

Расширенное объектно-ориентированное моделирование планировщиков интеллектуальных информационных агентов

Л. К. Птицына¹, А. О. Жаранова², Н. А. Птицын³
Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
¹ptitsina_lk@inbox.ru, ²zharanovaan@gmail.com,
³nikita_pti@inbox.ru

М. П. Белов
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
milesa58@mail.ru

Аннотация. Актуализировано развитие систем искусственного интеллекта для информационных инфраструктур. Описано предназначение модельно-аналитического интеллекта программных информационных агентов. Предложен процессный подход к моделированию планировщиков интеллектуальных информационных агентов. Представлено семейство расширенных объектно-ориентированных моделей планировщиков. Определен метод генерации знаний о профилях качества планировщиков. Приведены и проанализированы результаты аналитического моделирования планировщиков интеллектуальных информационных агентов.

Ключевые слова: искусственный интеллект; информационный агент; планировщик; расширенная модель; метод; модельно-аналитический интеллект; качество

I. АКТУАЛЬНОСТЬ

Одним из приоритетных направлений развития цифровой экономики предусматривается создание и расширение областей применения средств и систем искусственного интеллекта для организации, реализации и сопровождения различных видов деятельности. Благодаря интенсивному развитию инфотелекоммуникационных ресурсов непрерывно разрастается объем работ различных видов деятельности, выполняемых в средах информационных инфраструктур. При этом эффективность такой деятельности находится в непосредственной зависимости от характера и интеллектуальных возможностей среды информационной инфраструктуры. Современные достижения научного направления знаний по искусственному интеллекту развиваются по пути совершенствования вычислительного интеллекта, функциональность которого распределяется между программными интеллектуальными агентами [1, 2, 3]. В средах информационных инфраструктур вычислительный интеллект ассоциируется с интеллектуальными информационными агентами. При подобной парадигме степень интеллектуальности среды информационной инфраструктуры предопределяется интеллектуальным функционалом программных информационных агентов. В свою очередь интеллектуальный потенциал информационных агентов обеспечивается планировщиками их действий. Дополнение планировщиков программных информационных агентов модельно-аналитическим

интеллектом ориентируется на повышение степени интеллектуальности среды информационной инфраструктуры и обеспечение управляемости качеством их функционирования.

Известные результаты исследований подсистем планирования [1, 2, 3, 4, 5, 6] оставляют открытыми вопросы формирования их модельно-аналитического интеллекта. В связи с этим предлагается процессный подход к моделированию планировщиков интеллектуальных информационных агентов, в ходе которого формируется их модельно-аналитический интеллект.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Современные системы планирования в большинстве своём опираются на алгоритм планирования действий SNLP, характеризующийся системностью, полнотой и корректностью [1, 4, 5, 6].

По этой причине предлагаемый процессный подход к моделированию планировщиков интеллектуальных информационных агентов раскрывается на примере построения и анализа расширенной объектно-ориентированной модели планировщика действий, использующего алгоритм SNLP.

При формировании расширенной объектно-ориентированной модели планировщика действий предусматривается: определение класса диаграмм деятельности; представление состава ресурсов информации; описание видов и статических характеристик действий; перечисление отношений предшествования для самих действий и их стохастических свойств; определение специфики соподчинённых действий и вероятностей их выполнения.

Алгоритм SNLP оперирует набором целевых предусловий A для плана P (рис. 1, 2). Функцией $Back(P,G)$ предусматривается выполнение следующих рассматриваемых действий. В случае, когда множество A пусто, происходит возврат решения. В противном случае передается значение в функцию $Back2(P,G)$. Функция $Back2(P,G)$ возвращает значение «продолжить», но только в случае, если плановая длина не превысила установленное ограничение. В случае, когда множество A не является пустым, но длина плана превысила установленное ограничение, происходит возврат значения «нет решений». Процедура $SNLP_rand$ позволяет осуществить случайный выбор цели среди

целевых предусловий $A \langle c, t \rangle$ (где c – предусловие оператора, которое соответствует шагу t). При этом возможно исключение цели $\langle c, t \rangle$ из множества A ($A = A - \langle c, t \rangle$). В процедуре $SNLP_inst$ осуществляется выбор уже существующего шага или выбор нового шага t' для цели $\langle c, t \rangle$. В результате выбранного шага устанавливается условие «с» для шага «t» (в случае если шаг t' отсутствует, как и возможность его добавления, происходит возврат к предшествующей точке). В процедуре $SNLP_point$ добавляются ограничения, которые являются вспомогательными и гарантирующими то, что выполненное уточнение плана, реализованное при помощи защитной стратегии уточнений, обеспечивающей поиск систематикой, будет сохранено.

Процедура $SNLP_conf$ используется для определения и устранения конфликтов. Каждый из конфликтов подвергается двум уточнениям плана с помощью ограничений.

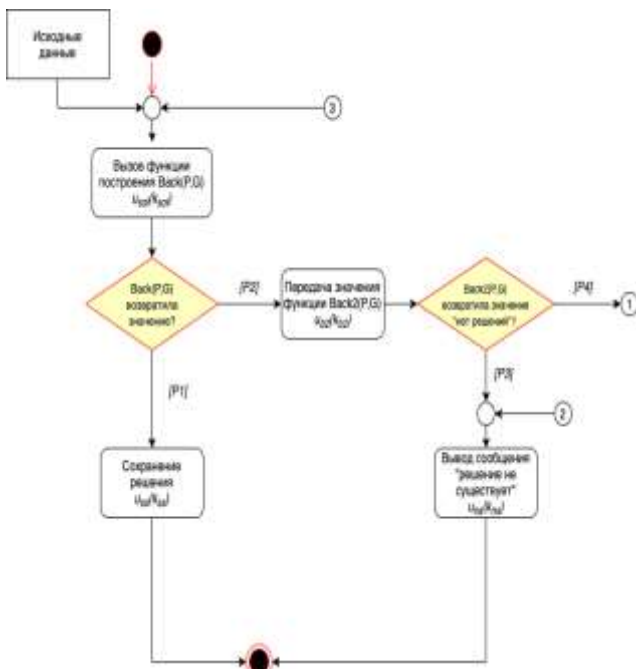


Рис. 1. Расширенная объектно-ориентированная модель планировщика

С помощью функции $SNLP_pass$ выполняются следующие рассматриваемые действия. В случае, когда план не обладает целостностью, происходит возврат значения «нецелостный план», в противном случае возвращается значение «целостный план». В качестве нарушений целостности плана выступают: 1) присутствие циклов в очереди следования операторов, 2) присутствие совместной и несовместной инициализации для двух переменных одновременно.

В расширенной модели планировщика, использующего алгоритм $SNLP$, фигурируют следующие представления характеристик действий процесса его функционирования:

$u_{sol}(k_{sol}), k_{sol} = 1, 2, \dots, K_{sol}$ – плотность распределения вероятностей k_{sol} дискретного времени выполнения действия по вызову функции построения решений $Back(P,G)$;

$u_{b2}(k_{b2}), k_{b2} = 1, 2, \dots, K_{b2}$ – плотность распределения вероятностей k_{b2} дискретного времени выполнения действия по вызову функции передачи значения $Back2(P,G)$;

$u_{ss}(k_{ss}), k_{ss} = 1, 2, \dots, K_{ss}$ – плотность распределения вероятностей k_{ss} дискретного времени выполнения действия по сохранению решения;

$u_{ns}(k_{ns}), k_{ns} = 1, 2, \dots, K_{ns}$ – плотность распределения вероятностей k_{ns} дискретного времени выполнения действия по выводу сообщения «решение не существует»;

$u_{pp}(k_{pp}), k_{pp} = 1, 2, \dots, K_{pp}$ – плотность распределения вероятностей k_{pp} дискретного времени выполнения действия по выбору из множества P цели $\langle c, t \rangle$ с помощью процедуры $SNLP_rand$;

$u_e(k_e), k_e = 1, 2, \dots, K_e$ – плотность распределения вероятностей k_e дискретного времени выполнения действия по подтверждению цели c с помощью процедуры $SNLP_inst$;

$u_{woc1}(k_{woc1}), k_{woc1} = 1, 2, \dots, K_{woc1}$ – плотность распределения вероятностей k_{woc1} дискретного времени выполнения действия по записи варианта уточнения плана;

$u_s(k_s), k_s = 1, 2, \dots, K_s$ – плотность распределения вероятностей k_s дискретного времени выполнения действия по регистрации уточнения: добавление вспомогательных ограничений, гарантирующих сохранность сделанного уточнения с помощью процедуры $SNLP_point$;

$u_i(k_i), k_i = 1, 2, \dots, K_i$ – плотность распределения вероятностей k_i дискретного времени выполнения действия по разрешению конфликтов с помощью процедуры $SNLP_conf$;

$u_{woc2}(k_{woc2}), k_{woc2} = 1, 2, \dots, K_{woc2}$ – плотность распределения вероятностей k_{woc2} дискретного времени выполнения действия по записи варианта уточнения плана;

$u_{wp}(k_{wp}), k_{wp} = 1, 2, \dots, K_{wp}$ – плотность распределения вероятностей k_{wp} дискретного времени выполнения действия по записи плана;

$u_{sp}(k_{sp}), k_{sp} = 1, 2, \dots, K_{sp}$ – плотность распределения вероятностей k_{sp} дискретного времени выполнения действия по сохранению плана.

В ходе планирования реализуется выбор альтернативных вариантов выполнения действий. Для описания возможностей выбора определяется количество узлов решения, номер каждого узла решения, количество вариантов альтернативного выполнения действий после каждого решения и вероятности ветвлений, удовлетворяющих условию полной группы несовместных событий:

$$\sum_{a=1}^{A_n} P_{n,a} = 1, n = 1, 2, \dots, N$$

где n – номер узла решения; A_n – количество альтернативных вариантов поведения после решения n ; N – количество узлов решения. В исследуемом случае $N=5$.

При расширении объектно-ориентированной модели планировщика действий отражаются статистические свойства выполняемых действий в виде плотностей распределений вероятностей дискретного времени их реализации $u(k_{x,x})$, $k_{x,x} = 1, 2, \dots, K_{x,x}$, удовлетворяющих следующему условию

$$\sum_{k_{x,x}=1}^{K_{x,x}} u(k_{x,x}) = 1.$$

Полный статистический профиль качества подсистем планирования действий интеллектуальных информационных агентов формируется на основе определения плотности распределения вероятностей дискретного времени построения плана. Для определения подобного рода характеристики предлагается метод, основанный на преобразовании построенной расширенной объектно-ориентированной модели планировщика. В предлагаемом методе преобразование осуществляется поэтапно.

Этап 1. Выделение в модели множества действий, в которых после некоторого действия активизируется вероятный возврат к его реализации, с наличием плотности в обратной связи, замена действий из выделенной группы новым узлом укрупнённого действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения.

Этап 2. Выделение в модели планирования последовательностей узлов действий, замена каждой последовательности новым узлом более сложного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения.

Этап 3. Нахождение в модели планирования группы узлов альтернативных действий, замена новым узлом более сложного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения.

Этап 4. Выделение в модели множества действий, в которых после некоторого действия активизируется вероятный возврат к его реализации, с наличием плотности в обратной связи, замена действий из выделенной группы новым узлом укрупнённого действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения.

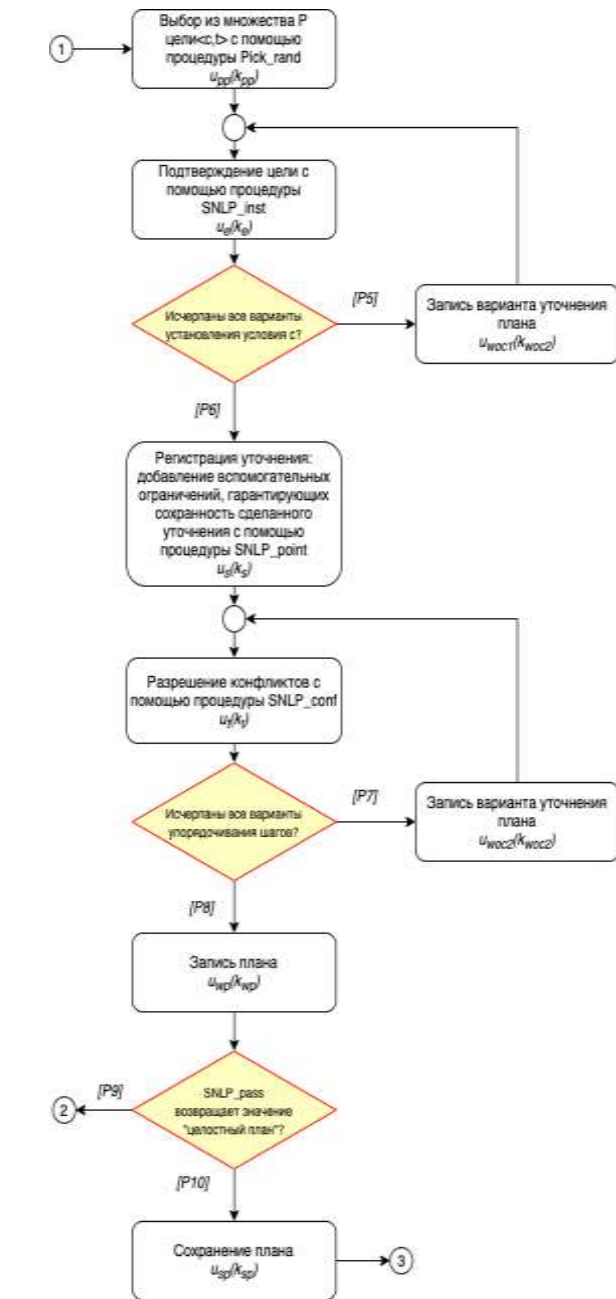


Рис. 2. Расширенная объектно-ориентированная модель планировщика (продолжение)

Этап 5. Выделение последовательностей узлов новых более сложных действий, замена каждой выделенной последовательности новым узлом укрупнённого действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности его выполнения.

Этап 6. Определение показателей качества функционирования – математического ожидания, дисперсии дискретного времени планирования действий интеллектуального информационного агента и риска срыва установленного временного регламента.

Для выполнения первого этапа предложенного метода плотности распределений вероятностей дискретных времен выполнения действий, задействованных при реализации обратных связей, представляются в матричном виде:

$$P_e = \begin{bmatrix} 0 & u_e(N_e) & u_e(N_e-1) & u_e(N_e-2) & \dots & u_e(1) \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$$P_{woc1} = \begin{bmatrix} 0 & u_{woc1}(N_{woc1}) & u_{woc1}(N_{woc1}-1) & u_{woc1}(N_{woc1}-2) & \dots & u_{woc1}(1) \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$$P_t = \begin{bmatrix} 0 & u_t(N_t) & u_t(N_t-1) & u_t(N_t-2) & \dots & u_t(1) \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$$P_{woc2} = \begin{bmatrix} 0 & u_{woc2}(N_{woc2}) & u_{woc2}(N_{woc2}-1) & u_{woc2}(N_{woc2}-2) & \dots & u_{woc2}(1) \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

В процесс нахождения эквивалентных характеристик, представленных в выделенных этапах, вводятся и преобразования, раскрытые в [7].

В ходе выполнения выделенных этапов формируется модельно-аналитический интеллект планировщика, использующего алгоритм SNLP.

Проведенный анализ полученных результатов моделирования выявил возможность их использования и для других планировщиков, в которых задействованы алгоритмы планирования действий, являющиеся усечёнными версиями алгоритма SNLP.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые исследования характеризуются научной новизной, которая заключается в следующем:

- расширен модельный ряд планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов за счет построения расширенной объектно-ориентированной модели подсистемы планирования, использующей алгоритм SNLP;
- предложен метод анализа расширенной объектно-ориентированной модели подсистемы планирования, использующей алгоритм SNLP.

Практическая значимость проведённых исследований предопределяется обеспечением возможности формирования новых знаний об изменении качества функционирования планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов в зависимости от вариаций в их параметрическом и характеристическом пространстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. 2 изд. М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. 1408 с.
- [2] Птицын А.В. Методологический базис агентных технологий для обеспечения информационной защищённости // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2015. Т. 7. No 1. С. 50-55.
- [3] Птицына Л.К., Лебедева А.А., Белов М.П. Формирование модельно-аналитического интеллекта для реактивных инфокоммуникационных сред // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2016. Т. 1. No секции 1-3. С. 324-326.
- [4] Птицына Л.К. Методология генерации модельно-аналитического интеллекта сервис-ориентированных систем с гарантиями качества // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4 т. / Под ред. С.В. Бачевского, сост. А.Г. Владыко, Е.А. Аникевич. СПб.: СПбГУТ, 2017. Т. 3. С. 351-354.
- [5] Птицына Л.К., Кондратьев Д.А., Эльсабаяр Шевченко Н. Выбор алгоритма планирования для интеллектуальных сервис-ориентированных систем // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4 т. / Под ред. С.В. Бачевского, сост. А.Г. Владыко, Е.А. Аникевич. СПб.: СПбГУТ, 2017. Т. 3. С. 277-282.
- [6] Птицына Л.К., Добрецов С.В. Интеллектуальные технологии и представление знаний. Планирование действий интеллектуальных агентов в информационных сетях: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. 172 с.
- [7] Коткина М.С., Птицына Л.К. Анализ влияния структурной композиции на статистический профиль планировщиков интеллектуальных информационных агентов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. IX-я Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. научных статей. СПб.: СПбГУТ, 2020. С. 435-439.