

Развитие методов моделирования планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов

Л. К. Птицына¹, Н. Эль Сабаяр Шевченко¹, Н. А. Птицын¹, М. П. Белов²

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

²Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

ptitsina_lk@inbox.ru, zharanova@gmail.com, nikita_pti@inbox.ru, milesa58@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена связь расширения масштабов цифровой трансформации с активным внедрением средств и систем искусственного интеллекта. Выделены особенности артефактов с высоким уровнем интеллектуальности. Описаны типовые приемы организации артефактов с высоким уровнем интеллектуальности. Представлена роль моделирования в жизненном цикле интеллектуальных артефактов. Определены вариации в целеполагании при моделировании. Подчеркнута значимость моделирования планировщиков интеллектуальных информационных агентов. Ранжированы известные подходы к моделированию планировщиков интеллектуальных информационных агентов. Охарактеризованы ключевые этапы существующих методов моделирования планировщиков интеллектуальных информационных агентов. Раскрыты типовые операции методов аналитического моделирования планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов. Сформулированы положения научной новизны и практической значимости представленного исследования.

Ключевые слова: интеллектуальный артефакт; уровень интеллектуальности; планирование действий; интеллектуальный агент; планировщик; моделирование; методы

I. АКТУАЛЬНОСТЬ

Развитие цифровой экономики ассоциируется с совершенствованием информационных инфраструктур и образующих их вычислительных и телекоммуникационных платформ, систем и хранилищ данных. При этом совершенствование базируется на внедрении новых инфотелекоммуникационных технологий. По мере внедрения инноваций в архитектуры ресурсов информационных инфраструктур расширяется многообразие видов деятельности, выполняемых в их средах. Расширение ориентируется на:

- повышение качества выполняемых работ;
- исключение рутинных ручных операций;
- повышение безопасности особых видов деятельности;
- снижение негативного влияния человеческого фактора в критических ситуациях;
- повышение безопасности на транспорте;

- повышение производительности труда на предприятиях и в целом в каждой из отраслей цифровой экономики;
- повышение качества оказываемых услуг;
- укрепление обороноспособности страны;
- обеспечение устойчивой конкурентоспособности продукции и услуг предприятий и организаций;
- повышение качества жизни;
- сохранение культурного и интеллектуального наследия страны.

Для достижения каждой из выделенных целей в пространстве целеполагания предусматривается расширение масштабов цифровой трансформации и активное внедрение средств и систем искусственного интеллекта.

Наращивание степени интеллектуальности ресурсов и технологий информационных инфраструктур сопровождается проявлением объективной необходимости увеличения количества работ, выполняемых в их средах без участия человека. Подобной функциональностью наделяются интеллектуальные информационные агенты и мультиагентные системы.

Высокая мера интеллектуальности выделенных артефактов обеспечивается планировщиками их действий [1]. Планирование деятельности информационных агентов и мультиагентных систем специфицируется для конкретных предметных областей и задаваемых целей различных классов задач планирования. При проектировании планировщиков осуществляется параметризация предметной области. Любая цель ассоциируется с переводом окружающей среды в требуемое состояние. Среди классов задач различаются:

- класс задач автономного планирования;
- класс задач оперативного планирования;
- класс задач распределенного планирования.

Шаблоны параметрического множества планировщиков формируются по результатам их моделирования.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Моделирование планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов предваряется анализом известных подходов к определению и оцениванию их качества. При определении и оценивании качества планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов выделяются:

- системные профили качества [2, 3];
- профили, присущие собственно планировщикам [4, 5].

Среди системных профилей качества различаются профиль качества преодоления априорной неопределенности и профиль качества достижения целей агентами. В этом случае показатели качества находятся для распланированных действий интеллектуальных информационных агентов при их работе с реплицированными и нереплицированными источниками информации. Анализ выполняется применительно к последовательной, параллельной и распределенной обработке информации. При таком анализе рассматриваются ситуации описания пассивной и активной информационной инфраструктуры, являющейся средой для работы агентов.

В системный профиль качества вводятся следующие характеристики:

- плотность распределения вероятностей времени преодоления априорной неопределенности относительно состояния окружающей среды;
- математическое ожидание, дисперсия и другие центральные моменты времени преодоления априорной неопределенности относительно состояния окружающей среды;
- риск срыва временного регламента преодоления априорной неопределенности относительно состояния окружающей среды;
- плотность распределения вероятностей времени достижения цели;
- математическое ожидание, дисперсия и другие центральные моменты времени достижения цели;
- риск срыва временного регламента достижения цели.

Определение и оценивание перечисленных характеристик системного профиля качества осуществляется посредством аналитического моделирования. Вывод аналитических соотношений при определении характеристик системного профиля качества проводится с помощью модифицированных методов свертки.

Оценивание характеристик системного профиля качества выполняется на основе использования выведенных аналитических соотношений. Правильность оценивания характеристик системного профиля качества самоконтролируется путем отслеживания соблюдения инвариантного условия для каждой плотности распределения вероятностей.

Исходной информацией для аналитического моделирования, ориентированного на определение и

оценивание перечисленных характеристик системного профиля качества, являются:

- число информационных ресурсов инфраструктуры, с которыми работает интеллектуальный информационный агент;
- степень репликации каждого информационного ресурса инфраструктуры;
- спланированная схема взаимодействия интеллектуального информационного агента с информационными ресурсами;
- статистические характеристики процессов успешного и неуспешного взаимодействия интеллектуального информационного агента с информационными ресурсами;
- плотность распределения вероятностей успешных действий информационного агента при работе с каждым информационным ресурсом;
- плотность распределения вероятностей неуспешных действий информационного агента при работе с каждым информационным ресурсом;
- характер активности окружающей среды;
- характер изменений статистических характеристик процессов успешного и неуспешного взаимодействия интеллектуального информационного агента с информационными ресурсами при активной окружающей среде.

При определении профилей качества собственно планировщиков исследуются и сравниваются алгоритмы нелинейных систем планирования. При исследовании собственно планировщиков определяются и анализируются:

- универсальные показатели профилей, с помощью которых могут описываться любые планировщики;
- специфические показатели профилей, характеризующие свойства определенных групп планировщиков.

К универсальным показателям профилей качества собственно планировщиков относятся: показатель функциональности, длина плана, показатель вычислительной сложности, характеристики времени планирования, показатели предсказуемости. Традиционные приемы оценивания и анализа универсальных показателей профилей качества собственно планировщиков базируются на обработке экспериментальных результатов, получаемых при работе их созданных реализаций [2, 3].

В группу специфических показателей качества планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов включаются: степень ветвления дерева поиска решения задачи планирования, глубина дерева поиска, степень избыточности дерева поиска, вычислительная стоимость, степень влияния определенного фактора на скорость решения задачи планирования. Специфические показатели качества планировщиков действий интеллектуальных

информационных агентов определяются с использованием теории алгоритмов [4]. Оценивание специфических показателей качества планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов осуществляется согласно выводимым аналитическим соотношениям.

Исходной информацией для универсальных и специфических показателей качества планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов являются алгоритмы нелинейных систем планирования.

Каждый алгоритм планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов представляется как частный случай обобщенного алгоритма планирования. При подобном представлении описывается:

- конструктор решений и способ выбора подцели;
- способ консервации решения задачи построения плана;
- стратегия оптимизации.

При описании способа выбора подцели различаются два варианта:

- выбор подцели на основе модального критерия истинности;
- произвольный выбор подцели из текущего множества подцелей.

При описании способа консервации решения задачи построения плана выделяются три возможных варианта:

- односторонняя защита каузальных связей;
- двусторонняя защита каузальных связей;
- консервация не проводится.

При описании способа оптимизации рассматриваются три варианта:

- разрешение конфликтов;
- дополнительное упорядочивание шагов;
- оптимизация не применяется.

Благодаря раскрытым приемам описания алгоритмов формируется базис наиболее востребованных планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов.

В дополнение к описанию алгоритмов планирования представляются параметризация предметной области и характеристики задачи планирования.

В [4] приводятся результаты экспериментального анализа качества сравниваемых алгоритмов базиса наиболее востребованных планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов. При сравнении используются показатель функциональности, показатель быстродействия, показатель утилизации вычислительной памяти и показатели степени ветвления дерева поиска решения задачи планирования.

Результаты экспериментального анализа качества сравниваемых алгоритмов нелинейных систем планирования из сформированного базиса являются исходной информацией для априорного выбора оптимального алгоритма.

Для преодоления априорной неопределённости связи между критерием эффективности планировщиков

действий интеллектуальных информационных агентов и параметрами, характеризующими предметную область и задачу планирования, применяются регрессионные модели и нейросетевые модели [5].

Применительно к условиям опережающего проектирования планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов в их жизненный цикл вводятся построение и анализ расширенных объектно-ориентированных моделей алгоритмов планирования [6, 7, 8]. При опережающем проектировании предполагается отсутствие результатов экспериментального анализа качества сравниваемых алгоритмов нелинейных систем планирования.

Анализ расширенных объектно-ориентированных моделей алгоритмов нелинейных систем планирования проводится посредством их преобразований в классе диаграмм состояний, преобразований в классе диаграмм деятельности и сквозного объединения диаграмм состояний и диаграмм деятельности [9].

При анализе расширенных объектно-ориентированных моделей алгоритмов нелинейных систем планирования выводятся аналитические зависимости динамических характеристик времени планирования от параметров и статистических характеристик операций алгоритмов. Вывод осуществляется с помощью выполнения типовых операций в итеративном процессе преобразований модели: преобразование последовательных фрагментов модели; преобразование параллельных фрагментов модели; преобразование разветвленных фрагментов модели и преобразование циклических фрагментов модели

В [10] раскрывается методика вывода динамических характеристик времени планирования от параметров и статистических характеристик операций алгоритмов нелинейных систем. На базе приводимой методики определяется математическое обеспечение для определения и оценивания динамических характеристик времени планирования от параметров и статистических характеристик операций алгоритма SNLP.

С позиций описания обобщенного алгоритма планирования модели алгоритмов из базиса нелинейных систем планирования формируются как частные случаи расширенной объектно-ориентированной модели алгоритма SNLP. К динамическим характеристикам относятся: плотность распределения вероятностей времени планирования, математическое ожидание и дисперсия времени планирования, а также риск срыва временного алгоритма планирования.

Аналитически выводимая плотность распределения вероятностей времени планирования обеспечивает сквозное связывание профиля качества собственно планирования и системного профиля.

В развитие выполненного анализа расширенной объектно-ориентированной модели алгоритма SNLP осуществляется исследование его динамических характеристик.

Для исследования динамических характеристик алгоритма планирования действий интеллектуального информационного агента SNLP разработан программный инструментарий в среде Matlab.

Успешным завершением работы программного инструментария является построение таблицы плотности распределения вероятности времени выполнения каждого действия алгоритма, график итогового распределения плотности вероятности времени выполнения алгоритма, а также вычисление математического ожидания и дисперсии времени выполнения деятельности планировщика и риска срыва установленного временного регламента.

На рис. 1. приводятся результаты подтверждения корректности работы программного инструментария для оценивания динамических характеристик алгоритма SNLP.

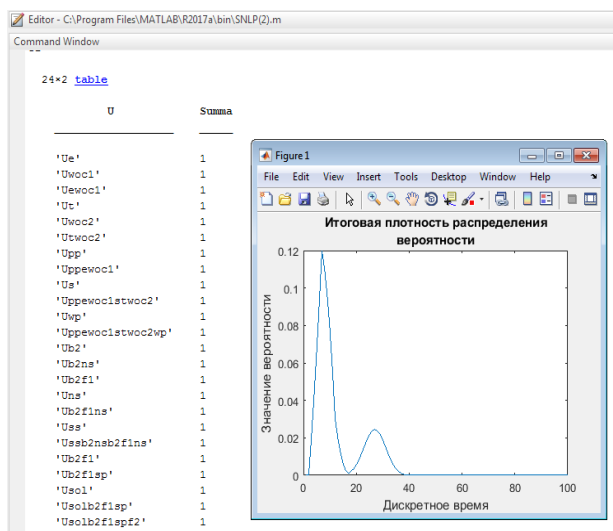


Рис. 1. Проверка корректности работы программного инструментария для оценивания динамических характеристик алгоритма SNLP

Пример оценивания математического ожидания, дисперсии времени планирования и рисков срыва двух временных регламентов представляется на рис. 2.

M	D	R1	R2
8.205	63.869	0.25329	0.94575

Рис. 2. Оценки математического ожидания, дисперсии, рисков срыва временного регламента для алгоритма SNLP

Проведенные исследования выявили существенное влияние значения вероятности возврата по сохранению плана на качество алгоритма планирования SNLP.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научная новизна описанных результатов исследования представляется следующими положениями:

- определено взаимно-однозначное соответствие между характером информационного обеспечения условий проектирования и поставкой задач моделирования планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов;

- ранжированы профили качества функционирования планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов, показатели которых оцениваются при их моделировании, в зависимости от условий проектирования.

Практическая значимость выполненного исследования заключается в расширении области гарантий в обеспечении требуемого качества планирования действий интеллектуальных информационных агентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. 2 изд. М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. 1408 с.
- [2] Птицына Л.К. Интеллектуальные системы и технологии. СПб.: СПбГУТ, 2019. 231 с.
- [3] Птицына Л.К., Лебедева А.А. Математическое обеспечение системы приобретения знаний о влиянии активности инфраструктуры на качество функционирования интеллектуальных информационных агентов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII 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, 2018. Т. 2. С. 466–470.
- [4] 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.
- [5] Птицына Л.К., Эль Сабаяр Шевченко Н.Н., Белов М.П., Птицын А.В. Нейросетевой подход к преодолению априорной неопределённости при оптимальном планировании действий интеллектуальных информационных агентов для мягких архитектур сервис-ориентированных систем // II Международная конференция по нейронным сетям и нейротехнологиям (NeuroNT2021): сб. докладов. СПб. 2021. С. 36-39.
- [6] Коткина М.С., Птицына Л.К. Формирование расширенных объектно-ориентированных моделей планировщиков действий информационных мультиагентных систем // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VIII Международная научно-техн. и научно-метод. конф.: сб. науч. ст. в X т. / Под ред. С.В. Бачевского, сост. А.Г. Владыко, Е.А. Аникевич. СПб.: СПбГУТ, 2019. Т. 2. С. 362-367.
- [7] Птицына Л.К., Коткина М.С. 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.: Материалы конференции. / СПОИСУ. СПб, 2019. С. 144-146.
- [8] Птицына Л.К., Коткина М.С. Исследование моделей планировщиков действий интеллектуальных информационных агентов // Региональная информатика и информационная безопасность: Сборник трудов. Выпуск 7 / СПОИСУ. СПб., 2019. С. 123-126.
- [9] Птицына Л.К., Эль Сабаяр Шевченко Н., Птицын А.В. Моделирование коммуникационно-вычислительных процессов систем телекоммуникаций при сквозном объединении диаграмм состояний и диаграмм деятельности // Телекоммуникации. № 4. 2022. С. 32-40.
- [10] Птицына Л.К., Жаранова А.О., Птицын Н.А., Белов М.П. 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.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». С. 87-90.