

Карпов В.Э.

Многоагентные системы

Многоагентные системы и “распределенный искусственный” интеллект

Многоагентная система — это система, образованная несколькими взаимодействующими интеллектуальными агентами.

МАС используются для задач, решения которых сложно получить с помощью одного агента или монолитной системы.

МАС – это прежде всего парадигма решения задач.

Характеристики агентов в МАС:

- **Автономность.**
- **Ограниченность представления.**
- **Децентрализация.**

Программные агенты и роботы.



Распределенный ИИ. Эта область ИИ занимается самыми общими аспектами коллективного поведения агентов. Основу РИИ составляют результаты, полученные в теории распределенных систем, теории принятия решений и даже теории МАС.

Основные же проблемы остаются **нерешенными**: неясно, как эффективно разбивать задачу на подзадачи и распределять их между агентами, неясно, как будут синтезироваться результаты и согласовываться решения т.п.

РИИ – это пока лишь "декларация о намерениях".

Агент

- А - некоторая абстрактная, программная сущность.
- П. Маес: автономные А - "вычислительные системы, которые населяют некоторую сложную динамическую среду, ощущают и действуют автономно в этой окружающей среде, реализуя множество своих целей и задач, для которых они разработаны".
- С. Рассел и П. Норвиг: А - некоторая сущность, воспринимающая среду с помощью своих датчиков и воздействующая на эту среду своими эффекторами. При этом разделяются агенты-роботы и программные агенты.
- Марвин Минский, 1986 г.: А – это любая совокупность элементов, которая, как предполагается, способна действовать как единое целое, вне зависимости от функций ее элементов.

Основы МАС

Теория игр. Многие ситуации, возникающие в МАС, имеют аналоги в теории игр. Речь идет прежде всего о кооперативных играх, о формировании различных стратегий переговоров, игры в размещения и др.



Теория общих намерений (ТОН). Основные понятия:

- события – связаны с конкретным агентом или объектом внешнего мира;
 - убеждения – утверждения, в истинности которых агент убежден в текущий момент времени;
 - цели – некоторые состояния агента, которые он стремится достичь;
 - взаимные убеждения – складываются из убеждений группы агентов.
- Для описания поведения команды агентов используются как индивидуальные, так и общие *обязательства и соглашения*.
 - Для коллективной работы между общими и индивидуальными намерениями агента должна существовать тесная связь.



Слабость ТОН: не конкретизируются алгоритмические средства планирования командной работы и не определяются средства для динамического пересмотра плана и обновления его оставшейся части.

Теория предлагает только общие принципы организации командной работы, что позволяет лишь построить протокол взаимодействия членов команды – т.н. *протокол общих намерений*.

Основные проблемы МАС

- Агент не в состоянии выполнить назначенное действие (исчер ресурс, действие не может быть выполнено в новых условиях изменившейся среды и др.), но **переназначение** действия другому агенту в ТОП не предусмотрено.
- Требуемое действие может оказаться невыполнимым для агентов, и тогда нужно выбирать **новый план** достижения цели (в ТОН это "цель недостижима").
- Возникновение непредвиденной ситуации при исполнении действия (например, агент сообщил, что он начал исполнение действия, однако в ожидаемый момент **не появилось свидетельств**, что действие закончено).
- Коллективная обработка **непредвиденных** ситуаций и возможность изменения сценариев вообще не рассматривается в известных работах.
- Известные методы не рассчитаны на специфику командной работы агентов в условиях **противодействия**.



-
- Основные трудности создания коллективных систем, согласованно решающих общие задачи, носят прежде всего **языковой характер**.

Примеры систем

Городецкий В.И. Коллективное поведение автономных агентов (с приложением к командной работе автономных подводных роботов) // СПИИ РАН, 2010
<http://space.iias.spb.su/share/Gorodetsky-teamwork.pdf>

Командная работа подводных роботов при охране припортовой зоны.

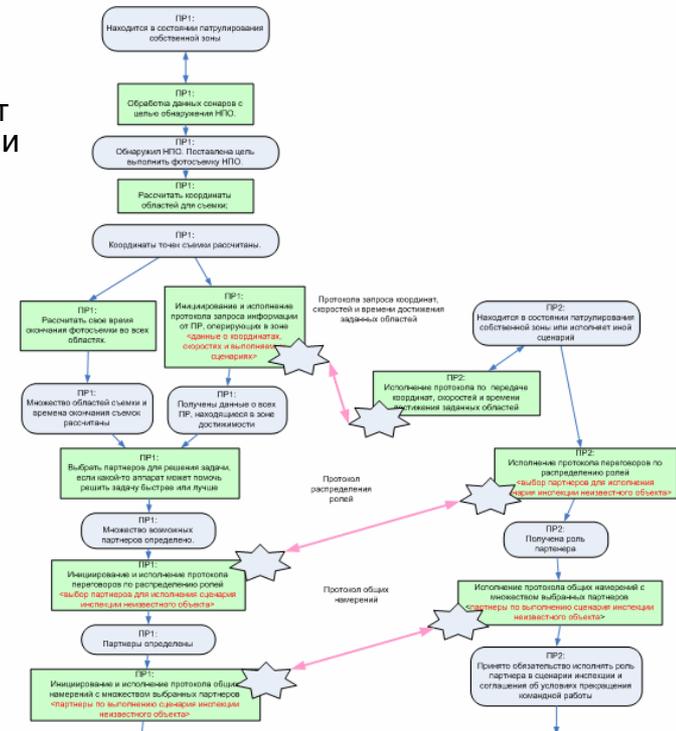
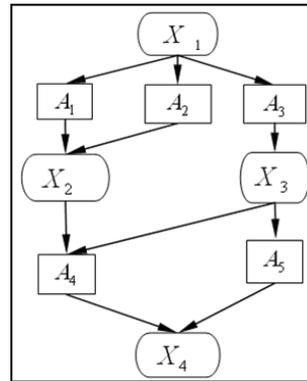
- Подводное пространство припортовой зоны патрулируется несколькими автономными подводными роботами (АПР). Каждому из них назначена траектория патрулирования. АПР могут связываться между собой, а также с центром управления.
- Каждый АПР имеет средства обнаружения подводных объектов и средства их активного зондирования с целью идентификации типа (мина, пловец, безопасный объект и др.). Если АПР обнаруживает неизвестный объект, то он формирует команду (используя протокол общих намерений) для его совместного исследования. АПР принимают на себя обязательства и соглашения, а также договариваются о зонах и ракурсах съемки объекта. Затем в течение какого-то времени АПР команды автономно решают задачи, принимают локальные решения и пересылают их АПР-инициатору.



Сценарные БЗ.

Специальный язык описания процессов. Каждое сложное действие представляется синтаксической структурой сценарной БЗ.

Пример синтаксической модели сценарной БЗ. Множество возможных вариантов для достижения цели X_4 из начального состояния X_1 .

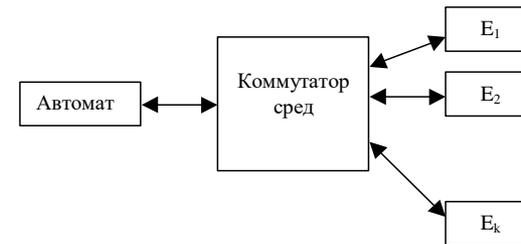
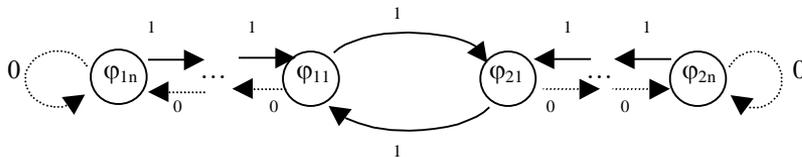


Фрагмент сценарной БЗ для командной работы АПР (сценарий "Идентификация объекта").

I. Формальные модели коллективного поведения

Автоматные модели

- В 60-е гг. 20 века сформировалась школа, изучающая различные модели поведения на основе конечных автоматов.
- Основной тезис: **любое достаточно сложное поведение складывается из совокупности простых поведенческих актов.**
- Работы М.Л. Цетлина, В.И. Варшавского, В.Л. Стефанюка, Д.А. Пospelова и др.
- Исследуя разнообразные формы поведения (от условно-рефлекторного и до коллективного поведения), был создан теоретический фундамент для описания коллективного взаимодействия объектов самой разной природы.
- В рамках КПА рассматривались задачи распределения ресурсов между участниками, особенности организации однородных коллективов, поведение неоднородных структур (вводился ранг рефлексии участников) и т.п., решались задачи синхронизации взаимодействия членов коллектива (автоматов).
- На базе подобных моделей был создан фундамент сотовой связи (задача о коллективе радиостанций, Стефанюк В.Л.). Эти модели и методы стали основой для построения многих децентрализованных коллективных систем, моделей индивидуального и коллективного поведения.
- Теория КПА до сих пор является одной из очень немногих строгих, формальных моделей подобного рода систем.

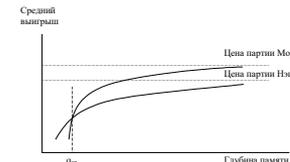
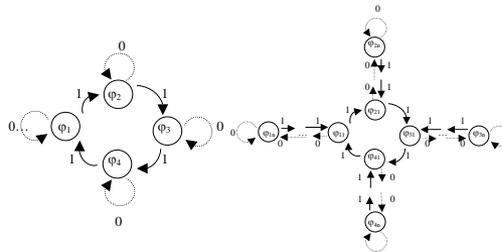
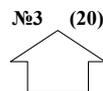
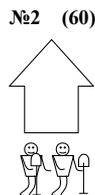
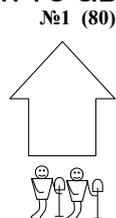
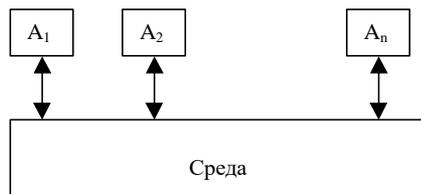


Коллективное поведение автоматов (КПА)

- Однородные структуры.
- Оценке подлежит совокупное воздействие всего коллектива автоматов

$$D=(d_{i1}^1, d_{i2}^2, \dots, d_{ik}^k),$$

где d_{ik}^m – k -е действие m -го автомата.



Задача 1. N мест и M претендентов, N>M

Пусть $N=3$, $a_1 = 80$, $a_2 = 60$, $a_3 = 20$.
 $M=4$.

В отсутствии информации о значениях a_i и динамике размещения по местам работы можно добиться такого положения, при котором каждый индивид **максимизирует свой выигрыш** (система выйдет на точку Мора).

Задача 2. Игра с общей кассой

Необходимо максимизировать суммарную зарплату, получаемую всем коллективом (схема с общей кассой).

$$\sum a_i = 80 + 60 + 20 = 160, \quad x_{\text{срmax}} = \sum a_i / M = 160 / 4 = 40$$

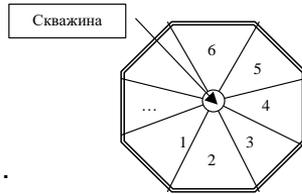
Если окажется, что $x_{\text{ср}} < x_{\text{срmax}}$, то будем наказывать тех игроков, чей выигрыш оказался меньше $x_{\text{ср}}$.

При показанном выше распределении $x_{\text{ср}} = (40 + 40 + 35 + 35) / 4 = 35$. Будут наказаны игроки, зарабатывающие по 30 рублей. В этом случае кто-нибудь из них поменяет место работы. Наказания прекратятся тогда, когда двое будут работать на предприятии №1, один – на предприятии №2 и один – на предприятии №3.

РАНГ РЕФЛЕКСИИ (РР)

- Индивид имеет нулевой ранг рефлексии, если при выборе своего действия он никак не учитывает наличия других участников коллектива. Выбор действия при нулевом ранге рефлексии определяется только той информацией, которая поступает на вход решающего устройства из внешней среды.
- Индивид имеет первый ранг рефлексии, если он считает, что остальные участники имеют нулевой ранг рефлексии и сам он может выбирать действия за них.

Задача о поливе садовых участков



- Скважина.
- Кольцевой коллектор.
- Экономия электроэнергии.

Решение

- Кольцо из N автоматов. Каждый из них может находиться в одном из двух состояний – 0 и 1.
- Плохо, когда: 1) не экономится электроэнергия; 2) когда все засыхает.

Состояние			Вероятность наказания
Левый сосед	Собственное	Правый сосед	
0	0	0	1
0	0	1	0.5
0	1	0	0
0	1	1	0.5
1	0	0	0.5
1	0	1	0
1	1	0	0.5
1	1	1	1

Левые соседи		Основной автомат		Правые соседи		
...	1	0	1	1	0	...

Автомату с первым РР лучше сохранить свое текущее состояние.

Автомату с первым РР необходимо знать не только соседей, но и соседей соседей. Автомату со вторым РР – аналогично. Чем выше РР, тем о большем количестве соседей необходимо иметь информацию.

ЗАДАЧА МАЙХИЛЛА (ЗАДАЧА О ЦЕПИ СТРЕЛКОВ)

Существуют ли правила поведения стрелков, обеспечивающих синхронизацию, если количество слов, которыми могут обмениваться стрелки и объем внутренней памяти каждого из них ограничены и не зависят от длины цепи.

Минимально возможное время решения составляет $2N-2$ тактов (N -количество стрелков).

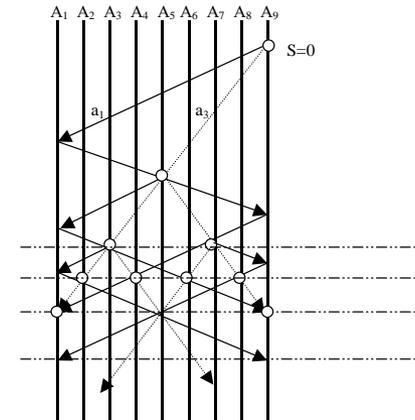
Э.Гото, 1962. Конечный автомат с несколькими тысячами состояний.

В.И.Левенштейн, 1965. 9 внутренних состояний.



Диаграмма распространения сигналов

- В точках пересечения сигналов a_1 и a_3 автомат переходит в состояние S_1 и сам начинает генерировать сигналы a_1 и a_3 . Переход в синхронизирующее состояние S осуществляется тогда, когда и сам автомат и оба его соседа находятся в состоянии S_1 .



МАС. Резюме

Применительно к задаче коллективного управления роботами:

- Теория МАС – это прежде всего некая **общая парадигма**, технология решения задачи. В этом смысле теория МАС претендует на некоторую общность, комплексность.
- Основной упор делается на описание **сценариев** взаимодействия роботов как агентов.
- Подразумевается, что участниками коллектива являются **интеллектуальные**, сложные роботы.

