

*Дюндюков Владислав Сергеевич*

*Московский государственный технический университет  
им. Н.Э. Баумана, кафедра «Компьютерные системы  
автоматизации производства»,  
студент группы РК9-92  
E-mail: Vsd89@yandex.ru*

**РЕСУРСНО-ЦЕЛЕВЫЕ ГРАФЫ В  
МОДЕЛИРОВАНИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ  
ИСКУССТВЕННЫХ АГЕНТОВ**

## ПРЕДЫСТОРИЯ

1. Потоки в сетях (алгоритм Форда-Фалкерсона)
2. Метод и программная среда РДО (ресурсы-действия-операции) В.В. Емельянова и С.И. Ясиновского
3. Ресурсные графы О.П. Кузнецова
4. Теория агентов и МАС: представление агентов в координатах «цели-ресурсы-восприятие-действия» (Тарасов, Вулдридж, Дженнингс и др.)
5. Ресурсно-целевые графы

## ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АГЕНТОВ В МАС

- 1) Совместимость целей или намерений агентов;
- 2) Отношение агентов к ресурсам и величина имеющихся у них ресурсов, потребность в дополнительных ресурсах и совместном использовании ресурсов;
- 3) Опыт агентов, связанный с некоторой проблемной областью;
- 4) Обязательства агентов друг перед другом.

В работе главное внимание уделяется исследованию и моделированию взаимосвязей между типами агентов, характером формируемых или принимаемых ими целей и ситуациями обмена (совместного использования) ресурсов.



## РЕСУРСЫ В МНОГОАГЕНТНЫХ СИСТЕМАХ

Под ресурсами понимаются любые средства, полезные для достижения цели агента или МАС. Величина имеющегося у агента ресурса тесно связана с такими характеристиками как роль агента и взаимосвязи между ролями. Создание и функционирование МАС предполагает построение семейства процедур распределения, перераспределения и коллективного использования ресурсов отдельных агентов.

Наиболее удобными и наглядными методами описания структур МАС являются графы, в частности взвешенные графы, с помощью которых можно легко показать ряд важных параметров агентов (ресурс, способность к обмену ресурсами и формированию коллективных целей и т.д.)

## МАС КАК ПОЛИСТРУКТУРНАЯ СИСТЕМА

Любая МАС является **полиструктурной** и представляет собой единство **экстенсивных** структур, преимущественно развертывающихся в пространстве и **интенсивных** структур, развивающихся во времени. Например, при построении структур в виде графов и мультиграфов развертыванию экстенсивных структур соответствует добавление новых вершин в исходный граф, а развитию интенсивных структур – добавление новых дуг.

Соответственно, выделяются две основные характеристики ресурса: а) «объем ресурса» – его мера в пространстве (например, объем перерабатываемой информации, объем памяти компьютера); б) «действие ресурса» - его мера во времени.



## ВИДЫ РЕСУРСОВ

Для МАС можно выделить следующие виды ресурсов:

1) **Материальные ресурсы (ограниченные)**, для которых в МАС действует закон сохранения суммарного ресурса.

2) **Информационные ресурсы (бесконечные)**, для которых справедливо свойство супераддитивности: ресурсы агентов в процессе обмена только увеличиваются. Поэтому суммарный ресурс МАС будет больше суммы ресурсов отдельных агентов.

Для моделирования обмена ресурсами в МАС служат ресурсные графы, предложенные О.П. Кузнецовым.

## РЕСУРСНЫЙ ГРАФ В МАС

Под **ресурсным графом** для МАС будем понимать взвешенный ориентированный граф

$$G = \langle A, C, RES, W \rangle,$$

где  $A$  – множество вершин (агентов),  $C$  – множество дуг (связей между агентами),  $RES$  – множество ресурсов МАС, причем каждый агент  $a_i \in A$  имеет определенный ресурс  $res(a) \in RES$ ,  $W$  – множество проводимостей дуг  $c$  в МАС. Каждой дуге  $c_{ij} \in C$  приписывается неотрицательное число  $w_{ij} \in W$ , называемое проводимостью дуги.

Расширение формализма ресурсных графов связано с введением ресурсно-целевых графов, в которых вершины характеризуются типом и объемом ресурса, а дуги – двумя видами проводимости (по целям и по ресурсам).



# РЕСУРСНО-ЦЕЛЕВОЙ ГРАФ В МАС

Ресурсно-целевым графом называется взвешенный ориентированный мультиграф

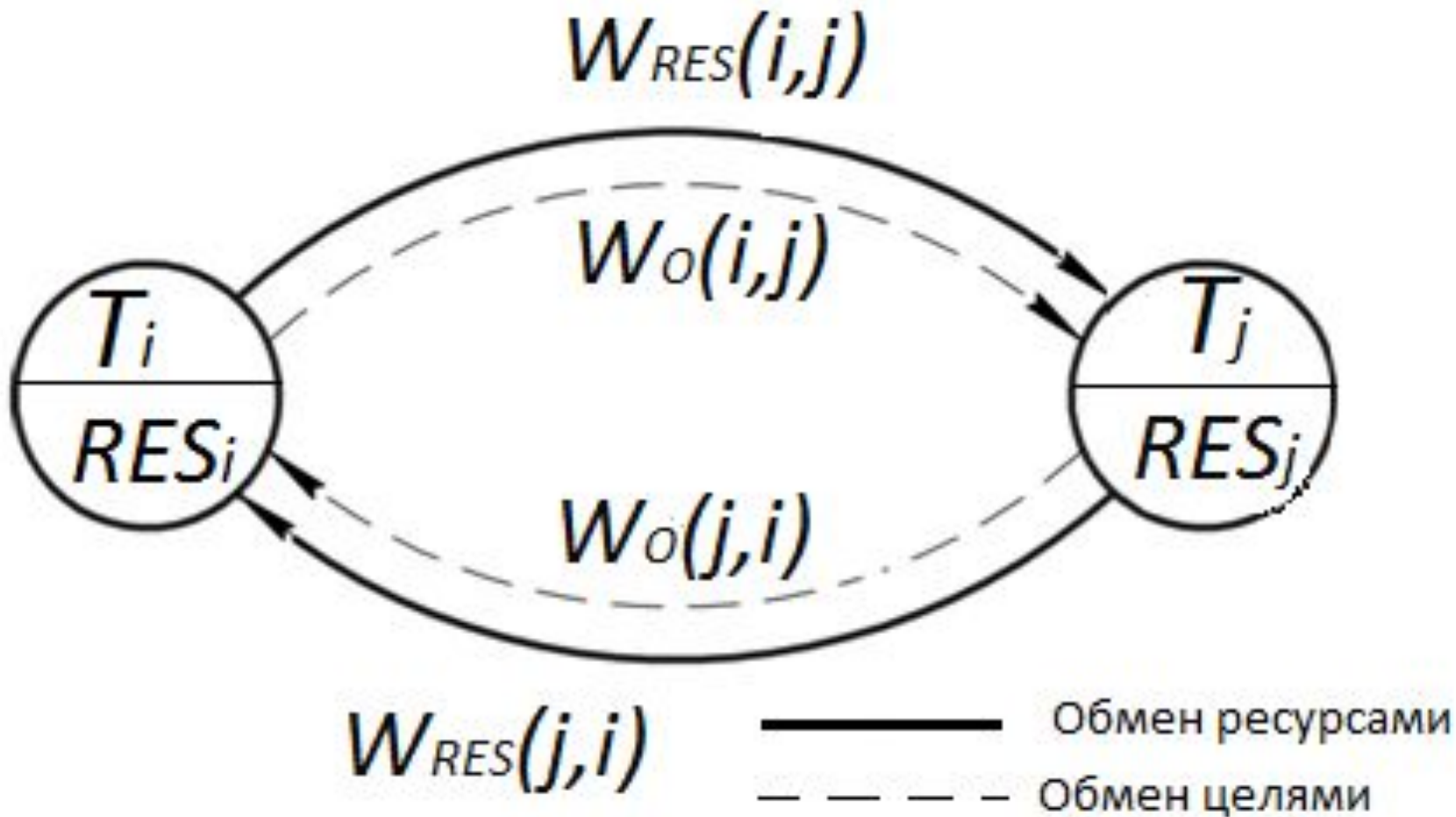
$$G = \langle A, C, K, O, RES, W, T \rangle,$$

где множество вершин ассоциируется с множеством агентов  $A$ , множество дуг  $C$  разбивается на два непересекающихся подмножества: множество целевых связей  $C_O$  и множество ресурсных связей  $C_{RES}$ :  $C = C_O \cup C_{RES}$ ,  $C_O \cap C_{RES} = \emptyset$ , а  $T$  – множество дискретных моментов времени,  $t = 0, 1, 2, \dots, n$ .

Каждая вершина  $a \in A$  определяется следующими параметрами: тип агента  $k \in K$ , его цель  $o(a) \in O$  и объем ресурса  $res(a) \in RES$ , а каждая дуга – проводимостью или пропускной способностью  $w$  дуги  $c \in C$ . У любых двух агентов  $a_i, a_j$  выделяются проводимости по целям  $w_O(a_i, a_j)$  и проводимости по ресурсам  $w_{RES}(a_i, a_j)$ .



# ОСНОВЫ РЕСУРСНО-ЦЕЛЕВЫХ ГРАФОВ



## ТИПЫ АГЕНТОВ В РЕСУРСНО-ЦЕЛЕВОМ ГРАФЕ

В ресурсно-целевом графе можно выделить типы вершин на основе предварительной классификации агентов по двум критериям (благонамеренные, эгоистичные, альтруистичные и т.д.), предложенной В.Б.Тарасовым.

**Благонамеренный агент  $a_b$**  – это агент, имеющий свои цели (интересы) и способный формировать коллективные цели. Он участвует в обмене ресурсами, если такая операция выгодна ему и другим агентам и не содержит злого умысла.

**Эгоистичный агент  $a_e$**  стремится к достижению исключительно своих целей, игнорирует цели других агентов и неспособен к формированию общих (коллективных) целей. Он участвует в обмене ресурсами тогда и только тогда, когда этот обмен ему необходим и выгоден.

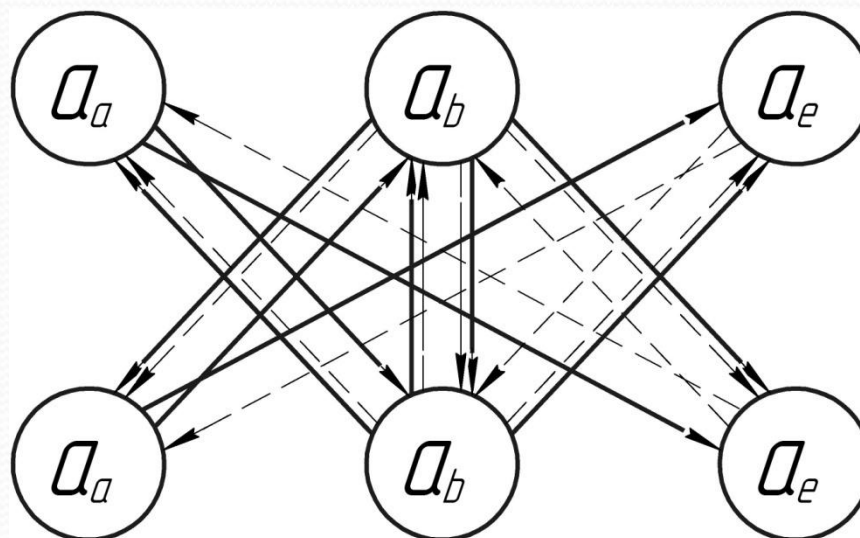
**Альтруистичный агент  $a_a$**  – это агент, неспособный к формированию собственных целей и принимающий чужую цель как общую. Он всегда участвует в обмене ресурсами, даже если обмен будет неравнозначным, и он от него проиграет.



**ВЫДЕЛЕНИЕ ТИПОВ АГЕНТОВ ПО ДВУМ  
КРИТЕРИЯМ: ОТНОШЕНИЕ К СЕБЕ  
(ГОТОВНОСТЬ НАКАПЛИВАТЬ СВОИ РЕСУРСЫ) И  
ОТНОШЕНИЕ К ДРУГИМ (ГОТОВНОСТЬ  
ФОРМИРОВАТЬ ОБЩИЕ РЕСУРСЫ)**

<b>Тип агента</b>	<b>Отношение к себе</b>	<b>Отношение к другим</b>
Благонамеренный	+1	+1
Эгоистичный	+1	-1
Альтруистичный	-1	+1
Камикадзе	-1	-1

## ОБЩАЯ СХЕМА ВОЗМОЖНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МЕЖДУ АГЕНТАМИ

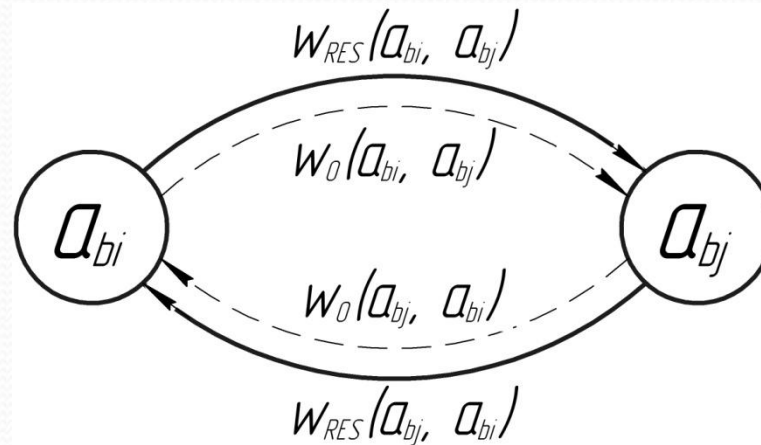


Запрещенными являются взаимодействия между двумя эгоистичными и двумя альтруистичными агентами, поскольку при таком взаимодействии не может быть образована МАС.



# ПРИМЕРЫ РЕСУРСНО-ЦЕЛЕВЫХ ГРАФОВ

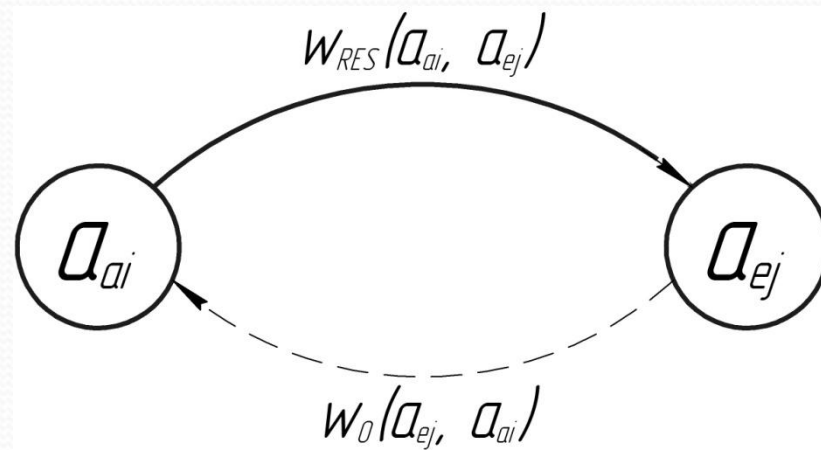
1) **Благонамеренный агент с благонамеренным.** В данной ситуации происходит равноправный обмен информацией целевого характера, в результате которого формируется общая цель, а также обмен ресурсами.



МАС, состоящая из подобных агентов, представляется наиболее эффективной для реализации стратегии децентрализованного искусственного интеллекта, когда формируется структура типа полный граф.

## ПРИМЕРЫ РЕСУРСНО-ЦЕЛЕВЫХ ГРАФОВ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

2) Эгоистичный агент с альтруистичным. При взаимодействии эгоистичный агент навязывает альтруистичному свою цель и использует для ее достижения чужие ресурсы. Фактически происходит перекачка ресурсов от  $a_a$  к  $a_e$ , которая может завершиться гибелью  $a_a$ , если объем ресурса  $res(a_a(t)) < res_{min}$ , т.е. данная МАС будет неустойчивой





# ПРИМЕРЫ РЕСУРСНО-ЦЕЛЕВЫХ ГРАФОВ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

3) **Благонамеренный агент с эгоистичным.** В данной ситуации возникает иллюзия обмена ресурсами между агентами. Эгоистичному агенту нужны ресурсы, но в ответ он старается ничего не делать. Благонамеренный агент будет избегать такого взаимодействия и участвовать в нем только в критических для себя случаях.

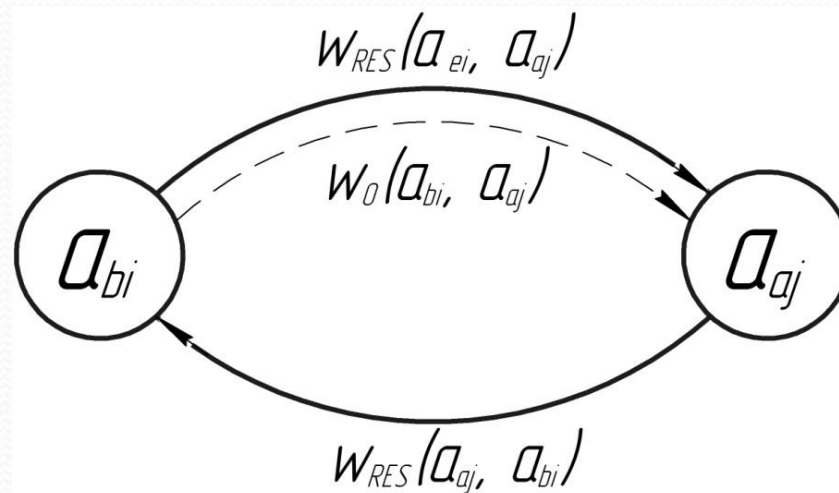


При этом взаимодействие происходит, если  $res(a_b(t))$  близок к  $res_{min}$  (наличие «инстинкта самосохранения» у  $a_b$ ).

## ПРИМЕРЫ РЕСУРСНО-ЦЕЛЕВЫХ ГРАФОВ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

### 4) Благонамеренный агент с альтруистичным.

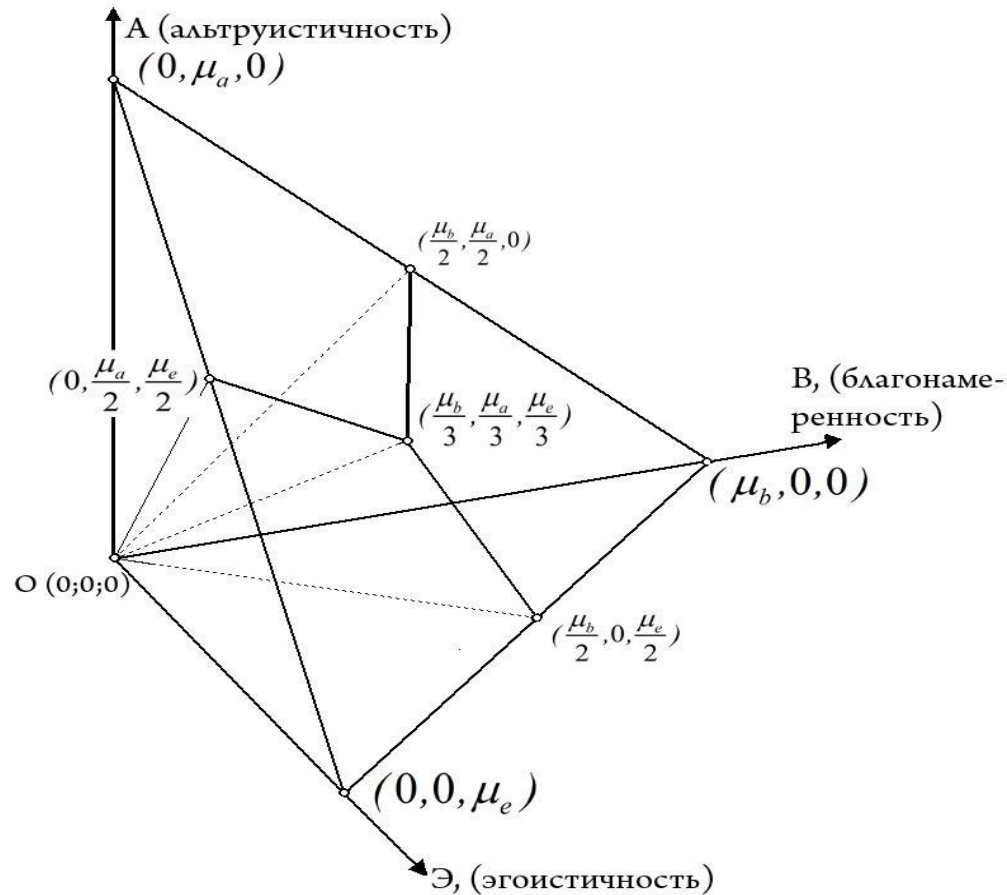
Происходит эффективный обмен ресурсами, причем  $a_a$  разделяет цели  $a_b$ . В силу своей благонамеренности  $a_b$  не допускает ситуации истощения ресурсов у  $a_a$ , поэтому МАС, включающая такое сочетание агентов, достаточно устойчива.





# ВОЗМОЖНЫЕ ТИПЫ АГЕНТОВ В МАС

В общем случае будем полагать, что каждый реальный агент сочетает в себе черты агентов трех типов, т.е. будем описывать его тройкой чисел  $\{\mu_b, \mu_e, \mu_a\}$ .



## ВЛИЯНИЕ АГЕНТА В РЕСУРСНО-ЦЕЛЕВОМ ГРАФЕ

Влияние агента  $a$  в МАС определяется собственным ресурсом, числом связей с другими агентами (т.е. числом выходящих из вершины  $a$  дуг), а также суммарными значениями выходных проводимостей по целям  $w_o$  и ресурсам  $w_{RES}$ . Формально влияние агента  $a$  в момент времени  $t$  определяется имеющимся у него объемом ресурса  $res(a(t))$ , мощностью множества выходных целевых связей  $C_o^{out}(t)$  и выходных ресурсных связей  $C_{RES}^{out}(t)$ , а также соответствующими величинами суммарной проводимости  $W_o^{out}(t)$  и  $W_{RES}^{out}(t)$ . Определяющим критерием влияния агента в МАС является его отношение к ресурсу.



## УСЛОВИЯ ПОВЕДЕНИЯ АГЕНТОВ В МАС

В процессе обмена объем ресурса агента меняется. При уменьшении ресурса агента степень его влияния на МАС уменьшается. В предельном случае агент может поменять свой тип, например, превратиться из благонамеренного в альтруистичного. Напротив, при значительном увеличении своего влияния благонамеренный агент может стать эгоистичным. Отсюда можно выделить **необходимые условия поведения агентов в МАС:**

- 1)  $Res(a_i(t)) > Res_{min}$  - условие индивидуального выживания агента;
- 2)  $Res(a_i(t)) \leq Res_{max}$  - условие социального поведения агента.

# АССОЦИАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ АГЕНТОВ В МАС

Если объем ресурса агента

$$Res(a_i(t)) \geq Res_{max},$$

(ситуация бесконтрольного возрастания его влияния), то это может привести к асоциальному поведению в МАС. Здесь предельным состоянием МАС будет являться ее распад, так как эгоистичный агент не сможет участвовать в обмене ресурсов из-за отсутствия участников обмена.

.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложен вариант применения аппарата ресурсных графов к моделированию процессов взаимодействия агентов и формирования МАС.
2. Введено понятие ресурсно-целевого графа как расширения ресурсных графов.
3. Предварительно проанализированы различные типы агентов и рассмотрены особенности обмена ресурсами между ними.
4. Предложены показатели влияния агентов.
5. Рассмотрены необходимые условия выживания и эффективности агентов для различных условий среды.