



УДК 004.822:514

СЕМАНТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА АГЕНТА В МНОГОАГЕНТНОЙ СИСТЕМЕ. ПРОБЛЕМА МЕЖАГЕНТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Мутовкина Н.Ю., Ключин А.Ю., Кузнецов В.Н.

Тверской государственный технический университет,

г. Тверь, Россия

Mutovkina_N@mail.ru

Klalex@inbox.ru

Bumhouse@mail.ru

В работе рассматриваются подходы к определению типа интеллектуальных агентов и состояния многоагентной системы, основанные на теории нечетких множеств и нечеткой логике. Описываемые в работе понятия и методы иллюстрируются на примерах определения типа агентов и приведения многоагентной системы в состояние компромисса. Также в статье сформулированы производные от названных задачи, актуальные при разработке моделей межагентного взаимодействия.

Ключевые слова: система многоагентная; логика нечеткая; взаимодействие агентов; состояние агентов.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимым условием для разработки моделей и методов согласованного управления в многоагентных системах (МАС) является определение ключевых характеристик элементов МАС – интеллектуальных агентов и возможных вариантов их взаимодействия. Взаимодействие необходимо для распределения задач между агентами и их совместного решения. При этом одним из базисных понятий является антропоморфное определение агента, в котором ведущее место занимают ментальные свойства. [Кузнецов и др., 2012] Установлено, что любой интеллектуальный агент (ИНАГ), имеющий определенные цели и предпочтения, нуждается в ресурсах для их достижения и демонстрирует при этом некоторое поведение, т.е. обладает встроенными механизмами мотивации или механизмами формирования предпочтений. Это обстоятельство следует учитывать при выборе метода управления в МАС с тем, чтобы воздействие на ИНАГов в итоге обеспечило максимум запланированных результатов функционирования МАС. Тогда управление можно считать эффективным.

Вопросы коммуникации и кооперации агентов рассматривались в работах Варшавского В.И., Гермейера Ю.Б., Городецкого В.И., Новикова Д.А., Поспелова Д.А., Рыбиной Г.В., Тарасова В.Б.,

Чхартишвили А.Г., Акоффа Р., Брукса Р., Майерсона Р.Б., Хьюитта К., Шоэма И., Эмери Ф. и других.

Коллективное поведение ИНАГов образуется на основе индивидуальных интеллектуальных поведений. При этом предполагается согласование целей, интересов и действий различных агентов, разрешение конфликтов путем переговоров и переадресации задач. Успешность коммуникации и кооперации агентов зависит от того, насколько дружелюбным является климат в МАС и в какой степени ИНАГи готовы пойти на уступки. Поэтому особенно важным для выполнения условий коммуникации и кооперации ИНАГов представляется определение и, при необходимости, изменение поведенческого типа агента. В определенной ситуации каждый ИНАГ может быть отнесен к одному из трех поведенческих типов: уклоняющийся, принуждающий или компромиссный (сотрудничающий).

Целью данного исследования является разработка методики определения поведенческого типа ИНАГа, отражающего его предпочтения, и изменения установленного типа (при необходимости) посредством управляющих воздействий, с использованием теории нечетких множеств и нечеткой логики. [Беллман, 1976] Влияние на состояние ИНАГов, входящих в состав МАС, определяет состояние самой системы, поэтому важнейшим аспектом исследования является изучение и построение моделей взаимодействия ИНАГов друг с другом,

окружающей средой и управляющим элементом. [Городецкий и др., 2009], [Новиков и др., 2011], [Рыбина, 2008] В роли управляющего элемента может выступать ИНАГ-Центр или пользователь МАС.

1. Постановка и метод решения задачи

Поведение ИНАГа в МАС выражается его переходами из состояния в состояние: $s_1 \rightarrow \dots \rightarrow s_{t-1} \rightarrow s_t \rightarrow s_{t+1} \rightarrow \dots \rightarrow s_T$, где s_{t-1} – состояние агента, предшествующее моменту времени t , s_T – состояние достижения цели, T – число итераций, за которое цель будет достигнута. В общем виде состояние ИНАГа можно представить как совокупность следующих понятий: X_1 – знания, X_2 – убеждения, X_3 – желания, X_4 – намерения, X_5 – цели, X_6 – обязательства, X_7 – мобильность, X_8 – благожелательность, X_9 – правдивость, X_{10} – рациональность.

ИНАГ владеет определенными знаниями о себе, других агентах и окружающей среде. Знания не меняются с течением времени, а могут лишь дополняться. На основе этих знаний формируются некоторые убеждения относительно той или иной ситуации, в которую попадает агент, т.е. определенный «взгляд» на проблему. Убеждения (веру) можно интерпретировать как субъективное восприятие знаний, которое может со временем меняться. Причинами этого может быть результат, полученный от применения агентом объективных знаний (информации) на практике или из опыта других агентов. Желания представляют собой состояния, ситуации, достижение которых по разным причинам является для ИНАГа самоцелью, однако они могут быть противоречивыми и потому агент не может ожидать, что все они будут достигнуты. Намерения – это то, что агент или обязан сделать в силу своих обязательств по отношению к другим агентам (ему поручено решение задачи и он взял на себя обязательство по ее решению), или то, что вытекает из его желаний (т.е. непротиворечивое подмножество желаний, выбранное по тем или иным причинам, и которое совместимо с принятыми на себя обязательствами). Целями называется конкретное множество конечных и промежуточных состояний, достижение которых ИНАГ принял в качестве текущей стратегии поведения. Обязательствами по отношению к другим агентам являются задачи, которые агент берет на себя по просьбе (поручению) других агентов в рамках кооперативных целей или целей отдельных агентов в рамках сотрудничества. Мобильность – это способность агента перемещаться в МАС и вне ее (по сети Internet) в поисках необходимой информации для решения своих задач, при кооперативном решении задач совместно или с помощью других агентов и т.д. Важным условием кооперации и сотрудничества

ИНАГов является свойство благожелательности, т.е. готовности агентов помочь друг другу и решать именно те задачи, которые поручает пользователь конкретному ИНАGu, что предполагает отсутствие у агента конфликтующих целей. Не менее важными свойствами ИНАГов являются правдивость и рациональность. Правдивость агента заключается в том, что он не манипулирует информацией, про которую ему заведомо известно, что она ложная. Рациональность – свойство агента действовать так, чтобы достигнуть своих целей, а не уклоняться от их достижения, по крайней мере, в рамках своих знаний и убеждений. [Городецкий, 1998]

Все перечисленные понятия можно интерпретировать как нечеткие множества. [Беллман, 1976] Например, в момент времени $t=1$ ИНАГ имеет знания (x_{1t}) в объеме 50% от необходимых для решения задачи 100%, в момент времени $t=2$ объем знаний увеличивается уже до 65% и т.д. Значение 50% может интерпретироваться как «недостаточное» для решения задачи и иметь оценки в интервале $(0; 0,5)$, 65% – как «недостаточное» или «среднее» и иметь оценки в интервалах $(0; 0,5)$ и $(0,5; 0,8)$ соответственно. Значения из интервалов являются степенями принадлежности элемента x_{1t} к нечеткому множеству X_1 . Еще пример: в момент времени $t=1$ агент готов взять на себя обязательства по решению какой-либо задачи с готовностью 37%, а в следующий момент эта готовность может увеличиться до 60%. При $t=3$ в силу влияния экзогенных и эндогенных факторов, например, под воздействием мнения других агентов или из-за изменения постановки задачи пользователем готовность ИНАГа взять на себя обязательства по решению задачи может снизиться до 52% и т.д. Таким образом, значения 37%, 60%, 52% также могут быть оценены в лингвистической шкале «не готов», «скорее не готов, чем готов», «скорее готов, чем не готов», «готов» и выражены числами в интервале $(0;1)$, которые являются степенями принадлежности элемента x_{6t} к нечеткому множеству X_6 . Следовательно, можно записать:

$$\begin{aligned} X_1 &= \left\{ \left\langle x_{1t}, \mu_{X_1}(x_{1t}) \right\rangle \mid x_{1t} \in U \right\}, \\ X_2 &= \left\{ \left\langle x_{2t}, \mu_{X_2}(x_{2t}) \right\rangle \mid x_{2t} \in U \right\}, \\ &\dots \\ X_{10} &= \left\{ \left\langle x_{10t}, \mu_{X_{10}}(x_{10t}) \right\rangle \mid x_{10t} \in U \right\}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\mu_{X_1}, \mu_{X_2}, \dots, \mu_{X_{10}}$ – функции принадлежности, т.е. $\mu_{X_1}, \mu_{X_2}, \dots, \mu_{X_{10}} : U \rightarrow (0;1)$ – характеристические функции множеств $X_1, X_2, \dots, X_{10} \subseteq U$, значения которых указывают, являются ли $x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{10t} \in U$ элементами соответствующих множеств X_1, X_2, \dots, X_{10} ; U – так называемое универсальное множество, из

элементов которого образованы все остальные множества, рассматриваемые в данном классе задач. Значения $\mu_{x_1}(x_{1t}), \mu_{x_2}(x_{2t}), \dots, \mu_{x_{10}}(x_{10t})$ называются степенями принадлежности элементов $x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{10t}$ к нечетким множествам X_1, X_2, \dots, X_{10} соответственно. [Беллман, 1976]

Модель состояния ИНАГа в любой момент времени можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} S &= P_1 \cap P_2; \\ P_1 &= X_1 \cup X_2; \\ P_2 &= X_3 \cup \dots \cup X_{10}, \end{aligned} \quad (2)$$

где множество P_1 – это позиция агента, его точка зрения; P_2 – множество, задающее поведение агента.

Тип ИНАГа $(r, r \in R)$, отражающий его предпочтения, является оценкой его состояний, в которых он пребывает при выполнении конкретной задачи; R – множество возможных предпочтений агента. Тип агента может быть рассчитан по формуле:

$$r = \frac{\sum_{t=1}^T s_t}{T}. \quad (3)$$

Введем следующие семантические правила: агент является уклоняющимся, если $r \in (0; 0,5)$; агент называется компромиссным (сотрудничающим), если $r \in [0,5; 0,8]$ и агент будет принуждающим в случае $r \in (0,8; 1)$.

Тип ИНАГа в процессе его функционирования может меняться и рассматриваться отдельно на каждой итерации. В этом случае выполняется равенство:

$$r_t = s_t. \quad (4)$$

В [Кузнецов и др., 2012] установлено, что МАС находится в равновесном состоянии, если все агенты могут быть отнесены к компромиссному типу. Изменение типа агента осуществляется путем применения моделей и методов согласованного управления как совокупности правил принятия решений ИНАГа в виде зависимостей, ставящих каждому состоянию (типу) агента (4) конкретное значение управляющего воздействия $v_i, i \in \overline{1, N}$, $v_i \in V_t$, где N – число агентов в МАС, V_t – множество управляющих воздействий на ИНАГа в момент времени t со стороны агента-Центра или пользователя МАС. [Новиков и др., 2011] Наличие механизмов управления на каждой итерации функционирования МАС позволяет получить лучший результат и решать задачи согласования и оптимизации при взаимодействии агентов друг с другом. [Чхартишвили, 2011]

2. Пример определения типа агентов в МАС

Пусть МАС состоит из 10 ИНАГов, каждый из которых в процессе решения определенной задачи может проходить несколько итераций. Необходимо определить тип агентов на каждой итерации и, при необходимости, предпринять управляющие воздействия для его изменения, чтобы в условиях коммуникации и кооперации агентов задача была решена за 6 итераций.

Исходя из приведенной выше постановки задачи, для определения типа ИНАГа следует сформировать таблицы вида (табл. 1) на каждой итерации t .

Таблица 1 – Шаблон поведенческой таблицы

t	A_1	A_2	...	A_i	...	A_N
$\mu_{x_1}(x_{1t})$						
$\mu_{x_2}(x_{2t})$						
...						
$\mu_{x_{10}}(x_{10t})$						

Данные таблицы заполняются значениями функций принадлежности $\mu_{x_1}, \mu_{x_2}, \dots, \mu_{x_{10}}$ соответственно. Далее определяются максиминные значения следующих функций принадлежности:

$$\begin{aligned} P_{1_t} &= \mu_{x_{1_t} \cup x_{2_t}}(x_t) = \max \{ \mu_{x_{1_t}}(x_t), \mu_{x_{2_t}}(x_t) \}, \\ P_{2_t} &= \mu_{x_{3_t} \cup \dots \cup x_{10_t}}(x_t) = \max \{ \mu_{x_{3_t}}(x_t), \dots, \mu_{x_{10_t}}(x_t) \}, \\ S_t &= \mu_{P_{1_t} \cap P_{2_t}}(x_t) = \min \{ \mu_{P_{1_t}}(x_t), \mu_{P_{2_t}}(x_t) \}. \end{aligned} \quad (5)$$

Если положиться лишь на возможности самоорганизации МАС, т.е. рассмотреть процесс взаимодействия ИНАГов без реализации управляющих воздействий со стороны ИНАГа-Центра (или пользователя МАС), то решение задачи будет получено, как показал эксперимент, за 11 итераций. За первые шесть итераций система перешла в состояние (табл. 2), которое выражается через типы агентов, рассчитанные по формуле (3):

Таблица 2 – Типы агентов за 6 итераций работы МАС

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}
s_1	0,75	0,88	0,84	0,79	0,79	0,87	0,22	0,78	0,72	0,31
s_2	0,47	0,63	0,89	0,73	0,93	0,86	0,62	0,13	0,73	0,49
s_3	0,64	0,39	0,74	0,80	0,84	0,26	0,90	0,43	0,57	0,79
s_4	0,99	0,78	0,79	0,85	0,50	0,70	0,75	0,76	0,79	0,26
s_5	0,77	0,78	0,71	0,62	0,61	0,45	0,96	0,83	0,39	0,18
s_6	0,70	0,70	0,93	0,31	0,91	0,74	0,18	0,52	0,99	0,62
r	0,72	0,70	0,82	0,68	0,76	0,65	0,61	0,58	0,70	0,44

Согласно принятым в первом разделе настоящей статьи семантическим правилам определения типа агента, за 6 итераций без управляющих воздействий было получено, что один из агентов относится к принуждающему типу ($r_{A_3} = 0,82$), один – к уклоняющемуся ($r_{A_{10}} = 0,44$), остальных агентов можно определить как сотрудничающих (компромиссных). Задача будет решена только тогда, когда все ИНАГи будут компромиссными, поэтому для решения задачи за 6 итераций необходимо определять тип агента в соответствии с формулой (4) и осуществлять некоторые управляющие воздействия. Они могут быть [Губанов и др., 2010]:

- институциональными, подразумевающими изменение ограничений, взаимосвязей и норм деятельности;
- мотивационными, т.е. заключающимися в изменении предпочтений;
- информационными, т.е. состоящими во влиянии на информированность агента.

Т.е., задача ИНАГа-Центра (или пользователя МАС), зная тип агента, определить, какие управляющие воздействия следует выбрать, чтобы действия агента оказались более выгодными для Центра. В данном случае предлагается применять механизмы управления, при которых ИНАГам, как рациональным сущностям, имеющим свои предпочтения, т.е. стремящимся максимизировать собственную функцию полезности, выгодно быть честными. Это так называемые механизмы «честной игры» или неманипулируемые механизмы. Агентам выгодно быть честными лишь в одном случае: когда сообщаемая ими информация не используется им же во вред. Это и есть основной принцип механизмов «честной игры». [Новиков, 2011] В дальнейшем применяется механизм управления, состоящий из следующих этапов:

1. Центр сообщает агенту механизм функционирования («правила игры») в общем виде, например, зависимость размера вознаграждения агента от достигнутых им результатов. Здесь под результатами понимается состояние агента в момент времени t .

2. Агент сообщает Центру информацию о параметрах, неизвестных Центру. Например, сообщает информацию о своих предпочтениях.

3. Центр доводит до сведения агента параметры механизма функционирования с их обязательной детализацией. Например, представляет план, являющийся ожидаемым от агента результатом деятельности.

4. Агент выбирает стратегию поведения, что сопровождается изменением значений $\mu_{x_1}(x_{1t}), \mu_{x_2}(x_{2t}), \dots, \mu_{x_{10}}(x_{10t})$ и, осуществляя действия согласно выбранной стратегии, получает определенный результат. При этом он переходит в следующее состояние, например, $s_1 \rightarrow s_2$.

5. Центр получает информацию о новом состоянии агента, а, следовательно, и о полученном

им результате деятельности.

6. Центр в соответствии с механизмом функционирования сообщает агенту свое действие, например, размер поощрения, количество выделенного ресурса и т.п.

Процесс управления продолжается до тех пор, пока не будет найдено решение задачи за оптимальное число итераций.

Возвращаясь к нашему примеру, очевидно, что на первой итерации состояния агентов A_2, A_3, A_6, A_7 и A_{10} нарушают равновесие и устойчивость МАС. С помощью управляющих воздействий $v_{2_1}, v_{3_1}, v_{6_1}, v_{7_1}$ и v_{10_1} на второй итерации были получены следующие состояния ИНАГов (табл. 3):

Таблица 3 – Состояния агентов на второй итерации работы МАС

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}
s_1	0,75	<u>0,88</u>	<u>0,84</u>	0,79	0,79	<u>0,87</u>	<u>0,22</u>	0,78	0,72	<u>0,31</u>
s_2	<u>0,08</u>	0,78	<u>0,99</u>	<u>0,86</u>	0,71	0,73	0,79	<u>0,89</u>	<u>0,84</u>	0,69

Как видно из табл. 3, агентов A_2, A_6, A_7 и A_{10} удалось привести в состояние компромисса (значения функций принадлежности выделены полужирным шрифтом), однако усилилась склонность к конфликту агента A_3 , агентов A_4, A_8 и A_9 . Агент A_1 стал демонстрировать отстраненность от решения поставленной задачи (значения подчеркнуты). При выборе следующих управляющих воздействий $v_{1_2}, v_{3_2}, v_{4_2}, v_{8_2}$ и v_{9_2} Центр должен руководствоваться принципами примирения. В табл. 4 показаны состояния агентов на третьей итерации.

Таблица 4 – Состояния агентов на третьей итерации работы МАС

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}
s_2	<u>0,08</u>	0,78	<u>0,99</u>	<u>0,86</u>	0,71	0,73	0,79	<u>0,89</u>	<u>0,84</u>	0,69
s_3	<u>0,32</u>	0,71	<u>0,85</u>	0,79	0,64	<u>0,82</u>	0,66	0,75	<u>0,81</u>	0,54

Далее снова применяются управляющие воздействия и так – до тех пор, пока в МАС не установится состояние согласованной кооперации [Myerson, 2001] и, как следствие, не будет достигнута поставленная цель. Серия испытаний показала, что если в момент t уделять внимание (оказывать управляющие воздействия) только лишь на агентов, поведение которых отклоняется от нормы (норма – компромисс, сотрудничество), то те агенты, которые в этот момент времени находились в компромиссном состоянии, в момент $t+1$ могут перейти состояние, нежелательное для МАС. Поэтому на каждой итерации следует контролировать поведение всех ИНАГов без исключения, стараться сохранить состояние тех агентов, которые показывают хорошие результаты

работы.

Применение этого принципа позволило получить равновесное состояние МАС уже на пятой итерации (табл. 5). Здесь все агенты готовы на компромисс.

Таблица 5 – Состояния агентов на пятой итерации работы МАС

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀
s ₄	0,52	0,67	<u>0,81</u>	0,77	0,71	0,68	0,66	0,75	<u>0,83</u>	0,65
s ₅	0,58	0,63	0,78	0,75	0,79	0,64	0,67	0,71	0,77	0,78

Такое состояние МАС гарантирует решение поставленной задачи с высокой степенью уверенности.

3. ПРОИЗВОДНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

С помощью нечеткой логики [Беллман, 1976] можно решать различные задачи, относящиеся к теории МАС, например, задачу прогнозирования временных затрат для достижения МАС поставленной цели. При этом учитывается состояние МАС и сложность цели (число итераций, за которое можно ее достичь). Для этого необходимо построить нечеткую базу знаний, основанную на нечеткой импликации. Нечеткий вывод представим в виде:

$$A \rightarrow B = \overline{A \cup B},$$

$$\mu_{A \rightarrow B}(x) = \max \{1 - \mu_A(x), \mu_B(x)\}. \quad (6)$$

Основой для проведения операции нечеткого логического вывода является база правил, содержащая нечеткие высказывания в форме ЕСЛИ→ТО и функции принадлежности для соответствующих лингвистических термов. При этом должны соблюдаться следующие условия:

- существует хотя бы одно правило для каждого лингвистического термина выходной переменной;
- для любого термина входной переменной имеется хотя бы одно правило, в котором этот терм используется в качестве предпосылки.

Иначе имеет место неполная база нечетких правил. Лингвистической переменной называется набор:

$$\langle \gamma, T, U, G, M \rangle, \quad (7)$$

где γ – наименование лингвистической переменной; T – множество ее значений (терм-множество), областью определения каждого из которых является множество U ; G – синтаксическая процедура, позволяющая оперировать элементами терм-множества T , в частности, генерировать новые термы; M – семантическая процедура, позволяющая превратить каждое новое значение лингвистической переменной, образуемое процедурой G , в нечеткую переменную, т.е. сформировать соответствующее нечеткое множество. Нечеткая переменная

характеризуется набором $\langle \alpha, U, A \rangle$, где α – наименование переменной; U – универсальное множество (область определения α); A – нечеткое множество на U , описывающее ограничения (т.е. $\mu_A(x)$) на значения нечеткой переменной α .

Для реализации логического вывода необходимо выполнить следующие действия:

- 1) сформулировать на естественном языке в виде предложений «Если..., то...» закономерности предметной области;
- 2) выделить из этих предложений лингвистические переменные, их значения (построить их функции принадлежности), высказывания различных видов, формализовать нечеткие правила;
- 3) проверить полученную базу знаний на полноту;
- 4) провести фаззификацию, т.е. подготовить задачу для решения методами нечеткой логики;
- 5) провести аккумуляцию;
- 6) выполнить дефаззификацию. Это действие предполагает применение какого-либо математического метода, например, вычисления «центра тяжести» нечеткого множества, т.е. срединного численного значения полученного нечеткого множества.

Пример. Рассматривается МАС, состоящая из 10 ИНАГов. Требуется построить нечеткую базу знаний для задачи оценки временных затрат, необходимых МАС для достижения ею поставленной цели. При этом учитывается состояние МАС (характеризуется состояниями ИНАГов) и сложность достижения цели (для простоты описывается числом итераций).

- 1) Предложения, описывающие задачу, следующие:
 - если состояние МАС компромиссное или почти компромиссное и сложность достижения цели незначительна, то временные затраты небольшие;
 - если состояние МАС компромиссное или почти компромиссное и сложность достижения цели высокая, то временные затраты достаточно большие;
 - если состояние МАС не компромиссное и сложность достижения цели высокая, то временные затраты большие;
 - если состояние МАС почти компромиссное и сложность достижения цели значительная, то временные затраты достаточно большие.

2) Из этих предложений выделяются лингвистические переменные, определяемые через формальную запись (7):

$$\checkmark \gamma = \text{Состояние_МАС},$$

$T = \langle \text{«компромиссное»}, \text{«почти компромиссное»}, \text{«не компромиссное»} \rangle$, $U = [0, 10]$ (число агентов $N = 10$), $G = \langle \text{«совсем не компромиссное»}, \text{«далеко от компромиссного»}, \text{«компромиссное или почти компромиссное»} \rangle$, M – уменьшение на единицу

степени принадлежности нечеткой переменной «компромиссное», операция объединения нечетких множеств;

✓ γ = Сложность_достижения_цели,

T = («незначительная», «значительная», «высокая»),
 $U = [1,30]$ (число итераций), G = («очень высокая», «значительная или высокая»), M – увеличение на единицу степени принадлежности нечеткой переменной «высокая», операция объединения нечетких множеств;

✓ γ = Количество_времени, T = («мало», «достаточно», «много»), $U = [1,20]$ (количество минут), G = («очень много», «достаточно или мало»), M – увеличение на единицу степени принадлежности нечеткой переменной «много», операция объединения нечетких множеств.

Для полного задания лингвистической переменной необходимо определить нечеткие переменные, входящие в T (рисунок 1).

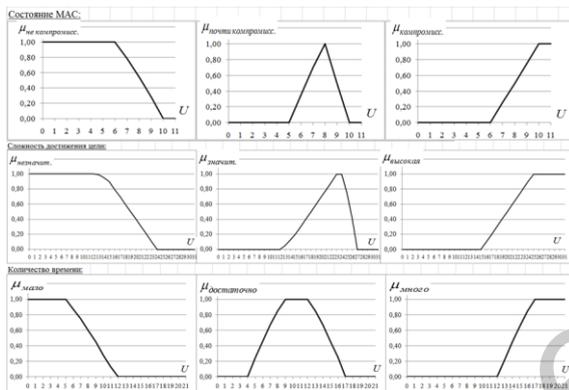


Рисунок 1 – Нечеткие переменные

С учетом выделенных лингвистических переменных нечеткие правила следующие:

Правило 1. Если Состояние_МАС= «компромиссное» или Состояние_МАС= «почти компромиссное» и Сложность_достижения_цели= «незначительная», то Количество_времени= «мало».

Правило 2. Если Состояние_МАС= «компромиссное» или Состояние_МАС= «почти компромиссное» и Сложность_достижения_цели= «высокая», то Количество_времени= «достаточно».

Правило 3. Если Состояние_МАС= «некомпромиссное» и Сложность_достижения_цели= «высокая», то Количество_времени= «много».

Правило 4. Если Состояние_МАС= «почти компромиссное» и Сложность_достижения_цели= «значительная», то Количество_времени= «достаточно».

3) Проверка полученной базы на полноту. Согласно приведенным выше условиям: выходная переменная Количество_времени имеет три терма: «мало» используется в первом правиле, «достаточно» – во втором и четвертом, «много» – в третьем правиле. Используются две входные переменные: Состояние_МАС и

Сложность_достижения_цели. У каждой из них – по три терма, применяемые в сформулированных правилах хотя бы один раз. Следовательно, полученная база нечетких правил полная.

4) Пусть МАС находится в состоянии s_4 (табл. 5) и ей поручено выполнение задачи, состоящей из 18 итераций. Для оценки временных затрат определим степени уверенности простейших утверждений (табл. 6).

Таблица 6 – Степени уверенности базовых утверждений

Переменная	Значения	Степени уверенности
Состояние МАС	«компромиссное»	0,54
	«почти компромиссное»	1,00
	«не компромиссное»	0,50
Сложность достижения цели	«незначительная»	0,60
	«значительная»	0,50
	«высокая»	0,30

Определяются степени уверенности посылок правил (табл. 7).

Таблица 7 – Степени уверенности посылок правил

Правило 1	$\mu_1 = \min(\max(0,54;1,00);0,60) = 0,60$
Правило 2	$\mu_2 = \min(\max(0,54;1,00);0,30) = 0,30$
Правило 3	$\mu_3 = \min(0,50;0,30) = 0,30$
Правило 4	$\mu_4 = \min(1,00;0,50) = 0,50$

Графическое изображение результатов, полученных в табл. 7, представлено на рисунке 2.

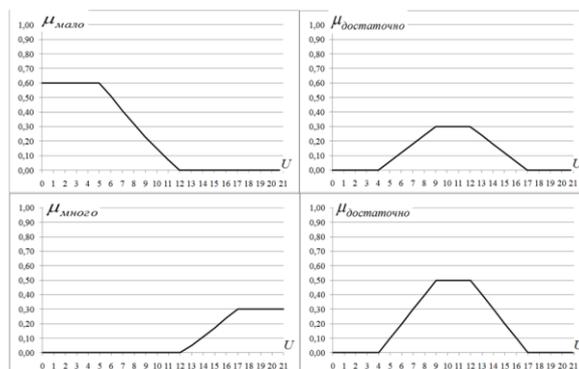


Рисунок 2 – Фаззификация

5) Построение новой выходной нечеткой переменной с использованием полученных степеней уверенности (рисунок 3).

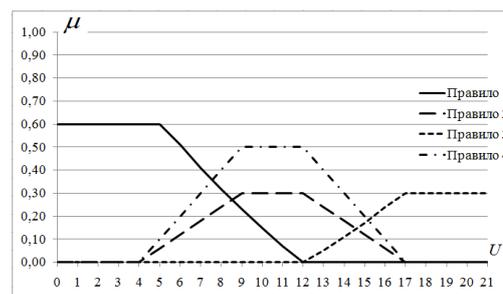


Рисунок 3 – Аккумуляция

б) Новый терм выходной переменной Количество_часов представлен на рисунке 4.

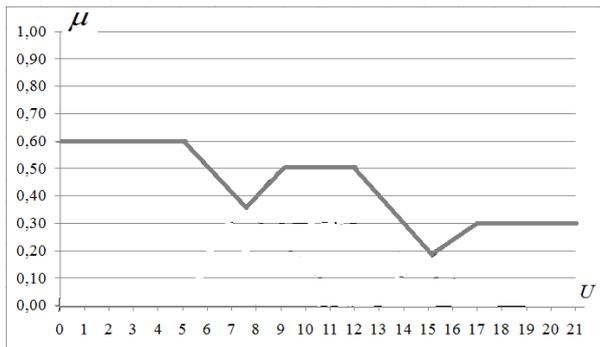


Рисунок 4 – Дефаззификация

Исходя из полученного графика степени принадлежности выходного термина, можно сказать, что МАС, имеющей состояние s_4 , на достижение цели сложностью 18 итераций понадобится, скорее всего, от одной до пяти минут. Степень уверенности данного утверждения составляет 0,6.

На основе представленного семантического базиса и правил нечеткой логики можно решать и обратные задачи, например, определять оптимальное число ИНАГов в МАС и оценивать сложность достижения поставленной в МАС цели. В первом случае входными переменными будут Состояние_МАС, Сложность_достижения_цели и Количество_времени, выходной переменной – Число_агентов. Во втором случае входными переменными являются Состояние_МАС, Число_агентов и Количество_времени. Однако с увеличением числа переменных сложность решения возрастает, поэтому предлагается следующий метод оценки сложности достижения цели:

1) задается множество лингвистических переменных, их нечеткие значения описываются функциями принадлежности. Сложность достижения цели может быть охарактеризована двумя переменными: Числом итераций и Количеством времени и представлена с помощью интегрального коэффициента сложности (ξ_{goal});

2) мнения ИНАГов, высказанные относительно возможного значения оцениваемого показателя, описываются на языке лингвистических переменных. Нечеткие значения могут задаваться вербально или определяться на основе точных числовых данных. Мнения каждого ИНАГа оцениваются в зависимости от его типа. Принимаются весовые коэффициенты (табл. 8), которые могут быть интерпретированы как степени уверенности в отсутствии искажающей действительности составляющей сообщений агента.

Таблица 8 – Степени уверенности в правдивости агентов

Тип ИНАГа	$r \in (0;0,5)$	$r \in [0,5;0,8]$	$r \in (0,8;1)$
«Вес»	0,2	0,5	0,3

3) к лингвистическим переменным,

выражающим полученные от агентов мнения, применяются соответствующие логические операции для расчета значения итогового показателя. Например, для нахождения интегральной оценки значения коэффициента ξ_{goal} в виде нечеткого множества, может быть использовано максиминное правило композиции нечетких множеств:

$$\xi_{goal} \circ \dots \circ \xi_{goal_k} = \left\{ p, \mu(p) = \max \left\{ \min \left[\mu_1(p_1), \dots, \mu_N(p_N) \right] \right\} \right\}, \quad (8)$$

$$= \left\{ p \in P, \forall p_i \right\}$$

где $\xi_{goal} \circ \dots \circ \xi_{goal_k}$ – композиция нечетких множеств, определенных на скорректированной шкале предпочтений ИНАГов P (с учетом их типа);

p_1, \dots, p_N – дискретные значения на шкале предпочтений P , которым соответствуют значения функций принадлежности множеств $\xi_{goal_1}, \dots, \xi_{goal_k}$;

$\mu_1(p_1), \dots, \mu_N(p_N)$ – значения функций принадлежности множеств $\xi_{goal_1}, \dots, \xi_{goal_k}$, соответствующие значениям p_1, \dots, p_N .

С учетом принятого дискретного типа шкалы предпочтений ИНАГов P значения p_i , получаемые по формуле (8), округляются до ближайшего шага t . Таким образом, интегральная оценка значения коэффициента сложности достижения цели представляет собой нечеткое множество, описанное с помощью функции принадлежности $\mu \in [0;1]$, дискретно определенной на шкале предпочтений P : $p_i \in [\xi_{goal}^{\min}; \xi_{goal}^{\max}]$ с выбранным шагом t ;

4) искомое значение коэффициента сложности достижения цели (ξ_{goal}) представляется в виде срединного значения (9) полученного нечеткого множества, на основе интерпретации которого и принимается решение.

$$\xi_{goal} = \frac{\sum_{i=1}^N p_i \mu_i}{\sum_{i=1}^N \mu_i}. \quad (9)$$

Интерпретация ξ_{goal} выполняется ИНАГом-Центром или пользователем МАС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нечеткая логика является удобным средством обучения и мониторинга МАС. Управление на основе нечеткой логики позволяет сформировать базу нечетких правил для осуществления оптимальных управляющих воздействий на ИНАГов с целью разрешения конфликтов и

противоречий, возникающих в МАС. При этом оптимальным решением является внедрение формулы управления в антропоморфную сущность ИНАГа с тем, чтобы ее действие было неявным: «Мне никто не дает команд, но мое поведение управляется моей собственной концепцией Я, содержащей принципы, согласно которым я должен вести себя именно так, а не иначе».

Правила нечеткой логики позволяют обеспечить:

- 1) применение существующего опыта управления;
- 2) использование гибких правил взаимодействия агентов в МАС;
- 3) улучшение качества управления посредством саморегулирования управляющей системы и упреждающего изменения выходного воздействия (значения функции упреждения). Это позволяет свести к минимуму возможность выхода МАС из состояния равновесия.

Для согласованного принятия решения необходимо доверие, иначе нельзя достичь в МАС синергии успеха. Доверие может быть измерено быстротой согласования групповых совместных решений. На скорость принятия согласованного группового решения может влиять наличие лидера, общей проблемы и цели. Агенты-лидеры в спонтанном сетевом общении формируются в процессе взаимодействия. Принятие групповых решений характеризуется итерационной последовательностью действий участников. Чтобы процесс формирования и согласования решений оказался сходящимся, т.е. с каждой итерацией настойчиво продвигающимся ближе к цели, нужны специальные механизмы. Такими механизмами могут быть механизмы «честной игры». Они позволяют достичь равновесного состояния МАС, т.е. состояния, одностороннее отклонение от которого не выгодно ни одному из ИНАГов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 12-01-01005-а «Разработка моделей и методов согласованного управления в многоагентных системах».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [Беллман, 1976] Беллман, Р. Принятие решений в расплывчатых условиях/Р. Беллман, Л. Заде// В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений [под ред. И.Ф. Шахнова] М.: Мир, 1976. 230 с., С. 172 – 215
- [Городецкий и др., 2009] Городецкий, В.И. Прикладные многоагентные системы группового управления/В.И. Городецкий, О.В. Карсаев, В.В. Самойлов, С.В. Серебряков// Искусственный интеллект и принятие решений. - 2009. - № 2. - С.3-24
- [Городецкий и др., 1998] Городецкий, В.И. Многоагентные системы (обзор)/В.И. Городецкий, М.С. Грушинский, А.В. Хабалов// Новости искусственного интеллекта. - 1998. - № 2. - С.64-116
- [Губанов и др., 2010] Губанов, Д.А. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства / Д.А. Губанов, Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили. – М.: Физматлит, 2010. 228 с.
- [Кузнецов и др., 2012] Кузнецов, В.Н. Модели и методы согласованного управления в многоагентных системах / В.Н.

Кузнецов, А.Ю. Клошин, Н.Ю. Мутовкина, Г.В. Кузнецов // Программные продукты и системы, 2012, № 4, С. 231-235

[Новиков и др., 2011] Механизмы управления / Под ред. Д.А. Новикова. – М.: ЛЕНАНД, 2011. 192 с.

[Рыбина, 2008] Рыбина, Г.В. Моделирование процессов взаимодействия интеллектуальных агентов в многоагентных системах / Г.В. Рыбина, С.С. Паронджанов // Искусственный интеллект и принятие решений, 2008, № 3, С. 3-15

[Чхартишвили, 2011] Чхартишвили, А.Г. Согласованное информационное управление / А.Г. Чхартишвили // Проблемы управления. - 2011. - № 3. - С.43-48

[Myerson, 2001] Myerson, R.B. Game theory: analysis of conflict / R.B. Myerson // London: Harvard Univ. Press, 2001. 568 p.

SEMANTIC DEFINITION OF THE TYPE OF AGENT IN MULTI-AGENT SYSTEM. THE PROBLEM OF INTERACTION BETWEEN AGENTS

Mutovkina N. Yu, Klyushin A. Yu., Kuznetsov V.N.

Tver State Technical University, Tver, Russia

Mutovkina_N@mail.ru

Klalex@inbox.ru

Bumhouse@mail.ru

The paper describes approaches to the definition of the type of intelligent agents and the status of the multi-agent system, based on the theory of fuzzy sets and fuzzy logic. Described in the concepts and methods are illustrated by examples of determining the type of agents and bringing multi-agent system in a state of compromise. Also the article contains derivatives of these tasks relevant for the development of models of interaction between agents.

INTRODUCTION

The necessary condition for the development of models and methods of coherent control in multi-agent systems (MAS) is to define the key characteristics of the elements of the MAS – intelligent agents and the possible ways of their interaction. In the basis of the research is anthropomorphic definition of an agent. The purpose of this research is the development of methodology of determination of behaviour type of INAG, reflecting his preferences, and change the type (if necessary) by means of the control actions, using the theory of fuzzy sets and fuzzy logic.

MAIN PART

In the main part of the article are:

- 1) setting and method of solving the problem;
- 2) example of the types of agents in MAS;
- 3) derivative objectives of the study.

CONCLUSION

Management on the basis of fuzzy logic allows to form the base of fuzzy rules for the implementation of the optimal control actions on INAG's with a view to the settlement of the conflicts and contradictions emerging in the MAS.