

УДК 004.81

Применение бирешеточных семантик в моделировании взаимодействия когнитивных роботов на автоматизированном складе

Сочельников Роман Андреевич andsacro@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

В работе предлагается метод повышения эффективности информационного взаимодействия когнитивных агентов и их групп с помощью построения бирешеточных семантик для поддержки их взаимопонимания и анализа данных семантик путем моделирования взаимодействия агентов. Для реализации метода используются современные подходы алгебраической логики, в частности, аппарат теории бирешеток. С помощью бирешеточных семантик проанализировано взаимодействие агентов на роботизированном складе. Взаимодействие промоделировано в среде AnyLogic. С помощью разработанных моделей количественно определены значения эффективности рассматриваемого метода.

Ключевые слова: когнитивный агент, взаимодействие, взаимопонимание, семантика, бирешетка, роботизированный склад

Введение. При построении любых интеллектуальных систем как многоагентных требуется моделировать процессы коммуникации агентов, их переговоры, диалоги. В контексте роботизированного склада основным видом взаимодействия является обмен информацией между двумя роботами при пересечении их траекторий движения. В данном случае им необходимо не только рассчитать оптимальный маршрут своего передвижения, но и учесть время, которое затратит на выполнение своей операции другой робот. При этом эффективную коммуникацию агентов нельзя обеспечить ни производственными правилами, в силу их неуниверсальности, ни просчетом всех возможных вариантов, что в масштабе всей системы ведет к большим затратам вычислительных, временных и денежных ресурсов. Следовательно, необходимо создать модель диалога между агентами.

Материалы и методы. В качестве механизма для анализа и формализации диалогов будем использовать аппарат теории бирешеток [1]. В частности, диалогическую бирешетку (рис. 1), введенную в [2]. Обоснованность ее использования для преодоления основных проблем, возникающих при организации взаимодействия когнитивных агентов, была описана в [3].

Кратко опишем диалогическую бирешетку. По порядку согласия $\leq_c$:

Цель — достижение согласия между агентами;

$(T_1, T_2) = T$ — «согласованная истина»; соглашение достигнуто в результате согласования мнений обоих агентов;

$(T_1, F_2) = I$ — «внутренняя истина»; соглашение на основе мнения первого агента;

$(F_1, T_2) = E$ — «внешняя истина»; соглашение на основе мнения второго агента;

$(F_1, F_2) = F$ — «согласованная ложь»; соглашение невозможно или взаимный отказ от согласования мнений.

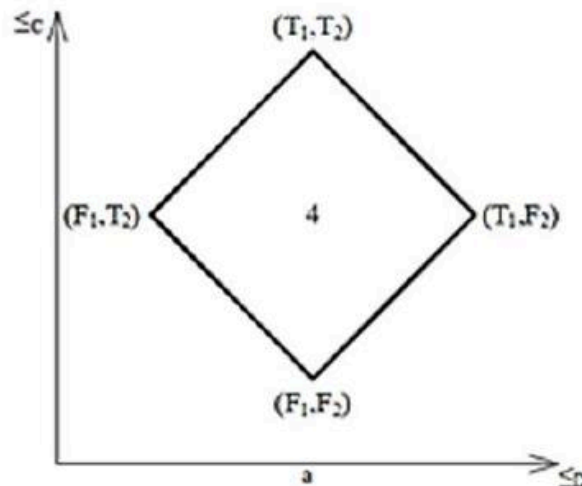


Рис. 1. Диалоговая бирешетка 4 (минимальнозначная невырожденная бирешетка)

В аргументационной семантике порядка диспута $\leq_D$:

Цель — победа первого агента;

T_i — «аргумент найден»;

F_i — «возражение не найдено»;

$(T_1, F_2) = I$ — победа в споре первого агента и поражение второго, поскольку первый агент нашел неопровержимый аргумент;

$(F_1, T_2) = E$ — поражение первого агента и победа второго;

$(T_1, T_2) = T$ — ничья; аргументы обоих агентов взаимно опровергаемы;

$(F_1, F_2) = F$ — отказ от спора.

Результаты. Рассмотрим несколько простых ситуаций. Предположим, что загруженному роботу надо доставить груз, проехав по узкому проходу между стеллажами, а свободный робот должен забрать груз из этого же стеллажа (рис. 2). Цель загруженного робота находится дальше по маршруту. Изначально роботы находятся на одинаковом расстоянии от въезда на маршрут и при отсутствии другого робота выйдут на него одновременно. Пустой робот может перемещаться под паллетами. Что в свою очередь либо целиком исключает время простоя из его операционного времени, либо сводит его к минимуму.

Следовательно, агентом № 1 должен выступать пустой робот. В таком случае, получается взаимное разрешение спора, так как аргумент первого агента, о том, что он может изменить свою траекторию и исключить ее пересечение с траекторией второго, и аргумент второго агента, о том, что он не может изменить свою траекторию на какую-либо другую, являются взаимно

опровергаемыми. Имеем ситуацию $T = (T_1, T_2)$, которая по порядку согласия $\leq_C$ интерпретируется как согласованная истина — соглашение между ними достигнуто в результате согласования мнений обоих агентов, а по порядку диспута $\leq_D$ — ничью.

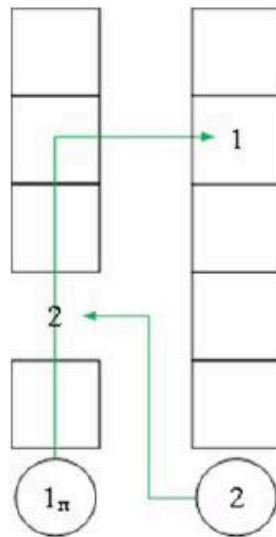


Рис. 2. Передвижение роботов в ситуации «Т-Т»

Дадим ситуации название «Т-Т» и промоделируем в среде AnyLogic, используя дискретно-событийный подход [4] и 2D-визуализацию (рис. 3). Один груз отправляется на хранение, другой груз забирается. Пустые роботы могут передвигаться под стоящими стеллажами.

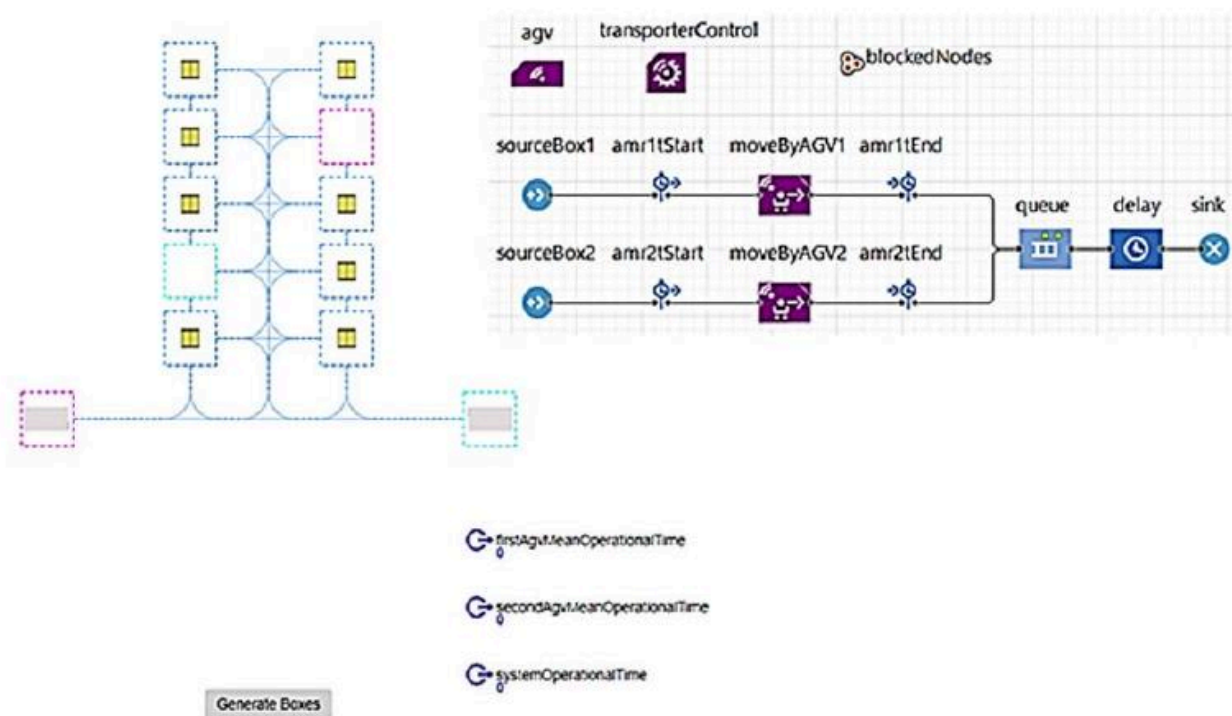


Рис. 3. Моделирование ситуации «Т-Т» в среде Anylogic

При моделировании на основании 10 операций измеряется среднее время операции каждого из агентов и максимальное операционное время системы. Результаты представлены в табл. 1.

Теперь рассмотрим эту же ситуацию, но оба робота загружены и должны доставить свои грузы (рис. 4). Очевидно, что для робота, цель которого ближе, время операции не сильно меняется в зависимости от того, проедет он вперед или нет, однако для другого робота имеет смысл проехать первым, чтобы не ждать пока первый будет маневрировать для установки паллеты на свободное место.

Таблица 1

Операционное время агентов в ситуации «Т-Т»

Параметр	Агент № 1 загружен	Агент № 1 разгружен
Среднее время выполнения операции первым агентом	61,965 с	83,325 с
Среднее время выполнения операции вторым агентом	83,119 с	40,656 с
Максимальное операционное время системы	83,293 с	83,698 с

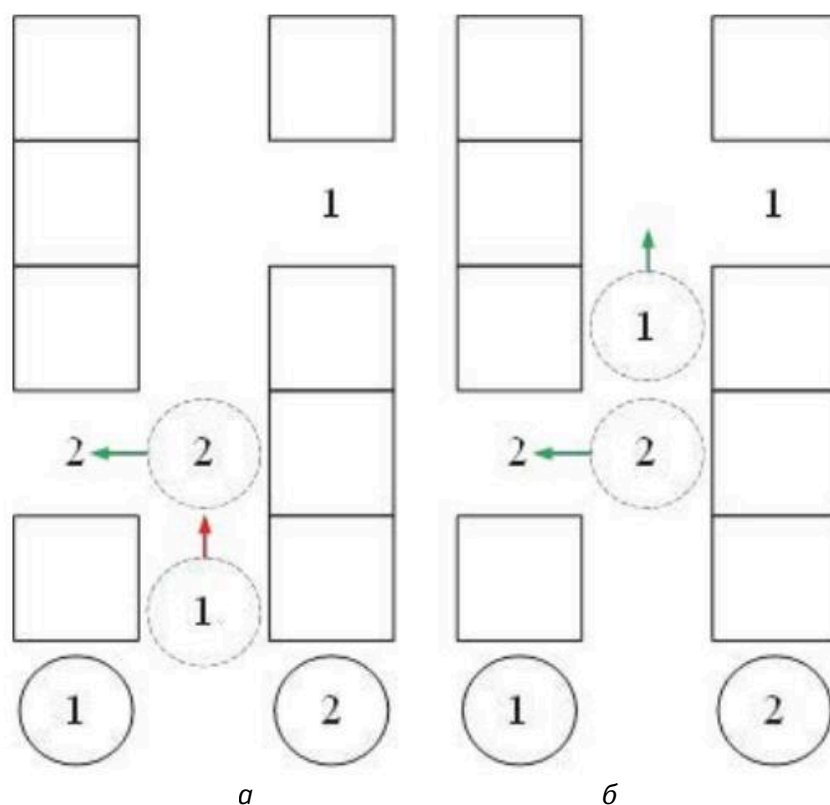


Рис. 4. Передвижение роботов в ситуации «2-4»:
 а — первым едет робот 1; б — первым едет робот 2

Необходимо заметить, что для корректной работы логического механизма агентом № 1 должен являться агент, место назначения которого дальше. Тогда с точки зрения логики диспута первый агент будет использовать неопровержимое заявление, контраргумент на которое не может быть найден. Следовательно, в споре будет побеждать первый агент $I = (T_1, F_2)$. Согласие в системе достигается на основе мнения первого агента.

Ситуация была названа «2-4» из-за удаленности в метрах свободных мест для стеллажей от начала маршрута. Система настроена таким образом, что роботы проходят узел intersection одновременно и вынуждены решать, кто из них поедет вперед (рис. 5).

Были проведены такие же измерения, как и в ситуации «Т-Т», результаты, представлены в табл. 2.

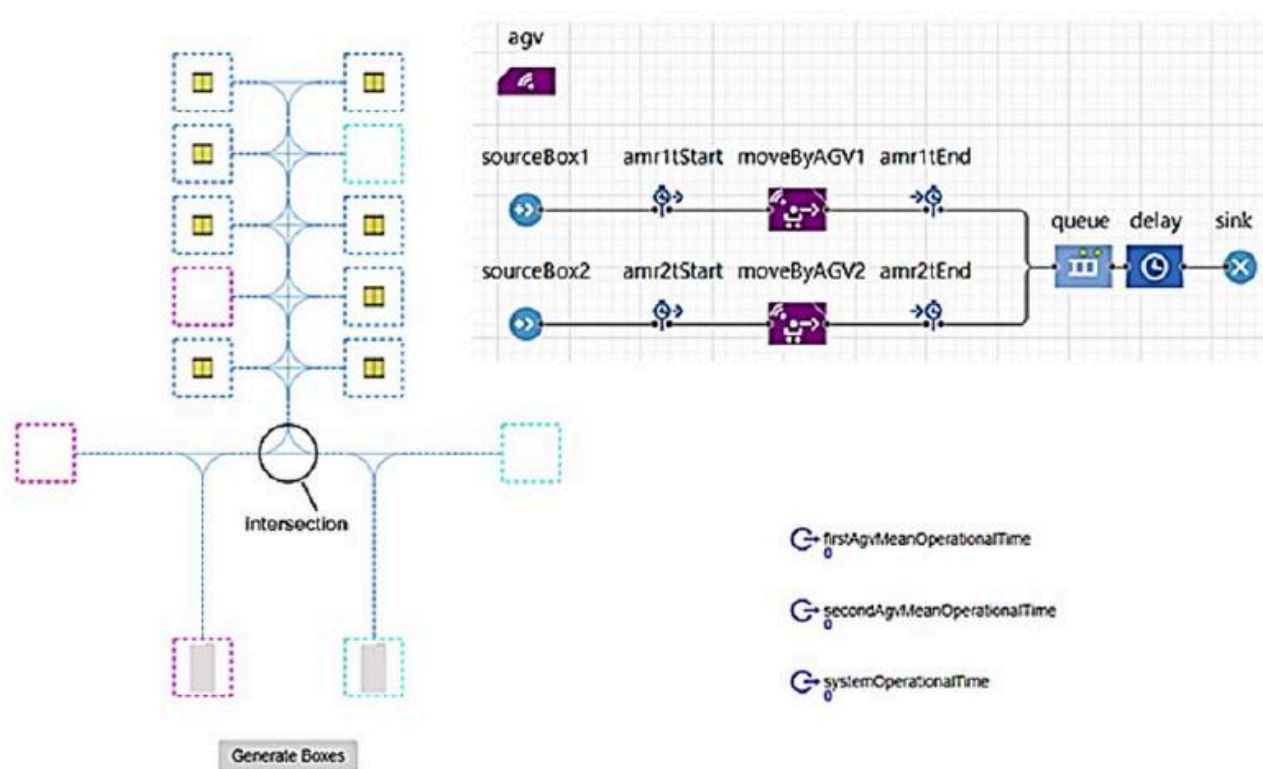


Рис. 5. Моделирование ситуации «2-4» в среде Anylogic

Таблица 2

Операционное время агентов в ситуации «2-4»

Параметр	Цель агента № 1 ближе	Цель агента № 1 дальше
Время выполнения операции первым агентом	72,688 с	82,700 с
Время выполнения операции вторым агентом	92,407 с	79,800 с
Максимальное операционное время системы	92,604 с	83,052 с

Обсуждение полученных результатов. Анализируя полученные результаты, получаем. В случае «Т-Т»:

- операционное время системы (83,293 с при первом загруженном агенте и 83,698 с при первом пустом агенте) не зависит от того, какой агент имеет первый индекс, разница всего на 0,405 с или 0,5 %;

- если агент № 1 пустой (как было предложено при анализе ситуации), то его операционное время 40,656 с, если загружен, то 61,965 с), следовательно, свободный агент, который может приступить к выполнению новой операции, появляется на 21,309 с или 34 % быстрее.

В случае «2-4»:

- когда цель агента № 1 ближе, его операционное время 72,688 с, если же цель агента дальше, то 79,800 с, следовательно получаем свободного агента на 7,112 с быстрее;

- когда цель агента № 1 дальше, выигрыш операционного времени системы составляет $92,604 - 83,052 = 9,552$ с или 10,3 %. Этот параметр более важен, так как отражает эффективность всей системы. Кроме того, при масштабировании системы разница во времени будет только увеличиваться.

Заключение. Рассмотренная бирешеточная семантика является рабочим инструментом организации взаимодействия между когнитивными агентами и может применяться для улучшения информационного взаимодействия когнитивных агентов в различных системах, а следовательно, ее можно воспринимать как средство оптимизации многоагентной системы в целом.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта № 20-07-00506.*

Список источников

- [1] Ginsberg M. Multivalued Logics: A Unified Approach to Reasoning in AI. Computer Intelligence, 1988, vol. 4, pp. 256–316.
- [2] Тарасов В.Б., Смагин С.В. Диалогика — теоретическая основа изучения взаимодействия агентов в интеллектуальных САПР новых поколений. *Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР»*, 2008, № 9 (86), с. 64–73.
- [3] Сочельников Р.А., Королева М.Н. Бирешеточные семантики для поддержки взаимопонимания когнитивных агентов. *Робототехника и искусственный интеллект. Материалы XIV Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием: сб. ст.* Красноярск, ЛИТЕРА-принт, 2022, с. 179–184.
- [4] Блог компании AnyLogic. Справка AnyLogic. URL: <https://help.anylogic.ru> (дата обращения 15.08.2024).

Application of bilattice semantics in modeling the interaction of cognitive robots in an automated warehouse

Sochelnikov Roman A. andsocro@gmail.com

BMSTU, Moscow, Russia

This paper examines a mechanism for enhancing the efficiency of information interaction among cognitive agents and their groups, based on the construction of bi-lattice semantics to support agents' mutual understanding and analysis of these semantics by modeling the interaction of agents. For implementation, methods of modern approaches to algebraic logic were used, in particular, the apparatus of the bilattice theory. Using bilattice semantics, the interaction of agents in a robotic warehouse was analyzed. The interaction was modeled in the AnyLogic. Based on the developed models, the efficiency value of the method is quantitatively preserved.

Keywords: cognitive agent, interaction, mutual understanding, semantics, bilattice, robotic warehouse