

Система представления знаний о планировщиках интеллектуальных информационных агентов

Knowledge representation system about planners of intelligent information agents

doi 10.26310/2071-3010.2023.293.3.013



Л. К. Птицына,

д. т. н., профессор, зав. кафедрой, кафедра информационных управляющих систем, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
✉ ptitsina_lk@inbox.ru

L. K. Ptitsina,

doctor of science, professor, head of department, department of information and control systems, Bonch-Bruevich Saint Petersburg university of telecommunications, department of information and control systems



Н. Эль Сабаяр Шевченко,

старший преподаватель, кафедра информационных управляющих систем, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
✉ nzs.vus@gmail.com

N. El Sabajar Shevchenko,

senior teacher, department of information and control systems, Bonch-Bruevich Saint Petersburg university of telecommunications, department of information and control systems



Н. А. Птицын,

студент группы ИСТ-911, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
✉ nikita_pti@inbox.ru

N. A. Ptitsin,

student, Bonch-Bruevich Saint Petersburg university of telecommunications, department of information and control systems



М. П. Белов,

д. т. н., профессор, зав. кафедрой, кафедра робототехники и автоматизации производственных систем, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)
✉ milesa58@mail.ru

M. P. Belov,

doctor of science, professor, head of department, department of robotics and manufacturing systems automation, Saint Petersburg electrotechnical university «LETI»

В статье представлены основания для актуальности расширения знаний о планировщиках действий интеллектуальных информационных агентов. Выделены ключевые направления необходимого расширения в контексте развития цифровой экономики. Предложена концепция формирования системы представления знаний о планировщиках действий интеллектуальных информационных агентов. Описаны базовые компоненты профилей качества рассматриваемых артефактов. Определены классы моделей планировщиков действий и методов их анализа. Рассмотрены сформированные составляющие системы представления знаний о типовых планировщиках действий интеллектуальных информационных агентов.

The article presents the reasons for the relevance of expanding knowledge about the action planners of intelligent information agents. The key areas for the necessary expansion in the context of the development of the digital economy are identified. The concept of forming a system for representing knowledge about the action planners of intelligent information agents is proposed. The basic components of the quality profiles of the considered artifacts are described. Classes of models of action planners and methods for their analysis are defined. The formed components of the knowledge representation system about typical action planners of intelligent information agents are considered.

Ключевые слова: интеллектуальные технологии, интеллектуальный агент, планировщик, представление знаний, профиль, качество, модель, метод, система.

Keywords: intellectual technologies, intelligent agent, scheduler, representation of knowledge, profile, quality, model, method, system.

1. Актуальность

По мере развития цифровой экономики расширяется масштабность информационных инфраструктур. Информационные инфраструктуры наполняются современными ресурсами, позволяющими сопровождать различные сферы деятельности. В условиях цифровой трансформации для повышения производительности труда и качества работ, выполняемых в средах информационных инфраструктур, применяются средства и системы искусственного интеллекта. В области знаний по искусственному интеллекту высшей формой его организации, предназначенной для информационных инфраструктур, считаются интеллектуальные информационные агенты [1-3]. Подобное признание обеспечивается способностью интеллектуальных информационных агентов планировать их деятельность. В связи с этим в области искусственного интеллекта непрерывно накапливаются знания по организации, алгоритмическому обеспечению, свойствам, вычис-

лительной сложности и качеству функционирования планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов. В исследованиях организации планировщиков занимаются вариациями в объединении различных алгоритмов планирования применительно к изменениям в окружающей среде [2].

При систематизации свойств планировщиков выделяются их специфические и универсальные свойства. Уровень обладания планировщиком действий интеллектуальных информационных агентов тем или иным свойством выясняется различными способами. К числу подобных способов относятся [2-6]:

- доказательства формулируемых теорем;
- имитационное моделирование;
- экспериментальные исследования практических реализаций;
- применение нейросетевых формализаций, обеспечивающих преодоление априорной неопределенности зависимости качества планирования от параметров его алгоритмического обеспечения;

- анализ эффективности функционирования интеллектуальных информационных агентов по спланированному сценарию действий.

Накапливаемые знания объединяются в систему, позволяющую ускорить жизненный цикл проектирования интеллектуальных информационных агентов и выбирать при проектировании наилучший вариант их архитектуры применительно к той сфере деятельности, для которой они предназначаются.

При развитии цифровой экономики, ориентированном на повышение качества выполняемых работ в любой сфере деятельности, наибольшей значимостью характеризуются исследования, обеспечивающие интеллектуализацию управления качеством информационных систем и технологий. В связи с этим ключевые направления расширения знаний о планировщиках действий интеллектуальных информационных агентов в контексте развития цифровой экономики находятся в непосредственной зависимости от исследований, результаты которых выводят на создание средств управления их качеством. К этому руслу исследований относятся работы, опирающиеся на процессный подход к моделированию планировщиков интеллектуальных информационных агентов, в ходе которого формируется модельно-аналитический интеллект для управления их качеством [7-10].

При процессном подходе генерируемый модельно-аналитический интеллект может использоваться в реальных условиях функционирования планировщиков с гарантированным качеством. Однако сгенерированный в [10] модельно-аналитический интеллект планировщиков распространяется лишь на случай использования алгоритма SNLP, характеризующегося системностью, полнотой и корректностью [1-3]. В связи с этим актуализируется объективная необходимость расширений модельно-аналитического интеллекта планировщиков.

2. Основное содержание

В предлагаемой концепции формирования системы представления знаний о планировщиках действий интеллектуальных информационных агентов предусматриваются дополнения имеющихся накопленных знаний по организации, алгоритмическому обеспечению, свойствам, вычислительной сложности и качеству функционирования планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов. Дополнения касаются введения в систему новых объектов в виде модельно-аналитических интеллектов планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов. Первым подобным дополнением является модельно-аналитический интеллект планировщика, использующего алгоритм SNLP [10].

В представляемом исследовании раскрывается процесс генерации нового дополнения. Оно касается планирования действий интеллектуальных информационных агентов на основе алгоритма TWEAK, являющегося частным случаем обобщенного алгоритма планирования [2, 3]. В отличие от алгоритма планирования действий SNLP в алгоритме TWEAK

не используются ограничения для регистрации уточнения плана. В вычислительном отношении алгоритм TWEAK считается облегченной и быстрой версией. Он относится к разряду типовых алгоритмов.

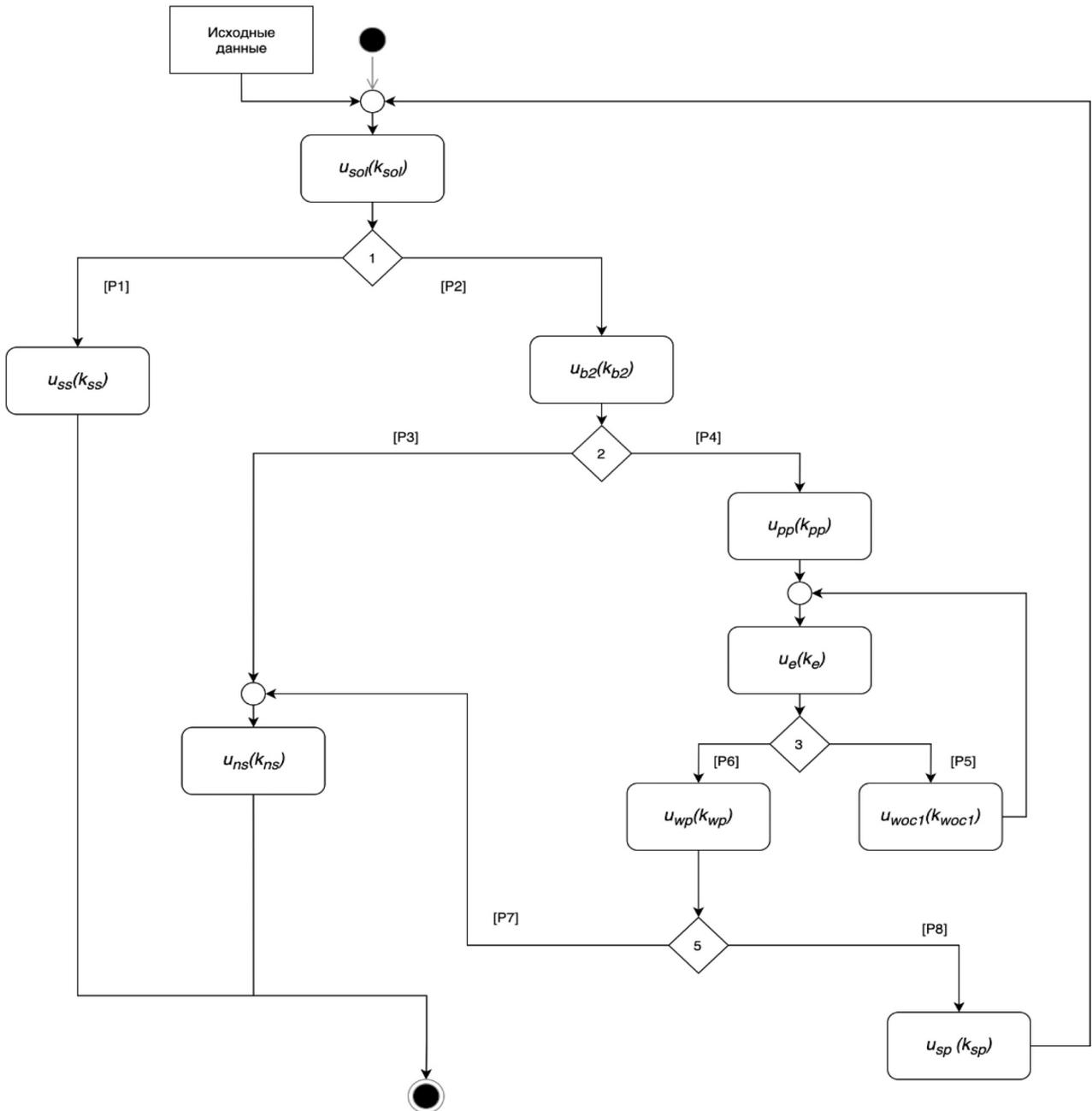
В силу указанных обстоятельств анонсированный процессный подход к моделированию планировщиков интеллектуальных информационных агентов применяется для построения и анализа расширенной объектно-ориентированной модели планировщика действий, реализующего алгоритм TWEAK.

Роль базовых компонентов профилей качества анализируемых планировщиков закрепляется за плотностью вероятностей дискретного времени планирования, его математическим ожиданием и дисперсией, а также риском срыва временного регламента планирования действий.

Генерация модельно-аналитических интеллектов планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов начинается с формирования их расширенных объектно-ориентированных моделей. Формируемые модели являются расширениями класса диаграмм деятельности и класса конечных автоматов. На этом этапе применяются принципы построения моделей, изложенные в [7, 10, 11]. Рассматриваемая модель (рисунок) построена в полном соответствии с алгоритмом TWEAK, описанном в [2, 3].

При построении расширенной объектно-ориентированной модели планировщика действий интеллектуальных информационных агентов, реализуемого на основе алгоритма TWEAK, отражаются статистические характеристики выполняемых действий. Для представления статистических характеристик выполняемых действий вводятся следующие математические объекты:

- $u_{sol}(k_{sol}), k_{sol}=1, 2, \dots, K_{sol}$ — плотность распределения вероятностей k_{sol} дискретного времени вызова и реализации функции построения решений $\text{Back}(P, G)$;
- $u_{b2}(k_{b2}), k_{b2}=1, 2, \dots, K_{b2}$ — плотность распределения вероятностей k_{b2} дискретного времени вызова и реализации функции передачи значения $\text{Back2}(P, G)$;
- $u_{ss}(k_{ss}), k_{ss}=1, 2, \dots, K_{ss}$ — плотность распределения вероятностей k_{ss} дискретного времени сохранения решения;
- $u_{ns}(k_{ns}), k_{ns}=1, 2, \dots, K_{ns}$ — плотность распределения вероятностей k_{ns} дискретного времени вывода сообщения «решение не существует»;
- $u_{pp}(k_{pp}), k_{pp}=1, 2, \dots, K_{pp}$ — плотность распределения вероятностей k_{pp} дискретного времени выбора из множества P цели $\langle c, t \rangle$ посредством выполнения процедуры SNLP_rand ;
- $u_e(k_e), k_e=1, 2, \dots, K_e$ — плотность распределения вероятностей k_e дискретного времени подтверждения цели посредством выполнения процедуры SNLP_inst ;
- $u_{woc1}(k_{woc1}), k_{woc1}=1, 2, \dots, K_{woc1}$ — плотность распределения вероятностей k_{woc1} дискретного времени записи варианта уточнения плана;



Расширенная объектно-ориентированная модель планировщика TWEAK

- $u_{wp}(k_{wp}), k_{wp}=1, 2, \dots, K_{wp}$ — плотность распределения вероятностей k_{wp} дискретного времени записи плана;
- $u_{sp}(k_{sp}), k_{sp}=1, 2, \dots, K_{sp}$ — плотность распределения вероятностей k_{sp} дискретного времени сохранения плана.

Согласно методам определения статистических показателей качества, представленным в [6, 8-11], осуществляется преобразование построенной расширенной объектно-ориентированной модели с одновременным определением плотностей вероятностей времен выполнения групп объединяемых действий.

Первым действием является преобразование цикла с обратной связью действий, описываемых плотностями $u_e(k_e), u_{woc1}(k_{woc1})$. На основе обобщенного матричного описания находится плотность распределения вероятностей времени выполнения

преобразуемого фрагмента посредством следующего преобразования:

$$u_{e, woc1}(k_{e, woc1}) = P_{e, woc1, 1, (N_e + N_{woc1} + 2)}^{(k_{e, woc1})} \cdot P_{e, woc1, 1, (N_e + N_{woc1} + 2)}^{(k_{e, woc1} - 1)},$$

$$k_{e, woc1} = 1, 2, \dots, K_{e, woc1},$$

где

$$P_{e, woc1, 1, (N_e + N_{woc1} + 2)}^{(k_{e, woc1})}$$

— $(1, (N_e + N_{woc1} + 2))$ -й элемент матрицы, полученной после возведения в степень $k_{e, woc1}$ матрицы $P_{e, woc1}$;

$$P_{e, woc1, 1, (N_e + N_{woc1} + 2)}^{(k_{e, woc1} - 1)}$$

— $(1, (N_e + N_{woc1} + 2))$ -й элемент матрицы, полученной после возведения в степень $(k_{e, woc1} - 1)$ матрицы $P_{e, woc1}$.

Матрица $P_{e, \omega oc1}$ формируется согласно методу, раскрытому в [10, 11].

Далее определяется плотность для действий, представляемых плотностями $u_{pp}(k_{pp})$, $u_{e, \omega oc1}(k_{e, \omega oc1})$:

$$u_{pp, e, \omega oc1}(k_{pp, e, \omega oc1}) = \sum_{\min k_{pp}}^{\max k_{pp}} u_{pp}(k_{pp}) u_{e, \omega oc1}(k_{pp, e, \omega oc1} - k_{pp}),$$

$$k_{pp, e, \omega oc1} = \min(k_{pp} + k_{e, \omega oc1}), \dots, \max(k_{pp} + k_{e, \omega oc1}).$$

Следующим этапом является преобразование последовательности из действий, характеризующихся плотностями $u_{pp, e, \omega oc1}(k_{pp, e, \omega oc1})$, $u_{wp}(k_{wp})$:

$$u_{pp, e, \omega oc1, wp}(k_{pp, e, \omega oc1, wp}) =$$

$$= \sum_{\min k_{pp, e, \omega oc1}}^{\max k_{pp, e, \omega oc1}} u_{pp, e, \omega oc1}(k_{pp, e, \omega oc1}) u_{wp}(k_{pp, e, \omega oc1, wp} - k_{pp, e, \omega oc1}),$$

$$k_{pp, e, \omega oc1, wp} = \min(k_{pp, e, \omega oc1} + k_{wp}), \dots, \max(k_{pp, e, \omega oc1} + k_{wp}).$$

Для упрощения восприятия вводится следующее обозначение:

$$u_{pp, e, \omega oc1}(k_{pp, e, \omega oc1}) = u_{f1}(k_{f1}).$$

Последующим этапом является преобразование последовательности из действий, определяемых плотностями $u_{b2}(k_{b2})$, $u_{ns}(k_{ns})$:

$$u_{b2, ns}(k_{b2, ns}) = \sum_{\min k_{b2}}^{\max k_{b2}} u_{b2}(k_{b2}) u_{ns}(k_{b2, ns} - k_{b2}),$$

$$k_{b2, ns} = \min(k_{b2} + k_{ns}), \dots, \max(k_{b2} + k_{ns}).$$

Затем осуществляется преобразование последовательности из действий, характеризующихся плотностями $u_{b2}(k_{b2})$, $u_{f1}(k_{f1})$:

$$u_{b2, f1}(k_{b2, f1}) = \sum_{\min k_{b2}}^{\max k_{b2}} u_{b2}(k_{b2}) u_{f1}(k_{b2, f1} - k_{b2}),$$

$$k_{b2, f1} = \min(k_{b2} + k_{f1}), \dots, \max(k_{b2} + k_{f1}).$$

Далее образованная новая последовательность действий преобразуется с использованием типового шаблона объединения последовательных работ для операций, описываемых плотностями $u_{b2, f1}(k_{b2, f1})$, $u_{ns}(k_{ns})$:

$$u_{b2, f1, ns}(k_{b2, f1, ns}) = \sum_{\min k_{b2, f1}}^{\max k_{b2, f1}} u_{b2, f1}(k_{b2, f1}) u_{ns}(k_{b2, f1, ns} - k_{b2, f1}),$$

$$k_{b2, f1, ns} = \min(k_{b2, f1} + k_{ns}), \dots, \max(k_{b2, f1} + k_{ns}).$$

Дальнейшее преобразование модели проводится с использованием типового шаблона для альтернативных действий:

$$u_{ss, b2, ns, b2, f1, ns}(k_{ss, b2, ns, b2, f1, ns}) = \sum_{l=1}^{l=3} p_l u_l(k_l),$$

$$k_{ss, b2, ns, b2, f1, ns} = \min(k_l), \dots, \max(k_l),$$

$$p_1 = p_1, p_2 = p_2 p_3, p_3 = p_2 p_4 p_7,$$

$$u_1(k_1) = u_{ss}(k_{ss}), u_2(k_2) = u_{b2, ns}(k_{b2, ns}),$$

$$u_3(k_3) = u_{b2, f1, ns}(k_{b2, f1, ns}).$$

Для упрощения представления последующих преобразований принимается следующее обозначение:

$$u_{ss, b2, ns, b2, f1, ns}(k_{ss, b2, ns, b2, f1, ns}) = u_{f2}(k_{f2}).$$

Очередной этап анализа модели касается преобразования последовательности из действий, описываемых плотностями $u_{b2, f1}(k_{b2, f1})$, $u_{sp}(k_{sp})$:

$$u_{b2, f1, sp}(k_{b2, f1, sp}) = \sum_{\min k_{b2, f1}}^{\max k_{b2, f1}} u_{b2, f1}(k_{b2, f1}) u_{sp}(k_{b2, f1, sp} - k_{b2, f1}),$$

$$k_{b2, f1, sp} = \min(k_{b2, f1} + k_{sp}), \dots, \max(k_{b2, f1} + k_{sp}).$$

На основе типового шаблона для преобразования цикла с обратной связью находится плотность распределения вероятностей выполнения действий, представляемых плотностями $u_{sol}(k_{sol})$, $u_{b2, f1, sp}(k_{b2, f1, sp})$:

$$u_{sol, b2, f1, sp}(k_{sol, b2, f1, sp}) = P_{sol, b2, f1, sp, 1}^{(k_{sol, b2, f1, sp})} - P_{sol, b2, f1, sp, 1}^{(k_{sol, b2, f1, sp} - 1)} (N_{sol} + N_{b2, f1, sp} + 2)^{-1},$$

$$k_{sol, b2, f1, sp} = 1, 2, \dots, K_{sol, b2, f1, sp},$$

где

$$P_{sol, b2, f1, sp, 1}^{(k_{sol, b2, f1, sp})} = (1, (N_{sol} + N_{b2, f1, sp} + 2))\text{-й элемент матрицы, полученной после возведения в степень } k_{sol, b2, f1, sp} \text{ матрицы } P_{sol, b2, f1, sp},$$

$$P_{sol, b2, f1, sp}^{(k_{sol, b2, f1, sp} - 1)} = (1, (N_{sol} + N_{b2, f1, sp} + 2))\text{-й элемент матрицы, полученной после возведения в степень } (k_{sol, b2, f1, sp} - 1) \text{ матрицы } P_{sol, b2, f1, sp}.$$

Матрица $P_{sol, b2, f1, sp}$ формируется по методу, описанному в [10, 11].

Заключительный этап анализа представляется преобразованием последовательности из действий, характеризующихся плотностями $u_{sol, b2, f1, sp}(k_{sol, b2, f1, sp})$, $u_{f2}(k_{f2})$:

$$u_{sol, b2, f1, sp, f2}(k_{sol, b2, f1, sp, f2}) = \sum_{\min k_{sol, b2, f1, sp}}^{\max k_{sol, b2, f1, sp}} u_{sol, b2, f1, sp}(k_{sol, b2, f1, sp}) \times u_{f2}(k_{sol, b2, f1, sp, f2} - k_{sol, b2, f1, sp}),$$

$$k_{sol, b2, f1, sp, f2} = \min(k_{sol, b2, f1, sp} + k_{f2}), \dots, \max(k_{sol, b2, f1, sp} + k_{f2}).$$

После выполненных преобразований определяются показатели качества функционирования — $E(k_{sol, b2, f1, sp, f2})$ математическое ожидание и $D(k_{sol, b2, f1, sp, f2})$ дисперсия времени планирования действий, в также риск срыва временного регламента планирования:

$$E(k_{sol, b2, f1, sp, f2}) = \sum_{k_{sol, b2, f1, sp, f2}=1}^{K_{sol, b2, f1, sp, f2}} k_{sol, b2, f1, sp, f2} u_{sol, b2, f1, sp, f2}(k_{sol, b2, f1, sp, f2}),$$

$$D(k_{sol, b2, f1, sp, f2}) = \sum_{k_{sol, b2, f1, sp, f2}=1}^{K_{sol, b2, f1, sp, f2}} ((k_{sol, b2, f1, sp, f2} - E(k_{sol, b2, f1, sp, f2}))^2 \times u_{sol, b2, f1, sp, f2}(k_{sol, b2, f1, sp, f2})),$$

$$R(k_{sol, b2, f1, sp, f2} > N) = \sum_{k_{sol, b2, f1, sp, f2} > N} u(k_{sol, b2, f1, sp, f2}).$$

В процессе раскрытого анализа расширенной объектно-ориентированной модели планировщика действий интеллектуальных информационных агентов, реализуемого на основе алгоритма TWEAK, сформирован его модельно-аналитический интеллект.

Сгенерированный модельно-аналитический интеллект обеспечивает возможность прогнозирования статистического профиля качества функционирования планировщика и управления его ключевыми показателями в зависимости от ситуации в окружающей среде, характера и временных свойств выполняемых действий.

Благодаря проведенному анализу построенной модели планировщика действий, использующего ал-

горитм TWEAK, образован новый компонент системы представления знаний о качестве планирования действий интеллектуальных информационных агентов.

Заключение

Представленные результаты исследований обла- дают следующей научной новизной:

- расширена система моделей планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов посредством формирования расширенной объектно-ориентированной модели планировщика, реализующего алгоритм TWEAK;
- разработан метод анализа расширенной объектно-ориентированной модели планировщика, реализующего алгоритм TWEAK;
- расширена система представления знаний о планировщиках действий интеллектуальных информационных агентов.

Практическая значимость выполненного анализа состоит в обеспечении возможности управления качеством планирования действий искусственного интеллекта в виде интеллектуальных информационных агентов.

Список использованных источников

1. С. Рассел, П. Норвиг. Искусственный интеллект. Современный подход. 2-е изд. М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. 1408 с.
2. Л. К. Птицына, С. М. Шестаков. Информационные сети. Интеллектуальные информационные агенты: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 210 с.
3. Л. К. Птицына, С. В. Добрецов. Интеллектуальные технологии и представление знаний. Планирование действий интеллектуальных агентов в информационных сетях: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. 172 с.
4. L. K. Ptitsyna, El. Sabayar Shevchenko N., M. P. Belov, A. V. Ptitsyn. A neural network approach to overcoming a priori uncertainty in optimal action planning of intelligent information agents for soft architectures of service-oriented systems//In collection: «Proceedings of 2021 2nd International Conference on Neural Networks and Neurotechnologies», NeuroNT 2021. P. 31-34.
5. L. K. Ptitsyna, A. A. Lebedeva, M. P. Belov. Development of model-analytical intelligence of information agents for reactive infocommunication environments//Proceedings of the XIX International Conference on Soft Computing and Measurements SCM-2016. 2016. P. 124-126.
6. Л. К. Птицына, А. В. Птицын. Обеспечение информационной безопасности на основе методологического базиса агентных технологий//Вестник Брянского государственного технического университета. 2017. № 2 (55). С. 146-154.
7. М. С. Коткина, Л. К. Птицына. Формирование расширенных объектно-ориентированных моделей планировщиков действий информационных мультиагентных систем/Под ред. С. В. Бачевского, сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич//Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 10 т. Т. 2. СПб.: СПбГУТ, 2019. С. 362-367.
8. Л. К. Птицына, М. С. Коткина. Анализ расширенных объектно-ориентированных моделей планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов//Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2019). XI Санкт-Петербургская межрегиональная конференция. Санкт-Петербург, 23-25 октября 2019 г. СПб.: СПОИСУ, 2019. С. 144-146.
9. Л. К. Птицына, М. С. Коткина. Исследование моделей планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов//Региональная информатика и информационная безопасность. Сборник трудов. Вып. 7. СПб.: СПОИСУ, 2019. С. 123-126.
10. Л. К. Птицына, А. О. Жаранова, Н. А. Птицын, М. П. Белов. Расширенное объектно-ориентированное моделирование планировщиков интеллектуальных информационных агентов//XXV Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2022). Сборник докладов. Санкт-Петербург, 25-27 мая 2022 г. СПб.: СПбГУТ «ЛЭТИ». С. 87-90.
11. Л. К. Птицына, Эль Сабаяр Шевченко Н., А. В. Птицын. Моделирование коммуникационно-вычислительных процессов систем телекоммуникаций при сквозном объединении диаграмм состояний и диаграмм деятельности//Телекоммуникации. № 4. 2022. С. 32-40.

References

1. S. Russell, N. Peter. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall, 2007. 1408 p.
2. L. K. Ptitsyna, S. M. Shestakov. Informatsionnye seti. Intellektualnye informatsionnye agenty: uchebnoe posobie [Informative networks. Intelligent informative agents: educational book]. Saint-Petersburg, 2008. 210 p.
3. L. K. Ptitsyna, S. V. Dobretsov. Intellektualnye technologies' i predstavlenie znaniy. Planirovanie deistvii intellektualnykh agentov v informatsionnykh setyakh: uchebnoe posobie [Intelligent technologies and knowledge representation. The planning of operations of intelligent agents in informative networks: educational book]. Saint-Petersburg, 2006. 172 p.
4. L. K. Ptitsyna, El. Sabayar Shevchenko N., M. P. Belov, A. V. Ptitsyn. A neural network approach to overcoming a priori uncertainty in optimal action planning of intelligent information agents for soft architectures of service-oriented systems//In collection: «Proceedings of 2021 2nd International Conference on Neural Networks and Neurotechnologies», NeuroNT 2021. P. 31-34.
5. L. K. Ptitsyna, A. A. Lebedeva, M. P. Belov. Development of model-analytical intelligence of information agents for reactive infocommunication environments//Proceedings of the XIX International Conference on Soft Computing and Measurements SCM-2016. 2016. P. 124-126.
6. A. V. Ptitsyn, L. K. Ptitsyna. Ensuring information security based on the methodological basis of agent technologies//Bulletin of the Bryansk State Technical University. 2017. № 2 (55). P. 146-154.
7. M. S. Kotkina, L. K. Ptitsyna. Formation of extended object-oriented models of action planners of information multi-agent systems//Trudy 8 Mezhdunarodnoy Nauchno Tekhnicheskoy I Nauchno Metodicheskoy Konferentsii «Aktual'nye Problemy Infotelekomunikatsii V Nauke I Obrazovaniya» [Proc. 8th. Int. Conf. «International conference on advanced infotelecommunication»]. St. Petersburg, 2019. P. 362-367.
8. L. K. Ptitsyna, M. S. Kotkina. Analysis of extended object-oriented models of action planners of intelligent information agents//11 mezhdunarodnaya konferentsiya «Informatsionnaya bezopasnost' regionov Rossii» [Proc. of the 11th St. Petersburg regional conf. «Information security of Russian regions»]. St. Petersburg, 2019. P. 144-146.
9. L. K. Ptitsyna, M. S. Kotkina. Researching of models of action planners for intelligent information agents//Papers of Regional informatics and information security. St. Petersburg, 2019. № 7. P. 123-126.
10. L. K. Ptitsyna, A. O. Zharanova, N. A. Ptitsyn, M. P. Belov. Advanced object-oriented modeling of intelligent information agent planners//Proceedings of the XXV International Conference on Soft Computing and Measurements SCM (SCM-2022). St. Petersburg, 2022. P. 87-90.
11. L. K. Ptitsyna, N. El Sabayar Shevchenko, A. V. Ptitsyn. Modeling of communication and computing processes of telecommunication systems with end-to-end combination of state diagrams and activity diagrams//Telecommunications. 2022. № 4. P. 32-40.