртуальний світи в високоорганізоване розподілене середовище, що охоплює «розумний» дім, «розумне» місто аж до «розумного» суспільства та світу. Цей об'єднаний світ може ефективно оброблятися і керуватися за допомогою паралельного просторового автомата, що динамічно покриває та інтегрує існуючі людські і роботичні ресурси для цілеспрямованих сумісних дій та рішень.

Ключові слова: демографічні проблеми, підтримка людей похилого віку, віртуальний світ, фізичний світ, семантичні поверхні, просторовий автомат, мова розподілених сценаріїв, колективне поведіння, реальний час, мобільні телефони, мобільний робот, сенсори.

Аннотация. В работе рассматривается высокоуровневая технология распределенного управления и контроля, способная решать сложные нелокальные задачи по поддержке стареющего населения и его дальнейшему участию в развитии общества. Изложенный подход объединяет физический и виртуальный миры в единую высокоорганизованную распределенную среду, охватывающую «умный» дом, «умный» город, вплоть до «умного» общества и мира. Этот объединенный мир может эффективно обрабатываться и управляться с помощью параллельного пространственного автомата, динамически покрывающего и интегрирующего имеющиеся человеческие и роботические ресурсы для целенаправленных совместных действий и решений.

Ключевые слова: демографические проблемы, поддержка престарелых, виртуальный мир, физический мир, семантические поверхности, пространственный автомат, язык распределенных сценариев, коллективное поведение, реальное время, мобильный телефон, мобильный робот, сенсоры.

Abstract. High-level technology for distributed control, capable of solving complex non-local problems of the support of elderly population and its further participation in social life, is presented. The approach integrates physical and virtual worlds within highly organized environment covering smart home, smart city, up to smart society and world. This united world can be effectively processed and controlled by parallel spatial automaton dynamically covering and integrating existing human and robotic resources for goal-directed cooperative actions and decisions.

Key words: demographic problems, elderly support, virtual world, physical world, spatial automaton, distributed scenario language, collective behavior, real time, mobile phones, mobile robots.

1. Введение

Доля пожилого населения быстро растет, особенно в развитых странах, где ушедшие на отдых должны финансово содержаться за счет работающих, несмотря на то, что с накопленным ими жизненным опытом, знаниями и умениями они продолжают быть необходимыми обществу. Они также нуждаются в специальной поддержке и уходе, чтобы продолжать вести полноценную жизнь и не чувствовать себя уязвимыми по отношению к другим категориям населения. Для решения подобных демографических проблем в разных странах на первое место выходят передовые информационные и роботические технологии, которые могут реально скрасить жизнь престарелым и эффективно задействовать их в общественной активности.

Так, Европейский Союз (ЕС) создал специальную объединенную программу, поддержанную окружением жизни (Ambient Assisted Living, AAL) и инициировал ряд больших исследовательских проектов с инвестированием существенных средств для нее [1, 2]. ЕС произвел детальный анализ возможностей создания информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) для пожилых и обобщил их:

- Европейцы в возрасте 65 лет владеют богатством и доходами свыше 3000 млрд евро.
- Рынок для применений типа «умных» домов (включая возрастную поддержку шопинга, одежды, независимого передвижения и т.д.) утроится между 2005 и 2020 гг. от 13 млн людей до 37 млн.
- 68 млн людей в 2005 г. имели разные формы возрастной инвалидности. Это вырастет до 84 млн в 2020 г.
- Раннее выписывание из больницы, благодаря внедрению мобильного мониторинга пациентов, могло бы сэкономить 1,5 млрд евро в год только в одной Германии.
- В рамках исследовательских проектов ЕС разработал целый ряд технологий для индивидуальной маршрутизации, домашней заботы и удаленного мониторинга состояния здоровья и советов специалистов, интеллектуальных побудок и сигналов тревоги, естественных интерфейсов для доступных ИКТ.

В других странах также наблюдается активность в отношении этой проблемы. Так, в Китае создан «Университет третьего поколения» (The University of the Third Age), в работе которого задействованы миллионы людей [3]. В США сокращение стоимости служб здоровья через инновационные подходы (такие как телемедицина и электронное здоровье) является основным фактором в борьбе с ростом затрат, связанных с быстрорастущим числом пожилых людей.

Соответствующий проект в Японии [4–6] предполагает использование специальных меток типа штрих-кодов, ассоциируемых со всевозможными поверхностями, которые могут окружать престарелых и больных и которые могут считываться массово используемыми устройствами (как, например, камеры мобильных телефонов), создавая так называемые «семантические поверхности». Это позволяет наладить постоянный контакт и удобный переход между физическим и виртуальным мирами. В более широком смысле разрабатываются всевозможные подходы для прямых бесшовных контактов «между людьми, битами и атомами» [7].

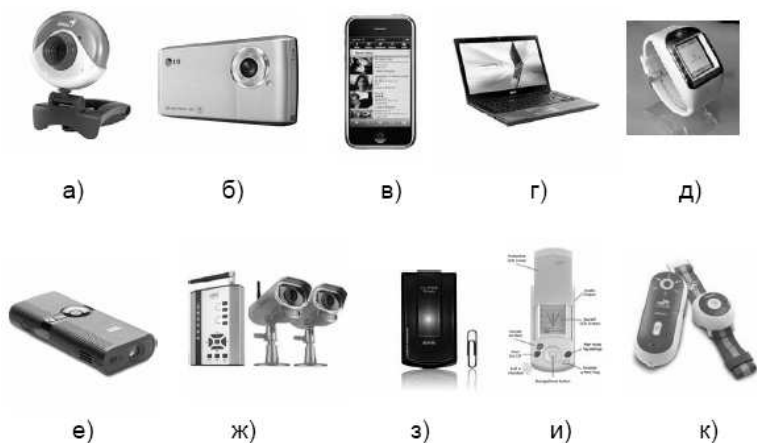


Рис. 1. Примеры распространенных устройств для общения между физическим и виртуальным мирами: а) веб-камера, б) камера мобильного телефона, в) экран мобильного телефона, г) экран и клавиатура персонального компьютера, д) камера-телефон-часы, е) карманный проектор, ж) беспроводные камеры обзора, з)–и) GPS-трассировщики и обнаружители, к) простые (без GPS) устройства для контроля за детьми и престарелыми

помочь пожилым и больным людям контактировать с передовыми информационными и управляющими технологиями, поддерживающими их достойную жизнь и старость, а также активную роль в обществе.

На рис. 1 приведены некоторые примеры массово используемых устройств, которые в качестве терминалов могут помочь пожилым и больным людям контактировать с передовыми информационными и управляющими технологиями, поддерживающими их достойную жизнь и старость, а также активную роль в обществе.

На рис. 1 приведены некоторые примеры массово используемых устройств, которые в качестве терминалов могут

Настоящая работа представляет собой дальнейшее развитие перечисленных и других проектов в этой области в направлении практического внедрения высказанных идей и полученных результатов в распределенных сетевых средах. Предлагаемый подход позволяет решать разнообразные демографические проблемы с использованием любых имеющихся для этого ресурсов (как людских, так и роботических), объединяя их в эффективные распределенные системы, оперирующие в реальном времени.

Описывается ключевой элемент новой управляющей технологии высшего уровня, Язык Распределенных Сценариев (ЯРС) [8], вместе с примерами решения на нем практических задач по поддержке пожилого населения в различных ситуациях, где распределенный сетевой интерпретатор с ЯРС может массово использоваться в мобильных телефонах и мобильных роботах.

Данный подход также наследует известную концепцию «семантической веб» [9], предлагая ее возможное решение для достаточно широкой области применений.

2. Технология распределенного управления

Разработанная высокоуровневая технология распределенного управления [10–12] была опробована в разных странах на самых разнообразных классах задач, включая классические задачи на графах и сетях, распределенные базы знаний, интеллектуальный менеджмент компьютерных сетей, распределенное интерактивное моделирование динамических систем типа поля боя, моделирование транспортных сетей, коллективная роботика, системы энергии направленного действия, авионика, защита инфраструктур и безопасность, а также целый ряд других [13–35]. Многие из этих применений могут быть полезны в той или иной форме для решения вышеупомянутых демографических проблем.

Для настоящей области применений множество упомянутых выше семантических поверхностей, через которые пожилые люди могут постоянно фиксировать свое нахождение в мире и общаться с новыми технологиями для поддержки, а также сопутствующие знания для надлежащего использования этих технологий, формально представлены в интегральной форме в виде развитой семантической сети, часть вершин которой имеет двойное информационно-физическое представление. Эта сеть может быть произвольно и бесшовно распределена по любой территории (от «умного» дома до «умного» мира), используя любые имеющиеся устройства с памятью и вычислительными возможностями (включая показанные на рис. 1, а также многие другие, например, мобильные роботы или интеллектуальные сенсоры).

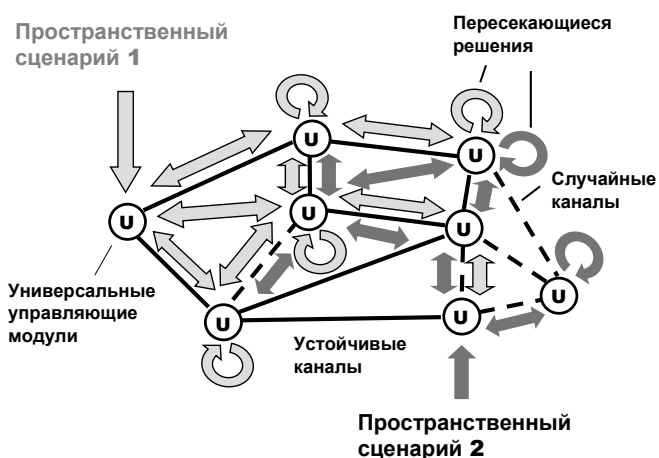


Рис. 2. Самораспространяющиеся пространственные сценарии и их взаимодействие в распределенной среде

Высокоуровневые операционные сценарии, представленные на ЯРС, могут быть введены и начинаться с любого устройства, покрывая и захватывая в реальном времени этот семантический мир (а вместе с ним и физический) в режиме параллельного вирусоподобного паттерн-метчинга. Это позволяет унифицированно доставлять операции к данным, данные к операциям, а также управление к обоим, эффективно задавая и организуя требуемое целенаправленное локальное и глобальное поведение через вживленные в наиболее важные точки среды универсальные управляющие

модули U, интерпретирующие ЯРС (рис. 2).

Самораспространяющиеся сценарии, которые могут кооперировать или конкурировать в распределенной динамической среде (в зависимости от классов решаемых задач, рис. 2), могут создавать в реальном времени сложные инфраструктуры знаний, произвольно распределенные между различными системными компонентами (людьми, роботами, сенсорами), как показано на рис. 3. Эти инфраструктуры, навигируемые затем теми же или иными сценариями, могут эффективно выражать и поддерживать распределенные базы данных, моделируемую сетевую среду (например, нейронные, энергетические, коммуникационные, экономические или культурные сети), различные формы командного управления, всеобщую ситуационную осведомленность, а также коллективное принятие решений в распределенном мире.

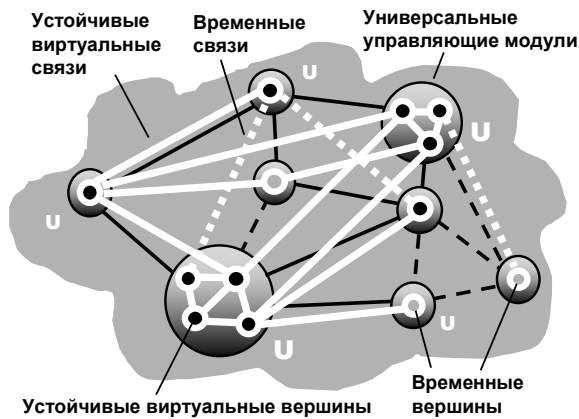


Рис. 3. Формирование динамических пространственных инфраструктур

человеческие и роботические ресурсы для исполнения желания этого индивида). Технология также может формировать любые активные распределенные системы и организовывать коллективное поведение многих индивидуумов (людей, роботов), преследующих совместно общие цели, с глобальным контролем (если нужно) этой распределенной активности.

Данный подход, в рамках того же универсального распределенного формализма, может оперировать напрямую и с распределенным физическим миром, а также с любой комбинацией виртуального (цифрового) и физического миров, где (параллельные) операции и движение в первом могут управлять (параллельными) действиями и движением во втором – в режиме распределенного моделирования и забега вперед (distributed simulation & look-ahead mode).

3. Язык Распределенных Сценариев (ЯРС)

ЯРС, как и его предшественники [8, 10–12], кардинально отличается от других языков программирования. Вместо традиционной обработки данных в компьютерной памяти (а также наряду с ней, если нужно) он позволяет напрямую передвигаться, обозревать окрестности, перемещать информацию и вещество, выполнять любые действия и принимать решения в полностью распределенных средах (как физических, так и виртуальных), рассматривая последние скорее как организованное целое, чем множество частей.

3.1. Миры, с которыми оперирует ЯРС

ЯРС напрямую оперирует с виртуальным, физическим или же комбинированным мирами, которые имеют следующие свойства.

Сложные сетевые проблемы могут быть выражены в ЯРС в простой и компактной форме (часто до сотни раз короче, чем, скажем, на Джаве). А интерпретация языка может быть организована в высокопараллельном и полностью распределенном виде, без каких-либо центральных устройств, существенно повышая таким образом живучесть и надежность всей системы и ее способность к самовосстановлению после произвольных сбоев и разрушений.

Использование данной технологии может быть чисто пользовательско-центристским, где запущенный сценарий служит исключительно интересам одной персоны (возможно, вовлекая затем другие чело-

- *Виртуальный мир (ВМ)* является дискретным и состоит из вершин и дуг, соединяющих эти вершины. Любая информация может ассоциироваться как с дугами, так и вершинами, в виде их имен или содержания. Вершины имеют уникальные адреса в ВМ, в то время как их имена или содержание могут повторяться (последнее справедливо также и для дуг). Вершины могут быть доступны напрямую, глобально, по адресам или именам или локально друг от друга через (именованные) дуги, в то время как дуги могут быть доступны только локально, от смежных вершин. Разнообразие массового доступа (трансляции или «бродкастинга») к вершинам заложено в ЯРС как в локальной, так и глобальной форме, например: извне ко всем вершинам сети (или же ко всем одноименным), от вершины напрямую ко всем другим вершинам или от вершины ко всем соседним (или же только к тем, к которым ведут дуги определенного типа) и т.д.

- *Физический мир (ФМ)* является непрерывным. Любая точка (вершина) в нем может быть идентифицирована с помощью координат, выраженных в некоторой системе, естественно, с определенной точностью. Находясь в физической вершине, можно поднять физические параметры в этой точке мира, а также попытаться изменить их, локально влияя на этот мир.

- *Виртуально-физический мир (ВФМ)* является таким, где вершины ВМ дополняются определенными координатами из ФМ. ВФМ является дискретным при моментальном снимке, но вершины в нем могут непрерывно перемещаться в физическом мире, изменяя свои физические координаты во времени (всегда поддерживая при этом структуру семантических связей ВМ между собой). Вершины ВФМ могут быть глобально доступны по их именам, адресам, а также физическим координатам (более корректно: по координатам предполагаемого центра и радиуса зоны, где они могут находиться, в связи с ограниченной точностью задания координат). Доступ к вершинам ВФМ может быть также локальным, от одних вершин к другим через именованные дуги, как и при ВМ. В дополнение к трансляционным возможностям ВМ вершины ВФМ могут быть одновременно доступны в любой по размеру области ФМ путем указания достаточно большого значения ее радиуса от заданного центра или же при указывании произвольной формы области с помощью полигона граничных точек.

3.2. Основные свойства сценариев ЯРС

- Сценарий ЯРС развивается в распределенной среде как параллельный переход между множествами Опорных Пунктов (ОП).
- Начиная с определенного ОП, некоторое действие может результировать в виде одного или нескольких новых ОП.
- Каждый ОП имеет результирующее значение и результирующее состояние. Разные активности могут развиваться независимо или взаимозависимо от одного и того же ОП.
- Разные активности могут также логически и пространственно наследовать друг друга, где новые активности развиваются от ОП, достигнутых предыдущими активностями.
- Элементарные операции могут напрямую использовать значения ОП, полученные от других активностей, какими бы сложными и удаленными они ни были.
- ОП может ассоциироваться с какой-либо вершиной в ВМ, позицией в ФМ или же с обеими, когда имеет дело с ВФМ.
- Любое число ОП может одновременно быть ассоциировано с одними и теми же позициями в перечисленных мирах.
- Находясь в точках распределенных миров, можно напрямую поднимать и изменять локальные параметры в них.

3.3. Используемые типы переменных

ЯРС включает типы переменных, которые (особенно, если используются совместно) позволяют задавать эффективные пространственные алгоритмы, работающие скорее между компонентами распределенных систем, чем в них, как обычно (что позволяет получать «невидимые» и чрезвычайно устойчивые системные решения для определенных применений).

- *Наследуемые переменные* – они возникают в ОП и затем обслуживают все последующие ОП, которые могут совместно ими пользоваться как для чтения, так и записи.

- *Фронтальные переменные* – представляют собой индивидуальную эксклюзивную собственность ОП (не делимую с другими ОП), которая затем передается следующему ОП (размножаясь, если после текущего ОП появляется более одного нового ОП).

- *Средовые переменные* – осуществляют доступ к различным элементам и параметрам настраиваемых виртуальных и физических сред, а также к разнообразию параметров внутреннего мира интерпретатора ЯРС.

- *Вершинные переменные* – позволяют присоединять индивидуальную собственность к посещаемым вершинам ВМ, ФМ и ВФМ; они могут совместно использоваться любыми ОП, (временно) ассоциированными с этими вершинами.

Все переменные могут содержать как информацию, так и физическое вещество (или физические объекты), и это содержимое может перемещаться в пространстве (как в случае фронтальных переменных).

3.4. Правила ЯРС

Базовая конструкция языка, правило, может представлять собой любое определение, действие или решение, например:

- элементарную арифметическую, строковую или логическую операцию;
- движение в физическом, виртуальном или комбинированном пространстве;
- иерархическое слияние и возврат множественных (возможно, удаленных) результатов (как информационных так и физических);
- распределенное (горизонтальное или иерархическое) управление, как последовательное, так и параллельное;
- разнообразие специальных контекстов для навигации в пространстве, детализации операций и решений;
- тип или смысл значения или же его выбранное использование.

3.5. Синтаксис ЯРС

ЯРС имеет рекурсивный синтаксис, приведенный ниже вместе с именами главных языковых конструкций, где программа называется «захват», что отражает ее основной смысл и назначение – как покорение и захват распределенного пространства и инициативы в нем. Курсивом отмечены синтаксические категории, квадратные скобки указывают части, которые могут быть опущены (могут также использоваться как дополнительные символы-разделители самого языка), фигурные скобки отмечают повторы с разделителем, указанным справа (фигурные скобки как элементы языка выделены жирным шрифтом), вертикальная черта разделяет альтернативы, остальные же символы и слова являются элементами языка.

<i>захват</i>	→ <i>феномен</i> / [<i>правило</i>] ({ <i>захват</i> , })
<i>феномен</i>	→ <i>константа</i> / <i>переменная</i> / <i>сервис</i>
<i>константа</i>	→ <i>информация</i> <i>вещество</i> <i>код</i>
<i>информация</i>	→ <i>число</i> { <i>буквоцифра</i> } ‘ <i>строка</i> ’
<i>вещество</i>	→ “ <i>строка</i> ”

<i>код</i>	→ {строка}
<i>сервис</i>	→ аборт через сделано провал любой первый последний случайный все вовнутрь наружу бесконечный ничего прямой безвозвратный пройденный покрытый существующий соседи виртуальный физический исполнительный остальные локальный / глобальный синхронный ровня значение прибытие последовательный параллельный состояние зона буква{буквоцифра}
<i>переменная</i>	→ навигационная средовая комбинированная
<i>навигационная</i>	→ наследуемая фронтальная специальная
<i>наследуемая</i>	→ Н {буквоцифра}
<i>фронтальная</i>	→ Ф {буквоцифра}
<i>специальная</i>	→ ЗНАЧЕНИЕ СОСТОЯНИЕ
<i>средовая</i>	→ вершинная предназначенная
<i>вершинная</i>	→ В {буквоцифра}
<i>предназначенная</i>	→ АДРЕС СОДЕРЖАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬ ИМЯ КАЧЕСТВА СКОРОСТЬ ВРЕМЯ ТИП КОГДА ГДЕ
<i>комбинированная</i>	→ ИДЕНТИЧНОСТЬ НАЗАД ПРЕДЫДУЩИЙ СВЯЗЬ НАПРАВЛЕНИЕ
<i>правило</i>	→ движение создание удаление эхо слияние верификация присвоение модификация продвижение ручьевание передача обмен ожидание модальность тип использование захват
<i>движение</i>	→ прыжок передвинуться / двигаться
<i>создание</i>	→ создать соединить
<i>удаление</i>	→ удалить отсоединить
<i>эхо</i>	→ значение состояние уровень порядок сгрести посчитать минимум максимум сортировать сумма произведение среднее
<i>слияние</i>	→ сложить вычесть умножить поделить степень отделить объединить приставить присоединить общий элемент позиция изъять случайный
<i>верификация</i>	→ равно не равно меньше меньше или равно больше больше или равно пусто не пусто принадлежит не принадлежит пересекается не пересекается
<i>присвоение</i>	→ присвоить
<i>модификация</i>	→ вставить размножить заменить
<i>продвижение</i>	→ продвинуться повторять
<i>ручьевание</i>	→ выбрать независимые последовательность пока если или и цикл петля расщепить
<i>передача</i>	→ запустить вызвать
<i>обмен</i>	→ вход выход
<i>ожидание</i>	→ ждать оставаться задержать
<i>модальность</i>	→ независимый освободить отказаться ничего поднять оставаться схватить
<i>тип</i>	→ наследуемая фронтальная вершинная число строка информация вещество код
<i>использование</i>	→ имя адрес место центр глубина время скорость исполнитель вершина связь целое содержание индекс параметры

Верхний уровень рекурсивной структуры ЯРС графически отображен на рис. 4, где рекурсия охватывает как само тело сценариев на ЯРС, так и правила, интегрирующие это тело, которые сами могут быть выражены произвольно сложными сценариями (или же результатами работы таковых).

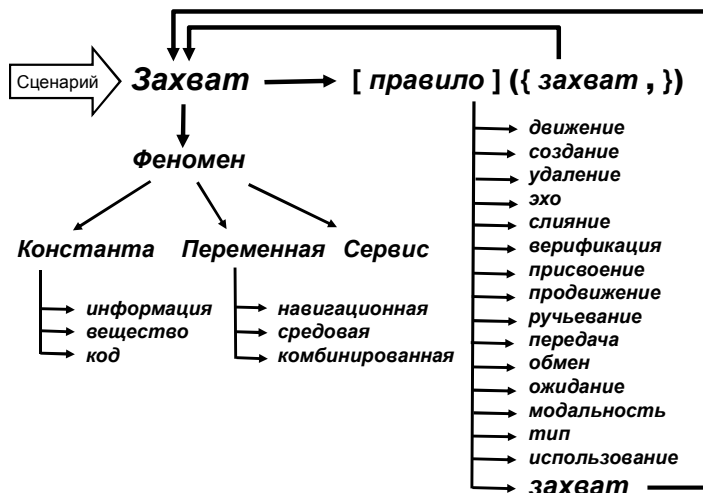


Рис. 4. Рекурсивная структура ЯРС

как другие можно посмотреть в цитируемых публикациях.

сложить (3, 5, 7) – то же, что и: 3 + 5 + 7

продвинуться (Захват1, Захват2, Захват3) – то же, что и:

Захват1; Захват2; Захват3,

где **Захват1, Захват2, Захват3** могут сами быть произвольными программами ЯРС.

Первый пример может иметь любые программы (захваты) вместо чисел-операндов, где каждая возвратит свое (возможно, множественное и удаленное) финальное значение:

сложить (Захват1, Захват2, Захват3) – то же, что и:

Захват1 + Захват2 + Захват3

4. Некоторые показательные сценарии поддержки пожилого населения

Приведенные здесь сценарии могут свидетельствовать о компактности и простоте программного кода для решения весьма нетривиальных задач специальной поддержки населения. Все эти сценарии могут эффективно работать в полностью распределенных средах, где любой элемент данных может находиться на любом носителе в любом электронном

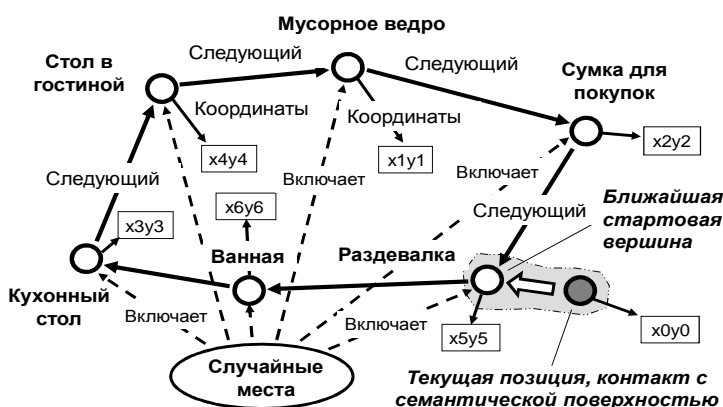


Рис. 5. Оптимизированный поиск потерянного артефакта с помощью распределенной семантической сети

сетью, описывающая возможные места в доме, где такие артефакты можно искать

Различные варианты приведенного выше синтаксиса были реализованы для предыдущих версий языка [11, 12], где традиционная запись операций, выражений и разделителей может быть допустимой тоже, в особенности для повышения компактности и читабельности сложных сценариев.

3.6. Элементарные примеры на ЯРС

Для начального представления о языке приведем пару самых элементарных примеров, в то время

устройстве с вычислительными возможностями (лаптопе, мобильном телефоне, мобильном роботе, умном сенсоре, умной инвалидной коляске, умной кухонной плите или чайнике и т.д.), с любыми каналами обмена между ними, которые могут быть совершенно случайными.

4.1. Технологически подержанный поиск забытых или потерянных вещей

На рис. 5 показана семантическая сеть, описывающая возможные места в доме, где такие артефакты можно искать

(представив их как «Случайные места»), координаты этих мест, а также оптимальную последовательность прохождения всех мест с учетом плана дома. Причем эта сеть может быть произвольно распределена между любыми электронными устройствами (вплоть до каждой вершины в отдельном устройстве).

Создание этой сети в ЯРС с ее автоматическим распределением по имеющемуся электронному оборудованию (ЯРС может осуществлять последнее также по явному указанию, где должен находиться каждый элемент данных) – тривиально:

```
создать ( последовательность (  
  ( прямой, 'Мусорное ведро'); [+ 'координаты', x1y1];  
  (+ 'следующий', 'Сумка для покупок'); [+ 'координаты', x2y2];  
  (+ 'следующий', 'Раздевалка'); [+ 'координаты', x5y5];  
  (+ 'следующий', 'Ванная'); [+ 'координаты', x6y6];  
  (+ 'следующий', 'Кухонный стол'); [+ 'координаты', x3y3];  
  (+ 'следующий', 'Стол в гостиной'); [+ 'координаты', x4y4];  
  (+ 'следующий', адрес ('Мусорное ведро'))),  
  ( прямой, 'Случайные места');  
  (+ 'включает', (остальные, непусто (прыжок, 'следующий'))))
```

Рассмотрим различные решения на ЯРС для поиска потерянных вещей по этой сети (от чисто консультативного человеческого до полностью автономного роботического).

4.1.1. Автоматизированное человеческое решение

Этот случай предполагает, что индивидум самостоятельно передвигается по дому и сам ищет потерянную вещь, а система только советует, куда дальше идти, если вещь еще не найдена, а также ожидает ответа от человека о прогрессе в текущем месте (чтобы продолжить или остановиться), общаясь с индивидом, например, через мобильный телефон. Поиск с обходом дома начинается с ближайшего физического места к исходному положению индивида, когда он (она) запросил эту услугу системы. Решение на ЯРС будет следующим:

```
наследуемая (Исходная) = ГДЕ;  
(минимум, прибытие)(  
  прыжок (прямой, 'Случайные места');  
  прыжок ('включает', все);  
  расстояние (прыжок ('координаты'), Исходная));  
повторять (  
  выход ('пойти к', ИМЯ, 'попытайся найти');  
  если (вход == 'найденно', сделано);  
  прыжок (+ 'следующий', первым пришел))
```

4.1.2. Комбинированное человеко-роботическое решение

Данный случай отличается от предыдущего тем, что движение между случайными местами осуществляется индивидом в автоматизированной инвалидной коляске (то есть в самой умной коляске, по заданным координатам мест, (рис. 5)), с визуальным поиском, распознаванием и уведомлением об успехе или неудаче в каждом посещенном месте самим индивидом.

```
наследуемая (Исходная) = ГДЕ;  
(минимум, прибытие)(  
  прыжок (прямой, 'Случайные места');  
  прыжок ('включает', все);  
  расстояние (прыжок ('координаты'), Исходная));  
повторять (  
  ГДЕ = прыжок (координаты);  
  выход ('попытайся найти');
```

```

если (вход == 'найдено', сделано);
прыжок (+ 'следующий', первым пришел)

```

4.1.3. Полностью роботическое решение

Настоящий вариант предполагает полное использование для указанного сюжета специального мобильного робота, задействованного в доме для помощи престарелым. Этот робот получает от индивида название вещи, которую необходимо найти (предполагается, что он содержит ее контрольные снимки или формальное описание, как и других подобных вещей, а также снабжен видеокамерой), и начинает автоматический обход (объезд) дома от ближайшего к нему случайного места.

```

наследуемая (Исходная = ГДЕ,
              Поиск = 'ключи от двери');
(минимум, прибытие)(
  прыжок (прямой, 'Случайные места');
  прыжок ('включает', все);
  расстояние (прыжок ('координаты'), Исходная));
повторять (
  ГДЕ = прыжок (координаты);
  если (найти (Поиск), сделано);
  прыжок (+ 'следующий', первым пришел))

```

Подобным образом намного более сложные случаи навигации и движения через распределенную территорию «спешенными» (хотя и постоянно поддерживаемыми информационно) или же находящимися в коляске индивидами (а в пределе: единичными роботами или их группами) могут эффективно задаваться в ЯРС с использованием карт территории, представленных в виде семантической сети [33, 34].

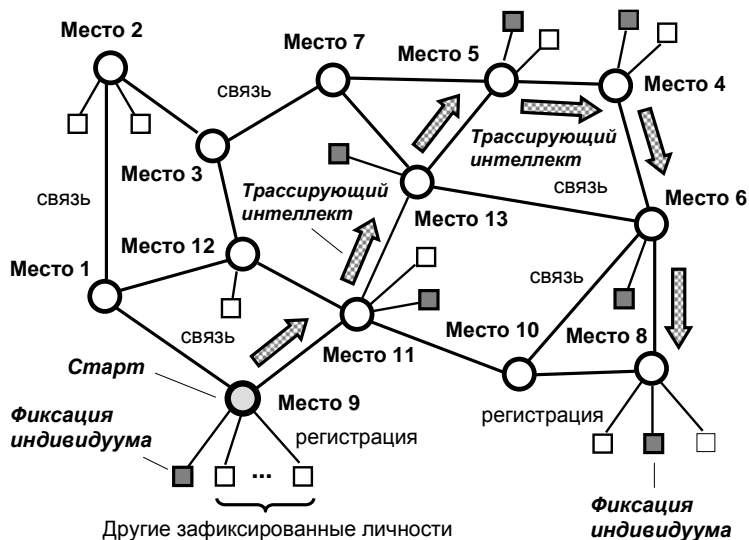


Рис. 6. Трассировка физического передвижения людей с помощью мобильного интеллекта

Текущие позиции определенных индивидов могут фиксироваться по их контактам с семантическими поверхностями или же с помощью видеокамер (рис. 1), к которым мобильным интеллектом на ЯРС передаются их типовые снимки для автоматического распознавания (а также, возможно, с помощью специальной микросхемы, закрепленной на теле, и соответствующих дистанционно считывающих устройств). Трассирующий интеллект может анализировать и аккумулировать поведение перемещающихся индивидов, требовать

4.2. Отслеживание движения индивидов с помощью трассирующего интеллекта

Недавно стало известно, что в Японии старые люди и даже следы их пребывания оказались потерянными в обществе. ЯРС в этой секции показывает, как местопребывание стариков может регулярно проверяться, отслеживаться и трассироваться с помощью мобильного интеллекта, распространяющегося в виртуальном мире и сопутствующего перемещению индивидов в физическом мире (рис. 6).

Текущие позиции определенных индивидов могут фиксироваться по их контактам с семантическими поверхностями или же с помощью видеокамер (рис. 1), к которым мобильным интеллектом на ЯРС передаются их типовые снимки для автоматического распознавания (а также, возможно, с помощью специальной микросхемы, закрепленной на теле, и соответствующих дистанционно считывающих устройств). Трассирующий интеллект может анализировать и аккумулировать поведение перемещающихся индивидов, требовать

проверки состояния их здоровья (давления, частоты пульса, температуры тела и т.д., а также приема предписанных лекарств) в случае нерегулярных ситуаций (возможно, с немедленным вмешательством ближайшего медперсонала). Любое количество перемещающихся индивидов может одновременно обслуживаться подобным образом с помощью предлагаемой технологии.

```

фронтальная (Индивид = 'Петр'; История);
повторять (
  петля (
    принадлежит (Индивид, прыжок ('регистрация', все));
    обновить (История, проверить (состояние));
    если (проблемы (История),
      активизировать (ближайший медперсонал));
    задержать (120));
    прыжок ('связь', все);
    принадлежит (Индивид, прыжок ('регистрация', все))
  )
)

```

4.3. Коллективная эвакуация из аварийной зоны

В случае природных бедствий и катастроф, которые продолжают учащаться в связи с изменением климата, а также различных асимметричных и кризисных ситуаций, вызванных человеческой деятельностью, старые и больные люди могут оказаться наименее защищенными и, следовательно, наиболее уязвимыми в обществе. Поэтому специальная их под-

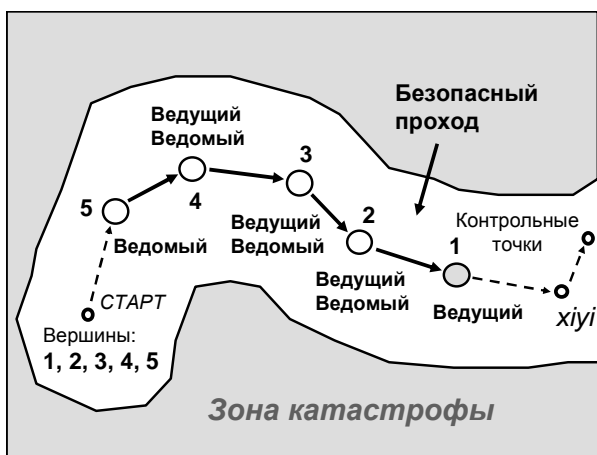


Рис. 7. Коллективная эвакуация в виде взаимосвязанной цепи

держка в подобных ситуациях может оказаться жизненно необходимой, если не критической. Рассматриваемый здесь сценарий может быть активирован любой персоной застигнутой в подобной ситуации, или же специальной организацией, ответственной за кризисные ситуации, которая может организовать массовую автоматизированную эвакуацию из зоны бедствия (рис. 7), регулярно выдавая индивидуальные инструкции (через любые имеющиеся электронные устройства и даже просто голосом в случае их отсутствия), куда и как двигаться.

Последующий сценарий организует коллективное поочередное (в силу предположительной узости безопасного прохода) движение из зоны бедствия, где только первому индивиду, ведущему, даются физические координаты контрольных точек пути следования, а все остальные строго следуют друг за другом в цепи, придерживаясь установленного вначале порядка и являясь (кроме последнего) одновременно ведомыми и ведущими звеньями.

```

вершинная (N, Контрольные точки, Ведущий);
цикл (
  существует (непомеченный индивид); N+= 1;
  пометить (непомеченный индивид, создать (вершина (N)));
  (ИМЯ == 1; Контрольные точки = (x1y1, x2y2, x3y3, ..., xiyi));
  петля (
    непусто (Контрольные точки);
    выход ('Двигайся к', изъять (Контрольные точки, 1));
    ждать (вход == 'прибыл'));
  )
)
(ИМЯ != 1;

```

```

петля (
    Ведущий = (прыжок (прямой, вершина (ИМЯ - 1)); ГДЕ);
    выход ('Двигайся по направлению',
        направление (ГДЕ, Ведущий)))

```

4.4. Использование сервисных роботов для уборки дома

Этот пример показывает, как домашние роботы-чистильщики, по запросу престарелого индивида, могут обработать все требуемое пространство. Рассматривается как последовательный, так и параллельный вариант обработки заданной территории.

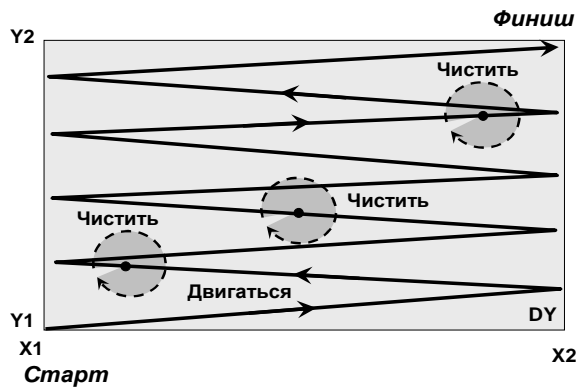


Рис. 8. Последовательная обработка территории одним роботом

4.4.1. Последовательная уборка

Последовательное покрытие всей территории (для простоты считающейся здесь прямоугольной) с помощью одного робота может быть организовано множеством разных способов, включая приведенный ниже, который минимизирует возможное число контрольных точек пути (задающий путь в виде зигзага, как показано на рис. 8).

```

вершинная (X1 = x1, X2 = x2, (Y, Y1) = y1, Y2 = y2, DY = dy);
петля ((двигаться, чистить) (X1, Y); (Y += DY) <= Y2;
    (двигаться, чистить) (X2, Y); (Y += DY) <= Y2)

```

4.4.2. Параллельная уборка

Параллельная чистка территории (любой формы для этого случая, в виде полигона) роботическим коллективом (свормом) может быть организована разными способами, например,

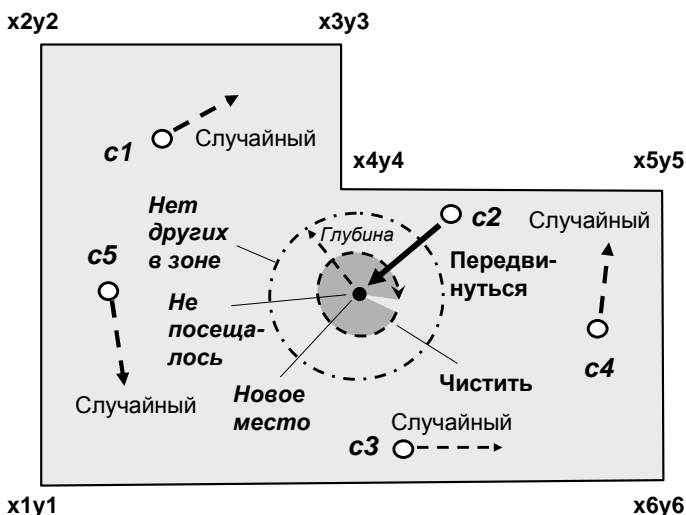


Рис. 9. Параллельная случайная обработка территории группой роботов

в виде случайного движения каждого робота (рис. 9). Для этого, начиная с некоторых случайных стартовых точек c1-c5, каждое мобильное устройство выбирает свою следующую возможную позицию независимо друг от друга с помощью случайного выбора с определенными параметрами, проверяя (с помощью визуальных сенсоров), не посещалось ли это место до него и нет ли в заданной окрестности от этого места других роботов, чтобы избежать коллизий перед тем, как двигаться к этому месту физически (или же искать иное свободное место).

Подобное параллельное случайное покрытие произвольной территории имеет преимущество перед

наперед заданными планами движения, поскольку всегда гарантирует очистку всей территории при любом количестве роботов, которое может меняться в реальном времени (в том числе и единственным доступным).

```

передвинуться (c1, c2, c3, c4, c5);
вершинная (
    Полигон = (x1y1, x2y2, x3y3, x4y4, x5y5, x6y6),
    D = сдвиг, Глубина = глубина, Новое место);
петля (
    Новое место = ГДЕ + 2 (случайный (-D, D));
    внутри (Новое место, Полигон);
    не посещалось (Новое место);
    пусто (прыжок (зона, все, Новое место, Глубина));
    передвинуться, чистить) (Новое место)

```

Подобные сценарии, благодаря высокому уровню и простоте ЯРС, могут составляться самими пользователями; они также могут запрашиваться из специальной библиотеки, регулярно обновляемой соответствующими социальными службами, ответственными за поддержку престарелого населения.

5. Заключение

Описанный подход, интегрирующий физический и виртуальный миры под управлением универсального пространственного автомата, позволяет эффективно формулировать и решать сложные проблемы в обществе, включая связанные с ростом численности пожилого населения.

Высокоуровневые сценарии на ЯРС для решения демографических проблем могут иметь гибкую трактовку, зависящую от потенциальных исполнителей, которыми могут являться: а) люди помоложе, рассматривающие их скорее как общие рекомендации, чем инструкции; б) пожилые люди с ослабленной памятью и способностью принимать решения, вынужденные придерживаться их строже; и в) мобильные роботы и их группы, исполняющие их как формальные программы. Эти гибкость и универсальность в рамках единого формализма могут облегчить естественный переход к полностью автоматическим решениям и массовой роботике с применением в самых разных областях.

Предложенный подход может быть легко переведен на любую программную или аппаратную платформу, например, помещен в качестве специального модуля в ноутбуки, мобильные телефоны (число которых в мире приближается к 3 млрд), мобильные роботы и всевозможные сенсоры, что позволит коллективно решать практически любые задачи с локальными и глобальными целями на произвольной территории и любом уровне в мире.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. European Commission, Ageing well in the Information society // An i2010 Initiative. – 2007. – Режим доступа: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0332:FIN:EN:HTML>.
2. AAL, Ambient assisted living, Case studies. – 2004. – Режим доступа: <http://www.aal169.org/Published/casestud.pdf>.
3. Wolff L. Lifelong Learning for the Third Age [Электронный ресурс] / L. Wolff // TechKnowLogica. – Режим доступа: http://www.techknowlogia.org/TKL_Articles/PDF/166.pdf, September/October, 2000.
4. Kanev K. Pervasive carpet encoding for active knowledge semantic surfaces / K. Kanev, N. Mirenkov; eds. Qing Li, Timothy K. Shih // Book chapter in Ubiquitous multimedia computing. Chapman & Hall/CRC Press. – 2010. – P. 197 – 213.
5. Semantic surfaces for business applications / K. Kanev, N. Mirenkov, B. Brimkov [et al.] // Proc. of the Int. Conf. on Software, Services and Semantic Technologies. – Sofia, Bulgaria, 2009. – P. 36 – 43.
6. Kanev K. Surface code readers for image based human-computer interfaces / K. Kanev, Y. Morishima, K. Watanabe // Proc. of the Eleventh Int. Conf. on Humans and Computers HC'08. – Nagaoka, Japan, 2008. – P. 57 – 62.
7. Ishii H., Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms / H. Ishii // Proc. of the 2nd Int. Conf. on Tangible and Embedded Interaction. – Bonn, Germany, 2008. – P. 15 – 25.

8. Сапатый П.С. Распределенная технология глобального управления / П.С. Сапатый, А.А. Морозов, В.П. Клименко // Математичні машини і системи. – 2010. – № 4. – С. 3 – 17.
9. Berners-Lee T. The semantic web / T. Berners-Lee, J. Hendler, O. Lassila // Scientific American Magazine. – 2001. – May. – P. 25 – 41.
10. Sapaty P. Distributed technology for global control / P. Sapaty // Book chapter, Lecture Notes in Electrical Engineering. – 2009. – Vol. 37. – P. 3 – 24.
11. Sapaty P. Ruling distributed dynamic worlds / Sapaty P. – New York: John Wiley & Sons, 2005. – 256 p.
12. Sapaty P. Mobile processing in distributed and open environments / Sapaty P. – New York: John Wiley & Sons, 1999. – 436 p.
13. Sapaty P. Distributed Artificial Brain for Collectively Behaving Mobile Robots / P. Sapaty, M. Sugisaka // Proc. Symposium & Exhibition Unmanned Systems, (Baltimore, Jul. 31–Aug. 2, 2001). – Baltimore, MD, 2001. – 16 p.
14. Sapaty P. Towards the Distributed Brain for Collectively Behaving Robots // Proc. International Conference on Control, Automation and Systems, ICCAS 2001, (Jeju Island, Korea, October 17–21, 2001). – Jeju Island, Korea: Cheju National University, 2001. – 8 p.
15. Sapaty P.S. A Language for Programming Distributed Multi-Robot Systems / P.S. Sapaty, M. Sugisaka // Proc. of The Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 7th '02), (Beppu, Oita, Japan, January 16–18, 2002). – Beppu, Oita, Japan: B-Con Plaza, 2002. – P. 586 – 589.
16. P. Sapaty Universal Distributed Brain for Mobile Multi-robot Systems / P. Sapaty, M. Sugisaka; eds. H. Asama, T. Arai, T. Fukuda, T. Hasegava // Distributed Autonomous Robotic Systems. Also reported at the International Symposium on Distributed Autonomous Robotic Systems DARS'02, (Fukuoka, Japan, June 25–27, 2002). – Fukuoka, Japan, 2002. – P. 434 – 443.
17. Sapaty P. Optimized Space Search by Distributed Robotic Teams” / P. Sapaty, M. Sugisaka // Proc. International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 8th), (Beppu, Japan, January 24–26, 2003). – Beppu, Japan, 2003. – P. 189 – 193.
18. Sapaty P. Optimized Space Search by Distributed Robotic Teams” / P. Sapaty, M. Sugisaka // Proc. World Symposium Unmanned Systems, (USA, Jul. 15–17, 2003). – USA: Baltimore Convention Center, 2003. – 15 p.
19. Research on Biologically Inspired Bipedal Dynamic Humanoid Robots / M. Sugisaka, P. Sapaty, K. Imamura [et al.] // Proc. World Symposium Unmanned Systems, (USA, Jul. 15–17 2003). – USA: Baltimore Convention Center, 2003. – 5 p.
20. Sapaty P. Towards a Universal Distributed Brain for Mobile Multi-Robot Systems / P. Sapaty, M. Sugisaka // Mathematical Machines and Systems. – 2003. – N 3–4. – P. 3 – 20.
21. Towards Fully Distributed Cognitive Systems / P. Sapaty, K. Kawamura, M. Sugisaka [et al.] // Proc. Ninth International Symposium on Artificial life and Robotics (AROB 9th), (Beppu, Japan, January 2004). – Beppu, Japan, 2004. – P. 69 – 75.
22. Towards Fully Distributed Cognitive Systems / P. Sapaty, K. Kawamura, M. Sugisaka [et al.] // Mathematical Machines and Systems. – 2004. – N 1. – P. 69 – 75.
23. Sapaty P. WAVE-WP (World Processing) Technology / P. Sapaty, M. Sugisaka // Proc. First International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, (Setubal, Portugal, August 25–28, 2004). – 2004. – Vol. 1. – P. 92 – 102.
24. Distributed Artificial Life Using World Processing Technology / P. Sapaty, N. Mirenkov, M. Sugisaka [et al.] // Proc. of the Fifth Int. Conference on Human and Computer (HC-2004), (Japan, September 1–3, 2004). – Japan: The University of Aizu, 2004. – P. 24 – 29.
25. Grasping the Distributed Entirety / P. Sapaty, M. Sugisaka, N. Mirenkov [et al.] // Proc. Tenth International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 10th), (Beppu, Japan, February 4–6, 2005). – Beppu, Japan, 2005. – P. 46 – 52.
26. Emergent Societies: An Advanced IT Support of Crisis Relief Missions / P. Sapaty, M. Sugisaka, R. Finkelstein [et al.] // Proc. Eleventh International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 11th'06), (Beppu, Japan, Jan 23–26, 2006). – Beppu, Japan, 2006. – P. 87 – 92.
27. Advanced IT Support of Crisis Relief Missions / P. Sapaty, M. Sugisaka, R. Finkelstein [et al.] // Journal of Emergency Management. – 2006. – N 4, Vol. 4. – P. 29 – 36.
28. Mirenko Emergent Societies: An Advanced IT Support of Crisis Relief Missions” / P. Sapaty, M. Sugisaka, R. Finkelstein [et al.] // Artificial Life and Robotics. – 2007. – N 1, Vol. 11. – P. 46 – 52.

29. Intelligent Management of Distributed Dynamic Sensor Networks / P. Sapaty, M. Sugisaka, J. Delgado-Frias [et al.] // Proc. Twelfth International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 12th'07), (Beppu, Japan, Jan 25–27, 2007). – Beppu, Japan, 2007. – 6 p.
30. Sapaty P. Making Sensor Networks Intelligent / P. Sapaty, M. Sugisaka, J. Filipe // Proc. of the 4th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, ICINCO-2007, (Angers, France, 9–12 May 2007). – Angers, France, 2007. – 8 p.
31. A new concept of flexible organization for distributed robotized systems / P. Sapaty, A. Morozov, R. Finkelstein [et al.] // Artificial Life and Robotics. – 2008. – N 1–2, Vol. 12. – P. 35 – 42.
32. Intelligent management of distributed dynamic sensor networks / P. Sapaty, M. Sugisaka, J. Delgado-Frias [et al.] // Artificial Life and Robotics. – 2008. – N 1–2, Vol. 12. – P. 62 – 69.
33. Developing High-Level Management Facilities for Distributed Unmanned Systems / P. Sapaty, K.-D. Kuhnert, M. Sugisaka [et al.] // Proc. Fourteenth International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 14th'09), (Beppu, Oita, Japan, Feb. 5–7, 2009). – Beppu, Oita, Japan: B-Con Plaza, 2009. – 6 p.
34. Sapaty P. Spatial scenarios for distributed unmanned systems / P. Sapaty, M. Sugisaka, K.-D. Kuhnert // Proc. AUVSI's Unmanned Systems North America 2009. – Washington, USA, 2009. – 13 p.
35. Sapaty P. Countering Asymmetric Situations with Distributed Artificial Life and Robotics Approach / P. Sapaty, M. Sugisaka // Proc. Fifteenth International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 15th'10), (Beppu, Oita, Japan, Feb. 5–7, 2009). – Beppu, Oita, Japan: B-Con Plaza, 2009. – 4 p.

Стаття надійшла до редакції 03.12.2010