

**УПРАВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗАХВАТА**

\*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, Киев, Украина

---

**Анотація.** Представлені нова ідеологія та підтримуюча її високорівнева керуюча технологія, які можуть наділяти будь-яку розподілену систему якостями глобальної обізнаності та цілеспрямованості, автономним ухваленням рішень на різних рівнях, а також здатністю самовідновлення після довільних збоїв і руйнувань. Розроблена технологія дозволяє створювати як автоматизовані, так і повністю автоматичні розподілені системи у громадській і військовій областях, а також здійснювати уніфікований перехід до масової роботики для вирішення завдань у складних і непередбачуваних середовищах.

**Ключові слова:** розподілені системи, глобальна обізнаність, автономне ухвалення рішень, технологія просторового захоплення, мережева інтерпретація, масова роботика, непередбачувані середовища, самовідновлення.

**Аннотация.** Представлены новая идеология и поддерживающая ее высокоуровневая управляющая технология, которые могут наделять любую распределенную систему качествами глобальной осведомленности и целеустремленности, автономным принятием решений на разных уровнях, а также способностью самовосстановления после произвольных сбоев и разрушений. Разработанная технология позволяет создавать как автоматизированные, так и полностью автоматические распределенные системы в гражданской и военной областях, а также осуществлять унифицированный переход к массовой роботике для решения задач в сложных и непредсказуемых средах.

**Ключевые слова:** распределенные системы, глобальная осведомленность, автономное принятие решений, технология пространственного захвата, сетевая интерпретация, массовая роботика, непредсказуемые среды, самовосстановление.

**Abstract.** New ideology and supporting high-level control technology are presented which can provide any distributed system with the qualities of global awareness and global goal orientation, making autonomous decisions on different levels, as well as the ability of self-recovery after indiscriminate failures and damages. The technology developed allows us to create automated up to fully automatic distributed systems in both civil and military areas, also provide a unified transition to massive robotics for solving tasks in complex and unpredictable environments.

**Keywords:** distributed systems, global awareness, autonomous decision making, spatial grasp technology, networked interpretation, massive robotics, unpredictable environments, self-recovery.

## 1. Введение

Мы вошли в новое столетие, которое знаменуется многочисленными локальными и глобальными конфликтами и кризисами, и эта тенденция к непредсказуемости и нестабильности будет, по-видимому, преобладать и даже возрастать в обозримом будущем. Для эффективного противостояния многочисленным непредвиденным ситуациям и угрозам необходимо создание новых идеологий и поддерживающих их информационных и управляющих технологий, которые могли бы быстро интегрировать имеющиеся человеческие и технические ресурсы в высокофункциональные системы с глобальной целенаправленностью, самоанализом и способностью к самовосстановлению после произвольных отказов и разрушений.

В работе будут показаны недостатки традиционной системной организации, исходящей из структурного исходного принципа, такие как жесткость, трудность перестройки, а также потеря производительности при изменении глобальной цели. Описанная альтернативная Технология пространственного захвата (ТПЗ), разработанная на протяжении не-

скольких десятилетий и в разных странах и базирующаяся на исходном функциональном подходе, отличается оперативностью и гибкостью в схватывании пространственных решений, быстрой реакцией на непредвиденные ситуации, возможностью самовосстановления после разрушений. Она также указывает прямой путь к автоматизации и массовой роботизации.

ТПЗ осуществляет управляемую параллельную навигацию, покрытие, захват физического или виртуального пространства, устанавливая полный контроль над последними. Она имеет прочную философскую и психологическую основу, имитируя, как люди, особенно высшее командование, видят и решают сложные пространственные задачи. ТПЗ также наследует холистские и гештальтские подходы, где человеческий мозг имеет уникальное свойство схватывать целое сразу, а части определять после.

ТПЗ практически реализуется через сеть интеллектуальных модулей, вживляемых (открыто или скрыто, последнее в случае необходимости операций в недружелюбных средах) в ключевые точки системы, где эти модули коллективно интерпретируют системные сценарии на специальном ЯПЗ (Языке пространственного захвата). Сценарии миссий, выраженных в ЯПЗ, часто очень компактны и могут быть составлены и модифицированы в реальном времени, «на лету». ЯПЗ кардинально отличается от традиционных универсальных языков программирования, оперируя напрямую с физическим миром, виртуальным миром, объединенным виртуально-физическим миром, а также миром активных исполнителей. ЯПЗ имеет открытую рекурсивную структуру, с помощью которой можно задавать любые параллельные и распределенные алгоритмы, а также эффективно моделировать другие существующие и гипотетические системные подходы, модели и технологии.

Будет описан ЯПЗ, его основные механизмы пространственного управления и обработки знаний, примеры элементарного программирования на нем, а также структура распределенного сетевого интерпретатора, позволяющего большую часть системных рутин переводить на автоматизированный или даже полностью автоматический уровень. Будет также показан ряд существующих применений этого подхода для организации управления большими распределенными системами самого разного характера и назначения вместе с примерами программирования типовых задач на ЯПЗ.

## 2. Сравнение системных организаций

### 2.1. Традиционная системная организация

Традиционные подходы к проектированию и созданию больших систем часто начинают со структурного их видения и формализации, как показано на рис. 1. В качестве примера можно привести создание военных подразделений с заранее устанавливаемой иерархией

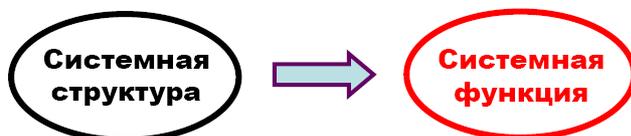


Рис. 1. Традиционный системный подход

подчиненности и структурой командного управления в надежде, что те затем будут должным образом выполнять различные приказы командования и решать разнообразные функциональные задачи.

Среди основных недостатков

такой организации можно назвать следующие:

- жесткость;
- трудность перестройки;
- потеря производительности при изменении глобальной цели;
- нежелательные побочные эффекты.

В качестве примера традиционного подхода и его печальных результатов можно привести снятый недавно проект Роботизированных будущих боевых систем (Future Combat Systems, FCS) в США (рис. 2), который стал просто ненужным из-за изменения ис-

ходных целей, несмотря на уже осуществленные многомиллиардные затраты на его проектирование и реализацию [1].



Рис. 2. Отмененный проект Роботизированных будущих боевых систем

В качестве других примеров можно привести бессилье самых мощных армий мира с неограниченным вооружением и классической иерархической командной структурой противостоять слабовооруженному, но с очень гибкой организацией терроризму и пиратству. Такие армии были спроектированы с ориентацией на традиционные боевые действия (типа «армия против армии») и оказались совершенно не подготовленными и не эффективными в асимметричных ситуациях с распределенным и скрытым («партизанским») ведением локальных боевых действий противником.

ричных ситуациях с распределенным и скрытым («партизанским») ведением локальных боевых действий противником.

## 2.2. Холистская организация, базирующаяся на модели пространственного захвата

Предлагаемая нами модель базируется на первичном выражении глобальной системной функции в специальном целостном, интегральном формализме, позволяющем рассматривать системную организацию и структуру в виде динамической производной от целей и задач, которые необходимо выполнить, где последние могут формулироваться и меняться в реальном времени (рис. 3).



Рис. 3. Основа подхода предлагаемого ТПЗ

Достоинства этой модели:

- оперативность и гибкость в схватывании пространственных решений;
- быстрая реакция на непредвиденные ситуации;
- самовосстановление после разрушений;
- унифицированный путь к глобальной автоматизации и роботизации.

## 3. Технология пространственного захвата (ТПЗ)

### 3.1. Этапы истории развития ТПЗ

История развития данной идеологии и технологии покрывает более четырех десятилетий и охватывает целый ряд стран: СССР, Чехословакию, Германию, Великобританию, Канаду, США, Японию, Ирландию, Вьетнам, а также Украину. Она объединяет волновые модели и итерационный расчет больших электрических систем, организацию неоднородных распределенных сетей ЭВМ, распределенные базы знаний, коллективную роботизацию, распределенное моделирование полей сражений, сетей связи и транспортных сетей, распределенную виртуальную реальность, а также гештальт-психологию, которая столетие назад явилась первым серьезным вызовом традиционным атомистическим подходам в понимании систем.

Можно назвать следующие основные этапы истории развития ТПЗ в разных проектах, странах и временных интервалах:

- Расчет и моделирование распределенных электрических сетей. СССР, 66-71.
- Создание первых распределенных сетей ЭВМ. СССР, 69-79.
- Параллельные вычисления, мобильные агенты. СССР, 71-80.
- Распределенная вычислительная система МИР–БЭСМ. СССР, 71-80.
- Общесоюзная глобальная автоматизированная система ОГАС. СССР, 75-80.
- Распределенный макроконвейерный комплекс. СССР, 78-85.
- Волновая модель распределенных параллельных вычислений. СССР, 74-90.
- Система «Волна» в Международной базовой лаборатории по искусственному интеллекту. Чехословакия, 84-87.
- Проект «Волна» по Фонду Гумбольдта. Германия, 88-90.
- Интеллектуальный менеджмент компьютерных сетей на «Волне». Фирма Сименс, Германия, 90-93.
- Распределенное моделирование полей сражений. Англия, проект Распределенного интерактивного моделирования (DIS) в США, 93-98.
- Моделирование на «Волне» сетей мобильной связи. Фирма Эрикссон, Англия, 93-97.
- Исследование «Кооперативная роботика на «Волне»». Япония, 01-05.
- Международная система «Волна» с публичным использованием. Германия, Великобритания, США, Канада, Ирландия, Вьетнам, 93-13.
- Европейский патент на систему «Волна». Германия, 90-93.
- Монографии по «Волне» издательской компании Джон Вайли. Нью Йорк, США, 99, 05.
- Идеология и технология управления большими распределенными системами на базе модели пространственного захвата. Украина, 98-13.

### 3.2. Интегральное видение пространства в ТПЗ

ТПЗ базируется на управляемой параллельной навигации, покрытии, захвате физического или виртуального пространства, как символически показано на рис. 4.



Рис. 4. Параллельный захват физического или виртуального пространства

ТПЗ имеет прочную философскую и психологическую основу, в определенном смысле копируя, как люди, особенно высшее командование, видят и решают сложные пространственные задачи

в концептуальной (в пространстве возможных логических решений) или физической среде. ТПЗ также наследует холистские подходы, где человеческий мозг имеет уникальное свойство схватывать сразу системное целое, а части определять после, предлагая фактически первое технологическое решение в рамках гештальт-психологии и теории [2–4], где детали технологии и ее множественные применения описаны также в [5–29].

### 3.3. Как практически работает ТПЗ

ТПЗ реализуется путем вживления универсальных интеллектуальных модулей **U** открыто или скрыто (второе в случае необходимости работы во недружелюбных средах) в ключевые точки системы, которые коллективно интерпретируют высокоуровневые самораспространяющиеся системные сценарии на специальном Языке пространственного захвата (ЯПЗ) (рис. 5).



Рис. 5. Самораспространяющиеся пространственные сценарии

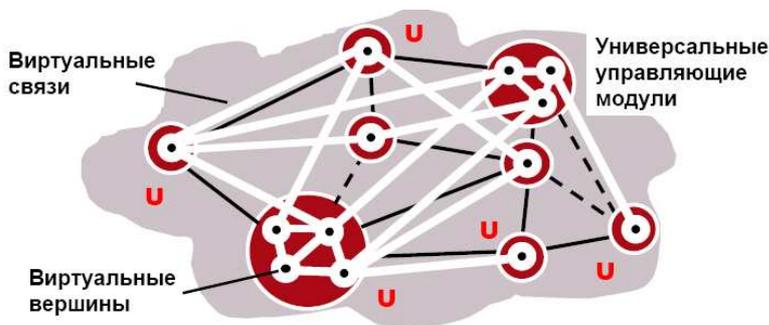


Рис. 6. Динамическое формирование пространственных инфраструктур

всевозможные типы командного управления, локальную и глобальную ситуационную осведомленность и принятие автономных решений, а также другие существующие или гипотетические вычислительные и управляющие модели.

## 4. Язык пространственного захвата (ЯПЗ)

### 4.1. Миры, с которыми оперирует ЯПЗ

ЯПЗ напрямую оперирует с виртуальным, физическим, комбинированным виртуально-физическим, а также исполнительным мирами, которые имеют следующие свойства.

- 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 также имеет место и для дуг). Вершины могут быть доступны напрямую, глобально, по их адресам или именам или локально друг от друга через (именованные) дуги, в то время как дуги доступны только локально, от смежных вершин. Разнообразие массового доступа (трансляции) к вершинам имеет место в ЯПЗ как в локальной, так и в 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 вершинам (или только к тем, к которым ведут дуги определенного типа) и т.д.

- Физический мир (ФМ) является непрерывным. Любая точка (вершина) в нем мо-

Сценарии миссий на ЯПЗ очень компактны и могут быть составлены и модифицированы в реальном времени, на лету. Они могут быть вживлены с любой точки системы, покрывая ее затем в параллельном вирусоподобном режиме и устанавливая требуемое локальное и глобальное поведение.

Самораспространяющиеся сценарии могут динамически формировать целостные инфраструктуры знаний, произвольно распределенные между различными системными компонентами (людьми, роботами, сенсорами), как показано на рис. 6. Эти инфраструктуры могут эффективно воплощать и поддерживать распределенные базы данных,

жет быть идентифицирована с помощью координат, выраженных в некоторой координатной системе (естественно, с определенной точностью). Находясь в физической вершине, можно поднять физические параметры в этой точке мира, а также возможно изменить их, локально влияя на мир.

- Виртуально-физический мир (ВФМ) является таким, где (все или некоторые) вершины ВМ дополняются определенными координатами из ФМ. ВФМ является дискретным при моментальном снимке, но вершины в нем могут перемещаться в физическом мире, изменяя свои физические координаты во времени (поддерживая при этом структуру семантических связей между собой). Вершины ВФМ могут быть глобально доступны по их именам, адресам, а также физическим координатам (более корректно: по координатам зоны, где они могут находиться в связи с ограниченной точностью задания координат). Доступ к вершинам ВФМ может быть также локальным, друг от друга через именованные дуги, как и при ВМ. В дополнение к трансляционным возможностям ВМ вершины ВФМ могут быть одновременно доступны в любой по размеру зоне ФМ, задавая достаточно большое значение радиуса зоны от заданного ее центра или же указывая произвольную зону с помощью полигона граничных координат.

- Исполнительный мир (ИМ), состоящий из активных исполнителей, которые могут быть людьми, роботами, сенсорами или же любыми другими интеллектуальными устройствами, способными содержать информацию и/или физическое вещество (физические объекты) и оперировать с ними, т.е. с предыдущими тремя мирами.

## 4.2. Основные свойства ЯПЗ

Среди базовых свойств ЯПЗ можно выделить следующие.

- ЯПЗ позволяет перемещаться, обозревать, осуществлять любые действия и принимать любые решения в полностью распределенных средах.

- Сценарий ЯПЗ развивается в распределенной среде как параллельный переход между множествами Опорных пунктов (ОП), отражающих завершение определенных локальных этапов.

- Начиная с определенного ОП, действие может результировать в виде новых ОП или же оставаться в рамках существующего ОП.

- Каждый ОП имеет результирующее значение и результирующее состояние.

- Разные активности могут развиваться независимо или взаимозависимо, последовательно или параллельно от одного и того же ОП.

- Разные активности могут также пространственно наследовать друг друга, где новые активности могут развиваться параллельно от ОП, достигнутых предыдущими активностями.

- Элементарные операции могут напрямую использовать значения ОП, полученные от других активностей, какими бы сложными и удаленными они ни были.

- Результирующие состояния множественных ОП сливаются по определенным правилам в результирующие состояния сценариев на высших уровнях для локального и глобального управления и принятия решений.

- Значения от множественных ОП могут также сливаться в результирующие значения сценариев на высших уровнях, на базе их совместной пространственной эхообработки.

- Любой ОП может ассоциироваться с определенной вершиной в ВМ, позицией в ФМ или же с обеими в случае ВФМ, а также непосредственно с исполнителем в ИМ.

- Любое количество ОП может одновременно быть связано с одними и теми же позициями в перечисленных мирах, совместно обрабатывая информационные или физические данные, ассоциированные с ними.

- Находясь в точках распределенных миров, возможно напрямую поднимать и изменять локальные параметры в них, также связи между ними (как в ВМ и ВФМ), влияя та-

ким образом на состояние и структуру покрываемых миров.

- Всеобщая организация и координированная навигация распределенного пространства как вширь, так и вглубь осуществляется взаимосвязанными правилами ЯПЗ, которые могут формировать любые иерархии подчиненности.

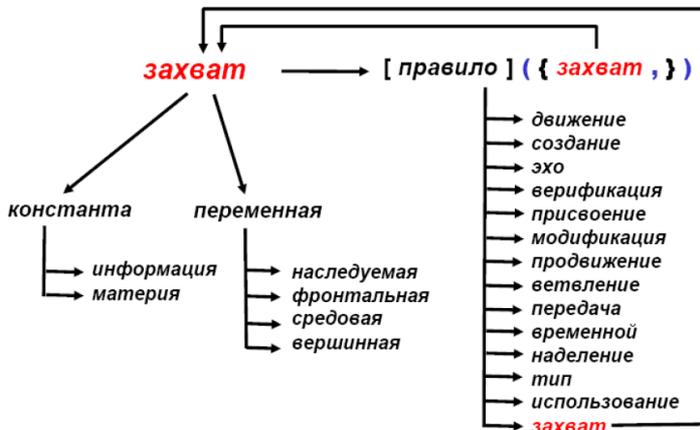


Рис. 7. Рекурсивная организация ЯПЗ

### 4.3. Структура ЯПЗ

ЯПЗ имеет открытый рекурсивный синтаксис (рис. 7), где программа-сценарий называется «захват», что отражает ее основной смысл как покорение и захват распределенного пространства и установление требуемой инициативы в нем. Курсивом отмечены синтаксические категории, квадратные скобки указывают конструкцию, которая может быть опущена, а фигурные скобки отмечают повтор с разделителем справа.

### 4.4. Пространственные переменные ЯПЗ

ЯПЗ использует следующие типы переменных, которые (особенно, если используются совместно) позволяют задавать эффективные пространственные («голографические») алгоритмы.

- Наследуемые переменные – возникают в определенных ОП и затем обслуживают все последующие ОП, которые могут совместно ими пользоваться для чтения 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). Эти переменные таким образом распространяются в распределенных пространствах на фронтах активностей в них.

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

- Вершинные переменные – позволяют присоединять временную индивидуальную собственность к вершинам ВМ, ФМ, ВФМ и ИМ; они могут использоваться любыми ОП, ассоциированными с этими вершинами в данный момент.

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

### 4.5. Правила ЯПЗ

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

- элементарную арифметическую, строковую или логическую операцию;
- прыжки и движение в физическом, виртуальном, комбинированном или исполнительном пространстве;
- иерархическое слияние и возврат множественных (возможно, удаленных) результатов;

- распределенное управление как последовательное, так и параллельное;
- разнообразие специальных контекстов для детализации навигации в пространстве, выполнения операций и принятия решений;
- тип или смысл значения или же его выбранное использование.
- создание или удаление вершин и дуг в распределенных информационных сетях.
- правило может быть составным, объединяющим другие правила, оно может быть также результатом локальных или глобальных операций любой сложности и на любых пространствах (как вытекает из рекурсивной структуры ЯПЗ) (рис. 7).

#### 4.6. Примеры пространственных механизмов ЯПЗ

ЯПЗ имеет мощные средства навигации и покрытия распределенных пространств, несколько примеров которых рассматриваются ниже.

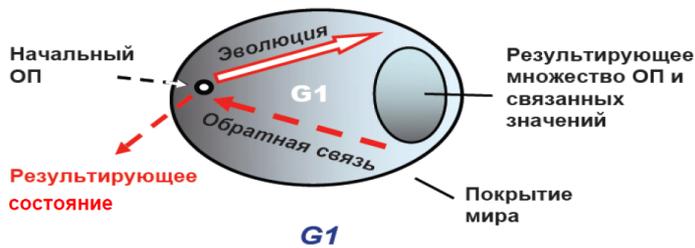


Рис. 8. Покрытие пространства

- Начальным ОП.
- Результирующим множеством ОП и связанным с ним результирующим множеством значений, которое может оказаться произвольно удаленным.
- Результирующим состоянием, отражающим успех покрытия, которое может быть четырех видов: открытый успех, завершённый успех, неуспех, аварийное окончание.

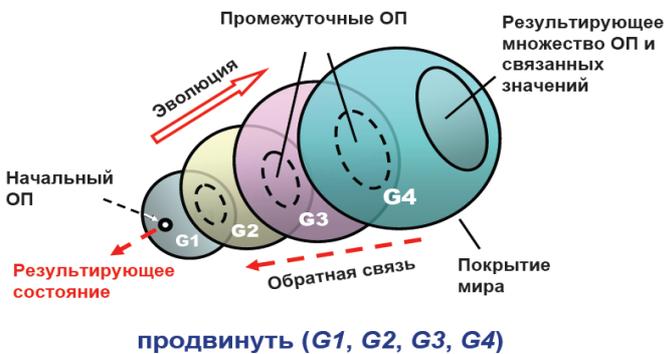


Рис. 9. Поэтапное покрытие пространства

Результирующее множество ОП и ассоциированных с ним значений определяются последним по очереди покрытием (в общем, его множественными копиями). Разновидности правил поэтапного покрытия: продвинуть, продвинуть\_синхронно, повторить, повторить\_синхронно.

Ветвление (рис. 10) позволяет запускать с одного и того же ОП последовательно или параллельно отдельные покрытия пространства.

Результирующее множество ОП и связанных значений определяется всеми или частью множеств, полученных по разным ветвям покрытия. Разновидности пространственных ветвлений: последовательно, параллельно, пока, если, или, или\_параллельно, и, и\_параллельно, цикл, петля, вихрь, расщепить.

Комбинированное покрытие (рис. 11) позволяет осуществлять любую комбинацию рассмотренных выше поэтапного и разветвленного покрытий. При этом результирующее множество ОП и значений определяется последними по очереди терминальными покрытиями пространства.

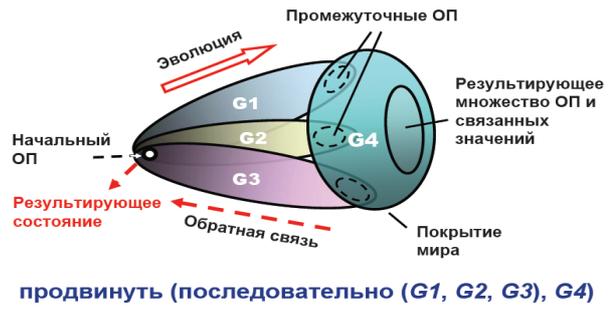
Покрытие (рис. 8) может быть выражено произвольной сложности пространственным алгоритмом, самораспространяющимся в среде и захватывающим требуемую информационную или физическую область, обладая всегда одним и тем же унифицированным набором входных-выходных параметров.

Поэтапное покрытие (рис. 9) представляет собой пошаговое продвижение в распределенном пространстве вглубь, где каждый новый шаг, возможно, размножаясь, начинается параллельно с каждого из результирующих ОП, достигнутых предыдущим шагом.

Результирующее множество ОП и ассоциированных с ним значений определяются последним по очереди покрытием (в общем, его множественными копиями).



последовательно (G1, G2, G3)  
Рис. 10. Разветвленное покрытие пространства



продвинуть (последовательно (G1, G2, G3), G4)  
Рис. 11. Комбинированное покрытие пространства



присвоить (G4, сложить (G1, G2, G3))  
Рис. 12. Прямой дистанционный доступ

Прямой дистанционный доступ к удаленным данным и переменным позволяет оперировать с множественными результатами и переменными непосредственно, вне зависимости от их расположения в распределенном пространстве, как показано на рис. 12. Доступ как к данным для выполнения операций над ними, так и переменным (которые могут быть множественными, как и данные) для присвоения результата может определяться произволь-

ными алгоритмами-покрытиями.

#### 4.7. Перечень основных конструкций ЯПЗ

Синтаксис ЯПЗ с перечислением основных конструкций приведен ниже, где вертикальная черта разделяет альтернативы, смысл курсива, квадратных и фигурных скобок поясняется выше, а остальные символы и слова являются элементами языка (включая фигурные скобки там, где они выделены жирно).

<i>захват</i>	→ константа   переменная   [ правило ] ( { захват , } )
<i>константа</i>	→ информация   вещество   специальная
<i>переменная</i>	→ наследуемая   фронтальная   средовая   вершинная
<i>правило</i>	→ движение   создание   эхо   верификация   присвоение   модификация   продвинуть   ветвление   передача   временной   надление   тип   использование   захват
<i>информация</i>	→ ' строка '   { строка }   число
<i>вещество</i>	→ " строка "
<i>движение</i>	→ прыжок   двигать   сдвиг
<i>создание</i>	→ создать   соединить   удалить   разъединить
<i>эхо</i>	→ состояние   порядок   сгresti   минимум   максимум   средний   подсчет   сортировать   прибавить   отнять   умножить   делить   степень   разделить   объединить   присоединить   приставить   общий   содержание   индекс
<i>верификация</i>	→ равно   неравно   меньше   меньше или равно   больше   больше или равно   пусто   непусто   принадлежит   не принадлежит   пересекается   не пересекается
<i>присвоение</i>	→ присвоить   присвоить равные
<i>модификация</i>	→ вставить   размножить   расщепить
<i>продвинуть</i>	→ продвинуть   продвинуть синхронно   повтор   повтор синхронно
<i>ветвление</i>	→ параллельно   последовательно   если   или   или параллельно   и

	и параллельно   выбор   цикл   петля   вихрь   расщепить
<i>передача</i>	→ запустить   вызвать   выдать   ввести
<i>временной</i>	→ спать   задержать
<i>наделение</i>	→ свободный   отпустить   конец   ничего   поднять   оставаться   захватить
<i>тип</i>	→ наследуемая   фронтальная   вершинная   средовая   информация   вещество   число   строка
<i>использование</i>	→ адрес   имя   место   центр   глубина   время   скорость   исполнитель   вершина   связь   единица
<i>наследуемая</i>	→ Н { <i>буквоцифра</i> }
<i>фронтальная</i>	→ Ф { <i>буквоцифра</i> }
<i>вершинная</i>	→ В { <i>буквоцифра</i> }
<i>средовая</i>	→ ТИП   СОДЕРЖАНИЕ   АДРЕС   КАЧЕСТВА   ГДЕ   ОБРАТНО   ПРЕДЫДУЩИЙ   КТО   СВЯЗЬ   НАПРАВЛЕНИЕ   ГДЕ   ВРЕМЯ   СКОРОСТЬ   СОСТОЯНИЕ   ЗНАЧЕНИЕ   ЦВЕТ
<i>специальная</i>	→ отмена   через   сделано   провал   бесконечность   ничего   первый   последний   случайный   любой   все   виртуальный   физический   смешанный   глобальный   локальный   прямой   безвозвратный

Традиционная для языков программирования запись операций, выражений и разделителей является также допустимой для повышения компактности и читабельности сложных сценариев, что будет использовано в последующих примерах на ЯПЗ.

#### 4.8. Примеры программирования на ЯПЗ

Элементарные примеры приведены на рис. 13, где присвоение переменной результата суммирования чисел, параллельное движение в физической среде, создание новой виртуальной вершины, а также расширение существующей семантической сети новой парой дуга-вершина являются операциями одного ранга.

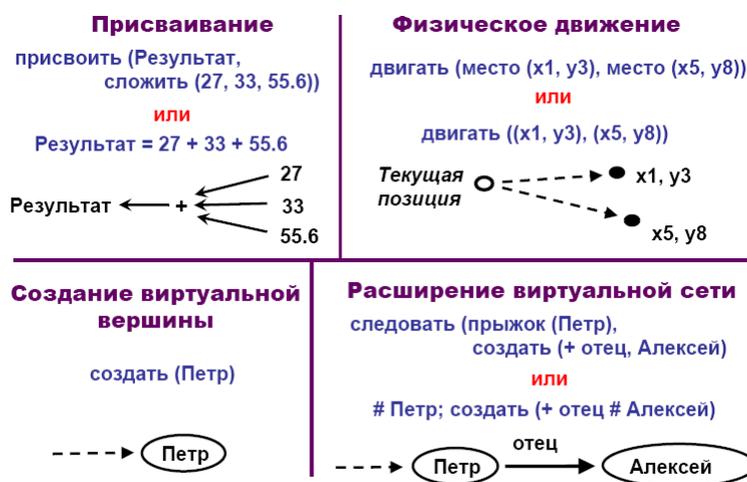


Рис. 13. Элементарные примеры на ЯПЗ

Более детальные примеры описания движений в виртуальном, физическом, виртуально-физическом и исполнительном мирах, а также их реализация путем перемещения в компьютерной памяти, передачи сообщений между исполнителями, а также физического движения исполнителей показаны на рис. 14.

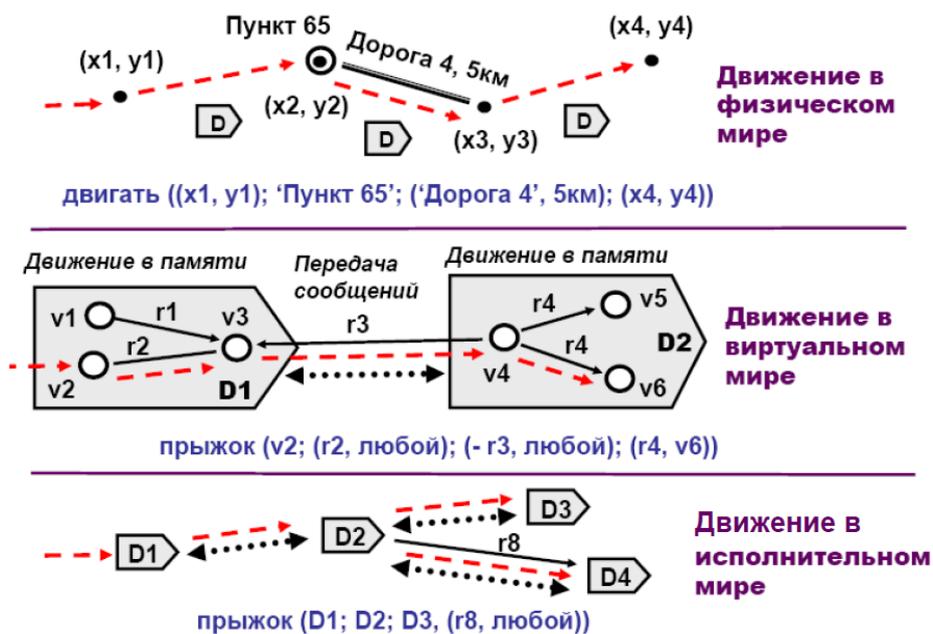


Рис. 14. Выражение и реализация движения в разных средах

### 5. Сетевой интерпретатор с ЯПЗ

Основные компоненты интерпретатора ЯПЗ, который взаимодействует с другими такими же копиями, распределенными в контролируемой среде, формируя универсальную пространственную машину, показаны на рис. 15.

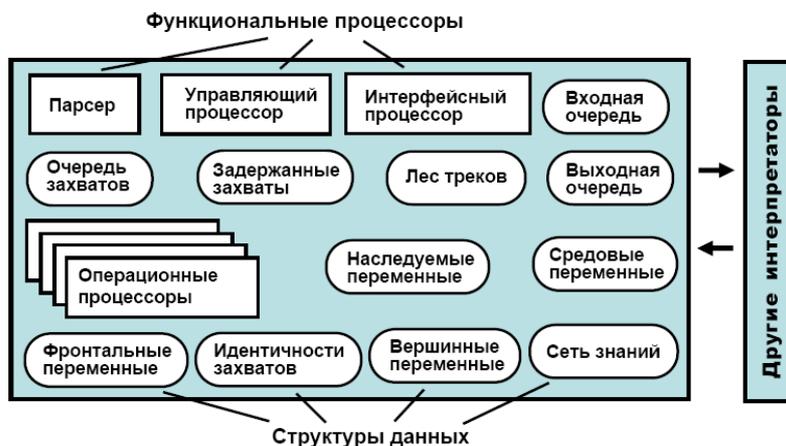


Рис. 15. Основные компоненты сетевого интерпретатора ЯПЗ

Суммарно основные свойства сетевого интерпретатора ЯПЗ можно представить таким образом:

- Интерпретатор состоит из ряда модулей-процессоров, оперирующих совместно над специализированными структурами данных.
- Вся сеть взаимодействующих интерпретаторов ЯПЗ может быть открытой и мобильной, изменяя в реальном времени количество вершин и коммуникационную структуру.
- “Нервной системой” распределенной интерпретационной сети, обеспечивающей ее целостность, глобальную целенаправленность и управляемость, является ее пространственная трековая система. Она (1) поддерживает существование пространственных (стационарных и мобильных) переменных, (2) распространяет последующие захваты к уже

достигнутым ОП, а также (3) осуществляет автоматическое командное управление множественными распределенными процессами.

- Копии интерпретаторов ЯПЗ могут быть установлены в базовых точках системы также скрыто, тайно в случае необходимости работы во враждебных средах.

- Устанавливая интерпретаторы ЯПЗ в роботические компоненты и интегрируя их с традиционной роботической функциональностью (двигателями, сенсорами, средствами связи, локальным управлением и интеллектом), можно получить их любое необходимое коллективное поведение.



Рис. 16. Интеграция различных роботических единиц с помощью ТПЗ

## 6. Коллективная роботика с помощью ТПЗ

ТПЗ позволяет превратить любую группу мобильных роботов (рис. 16) в мощную интегрированную единицу, с одной стороны, имеющую гибкость в поведении и автономных решениях, а с другой, подчиняющуюся вышестоящим командным уровням при выполнении сложных пространственных операций, при этом любые групповые сценарии могут обрабатываться автоматически.

### 6.1. Семантический, задачный уровень

Рассмотрим сначала чисто семантический уровень, где любая группа мобильных роботов «озадачивается» на самом высоком уровне: просто указывается, что именно она должна сделать в целом в физическом пространстве без конкретизации роли каждого робота, которая может не быть известной заранее и проявляться только в процессе выполнения сценария. Формулировка типичного семантического сценария (скажем, из области борьбы с кризисами) на естественном языке может иметь следующий вид.

Продвинуться в точки зоны бедствия с физическими координатами:

50.433, 30.633;

50.417, 30.490;

50.467, 30.517.

Оценить степень ущерба в каждой достигнутой точке, найти и возратить значение максимального ущерба.

Соответствующая программа на ЯПЗ выглядит даже проще:

```

максимум (
    продвинуться ((50.433, 30.633),
                  (50.417, 30.490),
                  (50.467, 30.517));
    оценить (ущерб))
    
```

Рассмотрим возможное исполнение этого сценария имеющимися в наличии тремя роботами R1, R2, R3 (можно взять и другое их количество с практическим смыслом от одного до четырех), начальное расположение которых в пространстве изображено на рис. 17. Вначале сценарий может быть введен в любой робот, пусть это будет R1 (рис. 17).

Сценарий затем автоматически расщепляется и размножается на имеющееся число роботов, а между роботами автоматически формируется пространственная инфраструктура взаимодействия и взаимной подчиненности, как показано на рис. 18.

Сохраняя сформированную инфраструктуру между ними, роботы индивидуально и независимо двигаются к избранным для них конечным пунктам (рис. 19).

Достигнув пунктов назначения, роботы индивидуально производят замер и оценку ущерба в этих местах (например, уровень загрязнения, радиации, наводнения, разрушений и т.д.), как показано на рис. 20.

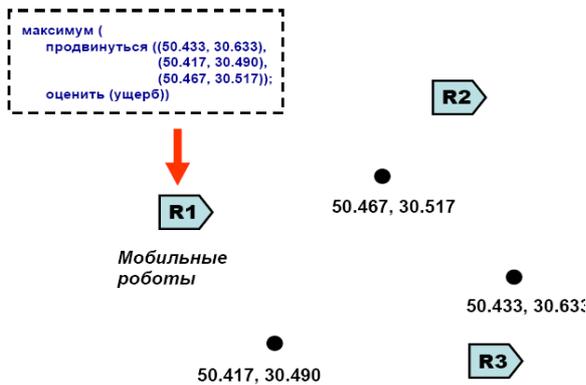


Рис. 17. Начальное вживание сценария

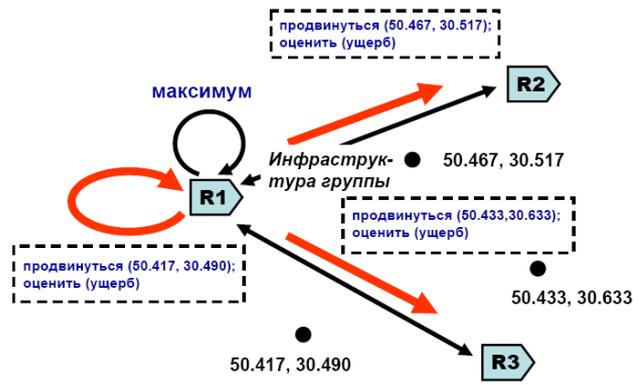


Рис. 18. Автоматическое расщепление и размножение сценария, установление командной инфраструктуры между роботами

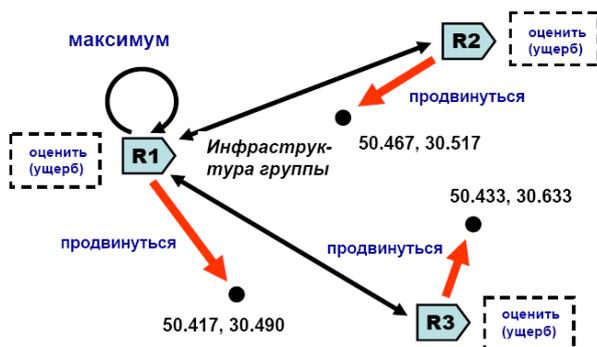


Рис. 19. Совместное движение роботов

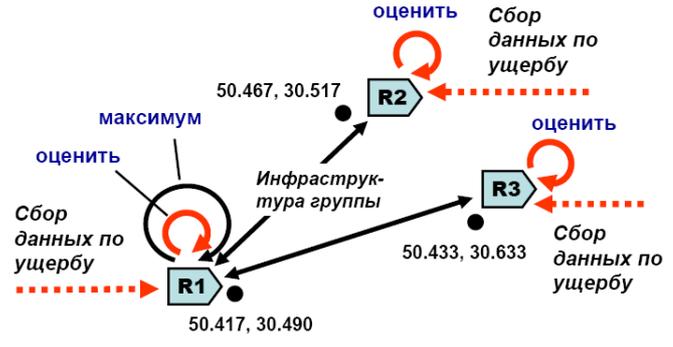


Рис. 20. Совместное измерение ущерба

Окончив индивидуальную оценку ущерба и используя сформированную инфраструктуру между ними, роботы находят максимальное значение оценки ущерба и возвращают его в центр управления, как показано на рис. 21.

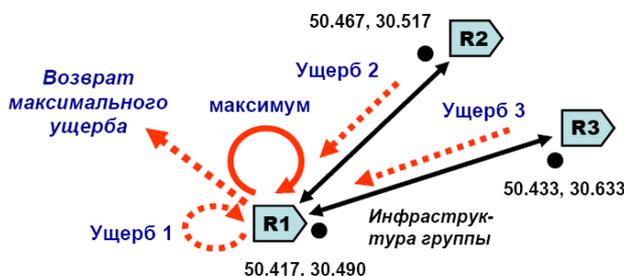


Рис. 21. Нахождение максимума ущерба и его возврат

Аналогично будет выглядеть исполнение сценария и при других количествах роботов, некоторым из которых может выпасть больше нагрузок (скажем, обслуживать по очереди не одну, а две или три точки физического пространства), но исходный семантический сценарий всегда будет одним и тем же.

Количество доступных роботов может также меняться по ходу развития сценария (скажем, некоторые могут выйти из строя, а другие вовлекаться дополнительно в реальном времени).

## 6.2. Детальная организация интеллектуального сворма беспилотников

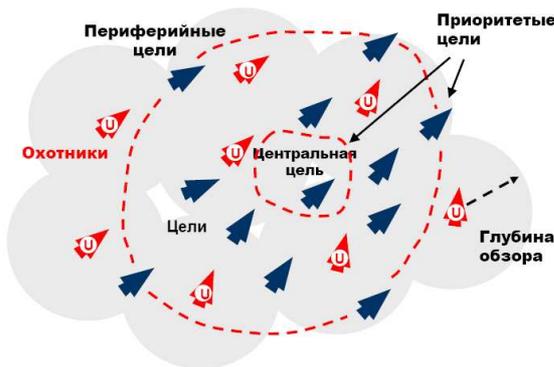


Рис. 22. Сворм беспилотников против групповой цели

В качестве более детальной организации коллективного поведения мобильных роботических устройств, явно выраженного в ЯПЗ, приведем операцию автоматического сворма беспилотников (символически: «охотников») против групповой цели, которая может состоять из пилотируемых или беспилотных единиц или же любой их комбинации, то есть может быть другим интеллектуальным свормом, как показано на рис. 22.

Рассматриваемый здесь сценарий задает следующие основные этапы такого параллельного пространственного взаимодействия.

• Начальный запуск сворма охотников в область групповой цели.

• Формирование приоритетного списка целей по их расположению в физическом пространстве.

• Наивысший приоритет присваивается целям, наиболее близким к топологическому центру их группы, как потенциальным управляющим единицам.

• Другие цели сортируются по их расстоянию от топологического центра.

• Наиболее периферийные цели в группе также рассматриваются как одни из особо опасных и, следовательно, приоритетных, имея больше шансов уйти от атаки и причинить вред.

• Присвоение целей в порядке их приоритетности доступным свободным охотникам, классифицируя последние как «занятые», с последующим их возвращением в статус «свободный», если сами не были уничтожены целью при ее атаке.

• Свободные охотники опять рассматриваются на предмет присвоения им новых целей.

• Весь менеджмент сворма охотников, включая сбор, анализ и присвоение целей, производится исключительно внутри самого сворма, за счет его пространственного интеллекта, без какого-либо внешнего вмешательства.

Выражение этого целостного сценария в ЯПЗ показано на рис. 23.

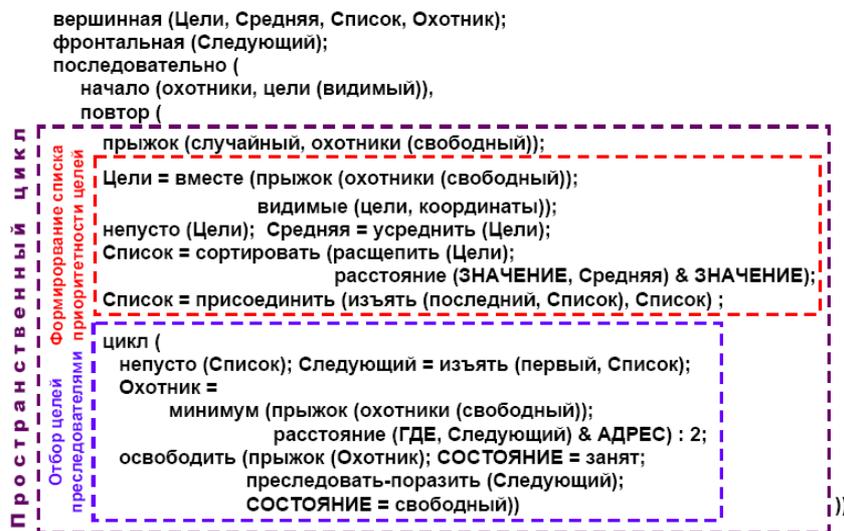
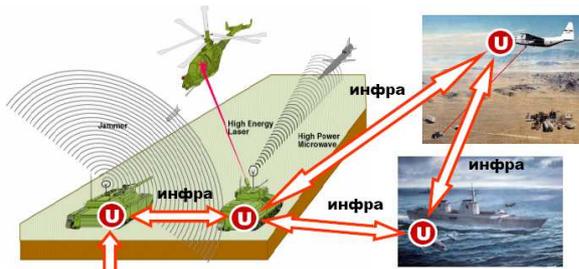


Рис. 23. Сворм против групповой цели на ЯПЗ

## 7. Другой пример обзора пространства, сбора и распределения целей

На рис. 24 показано, как, установив интерпретаторы ЯПЗ в самых разных компонентах (наземных, водных, воздушных), обладающих как кинетическим, так и лазерным вооружением, становится возможным контролировать обширное распределенное пространство, собирая информацию обо всех враждебных целях на нем, распространяя ее среди имеющихся единиц техники, а затем активируя наиболее подходящие средства противодействия.



цикл (фронтальная (Видимые) =  
повтор (освободить (определить (цели)),  
прыжок (первый, «инфра»));  
повтор (освободить (выбор-атака (Видимые)),  
прыжок (первый, «инфра»))

Рис. 24. Распределенный сбор и распространение целей

Соответствующий сценарий на ЯПЗ может стартовать с любой компоненты системы, покрывая все пространство в реальном времени и работая без каких-либо центральных устройств.

## 8. Интегрированная противовоздушная и противоракетная оборона с ТПЗ

ТПЗ позволяет интегрировать в целостную систему с глобальной целевой ориентацией самые разнородные противовоздушные и противоракетные средства (включая артиллерию, ракетную технику, робототехнику, лазеры, космические объекты), которая сможет успешно противостоять различным асимметричным ситуациям и угрозам и предотвращать локальные и глобальные международные конфликты (рис. 25).

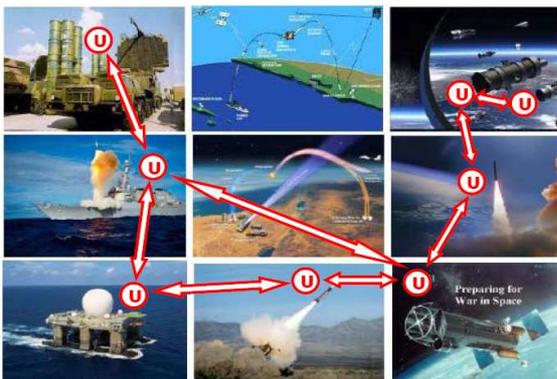


Рис. 25. Интеграция распределенных противоракетных средств в ТПЗ

противостоять различным асимметричным ситуациям и угрозам и предотвращать локальные и глобальные международные конфликты (рис. 25).

В качестве примера рассмотрим этапы функционирования разрабатываемой европейской системы противоракетной обороны и их выражение в ЯПЗ.

*Этап 1* (рис. 26): 1. Система инфракрасных спутников подхватывает тепловое излучение враждебных баллистических ракет, запущенных в направлении цели. 2. Информация передается наземным станциям для обработки. 3. Обработанная информация

вводится в сеть командного управления.

*Этап 2* (рис. 27). Сеть командного управления транслирует информацию сенсорным и оружейным системам в данном районе. После выгорания двигателей ракет инфракрасные спутники уже не могут их больше обнаруживать.

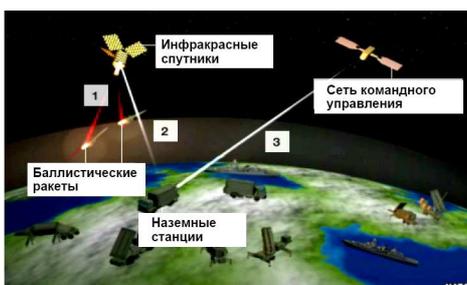


Рис. 26. Подхват целей системой инфракрасных спутников

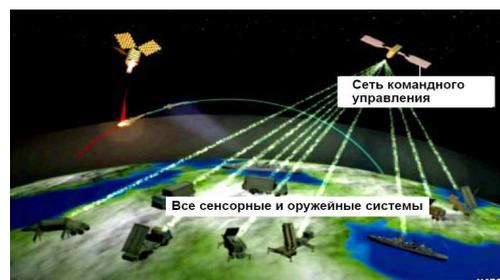


Рис. 27. Трансляция сенсорным и оружейным системам

*Этап 3* (рис. 28): 1. Сенсоры дальнего действия продолжают сопровождать ракету, чтобы дать возможность командной системе просчитать различные варианты ее уничтожения. 2. В это время постоянно обновляется информация между сенсорными и оружейными системами.

*Этап 4* (рис. 29). Командная система может выбирать атаку враждебной ракеты в верхних или нижних слоях атмосферы соответствующим оружием верхнего или нижнего уровня действия. По мере продолжения сопровождения увеличивается точность оценки ситуации и наведения.

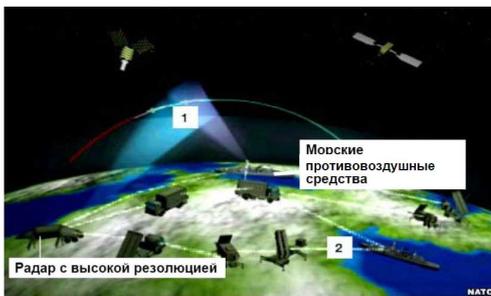


Рис. 28. Сопровождение сенсорами дальнего действия



Рис. 29. Активация оружия верхнего или нижнего уровня

Приведенный выше европейский сценарий, выраженный в ЯПЗ (с дополнительной возможностью использования оружия прямой энергии или ОПЭ, такого как космические лазерные системы на верхних уровнях), показан на рис. 30.

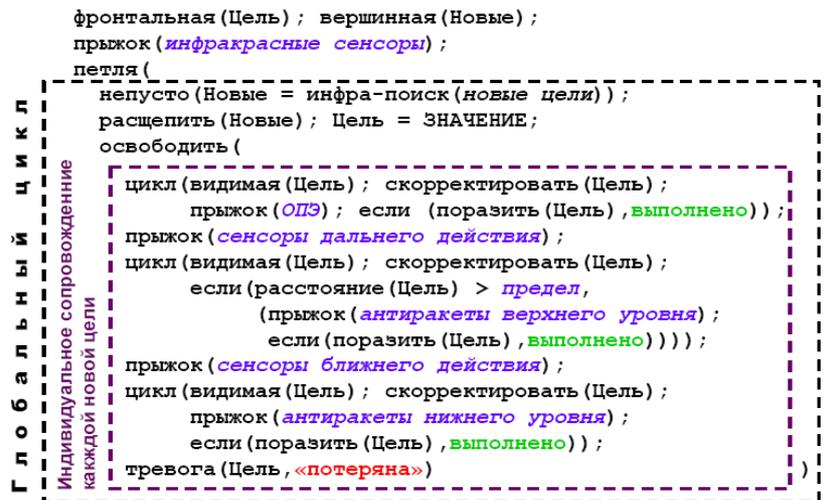


Рис. 30. Расширенный европейский сценарий в ЯПЗ

Достоинством использования ТПЗ для противозенитной и противоракетной обороны является ее гибкая организация, базирующаяся на свободном вирусоподобном перемещении системных сценариев в сетевом пространстве и полной интерпретации командного языка высокого уровня, что позволяет сопровождать каждую цель индивидуальным мобильным интеллектом и организовывать для этой цели ее оптимальное преследование и уничтожение всеми доступными ресурсами. Другим важным преимуществом является то, что в силу свободного перемещения программных кодов и их регенерации в реальном времени вся система обороны может эффективно самовосстанавливаться после сбоев и разрушений, всегда обеспечивая функциональную готовность и целевую ориентацию.

## 9. Разрешение кризисных ситуаций с помощью ЯПЗ: коллективная эвакуация

В случае бедствий и катастроф может возникнуть необходимость коллективной эвакуации людей из опасных зон. Возможный сценарий эвакуации изображен на рис. 31.

Последующий сценарий на ЯПЗ (рис. 32) организует коллективное цепное (в силу предположительной узости выхода) движение из зоны бедствия, где только первому индивиду, ведущему, предлагаются физические координаты контрольных точек пути следования, а все другие следуют друг за другом в цепи, придерживаясь установленного порядка и являясь (кроме последнего) одновременно ведомыми и ведущими. Автоматически расцепляясь, копируясь и распределяясь между индивидами, этот сценарий на ЯПЗ напрямую контактирует с соответствующими индивидами, например, через мобильные телефоны, регулярно выдавая им рекомендации, куда двигаться и ожидая подтверждения их исполнения.

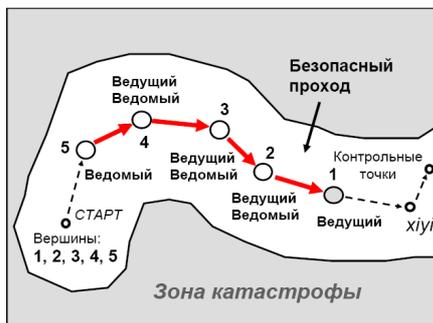


Рис. 31. Коллективная эвакуация в виде взаимосвязанной цепи

```

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))))
  
```

Рис. 32. Коллективная эвакуация на ЯПЗ

## 10. Отслеживание перемещения индивидов с помощью мобильного интеллекта ТПЗ

ТПЗ позволяет решать множество различных системных социальных проблем в современных обществах. Приведенный ниже сценарий показывает как местопребывание людей (например, стариков в больших городах, которые часто теряются, по мировой статистике) может регулярно проверяться и отслеживаться с помощью мобильного интеллекта, распространяющегося в виртуальном мире и сопутствующего перемещению индивидов в физическом мире, как показано на рис. 33.

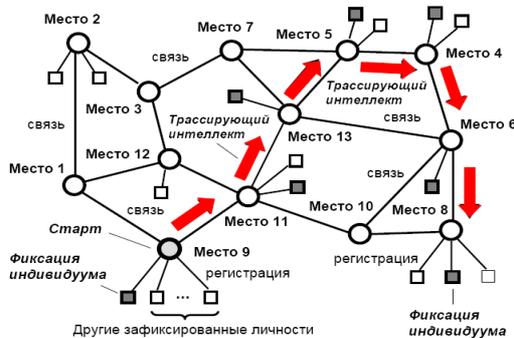


Рис. 33. Отслеживание физического передвижения людей с помощью мобильного интеллекта

Текущие позиции индивидов могут фиксироваться, например, с помощью видеокамер, к которым мобильным интеллектом передаются их снимки или же специальные шаблоны для автоматического распознавания (для старых людей на одежде могут также устанавливаться специальные идентифицирующие чипы). Трассирующий интеллект может анализировать и аккумулировать местоположение и поведение передвигающихся индивидов, оказывая им помощь, если нужно, переходя к смежным пунктам контроля, если индивид исчезает из поля зрения в данном пункте. Любое количество перемещающихся

```

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)))
  
```

Рис. 34. Трассировка перемещения людей на ЯПЗ

персон может независимо обслуживаться с помощью предлагаемой технологии. На рис. 34 показано описание этого сценария в ЯПЗ.

## 11. Формализация командного управления на ЯПЗ

Это одна из самых актуальных проблем на пути создания эффективных многонациональных сил, интеграции имитационного моделирования боевых действий с реальным управлением операциями, а также перехода к роботизированным армиям.

Специализированные языки для формализации командного управления, разрабатываемые в США и НАТО (как, например, BML и его производные C-BML, JBML, geoBML и др.), представляют собой только начальную стадию формализации и не являются языками программирования, что вызывает необходимость сложной интеграции с другими лингвистическими и программистскими средствами для обеспечения требуемой функциональности систем. Опираясь напрямую как с физическим, так и виртуальным миром, ЯПЗ, будучи также универсальным языком программирования, позволяет эффективно выражать любые военные намерения, сценарии и указы, которые могут напрямую исполняться как человеческими, так и роботическими компонентами и их группами (а также смешанными коллективами).

### 11.1. Пример операционного сценария (НАТО)

Пример операционного сценария на распределенной местности показан на рис. 35.

Его основные положения:

- Задание должно быть выполнено двумя бронедивизионами БД1 и БД2, которые должны тесно кооперировать в наступлении и в бою.
- Операция поделена на четыре временные фазы: ВРЕМЯ0 до ВРЕМЯ1, ВРЕМЯ1 до ВРЕМЯ2, ВРЕМЯ2 до ВРЕМЯ3 и ВРЕМЯ3 до ВРЕМЯ4. Она ориентирована на заключительный захват цели ЦЕЛЬ2, а на пути к ней промежуточной цели ЦЕЛЬ1.
- Согласованное продвижение БД1 и БД2 должно пройти рубежи Рубеж1, Рубеж2, Рубеж3, Рубеж4 и Рубеж5, по пути фиксируя и уничтожая подразделения противника БДП1, БДП2, БДП3 и БДП4.

Характер взаимодействия БД1 и БД2 в движении изображен на рис. 36.

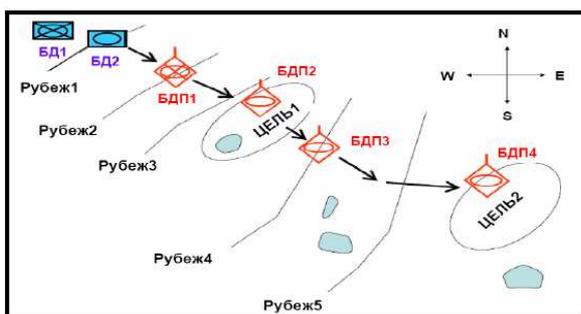


Рис. 35. Операционный сценарий по захвату цели

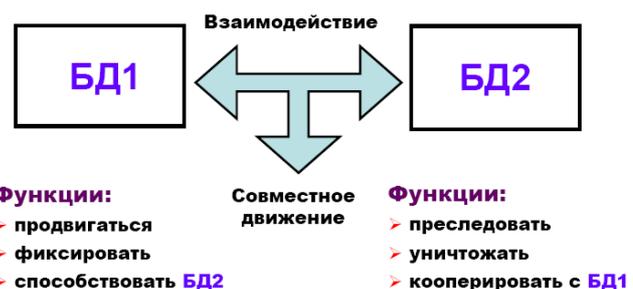


Рис. 36. Взаимодействие двух дивизионов

### 11.2. Выражение приказов на BML

Множество приказов для БД1 на языке BML для данной операции показано на рис. 37, где каждый приказ явно указывает на характер взаимодействия с приказами для БД2 (номера которых выделены зеленым цветом), номер же собственного приказа всегда является последним. Множество приказов для БД2 на BML для данной операции показано на рис. 38, где приказы также явно указывают на характер взаимодействия с приказами БД1

```

развернуть БД1 возле Рубеж1 время-конец ВРЕМЯ0
чтобы обеспечить приказ-11 приказ-10;

продвинуть БД1 от Рубеж1 до Рубеж2 время-начало ВРЕМЯ0
чтобы обеспечить приказ-12 приказ-11;

фиксировать БД1 БДП1 возле Рубеж2 время-конец ВРЕМЯ1
чтобы обеспечить приказ-33 приказ-12;

продвинуть БД1 до Рубеж3 время-начало ВРЕМЯ1
чтобы обеспечить приказ-14 приказ-13;

фиксировать БД1 БДП2 возле ЦЕЛЬ1 время-конец ВРЕМЯ2
чтобы обеспечить приказ-35 приказ-14;

продвинуть БД1 до Рубеж4 время-начало ВРЕМЯ2
чтобы обеспечить приказ-16 приказ-15;

фиксировать БД1 БДП3 возле Рубеж4 время-конец ВРЕМЯ3
чтобы обеспечить приказ-37 приказ-16;

продвинуть БД1 до Рубеж5 время-начало ВРЕМЯ3
чтобы обеспечить приказ-18 приказ-17;

фиксировать БД1 БДП4 возле ЦЕЛЬ2 время-конец ВРЕМЯ4
чтобы обеспечить приказ-39 приказ-18;

захватить БД1 ЦЕЛЬ2 возле ЦЕЛЬ2 время-конец ВРЕМЯ4
чтобы выполнить приказ-намерение1 приказ-19;

```

Рис. 37. Приказы для БД1

```

развернуть БД2 возле Рубеж1 время-конец ВРЕМЯ0
чтобы обеспечить приказ-32 приказ-30;

поддержать БД2 БД1 время-начало ВРЕМЯ0 время-конец ВРЕМЯ4
приказ-31;

преследовать БД2 БДП1 от Рубеж1 до Рубеж2 время-начало ВРЕМЯ0
время-конец ВРЕМЯ1 чтобы обеспечить приказ-12 приказ-32;

уничтожить БД2 БДП1 возле Рубеж1 время-конец ВРЕМЯ1
чтобы обеспечить приказ-13 приказ-33;

преследовать БД2 БДП2 от Рубеж2 до ЦЕЛЬ1 время-начало ВРЕМЯ1
время-конец ВРЕМЯ2 чтобы обеспечить приказ-14 приказ-34;

уничтожить БД2 БДП2 возле ЦЕЛЬ1 время-конец ВРЕМЯ2
чтобы обеспечить приказ-15 приказ-35;

преследовать БД2 БДП3 от ЦЕЛЬ1 до Рубеж4 время-начало ВРЕМЯ2
время-конец ВРЕМЯ3 чтобы обеспечить приказ-16 приказ-36;

уничтожить БД2 БДП3 возле Рубеж4 время-конец ВРЕМЯ3
чтобы обеспечить приказ-17 приказ-37;

преследовать БД2 БДП4 от Рубеж4 до ЦЕЛЬ2 время-начало ВРЕМЯ3
время-конец ВРЕМЯ4 чтобы обеспечить приказ-18 приказ-38;

уничтожить БД2 БДП4 возле ЦЕЛЬ2 время-конец ВРЕМЯ3
чтобы обеспечить приказ-19 приказ-39;

```

Рис. 38. Приказы для БД2

### 11.3. Представление того же сценария на ЯПЗ

Вся совокупность приведенных выше приказов для БД1 и БД2 на ВМЛ может быть намного проще записана в ЯПЗ (рис. 39), при этом БД1 и БД2 могут быть представлены как пилотируемыми, так и беспилотными единицами при полностью автоматическом командном управлении.

В рамках того же синтаксиса ЯПЗ можно дальше абстрагироваться при задании этого сценария, например, когда свои силы для этой задачи пока не известны, как показано на рис. 40.

```

ФИКСАТОР = БД1;
ИСТРЕБИТЕЛЬ = БД2;
пройти_синхронно (
    развернуть (Рубеж1, ВРЕМЯ0),
    продвинуть_уничтожить (Рубеж2, БДП1, ВРЕМЯ1),
    продвинуть_уничтожить (Рубеж3, ЦЕЛЬ1, БДП2, ВРЕМЯ2),
    продвинуть_уничтожить (Рубеж4, БДП3, ВРЕМЯ3),
    продвинуть_уничтожить (Рубеж5, ЦЕЛЬ2, БДП4, ВРЕМЯ4));
захватить (ЦЕЛЬ2, ВРЕМЯ4)

```

Рис. 39. Тот же сценарий на ЯПЗ

```

пройти_синхронно (
    развернуть (Рубеж1, ВРЕМЯ0),
    продвинуть_уничтожить (Рубеж2, БДП1, ВРЕМЯ1),
    продвинуть_уничтожить (Рубеж3, ЦЕЛЬ1, БДП2, ВРЕМЯ2),
    продвинуть_уничтожить (Рубеж4, БДП3, ВРЕМЯ3),
    продвинуть_уничтожить (Рубеж5, ЦЕЛЬ2, БДП4, ВРЕМЯ4));
захватить (ЦЕЛЬ2, ВРЕМЯ4)

```

Рис. 40. Обобщение: не указывая явно свои силы

Если силы противника пока не известны, следующее обобщение может иметь вид, показанный на рис. 41 (не указывая явно синхронизацию этапов в более общем контексте).

Последующие возможные обобщения показаны на рис. 42: а) перечисление последовательности рубежей без конкретного времени их прохождения; б) только намерение командования с рубежом и временем начального развертывания, а также конечной целью со временем ее достижения; в) высший уровень намерений командования – только конечная цель и время.

Выражение военных операций в интегральном пространственном формализме, обеспечиваемом ЯПЗ, позволяет радикально упростить описания миссий и существенно повысить гибкость их возможной реализации при наличии любых имеющихся и меняющихся в реальном времени человеческих или роботических ресурсов.

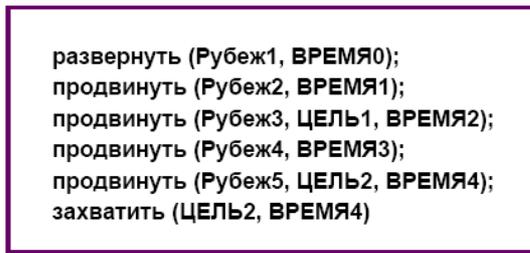


Рис. 41. Обобщение: не указывая явно силы противника и синхронизацию этапов

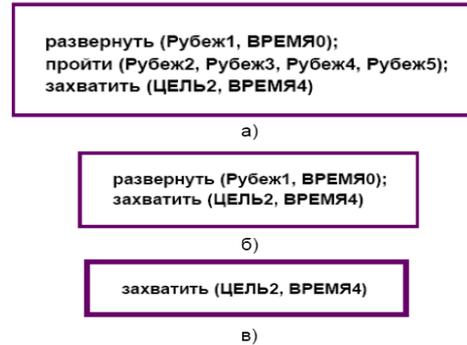


Рис. 42. Последующие обобщения

## 12. Заключение

Разработаны и опробованы новая идеология и технология высокоуровневого моделирования и управления, позволяющая создавать как автоматизированные, так и полностью автоматические распределенные системы в гражданской и военной областях, а также эффективно применять массовую роботизацию в опасных средах. Предложенный подход может быть легко переведен на любую программную или аппаратную платформу, например, помещен в качестве специального интеллектуального модуля в ноутбуки, мобильные телефоны (число которых в мире уже достигает 3 млрд), мобильные роботы и распределенные сенсоры, что позволит коллективно решать практически любые задачи, на любой территории и на любом уровне в мире.

При реализации ТПЗ интенсивно использует массовое размножение и неограниченное перемещение программного кода, позволяя высокоуровневым системным сценариям динамически покрывать распределенные пространства с помощью требуемых инструкций, глобальных и локальных данных, а также иерархического управления.

Благодаря своему вирусоподобному характеру, технология может стабильно работать при любых коммуникациях между компонентами системы, а также при непредвиденных разрушениях, регенерируя и восстанавливая интерпретируемые сценарии в реальном времени при сохранении функциональности и целевой ориентации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lessons from the Army's Future Combat Systems Program / C.G. Pernin, E. Axelband, J.A. Drezner [et al.] // RAND Arroyo Center. – 2012. – 372 p.
2. Wertheimer M. Gestalt Theory / Wertheimer M. – Erlangen, Berlin, 1925. – 281 p.
3. Sapaty P. Gestalt-Based Ideology and Technology for Spatial Control of Distributed Dynamic Systems / P. Sapaty // International Gestalt Theory Congress, 16th Scientific Convention of the GTA, (March 26–29, 2009). – Germany: University of Osnabrück, 2009. – 6 p.
4. Sapaty P. Gestalt-Based Integrity of Distributed Networked Systems / P. Sapaty // SPIE Europe Security + Defence, bcc Berliner Congress Centre. – Berlin Germany, 2009. – P. 88 – 94.
5. Sapaty P. Distributed Air & Missile Defence with Spatial Grasp Technology / P. Sapaty // International Conference Military Space, (10–11 April 2013). – London, United Kingdom, 2013. – 56 p.
6. Sapaty P. Providing Global Awareness in Distributed Dynamic Environments / P. Sapaty // International Conference ISR, (17–18 April 2013). – London: United Kingdom, 2013. – 66 p.
7. Sapaty P. Night Vision under Advanced Spatial Intelligence: A key to Battlefield Dominance / P. Sapaty // International Conference Night Vision 2013 (5–6 June 2013). – London, United Kingdom, 2013 – 44 p.
8. Sapaty P. Global Electronic Dominance with Spatial Grasp [Электронный ресурс] / P. Sapaty // International Journal of Communications, Networks and System Sciences. – 2012. – Vol. 5, N 11 (Nov 2012). – P. 66 – 87. – Режим доступа: <http://www.scirp.org/journal/ijcns>.

9. Sapaty P. Grasping Spatial Solutions in Distributed Dynamic Worlds [Електронний ресурс] / P. Sapaty // International Journal of Computers & Technology. – 2012. – Vol. 3, N 2. – P. 25 – 39. – Режим доступу: <http://ijctonline.com>.
10. Sapaty P. Distributed Air & Missile Defense with Spatial Grasp technology [Електронний ресурс] / P. Sapaty // Intelligent Control and Automation. – 2012. – Vol. 03, N 02 (May 2012). – P. 18 – 30. – Режим доступу <http://www.scirp.org/journal/ica>.
11. Sapaty P.S. Withstanding Asymmetric Situations in Distributed Dynamic Worlds, invited paper / P.S. Sapaty // Proc. 17th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 17th '12). – B-Con Plaza, Beppu, Oita, Japan, January 2012. – P. 120 – 126.
12. Sapaty P.S. Meeting the World Challenges with Advanced System Organizations / P.S. Sapaty // Informatics in Control Automation and Robotics, Lecture Notes in Electrical Engineering. – 2011. – Vol. 85, 1st Edition, Springer. – P. 55 – 69.
13. 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). – B-Con Plaza, Beppu, Oita, Japan. – 2010. – Feb. 5–7. – P. 33 – 39.
14. Сапатый П.С. Распределенная технология глобального управления / П.С. Сапатый, А.А. Морозов, В.П. Клименко // Математичні машини і системи. – 2010. – № 4. – P. 8 – 23.
15. Sapaty P. The Over-Operability Organization of Distributed Dynamic Systems for Asymmetric Operations / P. Sapaty // Proc. IMA Conf. on Mathematics in Defence, (Nov 2009). – Farnborough, UK, 2009. – 9 p.
16. 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). – B-Con Plaza, Beppu, Japan. – 2009. – Feb. 5–7. – P. 112 – 117.
17. Sapaty P. Grasping the Whole by Spatial Intelligence: A Higher Level for Distributed Avionics / P. Sapaty // Proc. Military Avionics 2008. – London, UK, 2008. – 66 p.
18. Intelligent management of distributed dynamic sensor networks / P. Sapaty, M. Sugisaka, J. Delgado-Frias [et al.] // Artificial Life and Robotics. – March 2008. – Vol. 12, N 1–2. – P. 51 – 59.
19. Sapaty P.S. Distributed Technology for Global Dominance / P.S. Sapaty // Proc. SPIE 6981, Defense Transformation and Net-Centric Systems 2008. – Raja Suresh, Ed., 6981OT, 2008. – P. 36 – 47.
20. Sapaty P. DEW in a Network Enabled Environment / P. Sapaty, A. Morozov, M. Sugisaka // Proc. of International Conf. Directed Energy Weapons (28 February – 1 March 2007). – London, 2007. – 55 p.
21. A New Concept of Flexible Organization for Distributed Robotized Systems / P. Sapaty, A. Morozov, R. Finkelstein [et al.] // Proc. of 12th International Symposium on Artificial Life and Robotics, (25–27 January 2007). – Beppu, 2007. – P. 56 – 62.
22. Advanced IT Support of Crisis Relief Missions / P. Sapaty, M. Sugisaka, R. Finkelstein [et al.] // Journal of Emergency Management. – 2006. – Vol. 4, N 4. – P. 29 – 36.
23. Sapaty P.S. Ruling Distributed Dynamic Worlds / Sapaty P.S. – New York: John Wiley & Sons, 2005.
24. Sapaty P. Dynamic Air Traffic Management Using Distributed Brain Concept / P. Sapaty, V. Klimenko, M. Sugisaka // Proc. Ninth International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 9<sup>th</sup>). – Beppu, Japan, January, 2004. – P. 16 – 22.
25. Sapaty P. Optimized Space Search by Distributed Robotic Teams / P. Sapaty, M. Sugisaka // Proc. World Symposium Unmanned Systems 2003, (Jul. 15–17, 2003). – Baltimore Convention Center, USA, 2003. – P. 42 – 49.
26. Sapaty P.S. Over-Operability in Distributed Simulation and Control / P.S. Sapaty // The MSIAC's M&S Journal Online. – Alexandria, VA, USA, 2002. – Winter Is., Vol. 4, N 2. – 8 p.
27. Sapaty P.S. Mobile Processing in Distributed and Open Environments / Sapaty P.S. – New York: John Wiley & Sons, 1999. – 460 p.
28. Sapaty P.S. Mobile Intelligence in Distributed Simulations / P.S. Sapaty, M.J. Corbin, S. Seidensticker // Proc. 14th Workshop on Standards for the Interoperability of Distributed Simulations, (March 1995). – IST UCF, Orlando, FL, 1995. – P. 38 – 45.
29. System European Patent N 0389655. A Distributed Processing / Sapaty P. // European Patent Office; Publ. 10.11.93.

*Стаття надійшла до редакції 28.04.2013*