

Моделирование сервис-ориентированных систем в условиях неопределённости

Л. К. Птицына¹, Н. Н. Эль Сабаяр Шевченко²
Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
¹ptitsina_lk@inbox.ru, ²nzs.vus@gmail.com

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

А. В. Птицын
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики
pticin@inbox.ru

Аннотация. Рассмотрены причины актуальности развития технологической основы сервис-ориентированных систем. Выделены перспективные направления интеллектуализации сервис-ориентированных систем. Описаны приёмы интеграции технологий интеллектуализации сервис-ориентированных систем. Предложены новые концептуальные модели интеллектуальных сервис-ориентированных систем. Представлены базовые компоненты интеллектуализации сервис-ориентированных систем. Раскрыты методы генерации базовых компонентов. Разработан аналитический метод преодоления априорной неопределённости относительно конфигурации сервис-ориентированной системы при анализе её качества. Сформированы методики расширенного объектно-ориентированного моделирования базовых компонентов интеллектуализации сервис-ориентированных систем.

Ключевые слова: интеллектуальные технологии; сервис-ориентированная система; метод; генерация; модель; интеграция; методика; объектно-ориентированное моделирование

Современный этап развития экономики характеризуется объединением региональных экономических систем в единую мировую экосистему, в которой главную роль играют знания и их генерация является основным источником роста. Развитие мировой экосистемы ассоциируется с пятым технологическим укладом, который характеризуется интеграцией и конвергенцией информационных и коммуникационных технологий.

В мировой экосистеме компетенции для развития рынков и отраслей экономики формируются на платформах с гипертехнологическим наполнением. Экосистемные платформы являются базовыми компонентами сред, в которых создаются благоприятные условия для эффективного взаимодействия субъектов рынков и отраслей экономики.

Развитие сред осуществляется на основе построения сложных иерархических инфотелекоммуникационных систем, широко использующих виртуализацию, удаленные

(облачные) хранилища данных и высокопроизводительные вычислительные ресурсы.

По мере совершенствования сред сегментируется мировой рынок, ужесточается конкуренция, компьютеризируются рыночные отношения и углубляются взаимозависимости производителей. В подобных условиях стремительно развивается стратегия создания и сопровождения многокомпонентных программных продуктов в виде сервис-ориентированных систем [1, 2], предусматривающая гибкое и оперативное реагирование на изменение рыночных условий и повышение требований заказчиков к качеству производимой продукции и услуг [3].

Стратегия определяется согласно парадигме представления сервис-ориентированных архитектур, в рамках которой слабо связанные разнородные сервисы взаимодействуют по стандартизованным протоколам с использованием масштабируемого сетевого информационного пространства.

В целом многоаспектность факторов экосистемы, влияющих на функциональные спецификации сервис-ориентированных систем и предъявляемые к ним требования, становится одной из основных причин поиска эффективных решений для их интеллектуализации.

Научные основы интеллектуализации сервис-ориентированных систем относятся к области искусственного интеллекта, в которой определяются, систематизируются, решаются, анализируются, оптимизируются и автоматизируются интеллектуальные задачи.

С применением интеллектуальных сервис-ориентированных систем решаются три категории интеллектуальных задач:

- задачи воспроизведения способностей человека;
- задачи обеспечения рациональности, когда все действия, относящиеся к некоторой системе,

выполняются правильно, в условиях обладания знаниями о том, что является правильным;

- задачи воссоздания окружающей среды для объектов, (и/или) субъектов и их взаимодействия.

По аналогии с искусственным интеллектом в жизненном цикле интеллектуальных сервис-ориентированных систем могут выделяться следующие категории:

- системы с воспроизведением мыслительных процессов;
- системы с воспроизведением рациональных рассуждений;
- системы реализации функций, требующих интеллектуальности при их выполнении людьми;
- системы реализации рациональных действий.

Реализация интеллектуальных сервис-ориентированных систем может базироваться на одном из возможных подходов или их сочетании:

- подход, основанный на когнитивном моделировании;
- подход, основанный на применении законов мышления;
- подход, основанный на использовании Теста Тьюринга;
- подход, основанный на формировании модельно-аналитического интеллекта;
- подход, основанный на создании интеллектуальных агентов.

При функциональном определении интеллекта сервис-ориентированной системы по тесту Тьюринга предусматриваются:

- сервисы обработки текстов на естественных языках;
- сервисы представления знаний;
- сервисы автоматического формирования логических выводов;
- сервисы машинного обучения;
- сервисы машинного зрения для восприятия объектов;
- сервисы робототехники для манипулирования объектами и перемещения в пространстве.

В рамках рассматриваемых подходов предлагается решение задачи динамического конфигурирования сервис-ориентированной системы на основе сервисов искусственного интеллекта, осуществляющих реализацию рациональных действий по интеграции сервисов, определение и мониторинг качества сервис-ориентированной системы.

К сервисам искусственного интеллекта относится сервис планирования и сервис модельно-аналитического интеллекта.

Реализация рациональных действий возлагается на сервис планирования, а определение и мониторинг качества сервис-ориентированной системы – на сервис её модельно-аналитического интеллекта, обеспечивающий анализ спланированной интеграции средств сервис-ориентированной системы.

Предлагаемое решение сопровождается формированием методологического базиса для генерации формализаций, позволяющих создавать интеллектуальные динамически конфигурируемые сервис-ориентированные системы с гарантиями качества.

В методологическом базисе учитываются условия априорной неопределённости относительно взаимосвязи критериев качества планирования и параметров характеристического пространства выполняемых сервисами действий. Преодоление априорной неопределённости осуществляется посредством проверки альтернативных гипотез о взаимосвязи, построения и анализа регрессионных и нейросетевых моделей. Основная гипотеза ориентируется на независимость совместно наблюдаемых случайных величин. С помощью моделей отражаются взаимосвязи критериев качества планирования и параметров характеристического пространства выполняемых сервисами действий. Информация о факторах, оказывающих влияние на качество планирования, разделяется на две группы. В первую группу включаются характеристики среды функционирования сервис-ориентированной системы, а во вторую группу – параметры задачи планирования. Для проверки гипотезы о независимости совместно наблюдаемых случайных величин используется критерий хи-квадрат, связанный с построением таблицы сопряженности признаков.

Формирование методологического базиса начинается с образования системы концептуальных моделей, описывающих возможные вариации в архитектуре сервис-ориентированных систем с искусственным интеллектом. Каждая концептуальная модель представляется кортежем

$$\mathbf{Q}_j = \langle \mathbf{C}_j, \mathbf{R}_j \rangle,$$

где $\mathbf{C}_j = \{c_{ji}\}$ – множество концептов $i=1,2,\dots,I$, соответствующих компонентам j -ой вариации архитектуры; I – количество концептов; J – количество вариантов архитектуры; \mathbf{R}_j – отношение предшествования, которое определяется матрицей размером $I \times I$.

Среди концептов выделяются сервисы действий, сервисы обслуживания клиентов, диспетчер сервисов обслуживания, сервис-диспетчер сервис-ориентированной деятельности, сервисы различных алгоритмов планирования, сервис модельно-аналитического интеллекта, сервис выбора рационального алгоритма планирования. Введение в архитектуру сервиса планирования трактуется как первый этап интеллектуализации сервис-ориентированной системы.

Второй этап интеллектуализации связывается с подключением модельно-аналитического интеллекта системы. Интеграция сервиса планирования и сервиса модельно-аналитического интеллекта осуществляется

через формируемый план действий, выполняемых исполнительскими сервисами.

В возможных вариациях архитектуры различаются как составы её компонентов, так и её топологии. В контексте возможных требований к профессиональной и досуговой деятельности осуществляется характеристика возможностей представленных модификаций сервис-ориентированных архитектур.

Система концептуальных моделей дополняется функциональной моделью сервиса планирования, который заимствуется формированием плана интеграции сервисов. При этом считается, что каждым сервисом реализуется определённое действие.

План решения строится посредством трансформации исходного частичного плана. Частичный план описывается двумя кортежами.

Первый кортеж представляется тремя множествами

$$P = \langle T, ST, C \rangle,$$

где T – множество временных шагов; $ST: T \rightarrow O$ – отображение шагов плана на множество базисных операторов O .

Второй кортеж образуется тремя множествами ограничений

$$C = \langle C_O, C_B, C_L \rangle,$$

где C_O – множество отношений частичной упорядоченности на множестве T , такое что: $t_0 < t_i$ и $t_i < t_\infty$ для любого $t_i \in T$, $i > 0$; C_B – множество связывающих ограничений на вхождение переменных в пред- и постусловия операторов, реализующих действия; C_L – множество дополнительных ограничений.

Во множество рассматриваемых алгоритмов планирования включаются схемы, соответствующие автономному, оперативному и распределённому планированию.

Подобное разнообразие ориентируется на различие масштабыности сервис-ориентированных систем и требовательности к их функциональности. В концептуальном плане подход, основанный на формировании модельно-аналитического интеллекта, может сочетаться с каждым из других представленных базовых предпочтений в интеллектуализации и являться системным компонентом любой сервис-ориентированной системы.

В связи с этим к модельно-аналитическому интеллекту предъявляются такие требования, которые, в первую очередь, касаются обеспечения необходимо качества функционирования сервис-ориентированных систем [4]. Профилирование качества функционирования сервис-ориентированных систем осуществляется в контексте области их применения [5]. При подобной концепции интеллектуализации сервис-ориентированных систем её методология распространяется на методологический базис, включающий:

- представление окружающей среды [6];

- определение профилей интеллектуализации [7];
- выбор профилей качества [1–6, 8, 11, 13];
- обоснование выделения системы классов моделей процессов функционирования сервисов и сервис-ориентированной системы в целом [1–6, 8, 11, 13];
- выбор методов их связывания [9, 10, 12];
- определение системы методик построения модельного ряда [1–6, 8, 11, 13];
- разработку и применение методов анализа модельного ряда в системе выделенных классов [1–13];
- ситуационное разграничение аналитических формализаций [1–6, 8, 11, 13];
- формирование инвариантов для верификации аналитических формализаций;
- отображение аналитических формализаций на сервисы;
- проектирование, создание и сопровождение программного обеспечения [2];
- управление качеством выполняемых интеллектуальной системой работ согласно определяемым требованиям.

Формирование инвариантов для верификации аналитических формализаций для сервиса модельно-аналитического интеллекта выполняется с применением теории графов, теории вероятностей, теории марковских цепей, теории марковских и полумарковских процессов.

Методики генерации аналитических формализаций для сервиса модельно-аналитического интеллекта ориентируются на анализ интеграции сервисов в трёх ситуациях:

- пассивная среда;
- активная среда;
- агрессивная среда.

Для каждой из перечисленных ситуаций анализируется:

- интеграция последовательности сервисов;
- интеграция последовательности сервисов с обратной связью;
- интеграция параллельных сервисов с булевой логикой синхронизации;
- интеграция параллельных сервисов с мажоритарной логикой синхронизации;
- интеграция параллельных сервисов с мажоритарной логикой синхронизации;
- интеграция параллельных сервисов с темпоральной логикой синхронизации;
- интеграция параллельных сервисов с булевой логикой синхронизации и обратной связью;
- интеграция параллельных сервисов с мажоритарной логикой синхронизации и обратной связью;

- интеграция параллельных сервисов с мажоритарной логикой синхронизации и обратной связью.

Влияние обратной связи рассматривается по отношению к следующей ситуации:

– после некоторого крупногранулярного действия, присущего процессу функционирования многокомпонентного программного комплекса сервис-ориентированной архитектуры, активизируется вероятный возврат к его реализации.

При анализе влияния находится плотность распределения вероятностей времени выполнения задач сервиса в указанной ситуации с помощью перехода к описанию действия с обратной связью марковской цепью:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 0 & f(N) & f(N-1) & f(N-2) & f(N-3) & \dots & f(1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ q & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & (1-q) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

где \mathbf{P} – квадратная матрица $((N+2) \times (N+2))$ переходов во множестве дискретных состояний S , $|S| = N+2$, где $(N+2)$ -ое псевдосостояние является поглощающим;

$$f(n) = u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I}), \quad n = k_{0,1,\dots,i,\dots,I}, \quad N = K_{0,1,\dots,i,\dots,I},$$

$$\sum_{k_i=0}^{K_{0,1,\dots,i,\dots,I}} u(k_i) = 1,$$

где $u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I})$ – плотность распределения вероятностей $k_{0,1,\dots,i,\dots,I}$ времени выполнения сервиса без обратной связи; $K_{0,1,\dots,i,\dots,I}$ – максимально возможное время выполнения сервиса без обратной связи; q – вероятность активизации обратной связи.

Нахождение $u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)})$ плотности распределения вероятностей $k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)} = 1, 2, \dots, N, \dots$ времени выполнения сервиса с обратной связью определяется согласно соотношению:

$$u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)}) = P_{1,N+2}^{(k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)})} - P_{1,N+2}^{(k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)}-1)},$$

где $P_{1,N+2}^{(k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)})}$ – $(1, (N+2))$ -ой элемент $k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)}$ -ой степени матрицы; $P_{1,N+2}^{(k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)}-1)}$ – $(1, (N+2))$ -ой элемент $(k_{0,1,\dots,i,\dots,I,(I+1)} - 1)$ -ой степени матрицы.

Представленная методологическая канва расширяет технологический базис для генерации интеллектуальных сервис-ориентированных систем, необходимых для

обеспечения эффективного взаимодействия субъектов рынков и отраслей экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Птицына Л.К., Смирнов Н.Г. Разработка и анализ моделей интеграции сервис-ориентированных средств в гетерогенных сетях // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2011. № 6.1 (138). С. 71-81.
- [2] Птицына Л.К. Программное обеспечение компьютерных сетей. Управление крупно-гранулярными процессами на основе языка BPEL : учеб. пособие / Л. К. Птицына, Н. Г. Смирнов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 105 с.
- [3] Птицына Л.К., Смирнов Н.Г. Системно-аналитическая основа интеграции сервис-ориентированных средств // Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 5. С. 31-36.
- [4] Птицына Л.К., Смирнов Н.Г. Анализ модельно-аналитического интеллекта систем управления интеграцией сервис-ориентированных средств // Системные исследования в науке, управлении и образовании: сб. научных трудов / под ред. Л.М. Лукьяновой. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. С. 106-113.
- [5] Птицына А.В., Птицына Л.К. Объектно-ориентированный анализ интеграции средств защиты информации // Вопросы защиты информации. 2013. № 1. С. 69-76.
- [6] Птицына Л.К., Веселов В.О. Анализ интеграции сервис-ориентированных средств в активных инфокоммуникационных средах // Научные технологии в космических исследованиях Земли. N&ES RESEARCH. М.: ООО «Издательский Дом Медиа Паблшер». 2015. N 2. С. 42-47.
- [7] Птицына Л.К., Кондратьев Д.А., Эльсабаяр Шевченко Н.Н. Интеллектуальные профили сервис-ориентированных архитектур // Труды учебных заведений связи 2016. Т.2, № 2. С. 72-77.
- [8] Птицына Л.К., Савлиш А.В., Смирнова П.В. Аналитическое моделирование сервис-ориентированной системы с типовой конфигурацией средств // Труды учебных заведений связи 2016. Т.2, № 3. С. 55-59.
- [9] Птицына Л.К., Кондратьев Д.А., Эльсабаяр Шевченко Н. Концептуальные модели интеллектуализации сервис-ориентированных архитектур // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 3 т.; Т.2 / под ред. С.В. Бачевского, сост. А.Г. Владыко, Е.А. Аникевич, Л.М. Минаков. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2016. С. 108-113.
- [10] Кондратьев Д.А., Птицына Л.К., Эль Сабаяр Шевченко Н. Моделирование интеллектуальных сервис-ориентированных систем [Электронный ресурс] // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении: материалы I всерос. научно-практической. конф., Ялта, 23-24 мая 2016 г. М.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. С. 57-60. URL: <http://istmu2016.csrae.ru/ru/1/publications> (Дата обращения: 14.05.2016).
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] Птицына Л. К., Смирнова П. В. Методика формирования модели сервис-ориентированных систем с темпоральной логикой синхронизации сервисов // 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. 355-360.