

УДК 004.896 + 519.81
ББК 32.813 + 32.817

ВЫБОР ИСПОЛНИТЕЛЯ В ГРУППЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АГЕНТОВ

Легович Ю. С.¹, Максимов Д. Ю.²

(ФГБУН Институт проблем управления РАН, Москва)

Предлагается формальный способ представления желаний и намерений интеллектуального агента и выбора исполнителя в группе таких агентов при возникновении новой цели на основе использования понятия решетки. Метод демонстрируется на примере управления группой беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: решетка целей, интеллектуальные агенты, группа роботов, беспилотные летательные аппараты, самоорганизующиеся системы, выбор решения.

1. Введение

В парадигме агентно-ориентированных систем используется понятие «интеллектуального агента» для представления и описания поведения активных объектов в изменяющихся внешних средах (адаптивные, самоорганизующиеся, сетцентрические системы). Такие агенты способны оценивать ситуацию, взаимодействовать с другими агентами, принимать самостоятельные решения в группе интеллектуальных агентов [1]. Задачи, которые стоят перед интеллектуальным агентом, жестко не фиксированы и могут меняться в зависимости от ситуации. В случае, когда группа состоит из агентов разного типа, могут

¹ Юрий Сергеевич Легович, кандидат технических наук, заведующий лабораторией (legov@ipu.ru).

² Дмитрий Юрьевич Максимов, научный сотрудник. (Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, тел. (495) 334-87-21, jhanjaa@ipu.ru).

меняться не только задачи, которые выполняет агент, но и его статус, т.е. принадлежность к тому или иному типу. Вопросы изменения статуса агента можно рассматривать как проблемы реконфигурирования групповой иерархии по *одному* заданному критерию [7–11]. В данной работе рассматривается вопрос об изменении задачи интеллектуального агента, принадлежащего группе однотипных агентов, в случае, когда намерения разных агентов этой группы ранжируются в соответствии с *разными* критериями. Для того чтобы сравнивать предпочтения, характеризующиеся разными критериями и решать поставленную задачу предлагается использовать понятия теории решеток [2].

Для групп интеллектуальных агентов одной из наиболее популярных в настоящее время является BDI-парадигма (*belief-desire-intention* [21]) в делиберативных архитектурах [15]. Делиберативную архитектуру определяют как архитектуру агентов, содержащих точную символическую модель мира и принимающих решения на основе логического вывода [3] средствами модальной и темпоральной логик. В BDI-парадигме состояния агентов описываются на основании их убеждений, желаний и намерений. Множество поставленных задач, целей называется *желаниями* агента. Но не все желания могут быть осуществлены в реальной ситуации. Те желания, которые в данный момент агенту представляются осуществимыми, называются его текущими *намерениями*. Представления об осуществимости возникают на основе *убеждений* – информации о складывающейся обстановке у самого агента и поступающей от других агентов. Командная работа агентов организуется на основе теории общих намерений [4, 18] и теории общих планов [20]. В делиберативных моделях и архитектурах есть возможность использования формальных методов для представления знаний в символической форме, но формализация ментальных свойств агентов и процессов рассуждения представляют трудности в технической реализации.

Поиски способов разрешения этих трудностей привели к появлению реактивных архитектур, которые используют идеи бихевиористического подхода к интеллекту: интеллектуальное поведение может иметь место без явного символического пред-

ставления знаний, без явного логического вывода и может являться эмерджентным свойством сложных систем [17]. Вместо моделирования мира и планирования реактивные агенты имеют набор поведенческих схем, которые работают в среде по принципу «стимул – реакция». Тем не менее, в этой архитектуре может быть определена структура модели агента, включающая в себя модель среды, цели агента, стратегии агента и пр. [15]. Обычно предполагают, что агенты рациональны, т.е. ведут себя максимизируя некоторую функцию полезности [5]. Это также и так называемые методы рыночной экономики [13, 19, 22, 23]. Агенты в группе взаимодействуют на основе максимизации каждым агентом своего стоимостного вклада и минимизации расходов. Это достигается тем, что агенты по заданной стратегии формируют списки целевых задач, каждая из которых определенным образом оценивается. Из этого списка каждый агент выбирает для себя наиболее выгодную задачу, а остальные выставляет на аукцион для продажи другим агентам. Функция стоимости определяется расходами ресурсов. Могут учитываться различные ресурсы: временные, энергетические, связи, вычислительные и т.д. Функция дохода определяется степенью выполнения поставленных целей.

При организации командной работы также используют модели социального поведения (краткий обзор см. в [6]).

На основании обзора видно, что в делиберативных архитектурах возникают сложности с построением и реализацией логических конструкций при организации командной работы, в частности, при динамическом назначении задач агентам. Поэтому для таких архитектур желательно иметь простой внелогический способ назначения задач. В реактивных архитектурах эта проблема решается проще, чем в делиберативных, но при формировании списков целевых задач агенты используют одну общую для всех стратегию. Однако критерии, по которым агенты формируют свои цели, могут различаться у разных агентов и, кроме того, меняться во времени. Поэтому желательно иметь способ сравнения целевых задач, которые оценены по разным критериям.

Целью работы является разработка метода назначения исполнителя новой задачи в группе агентов, в которой в текущий момент времени каждый агент выполняет свою текущую задачу в условиях, когда перед группой возникает новая задача, которую необходимо выполнить. Причем метод должен быть простым, нелогическим и быть применимым в условиях, когда списки целевых задач формируются каждым агентом по своему критерию.

Таким образом, в этой работе предлагается способ оценивания и, соответственно, назначения целевых задач, который применим и в делиберативных, и в реактивных архитектурах. Этот способ описан в терминах BDI-парадигмы, но эта же конструкция может быть применена и для множества целей агента в реактивной архитектуре.

2. Метод оценивания намерений

Для представления намерений агента мы используем понятие полной решетки. *Полная решетка* – это решетка, т.е. частично-упорядоченное множество, имеющее для любых двух элементов их объединение $x \cup y$ и пересечение $x \cap y$, в которой есть наибольший «1» (или \top) и наименьший «0» (или \perp) элементы. В свою очередь, *частично-упорядоченное* множество – это множество, на котором определено бинарное отношение $x \leq y$, удовлетворяющее для всех x, y, z следующим условиям:

1. $x \leq x$ (рефлексивность).
2. если $x \leq y$ и $y \leq x$, то $x = y$ (антисимметричность).
3. если $x \leq y$ и $y \leq z$, то $x \leq z$ (транзитивность).

Это означает, что, в отличие от линейно-упорядоченного множества, не все элементы сравнимы между собой. На диаграмме решетки (например, как на рис. 1) чем больше элемент (т.е. вершина, узел диаграммы решетки), тем выше он расположен, и сравнимые между собой элементы лежат на одном пути из 0 в 1. Объединение элементов на диаграмме – ближайший наибольший элемент для обоих, пересечение – ближайший наименьший элемент для обоих. Заметим, что любая конечная решетка является полной [2]. В дистрибутивных решетках выполняются тожде-

ства дистрибутивности относительно операций объединения и пересечения.

Образующими решетки называются те элементы, из которых путем применения операций объединения и пересечения получаются все остальные элементы. Образующие решетки мы всегда будем обозначать строчными греческими буквами α , β , δ и т.д. Объединения образующих обозначаются как U , например, объединение α и β обозначаются как $U_{\alpha\beta}$. Объединения типа β , δ и α^2 обозначаются как $U_{\beta\delta}(\alpha^2)$.

Предположим, что задачи, которые агент хотел бы выполнить, не имеют общих подзадач, т.е. не имеют пересечений. Тогда эти желания α , β , γ и т.д. интеллектуального агента можно представить в виде образующих дистрибутивной решетки. Кроме образующих в такую решетку входят их всевозможные объединения, которые лежат тем выше на диаграмме решетки, чем больше элементов входит в объединение. Различные объединения желаний можно трактовать как различные возможные намерения агента, как те желания, которые агент может осуществить в зависимости от ситуации. Таким образом, образующие решетки задач агента являются его желаниями, а объединения образующих являются всевозможными его намерениями. И способ выбора намерения, и критерии выбора у разных агентов являются внешними к теме статьи и в ней не рассматриваются. Положим, что перед группой таких агентов возникла новая задача δ . Эта задача добавляется в образующие решеток всех агентов группы как новое желание. Тогда такая решетка имеет вид как на рис. 1 (решетка с исходными образующими α , β , γ и новой образующей δ для некоторого определенного агента-1)

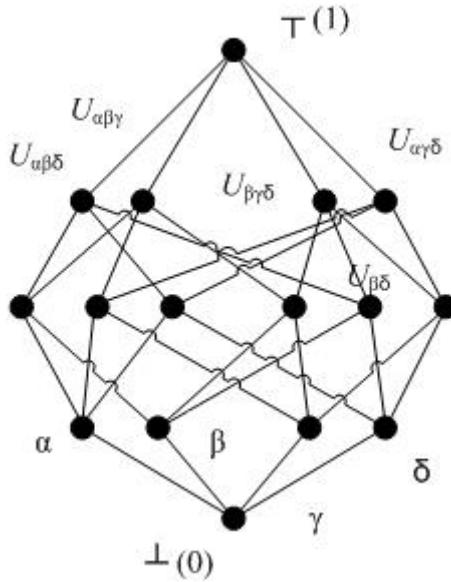


Рис. 1

На диаграмме этой решетки вершины U , которые трактуются как всевозможные намерения агента-1, считаются тем более ценными, чем выше они расположены, т.е. чем больше желаний может быть осуществлено. При этом, несмотря на то, что вершины, которые не принадлежат одному пути снизу вверх, несравнимы в смысле отношения частичного порядка, вершины, принадлежащие одному уровню (т.е. имеющие одно число входящих в них желаний) можно считать равноценными, что будет использовано в дальнейшем. Самая ценная вершина – наибольший элемент решетки \top , когда реализуемы все желания, а наименее ценный – наименьший \perp , когда никакое желание не достижимо. Каждый агент может иметь свой собственный критерий, по которому он выбирает из всего множества намерений какое-то определенное. То есть из всех этих намерений в текущий момент времени выбираются, в зависимости от ситуации, в которой находится агент, в соответствии с его критерием, намерение, соответствующее одной определенной вершине

диаграммы решетки, пусть это будет $U_{\alpha\beta\delta}$. В решетке другого агента-2 (рис. 2), в соответствии с его критерием, пусть выбирается намерение $U_{\mu\delta}$:

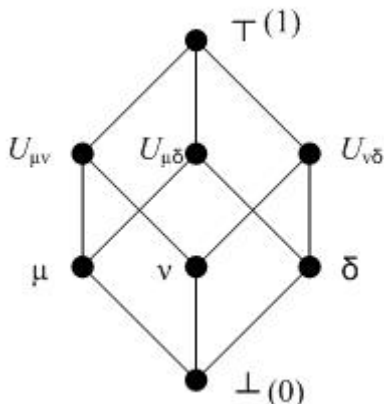


Рис. 2

Всякую такую решетку можно разделить на ряд уровней, которые легко прослеживаются на ее диаграмме: уровень образующих (вершины $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ на рис. 1), уровень $U_{\beta\delta}$, уровень $U_{\alpha\beta\delta}$ и т.д. до максимального уровня \top . Припишем каждому уровню степень ценности V_i по формуле $V_i = i / (n - 1)$, где n – число уровней намерений, а i – номер уровня, считая снизу от 0. Так, на рис. 1 степень ценности нижнего уровня – 0, верхнего уровня – 1, степень ценности уровня $U_{\beta\delta} - V_2 = 1/2$, степень ценности уровня $U_{\alpha\beta\delta} - V_3 = 3/4$; на рис. 2 степень ценности уровня $U_{\mu\delta} - V_1 = 2/3$. Таким образом, можно сравнивать ценности намерений в *разных* решетках – намерения в разных решетках тем более ценные, чем они ближе к наибольшему элементу на диаграмме своей решетки и чем больше желаний входит в находящиеся на этом уровне намерения.

Видим, что ценность намерений агента-1 – $3/4$, а агента-2 – $2/3$. Таким образом, можно считать, что включение новой цели в намерения агента-1 предпочтительнее, чем в намерения агента-2.

В этом примере был выбран агент-1 с большим числом целей в намерении. Но не обязательно всегда агент будет выбираться таким образом – например, если у агента-1 опять намерения $U_{\alpha\beta\delta}$, но число его желаний (образующих решетки) – 6, то ценность $U_{\alpha\beta\delta} - V_3 = 1/2$, и в этом случае будет выбран агент-2 с меньшим количеством целей в намерении.

Такой выбор представляется разумным, поскольку если у одного агента в намерениях две цели, а у другого их десять, то добавление одной новой цели второму агенту, лишь относительно незначительно увеличивает число его целей и ему нетрудно может быть достичь еще одной. В то время как добавление новой цели первому агенту увеличивает число его целей относительно существенно, что может потребовать, например, большой траты ресурсов. С другой стороны, если намерения двух агентов отстоят от наибольших элементов в диаграммах их решеток целей на разное число шагов, но имеют одно число входящих в них целей, то естественно выбрать такого агента, у которого намерения более ценны, т.е. такие, которые ближе к наиболее желательному варианту действий агента.

При этом подходе не сравниваются ценности агентов, а сравниваются ценности их намерений с точки зрения каждого агента. Ценность агентов можно оценивать по разному – по количеству целей в намерении, или по важности намерения, или еще как-то, и это совсем другая задача. Здесь же сравниваются ценности намерений по двум параметрам – количеству желаний в намерении и близости намерения к наиболее желательному (ценному) варианту поведения каждого агента.

3. Управление группой беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)

В этом разделе мы рассмотрим способ применения группы БПЛА при тушении лесных пожаров. Как известно, развитие лесного пожара при отсутствии управляющих воздействий протекает по следующей схеме: возникновение горения лесных горючих материалов (самовозгорание, вынужденное возгорание и зажигание), распространение горения по лесной площади,

сгорание лесных горючих материалов и потухание. Анализ временной структуры процессов развития лесного пожара, его тушения и ликвидации позволяет выделить следующие временные этапы:

1) время действия пожара *до обнаружения* – начальный скрытый промежуток времени горения в лесу до момента обнаружения пожара;

2) время *ожидания* с момента обнаружения до выезда к месту действия;

3) время *следования* к месту развития пожара;

4) *разведка* лесного пожара (с момента прибытия до начала тушения);

5) время *остановки* лесного пожара (ликвидация пламенного горения на кромке пожара);

6) время *локализации* пожара (ликвидация беспламенного горения на кромке);

7) время *дотушивания* пожара (тушение явных очагов горения на площади пожара);

8) время *окарауливания* (тушение скрытых очагов горения до ликвидации пожара).

Таким образом, встает задача уменьшения временных интервалов, начиная с этапа разведки лесного пожара и до момента его ликвидации. Одним из способов её решения является применение БПЛА [16]. Их основное предназначение состоит в постоянной разведке зоны ЧС (в нашем случае лесного пожара) начиная с этапа собственно разведки и заканчивая окарауливанием зоны пожара. В настоящее время использование БПЛА при тушении лесных пожаров только начинается и еще даже нет принятой методики их использования. Тем более нет прецедентов использования *группировки* БПЛА в такой ситуации. Но рассмотрим возможный в будущем случай такого использования и предположим, что в группировке БПЛА на тушении лесного пожара могут присутствовать группы объектов разных типов – разведывательные с разными задачами, пожарные, связи [1, 16]. Обычно возникающая новая задача (новое желание группировки) соответствует задачам одного из имеющихся типов, например новая цель наблюдения для разведывательного

БПЛА, и проблема выбора исполнителя тогда сводится к случаю, рассматриваемому в данной работе. Если задача не подходит ни одному из имеющихся типов, то возникает проблема выбора типа БПЛА, из состава которого следует выделить объект на выполнение этой новой задачи, т.е. возникает проблема реконфигурирования структуры группировки.

Предположим, что в группировке БПЛА присутствует группа со специализацией μ (в нашем случае пусть это будет группа БПЛА, оценивающая зону возгорания) и группа со специализацией α (например, пожарные БПЛА), причем у группы α есть подгруппа α_d (например, БПЛА специальной конструкции) [7]. Эти группы можно отождествить с целями их деятельности, теми задачами, которые они выполняют. Поэтому можно не делать различия между желаниями α , μ и т.д. в разделе 2 и группами здесь. Тогда, так же как в разделе 2, можно образовать решетку целей всей группировки по тому же принципу, что и в разделе 2, т.е. чем больше целей может выполнить группировка, тем более такое намерение ценно и тем выше оно лежит на диаграмме решетки целей. Однако, в отличие от раздела 2, в данном случае образующие этой решетки могут иметь нетривиальные пересечения. Вид диаграммы этой решетки следует не только из смысла, придаваемого образующим, но и из требования дистрибутивности, которое необходимо для того, чтобы в такой решетке существовало псевдодополнение, т.е. чтобы можно было определить логические операции [7, 8], что может потребоваться в дальнейшем. На рис. 3 для простоты показана диаграмма такой решетки для *одного* агента-наблюдателя (одной группы) μ и для *одного* агента-пожарного (одной группы) α . Частично показана решетка для *двух* агентов-пожарных (двух групп) α (пунктиром), которые обозначаются α^2 . То есть, в данном случае, группа рассматривается как один агент. Вершина δ обозначает возникшую новую цель (задачу), например, разведку путей подъезда для пожарной техники, которая, возможно, потребует больше ресурсов, чем требует задача наблюдения за пожаром. Таким образом, образующими являются элементы μ , δ , α_d для решетки с одним агентом-пожарным α (наибольший элемент \top). Добавление второго агента-пожарного

приводит к добавлению образующей α^2 (наибольший элемент такой решетки – $\top(\alpha^2)$). Для простоты на диаграмме оставлено обозначение α , хотя этот элемент и не является образующей.

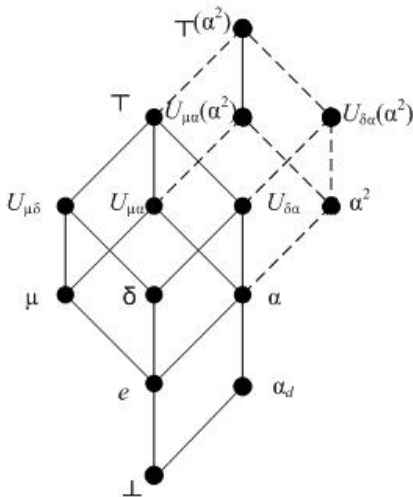


Рис. 3

Поскольку возникшую новую задачу необходимо выполнять, то ее ценность можно принять наибольшей, и решетка рис. 3 перестраивается в соответствии с новым частичным порядком, таким что задача разведки путей δ становится наиболее ценной, т.е. наибольшим элементом решетки – рис. 4а [7]. Это означает, что вместо исходного частичного порядка \leq используется частичный порядок \leq_δ : для произвольных элементов решетки a, b и δ , $a \leq_\delta b$, если $a \cap \delta \leq a \cap b$. Таким образом, все элементы (т.е. вершины диаграммы решетки), которые имеют одно пересечение с δ на исходной диаграмме решетки (рис. 3), склеиваются в одну вершину на новой диаграмме (рис. 4а), потому что по отношению нового частичного порядка они равны. Упорядочивание по отношению \leq_δ является вспомогательным и позволяет выбрать вариант поведения из исходной

решетки, которая упорядочена по принципу большей ценности намерений с большим числом целей.

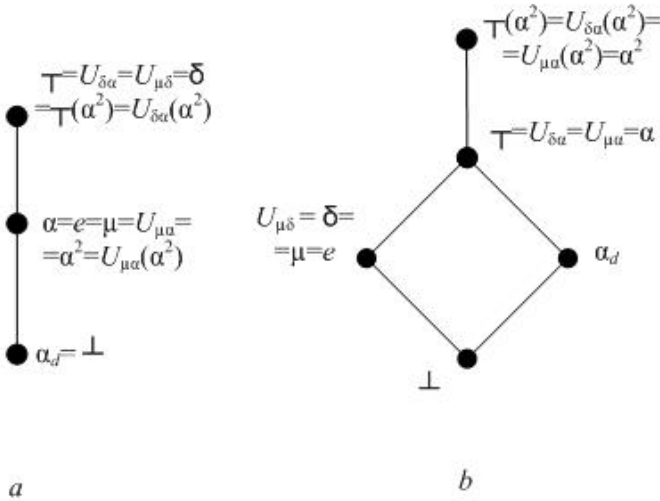


Рис. 4

В соответствии с новым частичным порядком система выбирает наиболее ценный вариант поведения. Но поскольку в одной вершине переупорядоченной решетки склеено несколько таких вариантов, то для их расщепления, т.е. для выбора одного из них на выполнение, следует использовать приоритетность по какому-либо параметру, например, по времени или по вторичной приоритетности задач. Так, на рис. 4b представлена диаграмма решетки целей рис. 3, но упорядоченная в соответствии с приоритетом задачи пожаротушения α^2 , что позволяет выбрать вариант $U_{\delta a}(\alpha^2)$ как наиболее ценный (самый верхний) по сравнению с другими возможными вариантами выбора из верхней вершины рис. 4a. В нашем примере это очевидный приоритет задачи пожаротушения перед задачей наблюдения. Это означает, что будут выполняться задача пожаротушения α двумя группами исполнителей и задача разведки путей подъезда δ одним исполнителем – тем, который ранее выполнял задачу наблюде-

ния μ . Такой способ выбора варианта поведения является разновидностью известного лексикографического принципа в теории принятия решений.

Таким образом, в случае необходимости смены статуса агента можно, как в [7–11], рассматривать решетку целей всей группировки БПЛА, которая переупорядочивается в соответствии с приоритетом выполнения этой новой задачи по заданному параметру, например по времени выполнения или по вторичному приоритету. В этой решетке выбирается тот тип БПЛА, у которых цели с включенной новой задачей находятся на диаграмме решетки выше других, т.е. являются более ценными. После этого проблема выбора БПЛА на выполнение новой задачи снова сводится к рассматриваемой в этой работе ситуации – новая задача в выбранной группе однотипных аппаратов.

Так, в выбранной группе разведывательных БПЛА μ пусть агент-1 оценивает свои цели наблюдения за пожаром по критерию минимального времени выполнения задач и его намерения в случае необходимости выполнения задачи разведки путей подъезда δ будут $U_{\alpha\beta\delta}$ (рис. 1). А агент-2 пусть оценивает свои цели по критерию минимальности траты ресурсов и его намерения при необходимости выполнения той же задачи δ будут $U_{\mu\delta}$ (рис. 2). Тогда в разделе 2 продемонстрировано, что агент-1 выбирается на решение новой задачи потому, что числовое значение ценности его намерений выше, чем значения ценности намерений агента-2.

4. Заключение

В работе предложен метод сравнения намерений интеллектуальных агентов при возникновении новой задачи в группе однотипных агентов. Этот метод может быть применен и к группе однотипных роботов, и беспилотных летательных аппаратов, и любых других интеллектуальных агентов. Множеству всех возможных намерений агента была сопоставлена дистрибутивная решетка и оценена ценность разных намерений по двум параметрам – в зависимости от близости этих намерений к наибольшему элементу на диаграмме решетки, т.е. к наиболее

желательному варианту, и от числа желаний, входящих в намерения. Такой метод позволяет сравнивать намерения агентов при *разных* критериях их оценки разными агентами. Не всегда возможно выбрать единственное решение, пользуясь этим методом – при равенстве числовых значений ценностей выбранных намерений следует использовать дополнительные критерии выбора. Тем не менее, при различном числе желаний у агентов этот метод всегда позволяет принять решение о назначении исполнителя новой задачи в группе, что может быть полезным в групповом управлении самоорганизующимися системами и в анализе среды функционирования сложных систем [14].

По сравнению с имеющимися методами в делиберативных архитектурах такой подход не имеет жесткой логической структуры – выбор определяется текущими намерениями агентов нелогическим методом. Также этот подход позволяет рассматривать постановку задачи с возникновением новой цели перед всей группировкой как целым и необходимостью выделения определенного агента на ее выполнение. Такой подход позволяет формировать списки целевых задач агентами, пользуясь *разными* стратегиями, но, тем не менее, согласовывать оценки этих целей, что может быть полезно и в реактивных архитектурах.

Простота метода, а также небольшой объем информации, которой должны обмениваться агенты, делают этот метод весьма эффективным в условиях сложных динамических сред, когда принимаемые решения должны быть не столько оптимальными в глобальном смысле, сколько целесообразными и быстрыми в текущей ситуации.

Литература

1. АБРОСИМОВ В.К. *Групповое движение интеллектуальных летательных аппаратов в антагонистической среде*. – М.: Наука, 2013. – 168 с.
2. БИРКГОФ Г. *Теория решеток*. – М.: Наука, 1984. – 568 с.

3. ГАВРИЛОВА Т.А., ХОРОШЕВСКИЙ В.Ф. *Базы знаний интеллектуальных систем.* – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
4. ГОРОДЕЦКИЙ В.И. *Теория, модели, инфраструктуры и языки спецификации командного поведения автономных агентов. Обзор (часть 1) // Искусственный интеллект и принятие решений.* – 2011. – №2. – С. 19–30.
5. КАЛЯЕВ И.А., ГАЙДУК А.Р., КАПУСТЯН С.Г. *Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов.* – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 280 с.
6. КУЛИНИЧ А.А. *Модель командного поведения агентов (роботов): когнитивный подход // Управление большими системами.* – 2014. – Вып. 51. – С. 174–196.
7. ЛЕГОВИЧ Ю.С., МАКСИМОВ Д.Ю. *Логические модели выбора решения в самоорганизующихся системах // Проблемы управления.* – 2013. – №3. – С. 18–27.
8. ЛЕГОВИЧ Ю.С., МАКСИМОВ Д.Ю. *Использование многозначной логики в процессе принятия решения в самоорганизующихся системах управления // В сб.: Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2011). Труды Пятой международной конференции.* М.: ИПУ РАН, 2011. – С. 130–135.
9. ЛЕГОВИЧ Ю.С., МАКСИМОВ Д.Ю. *Динамическое определение приоритетов целей в самоорганизующихся системах управления // В сб.: Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2012). Труды Шестой международной конференции / Под общей ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна.* – М.: ИПУ РАН, 2012. – С. 285–288.
10. МАКСИМОВ Д.Ю. *Выбор решения при трансформациях в системах управления // В сб.: Теория активных систем – 2011. Труды международной научно-практической конференции / Под общей ред. В.Н. Буркова, Д.А. Новикова.* М.: ИПУ РАН, 2011. – С. 162–172.
11. МАКСИМОВ Д.Ю. *Реконфигурирование системной иерархии методами многозначной логики // Управленческие науки в современной России.* – 2014. – Т. 2, №2. – С. 221–225.

12. МИНИН А.А., НАЗАРОВА А.В., РЫЖОВА Т.П. *Распределение задач в децентрализованной робототехнической системе* // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2014. – №11. – С. 16–20
13. СКОБЕЛЕВ П.О. *Открытые мультиагентные системы для оперативной обработки информации в процессах принятия решений* // Автометрия. – 2002. – №6. – С. 45–61
14. РОЖНОВ А.В., КРИВОНОЖКО В.Е., ЛЫЧЕВ А.В. *Построение гибридных интеллектуальных информационных сред и компонентов экспертных систем на основе обобщённой модели анализа среды функционирования* // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2013. – №6. – С. 3–12.
15. ШВЕЦОВ А.Н. *Агентно-ориентированные системы: от формальных моделей к промышленным приложениям* – [Электронный ресурс] – URL: www.ict.edu.ru/lib/index.php?id_res=5656 (дата обращения: 03.02.2015).
16. ЯННИКОВ И.М., ФОМИН П.М., ГАБРИЧИДЗЕ Т.Г., ЗАХАРОВ А.В. *Применение беспилотных летательных аппаратов при разведке труднодоступных и масштабных зон чрезвычайных ситуаций* // Вектор науки ТГУ. – 2012. – №3(21). – С. 49–53.
17. BROOKS R.A. *Intelligence without representation* // Artificial Intelligence. – 1991. – No. 47. – P. 139–159.
18. COHEN P., LEVESQUE H.J. *Teamwork* // Nous. Special Issue on Cognitive Science and Artificial Intelligence. – 1991. – No. 25(4). – P. 487–512.
19. DIAS M.B., STENTZ A. *A Free Market Architecture for Distributed Control of a Multirobot System* // Proc. 6th International Conference on Intelligent Autonomous Systems (IAS), Venice, Italy, July, 2000. – P. 115–122.
20. GROSZ B., KRAUS S. *Collaborative Plans for Complex Group Actions* // Artificial Intelligence. – 1996. – No. 86. – P. 269–358.
21. RAO A.S., GEORGEFF M.P. *BDI Agents: From Theory to Practice* // Proc. First International Conference on Multi-Agent

- Systems / Ed. by V. Lesser. – AAAI Press/The MIT Press, 1995. – P. 312–319.
22. STENTZ A., DIAS M.B. *A Free Market Architecture for Coordinating Multiple Robots* // Tech. report CMU-RI-TR-99-42, Robotics Institute, Carnegie Mellon University, December, 1999. – 11 p.
23. ZLOT R., STENTZ A., DIAS M.B., THAYER S. *Multi-Robot Exploration Controlled By A Market Economy* // IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), May 2002. – [Электронный ресурс] – URL: <http://frc.ri.cmu.edu/~axs/doc/icra02.pdf> (дата обращения: 03.02.2015).

SELECTING EXECUTOR IN A GROUP OF INTELLECTUAL AGENTS

Yuriy Legovich, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Cand.Sc., LabHead (legov@ipu.ru).

Dmitriy Maximov, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, researcher (Moscow, Profsoyuznaya st., 65, (495) 334-87-21, jhanjaa@ipu.ru).

Abstract: We propose a formal method based on the notion of a lattice for wishes and intentions representation of an intellectual agent and for executor selection in a group of such agents when planning a new task. The method is illustrated by the example of a group of unmanned autonomous vehicles.

Keywords: lattice of aims, intellectual agents, group of robots, unmanned autonomous vehicles, decision choice, self-organizing systems.

Статья представлена к публикации членом редакционной коллегии О.П. Кузнецовым

Поступила в редакцию 02.10.2014.

Опубликована 31.07.2015.