

§4 БАЗЫ ЗНАНИЙ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМЫ, СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Денисенко В. А., Нагоев З. В., Нагоева О. В.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ РЕКУРСИВНОЙ КОГНИТИВНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ АГЕНТА

Аннотация: В [Нагоев, 2011a, Нагоев, 2011b] предложен подход к решению фундаментальной проблемы искусственного интеллекта (ИИ) — формализации семантики разумного мышления, — с использованием когнитивного моделирования на основе концепции рекурсивной (фрактальной) когнитивной архитектуры и гипотезы об инварианте организационно-функциональной структуры процесса интеллектуального принятия решения на основе когнитивных функций. Эти разработки, как и предложенный в [Нагоев и др., 2011] метод обучения мультиагентных нейроподобных систем на основе онтонейроморфогенеза, направлены на создание самоорганизующихся мультиагентных эмерджентных систем, способных к эмуляции функций психики, целеполаганию и адаптивному целенаправленному поведению на основе семантизации действительности и построения социальных связей. Принципы когнитивной организации интеллектуальных систем тесно связаны с мультиагентным разделением функций в многоклеточном организме. Когнитивные центры, как в мозге человека, так и в искусственной интеллектуальной системе, на наш взгляд, должны представлять собой активные системы, взаимодействующие друг с другом на основе принципов коллективной оптимизации параметров, критичных, в первую очередь, для сохранения целостности всей системы, ее выживаемости. Формальное описание агента должно учитывать, что поведение агента состоит из его действий, которые осуществляются в среде обитания агента и требуют затрат энергии. При этом необходимо помнить, что обмен энергией и информацией происходит не только между агентом и внешней средой, но и между внутренними агентами (органами, нейронами) агента верхнего уровня рекурсивной когнитивной архитектуры.

Ключевые слова: мультиагентные системы, когнитивные архитектуры, нейроподобные сети, интеллектуальные системы, нейронные сети, агент, разработка, проектирование, интеллектуальное поведение, моделирование

Формальное описание структуры рекурсивного агента

В [Нагоев и др., 2011] дано рекурсивное определение искусственного интеллекта (ИИ), использующее концепцию интеллектуального наблюдателя, способного к перцепции и синтезу понятий. Рассматриваемые ниже концепция и определения также связаны с возможностями перцепции наблюдателя и его порогами чувствительности. С учетом того, что предложенное нами определе-

ние интеллектуальной системы рекурсивно и использует идею наблюдателя как интеллектуальной системы, принимающей решение об интеллектуальности других систем, определим формально те части наблюдателя, которые функционально взаимодействуют с системами, претендующими на интеллектуальность. Это позволит нам понять и формализовать именно те (наряду с другими) свойства таких систем, которые критичны для наблюдателя для классификации данной системы как интеллектуальной. В свою очередь, такая формализация этой системы, позволяющая понять ее сущность, даст нам возможность определить “вторую” (оставшуюся) часть наблюдателя — ведь он сам является интеллектуальной системой. Таким образом, мы должны выйти на полностью формальную систему, описывающую и наблюдателя, и интеллектуальную систему. Начнем с формального описания феноменологии перцепции наблюдателя, погруженного в среду, так как, на наш взгляд, это — именно та часть наблюдателя, которая непосредственно взаимодействует с внешними по отношению к нему системами, в том числе и с интеллектуальными.

Пусть $Z^i = \{z_0 = 0, z_1 = 1, \dots, z_k = z_{max}^i | z_{j+1} = z_j + 1, z_j \in \mathbb{Z}\}, i = 1, \dots, 4$ — множества, элементы которых являются неотрицательными значениями отрезков целочисленных числовых прямых. Определим дискретное пространство-время наблюдателя как множество $\mathbb{Z}^4 = \{Z^1 \times Z^2 \times Z^3 \times Z^4\}$. Обозначим через $z_i(z_{i1}, z_{i2}, z_{i3}, z_{i4})$ i -й элемент множества \mathbb{Z}^4 . Будем называть его также *-й точкой в пространстве-времени наблюдателя*, а значения z_{ij} — координатами этой точки.

Назовем *материей* $O = \{o_1^j, \dots, o_m^j\}$ — множество объектов (*объекты материи, объекты среды*) $o_i^j(q_{i1}^j, \dots, q_{in}^j) \in Q^n$, фиксируемых наблюдателем (*перцептивно значимых* для наблюдателя). Здесь $q_{ik}^j \in \mathbb{Z}, q_{ik}^j \geq 0$ — целочисленные неотрицательные свойства o_i^j -го объекта, находящегося в j -м состоянии, которые могут быть зафиксированы наблюдателем, а Q^n — пространство свойств объектов.

Сопоставим каждому значению свойства объекта целочисленное значение *энергии* $e(q_{ik}^j) = q_{ik}^j \geq 0$, которая понимается как субъективная (с точки зрения наблюдателя) мера способности объектов и явлений, внешних по отношению к данному объекту o_i^j , изменять конкретные свойства q_{ik}^j этого объекта. Мы будем называть эти характеристики также *энергией свойств*. Условно можно считать, что *полная энергия объекта* (или просто *энергия объекта*), рассматриваемого в нашей системе, в отличие от объекта реального мира, связана с работой, которую необходимо совершить для того, чтобы придать объекту те свойства, которыми он обладает. Отсюда, мы имеем возможность связать значения энергии с конкретными свойствами и считать, что *полная энергия объекта* o_i^j состоит из суммы значений энергии всех его свойств:

$$E(o_i^j) = \sum_{k=1}^n e(q_{ik}^j)$$

Среда $W = \{\mathbb{Z}^4 \times O\}$ (*мир*) воспринимается агентом как множество точек дискретного пространства-времени \mathbb{Z}^4 и множество объектов материи O , которые могут располагаться в любой из этих точек. Таким образом, эта среда, представляющая собой множество всевозможных состояний содержащихся в ней объектов, с точки зрения наблюдателя дискретна (а, может быть, как раз с этой точки зрения она континуальна).

Состояние j объекта o_i^j в точке (на шаге) дискретного времени t опишем как:

$$o_{it}^j(z_{i1}, z_{i2}, z_{i3}, t, q_{i1}^j, \dots, q_{in}^j) = o_{it}^j(z_i, o_i^j), o_i^j \in O, z_i \in \mathbb{Z}^4, o_{it}^j \in W$$

Будем считать, что:

$$\forall o_i^j \in O, \exists z_i \in \mathbb{Z}^4, \exists o_{it}^j(z_i, o_i^j) \in W, \nexists o_k^h \in O, k \neq i \wedge h \neq j, \nexists o_{kt}^h(z_i, o_k^h) \in W$$

Таким образом, каждому состоянию объекта материи всегда соответствует единственная точка в пространстве-времени и она не может соответствовать какому-либо другому объекту. Поэтому будем также называть среду W *множеством пространства-времени-материи (ПВМ)*, или *пространством*

состояний объектов. Использование дискретной модели ПВМ в данном случае оправдано тем, что наша задача состоит в описании субъективного восприятия (перцепции) наблюдателя, которое дискретно в силу наличия порогов чувствительности сенсоров и анализаторов наблюдателя, с помощью которых он получает данные для восстановления перцептивной картины (модели) внешней среды.

Пусть $c(o_{it}^j)$ — количество ненулевых значений свойств $q_{ix}^j > 0$ объекта o_i^j в точке времени t . Назовем элементарным явлением изменение состояния объекта с течением дискретного времени, шаг которого равен порогу чувствительности наблюдателя по времени:

$$p_l(o_{is}^j) = p_l o_{is}^j = p_l = \begin{cases} o_{if}^y, c(o_{it}^j) = c(o_{if}^y) \\ o_{kf}^h, c(o_{it}^j) \neq c(o_{kf}^h) \end{cases}$$

где $p_l: W \rightarrow W$ — оператор явления (или просто явление), который начинает действовать в момент времени $t = s$ и изменяет некоторые координаты z_{ij} объекта o_i^j и некоторые его свойства q_{ix}^j , соответственно, меняя значения энергии $e(q_{ik}^j)$ этих свойств и значение полной энергии объекта $E(o_i^j)$. Таким образом, в результате применения явления к объекту, он может увеличить, или уменьшить свою полную энергию за счет соответствующей модификации энергии свойств. В том случае, если полная энергия объекта увеличивается, или уменьшается, будем говорить, что объект, соответственно, приобретает, или теряет энергию.

Назовем энергией явления (или энергией оператора явления) (1) величину:

$$\Delta E(p_l) = E(o_i^y) - E(o_i^j)$$

Будем считать, что операторы $t_s(p_l) = s$ и $t_f(p_l) = f$ возвращают, соответственно, время начала и время окончания действия оператора.

Библиотека классов для реализации модели рекурсивного агента

Для реализации предложенной формализации была разработана библиотека классов на языке программирования C++, описывающая предложенные в работе конструкции. Состав библиотеки представлен на рисунке 1.

Иерархия классов в библиотеке представлена на рисунке 2.

Разработанная система классов служит основой реализации моделей и методов рекурсивной мультиагентной интеллектуальной обработки информации.

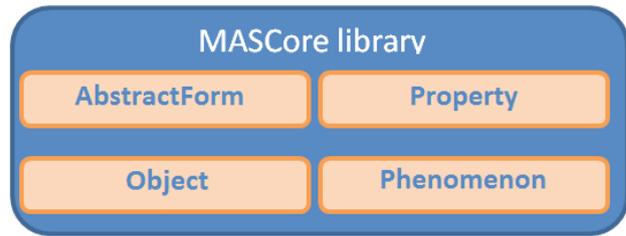


Рис. 1. структура библиотеке MASCore/

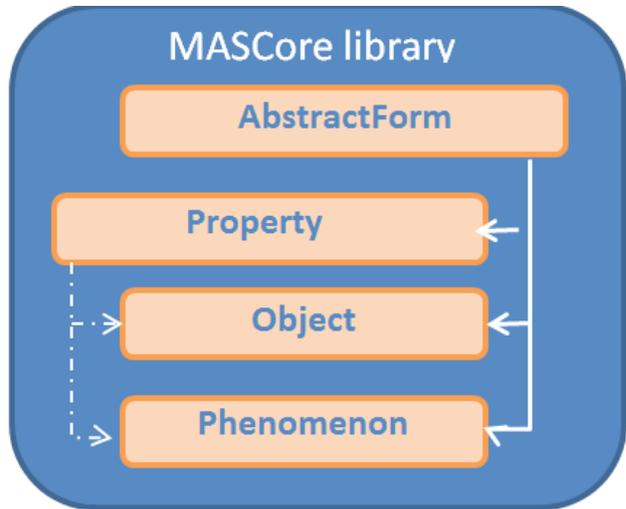


Рис. 2. Иерархия классов в библиотеке MASCore.

Сплошная линия — наследование класса, пунктирная линия — использование класса.

Заключение

В работе описана лишь часть разрабатываемой мультиагентной, рекурсивной, когнитивной архитектуры, однако предложенная реализация уже позволяет исследовать простейшие элементы взаимодействия агентов. В дальнейшем, усилия коллектива разработчиков будут направлены на доработку формального описания системы и ее компьютерной реализации.

Библиография

1. Нагоев З.В. Формализация агента для задачи синтеза интеллектуального поведения на основе рекурсивной когнитивной архитектуры.— Материалы международного конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям IS&IT12, 2–9 сентября, Дивноморское, 2012.
2. Nagoev Z. V. Multiagent recursive cognitive architecture.— Biologically Inspired Cognitive Architectures 2012, Proceedings of the third annual meeting of the BICA Society, in Advances in Intelligent Systems and Computing series, Springer, 2012, pp. 247–248.
3. Нагоев З.В, Нагоева О. В., Инвариант интеллектуальной фрактальной мультиагентной когнитивной архитектуры // Материалы II Международной конференции “Автоматизация управления и интеллектуальные системы и среды”, Т. II., 2011,— с. 195–199.
4. Нагоев З.В, Ошхунув М.М., Метод дискретно-динамических частиц в задачах механики деформируемого твердого тела // Известия РАН. Механика твердого тела, № 4, М.: Наука, 2011,— с. 155–169
5. Иванов П. М., Нагоев З. В. Самоорганизующаяся система принятия решений на основе автоматного представления рекурсивной мультиагентной когнитивной архитектуры для систем обволакивающего интеллекта. // Известия КБНЦ РАН, Нальчик: Издательство КБНЦ РАН, 2012, № 5 (49),— с. 30–37.

References (transliterated)

1. Nagoev Z. V. Formalizatsiya agenta dlya zadachi sinteza intellektual'nogo povedeniya na osnove rekursivnoi kognitivnoi arkhitektury.— Materialy mezhdunarodnogo kongressa po intellektual'nym sistemam i informatsionnym tekhnologiyam IS&IT12, 2–9 sentyabrya, Divnomorskoe, 2012.
2. Nagoev Z. V. Multiagent recursive cognitive architecture.— Biologically Inspired Cognitive Architectures 2012, Proceedings of the third annual meeting of the BICA Society, in Advances in Intelligent Systems and Computing series, Springer, 2012, pp. 247–248.
3. Nagoev Z.V, Nagoeva O. V., Invariant intellektual'noi fraktal'noi mul'tiagentnoi kognitivnoi arkhitektury // Materialy II Mezhdunarodnoi konferentsii “Avtomatizatsiya upravleniya i intellektual'nye sistemy i sredy”, T. II., 2011,— s. 195–199.
4. Nagoev Z.V, Oshkhunov M. M., Metod diskretno-dinamicheskikh chastits v zadachakh mekhaniki deformiruemogo tverdogo tela // Izvestiya RAN. Mekhanika tverdogo tela, № 4, M.: Nauka, 2011,— s. 155–169
5. Ivanov P. M., Nagoev Z. V. Samoorganizuyushchayasya sistema prinyatiya reshenii na osnove avtomatnogo predstavleniya rekursivnoi mul'tiagentnoi kognitivnoi arkhitektury dlya sistem obvolakivayushchego intellekta. // Izvestiya KBNTs RAN, Nal'chik: Izdatel'stvo KBNTs RAN, 2012, № 5 (49),— s. 30–37.