

Генерация модельно-аналитического интеллекта сервис-ориентированных систем

Н. Эль Сабаяр Шевченко^{1*}

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация
*Адрес для переписки: nzs.vus@gmail.com

Информация о статье

Поступила в редакцию 24.12.2019

Принята к публикации 17.02.2020

Ссылка для цитирования: Эль Сабаяр Шевченко Н. Генерация модельно-аналитического интеллекта сер-вис-ориентированных систем // Труды учебных заведений связи. 2020. Т. 6. № 1. С. 109–116. DOI:10.31854/ 1813-324X-2020-6-1-109-116

Аннотация: *Описаны основные причины востребованности мягкой архитектуры и представлены известные результаты аналитических исследований сервис-ориентированных систем. Рассмотрен перспективный подход к управлению их качеством. Детализированы представления о назначении модельно-аналитического интеллекта и расширены формальные процедуры построения объектно-ориентированных моделей сервис-ориентированных систем с интеллектуальным управлением их качеством. Предложен метод генерации их модельно-аналитического интеллекта с управляемым качеством функционирования.*

Ключевые слова: *цифровые технологии, сервис-ориентированные системы, мягкая архитектура, динамический профиль, управление качеством, объектно-ориентированная модель деятельности, модельно-аналитический интеллект, метод генерации.*

Актуальность

Общепризнанной тенденцией развития информационного общества является резкое возрастание наукоемких цифровых технологий, пронизывающих все сферы жизнедеятельности социума. При этом развитие конкурентоспособной экономики характеризуется увеличением доли высокотехнологичной продукции цифрового производства в ВВП, созданием и выведением на мировой рынок новых цифровых технологий, повышением темпов роста сектора IT-технологий, ускоренным развитием искусственного интеллекта и расширением сфер его эффективного применения в профессиональной и досуговой деятельности, повышением качества жизни.

Каждая из основных особенностей конкурентоспособной экономики ассоциируется с развитием интеллектуальных сервис-ориентированных систем (СО-систем) с управляемым качеством функционирования, обеспечивающих сквозное связывание различных цифровых технологий, задействованных при создании сервисов, соответствующих ресурсным возможностям корпораций и требованиям современных рынков промышленной продукции, товаров и услуг в условиях жесткой конкуренции производителей и высокой сте-

пени априорной неопределенности относительно состояния окружающей среды.

Одно из перспективных направлений развития интеллектуальных СО-систем с управляемым качеством функционирования ориентировано на их «мягкую» архитектуру. Интеграция сервисов осуществляется с помощью искусственного интеллекта по плану, формируемому сервисом-агентом в соответствии с определенным целеполаганием, оцененным состоянием окружающей среды и динамическим профилем, построенным модельно-аналитическим интеллектом [1–3].

Разработка «мягкой» архитектуры СО-систем в части построения конфигурации базируется на методологии выбора планировщика действий, основные концептуальные, математические, методические и инструментальные составляющие которой раскрываются в [1, 4, 5]. В представленной методологии предусматривается расширение базиса алгоритмов планирования действий по мере появления их новых проверенных разработок, конкурирующих хотя бы по одному из общепризнанных свойств. Последние необходимы для преодоления априорной неопределенности относительно состояния окружающей среды. Наряду с этим, методологические аспекты генерации мо-

дельно-аналитического интеллекта (МАИ) для управления качеством функционирования интеллектуальных СО-систем постепенно развиваются по мере появления новых моделей подобных систем и методов их анализа по разнообразным профилям качества.

В [6], в дополнение к технологическим аспектам жизненного цикла СО-систем, предлагается сочетание формальных приемов построения моделей альтернативных вариантов интеграции СО-средств и сопутствующих процедур анализа качества функционирования этих систем. Указанные формальные приемы предназначаются для проведения сравнительного анализа альтернативных вариантов интеграции СО-средств. Дальнейшая детализация этих формальных приемов, ориентированная на формирование системно-аналитической основы интеграции сервисов, проводится в [7]. Контекст учета гетерогенного характера сетевой инфраструктуры отслеживается в [8]. Однако вся совокупность формализаций, предложенных в [6, 7, 8], распространяется на пассивные инфокоммуникационные среды.

Последующее расширение формализаций аналитического моделирования интеграции СО-средств (применительно к активным инфокоммуникационным средам) осуществляется в [9]. Несмотря на представительность разработанных формализаций, обеспечивающих аналитическое исследование качества функционирования систем, остаются открытыми вопросы учета возможных возвратов к ситуационной повторной реализации сервисов, предусматриваемой при планировании их конфигурации в случае «мягкой» архитектуры.

Описанные выше результаты аналитических исследований позволяют перейти к разработке методологических основ генерации МАИ СО-систем с планируемой конфигурацией для управления качеством их функционирования. В качестве концептуальной основы разработки выбираются положения, описанные в [10]. На МАИ возлагаются задачи определения и оценивания качества функционирования интеллектуальной СО-системы спланированной конфигурации с помощью сервиса-агента.

Показатели качества функционирования интеллектуальной СО-системы

Качество функционирования интеллектуальной СО-системы рассматривается как многопрофильная категория. Каждый профиль качества направлен на определенный вариант СО-деятельности. Обширный спектр вариантов сопровождается многообразием ее свойств и соответствующих показателей качества. Однако в подобном многообразии отражения качества его неотъемлемой составляющей является время выполнения деятельности, соответствующей функционированию СО-системы. В связи с этим эффективность функ-

ционирования такой системы в первую очередь характеризуется следующим динамическим профилем:

$$BP_n^{(q)} = \langle E_n, D_n, R_n, C_n, As_n, Ek_n, RDT_n, \text{prob}RDT_n \rangle,$$

где $BP_n^{(q)}$ – n -ая СО-деятельность, принадлежащая q -классу, по которому систематизируются различные виды деятельности и показатели их качества, варьируемые в зависимости от предусловий и постусловий, которыми описывается каждый сервис, а также от состояния окружающей среды;

E_n и D_n – математическое ожидание и дисперсия n -го динамического профиля деятельности;

C_n – максимально допустимое количество единиц дискретного времени выполнения n -ой деятельности;

R_n – риск срыва установленного временного регламента C_n на выполнение n -ой СО-деятельности, принадлежащей q -классу;

As_n и Ek_n – асимметрия и эксцесс распределения вероятностей временного профиля n -ой деятельности;

RDT_n и $\text{prob}RDT_n$ – возможные значения итогового дискретного времени выполнения деятельности и его плотности распределения вероятностей.

Генерация МАИ нацелена на определение и оценивание каждого из перечисленных компонентов динамического профиля.

В сформированном динамическом профиле n -ой СО-деятельности, принадлежащей q -классу, компоненты RDT_n и $\text{prob}RDT_n$ являются первичными, поскольку на их основе находятся остальные показатели качества, введенные в кортеж $BP_n^{(q)}$. Следовательно, для генерации МАИ необходимо разработать формализации, направленные на определение и оценивание плотности распределения вероятностей дискретного времени выполнения СО-деятельности.

Формирование моделей процессов функционирования интеллектуальных СО-систем

Процесс функционирования интеллектуальных СО-систем описывается в классе диаграмм деятельности с дискретным временем. Дискретность времени обуславливается цифровым характером технологического базиса СО-архитектур. В связи с этим, концепцией построения моделей процессов функционирования интеллектуальных СО-систем предусматривается вербальное описание принципов определения деятельности, характеризующейся конкретной семантикой.

Каждой конфигурации интегрируемых СО-средств из множества возможных случаев их комплексования, присущих «мягкой» архитектуре, ставится в соответствие определенный вариант СО-деятельности.

Образующими элементами каждого определенного варианта СО-деятельности считаются действия с определяемой семантикой. Любое образующее действие выполняется при соблюдении конкретных условий и при наличии требуемых объектов.

Каждому действию ставится в соответствие некоторый узел. Среди операций, реализуемых в процессе выполнения, выделяется группа специальных действий, с помощью которой осуществляется представление различий в функционировании сервисов. К этой группе относятся узлы создания объектов, разрушения объектов, установления связи, чтения переменных, записи переменных и регистрации события.

При разработке формализаций предполагается статистическая независимость случайных дискретных времен выполнения действий, соответствующих функционированию интегрируемых сервисов.

Связи между операциями отображаются дугами диаграммы деятельности; необходимые условия для выполнения действий представляются в потоке управления. С помощью описания потока управления, включающего начальный узел, узлы решений, слияний, разделения, соединения и финальный узел, отражается процесс координации взаимодействия СО-средств. Требуемые для выполнения действий объекты объединяются в поток, элементами описания которого являются узлы: идентификатора деятельности, внешних входящих контактов, объектов, хранилища данных, буфера, внешних исходящих контактов.

Множество обобщенно характеризуемых действий позиционируется как специальный регион модели. К указанной разновидности модели относятся узлы разбиения и прерывания деятельности, а также обработчика исключений.

Представленные выше приемы построения моделей процессов функционирования интеллектуальных СО-систем согласуются с типовыми операциями построения объектно-ориентированных моделей в классе диаграмм деятельности. В целях формирования МАИ СО-деятельности предусматривается выполнение дополнительно двух типов операций формирования модели. Первый касается введения описаний стохастической природы выполняемых действий, а второй – распространяется на расширение описаний узлов потока управления.

В соответствии с вышеизложенным при выполнении первого дополнительного типа операций каждое i -ое действие любого из СО-средств описывается $\mathbf{P}^{(i)}$ матрицей переходов в дискретном пространстве состояний, на основе которой находится плотность вероятности $u_i(k_i)$, $k_i = 1, 2, \dots, K_i$, удовлетворяющая следующему условию:

$$\sum_{k_i}^{K_i} u_i(k_i) = 1, \quad i = 0, 1, 2, \dots, I, \quad (1)$$

где k_i – дискретное время выполнения i -го действия; K_i – верхняя граница дискретного времени выполнения i -го действия; i – номер некоторого действия; I – общее количество действий.

На основании определяющего признака СО-архитектуры, заключающегося в нейтральности сервиса по отношению к обращающимся модулям, принимается предположение о независимости случайных времен выполнения действий, соответствующих сервисам интеллектуальной системы.

Согласно второму дополнительному типу операций на дугах, исходящих из каждого узла решения, указываются $p_{j,l}$, $j = 1, 2, \dots, J$; $l = 1, 2, \dots, L_j$ вероятности выбора альтернативных вариантов поведения в ходе деятельности, которые удовлетворяют условию полной группы несовместных событий:

$$\sum_{l=1}^{L_j} p_{j,l} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, J, \quad (2)$$

где j – номер узла решения; L_j – число альтернативных вариантов поведения после решения j ; J – количество узлов решения.

Предлагаемая формализация процесса формирования конкретной модели той или иной спланированной конфигурации интеллектуальной СО-системы описывается следующими процедурами:

1) позиционирование вида деятельности, выполняемой СО-системой;

2) выделение множества действий системы \mathbf{D} ($|\mathbf{D}| = I$), реализующих определенную выше деятельность;

3) описание каждого действия d_i , $i = 0, 1, 2, \dots, I$ матрицей вероятностей переходов в дискретном пространстве состояний системы $\mathbf{P}^{(i)}$ размерности $((N_i + 1) \times (N_i + 1))$, где N_i – количество возможных состояний сервиса, реализующего выделенное действие; номером $(N_i + 1)$ отмечается поглощающее состояние, соответствующее моменту времени окончания его функционирования;

4) выделение в потоке управления множества узлов координации действий, определяемых узлами решений альтернативных вариантов выполнения условных действий;

5) описание каждого альтернативного варианта всех узлов решения соответствующей вероятностью $p_{j,l}$, $j = 1, 2, \dots, J$; $l = 1, 2, \dots, L_j$ с обязательным выполнением условия (2);

6) определение матрицы **R**, содержащей номера действий с возможными возвратами и соответствующими вероятностями возвратов;

7) формирование матрицы инцидентий для узлов разъединения и узлов соединения **A** размера $(n \times n)$, где n – общее количество узлов; $a_{i,j} = 0$, если узлы не связаны через узлы действий; $a_{i,j} = 1$, если j -му узлу предшествуют узлы действий, следующие после i -ого узла; $a_{i,j} = -1$, если узлы действий, предшествующие i -му узлу, следуют после j -го узла;

8) выделение в потоке управления множества узлов координации действий, определяемых узлами разделения и узлами соединения параллельно выполняемых операций;

9) формирование описаний функций, соответствующих узлам соединений из потока управления.

При вариациях спланированных конфигураций и содержания выполняемых операций предложенных процедур образуется множество моделей процессов функционирования интеллектуальных СО-систем.

Предлагаемый метод генерации МАИ разбивается на девять этапов.

Эман 1. Выделение в модели множества действий с возвратами и формирование эквивалентной модели в виде конечной цепи Маркова с поглощающим состоянием в матричной форме для каждого i -го действия из выделенного множества, где $\mathbf{P}_r^{(i)}$ – квадратная матрица размерности $((K_i + 2) \times (K_i + 2))$ переходов во множестве дискретных состояний; r_i – вероятность возврата к выполнению i -го действия, i -ый элемент вектора **R**:

$$\mathbf{P}_r^{(i)} = \begin{pmatrix} 0 & u_i(K_i) & u_i(K_i - 1) & u_i(K_i - 2) & u_i(K_i - 3) & \dots & u_i(1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ r_i & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & (1 - r_i) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Нахождение $u(K_{i,i})$ плотности распределения вероятностей $k_{i,i} = 1, 2, \dots, N, \dots$ времени выполнения i -го действия с учетом возвратов:

$$u_i(k_{i,i}) = P_{1,K_i+2}^{(i,k_{i,i})} - P_{1,K_i+2}^{(i,k_{i,i}-1)}, \quad k_{i,i} = 1, 2, \dots, K_{i,i},$$

где $P_{1,K_i+2}^{(i,k_{i,i})}$ – $(1, (K_i + 2))$ -ой элемент $k_{i,i}$ -ой степени матрицы $\mathbf{P}_r^{(i)}$; $P_{1,K_i+2}^{(i,k_{i,i}-1)}$ – $(1, (K_i + 2))$ -ой элемент $(k_{i,i} - 1)$ -ой степени матрицы $\mathbf{P}_r^{(i)}$; $k_{i,i}$ – дискретное время выполнения i -го действия с учетом возвратов.

Замена каждого действия из выделенной группы новым узлом укрупненного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения $u(K_{i,i})$.

Эман 2. Выделение в модели интеграции СО-средств последовательностей узлов действий, замена каждой последовательности новым узлом более сложного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения по следующей формуле:

$$u(k_{0,1,\dots,m}) = \sum_{\min k_{0,1,\dots,(m-1)}}^{\max k_{0,1,\dots,(m-1)}} u(k_{0,1,\dots,(m-1)}) u_m(k_{0,1,\dots,m} - k_{0,1,\dots,(m-1)});$$

$$u_m(k_{0,1,\dots,m} - k_{0,1,\dots,(m-1)}) = P_{1,N_m+1}^{(m,(k_{0,1,\dots,m} - k_{0,1,\dots,(m-1)}))} - P_{1,N_m+1}^{(m,(k_{0,1,\dots,m} - k_{0,1,\dots,(m-1)} - 1))}; \quad (3)$$

$$k_{0,1,\dots,m} = \min(k_0 + k_1 + \dots + k_m), \dots, \max(k_0 + k_1 + \dots + k_m), \quad m = 0, 1, \dots, M_j;$$

$$u(k_0) = u_0(k_0), \quad u_0(k_0) = P_{1,N_0+1}^{(0,k_0)} - P_{1,N_0+1}^{(0,k_0-1)}, \quad k_0 = 1, 2, \dots, K_0,$$

где $k_{0,1,\dots,m}$ – дискретное время выполнения последовательности m действий;
 $u(k_{0,1,\dots,m})$ – плотность вероятности времени выполнения последовательности $(m + 1)$ действий.

Эман 3. Нахождение в модели интеграции средств группы узлов альтернативных действий с заменой каждой найденной группы новым узлом более сложного действия с определением эквивалентной характеристики в виде плотности вероятности времени его выполнения согласно соотношению:

$$u(k_{1,2,\dots,l,\dots,L_j}) = \sum_{l=1}^{L_j} p_{j,l} u_l(k_l), \quad (4)$$

$$u_l(k_l) = P_{1,N_l+1}^{(l,(k_l))} - P_{1,N_l+1}^{(l,(k_l-1))}, \quad k_l = 1, 2, \dots, K_l,$$

$$k_{1,2,\dots,l,\dots,L_j} = \min_l k_l, \dots, \max_l k_l; \quad l = 1, 2, \dots, L_j;$$

где $u(k_{1,2,\dots,l,\dots,L_j})$ - плотность вероятности $k_{1,2,\dots,l,\dots,L_j}$ времени выполнения L_j альтернативных действий.

Эман 4. Формирование новой цепочки последовательных действий, образующихся в результате осуществления преобразований, раскрытых в предыдущих процедурах. Образование узла эквивалентного нового действия, стохастическая природа которого отражается характеристикой, определяемой согласно соотношению (3).

Эман 5. Группирование описаний функций, соответствующих узлам соединений из потока управ-

ления, по характеру однородности их описания. Различаются два типа описаний. Первый тип описаний соответствует спецификациям узлов соединений, представляемых в базе булевых функций $\Lambda(N), V(N)$, а второй - в базе функций « M из N », где N - степень параллельности; M - число выполненных действий, по окончании которых осуществляется объединение параллельных действий.

Эман 6. Формирование групп параллельных действий, спецификация узлов соединения которых описывается булевой функцией $\Lambda(N)$. Нахождение плотности вероятности времени выполнения нового укрупненного эквивалентного действия, соответствующего каждой такой группе, по формулам (5, 6). Нахождение групп параллельных действий, спецификация узлов соединения которых описывается булевой функцией $V(N)$. Определение плотности вероятности времени выполнения нового укрупненного эквивалентного действия, соответствующего каждой такой группе, по формулам (7, 8). Образование групп параллельных действий, спецификация узлов соединения которых описывается функцией « M из N ». Определение плотности вероятности времени выполнения нового укрупненного эквивалентного действия, соответствующего каждой такой группе, по формулам (9-12):

$$u(k_{1,2,\dots,l,\dots,L_j}) = \sum_{l=1}^{L_j} p_{j,l} u_l(k_l) - \prod_{n=1}^N \left(\sum_{k_n=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N-1}} u_n(k_n) \right); \quad (5)$$

$$k_{1,2,\dots,n,\dots,N} = \max_n (\min k_1, \min k_2, \dots, \min k_n, \dots, \min k_N), \dots, \max_n (\max k_1, \max k_2, \dots, \max k_n, \dots, \max k_N); \quad (6)$$

$$u_v(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = \prod_{n=1}^N \left(1 - \sum_{k_n=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N-1}} u_n(k_n) \right) - \prod_{n=1}^N \left(1 - \sum_{k_n=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_n(k_n) \right), \quad (7)$$

$$u_n(k_n) = P_{1,N_n+1}^{(n,(k_n))} - P_{1,N_n+1}^{(n,(k_n-1))}, \quad k_n = 1, 2, \dots, K_n;$$

$$k_{1,2,\dots,n,\dots,N} = \min_n (\min k_1, \min k_2, \dots, \min k_n, \dots, \min k_N), \dots, \min_n (\max k_1, \max k_2, \dots, \max k_n, \dots, \max k_N); \quad (8)$$

$$u_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N} - U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N} - 1)); \quad (9)$$

$$U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = \sum_{r=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_{\wedge}(r), \quad \text{при } M = N; \quad (10)$$

$$U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = \sum_{r=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_{\wedge}(r), \quad \text{при } M = 1; \quad (11)$$

$$U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = G(N, M, N, k_{1,2,\dots,n,\dots,N}), \quad \text{при } 1 < M < N, \quad (12)$$

В формулах (5–12) приняты следующие условные обозначения:

$k_{1,2,\dots,n,\dots,N}$ – время выполнения параллельных действий;

$u_{\wedge}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N})$ и $u_{\vee}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N})$ – плотность вероятности времени выполнения параллельных действий при соединении согласно булевой функции $\wedge(N)$ и $\vee(N)$;

$u_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N})$ и $U_{M,N}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N})$ – плотность вероятности и функция распределения времени выполнения параллельных действий при соединении согласно функции « M из N »;

$$G(N, M, IND, k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = \begin{cases} 0, \text{ если } M > N; \\ \sum_{r=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_{\vee}(r), \text{ если } M = 1; \\ \sum_{r=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_{\wedge}(r), \text{ если } M = N; \\ U_{IND}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N})G(N-1, M-1, IND-1, k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) + \\ + (1 - U_{IND}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N})) \times \\ \times G(N-1, M, IND-1, k_{1,2,\dots,n,\dots,N}), \text{ если } M < N \end{cases};$$

$$U_{IND}(k_{1,2,\dots,n,\dots,N}) = \sum_{r=1}^{k_{1,2,\dots,n,\dots,N}} u_{IND}(r); IND = 1, 2, \dots, N.$$

Эман 7. Формирование последовательности узлов укрупненных действий и определение $u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I})$ плотности вероятности времени выполнения деятельности согласно соотношению (3).

Эман 8. Выявление номеров узлов укрупненных действий с возвратами и их обработка согласно первой процедуре приведенной формализации.

Эман 9. Определение показателей качества совместной работы служб:

$$E[k_{0,1,\dots,i,\dots,I}] = \sum_{\min k_{0,1,\dots,i,\dots,I}}^{\max k_{0,1,\dots,i,\dots,I}} k_{0,1,\dots,i,\dots,I} u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I}); \quad (13)$$

$$D[k_{0,1,\dots,i,\dots,I}] = \sum_{\min k_{0,1,\dots,i,\dots,I}}^{\max k_{0,1,\dots,i,\dots,I}} (k_{0,1,\dots,i,\dots,I} - E[k_{0,1,\dots,i,\dots,I}])^2 u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I}); \quad (14)$$

$$R(k_{0,1,\dots,i,\dots,I} > C) = 1 - \sum_{\min k_{0,1,\dots,i,\dots,I}}^C u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I}); \quad (15)$$

$$m_2 = E[k_{0,1,\dots,i,\dots,I}];$$

$$m_3 = \sum_{\min k_{0,1,\dots,i,\dots,I}}^{\max k_{0,1,\dots,i,\dots,I}} (k_{0,1,\dots,i,\dots,I} - E[k_{0,1,\dots,i,\dots,I}])^3 u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I});$$

$$m_4 = \sum_{\min k_{0,1,\dots,i,\dots,I}}^{\max k_{0,1,\dots,i,\dots,I}} (k_{0,1,\dots,i,\dots,I} - E[k_{0,1,\dots,i,\dots,I}])^4 u(k_{0,1,\dots,i,\dots,I});$$

$$\sigma = \sqrt{m_2}; As = \frac{m_3}{\sigma^3}; Ek = \frac{m_4}{\sigma^4},$$

где C – верхняя граница допустимого времени выполнения (далее – конкретной деятельности);

$E[k_{0,1,\dots,i,\dots,I}]$, $D[k_{0,1,\dots,i,\dots,I}]$ – соответственно математическое ожидание и дисперсия времени выполнения;

$R(k_{0,1,\dots,i,\dots,I} > C)$ – риск срыва временного регламента;

As – показатель асимметрии временной развертки;

Ek – показатель эксцесса;

σ – среднеквадратическое отклонение стохастического профиля времени выполнения.

Предложенный метод генерации МАИ, примененный для многообразия моделей интеллектуальной СО-системы, делает возможным формирование математического обеспечения, предназначенного для управления качеством ее функционирования на множестве конфигураций, планируемых агентом-сервисом в зависимости от предъявляемых требований, возможных ресурсов и состояний окружающей среды.

Заключение

В результате развития формализаций жизненного цикла интеллектуальных СО-систем:

– формализовано создание моделей процессов функционирования интеллектуальных СО-систем с «мягкой» архитектурой, в которой интеграция сервисов осуществляется с помощью искусственного интеллекта по плану, генерируемому сервисом-агентом в соответствии с определенным целеполаганием, оцененным состоянием окружающей среды и динамическим профилем, построенным МАИ;

– разработан метод генерации МАИ СО-систем с «мягкой» архитектурой, предназначенного для управления качеством их функционирования.

В отличие от известных формализаций в предлагаемых процедурах построения моделей и методе генерации МАИ учитываются возможные возвраты к ситуационной повторной реализации сервисов, предусматриваемой при планировании их конфигурации в случае «мягкой» архитектуры СО-системы, чем и предопределяется их новизна.

Практическая значимость разработанных формализаций заключается в расширении интеллектуальных спецификаций СО-систем с управляемым качеством функционирования, соответствующим предъявляемым требованиям в условиях интенсивного развития цифровых технологий и высокого уровня неопределенности относительно состояния окружающей среды.

Список используемых источников

1. Кондратьев Д.А., Птицына Л.К., Эль Сабаяр Шевченко Н. Выбор алгоритма планирования для интеллектуальных сервис-ориентированных систем // VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2017, Санкт-Петербург, Россия, 01–02 марта 2017 г.): сборник статей. Санкт-Петербург: СПбГУТ, 2017. С. 277–282.
2. Птицына Л.К., Эль Сабаяр Шевченко Н. Интеллектуальная интеграция кластерных сегментов сервис-ориентированных систем // VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2018, Санкт-Петербург, Россия, 28 февраля–01 марта 2018 г.): сборник статей. Санкт-Петербург: СПбГУТ, 2018. С. 544–549.
3. Птицына Л.К., Эль Сабаяр Шевченко Н.А., Белов М.П., Птицын А.В. Моделирование сервис-ориентированных систем в условиях неопределенности // XI Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. (Санкт-Петербург, Россия): сборник статей. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина), 2018. Т. 1. С. 291–294.
4. Птицына Л.К. Интеллектуальные системы и технологии: учебное пособие. СПб.: СПбГУТ, 2019. 231 с.
5. Птицына Л.К. Системы представления и приобретения знаний: учебное пособие. СПб.: СПбГУТ, 2019. 158 с.
6. Птицына Л.К., Смирнов Н.Г. Программное обеспечение компьютерных сетей. Управление крупно-гранулярными процессами на основе языка WPEL: учебное пособие. СПб: Изд-во Политехнического ун-та, 2011. 106 с.
7. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Системно-аналитическая основа интеграции сервис-ориентированных средств // Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 5. С. 31–36.
8. Птицына Л. К., Смирнов Н. Г. Разработка и анализ моделей интеграции сервис-ориентированных средств в гетерогенных сетях // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2011. № 6-1(138). С. 71–80.
9. Птицына Л.К., Веселов В.О. Анализ интеграции сервис-ориентированных средств в активных инфокоммуникационных средах // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2015. Т. 7. № 2. С. 42–47.
10. Птицына Л.К. Методология генерации модельно-аналитического интеллекта сервис-ориентированных систем с гарантиями качества // VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2017, Санкт-Петербург, Россия, 01–02 марта 2017 г.): сборник статей. Санкт-Петербург: СПбГУТ, 2017. С. 351–354.

* * *

Generation of Model Analytical Intelligence of Service-Oriented Systems

N. El Sabayar Shevchenko¹

¹The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

Article info

DOI:10.31854/1813-324X-2020-6-1-109-116

Received 24th December 2019

Accepted 17th February 2020

For citation: El Sabayar Shevchenko N. Generation of Model Analytical Intelligence of Service-Oriented Systems for Quality Management of Their Operation. *Proc. of Telecom. Universities*. 2020;6(1):109–116. (in Russ.) DOI:10.31854/1813-324X-2020-6-1-109-116

Abstract: *The article describes the main demand reasons for soft architecture of service-oriented systems. There are shown common analytical studies results of service-oriented systems. We consider a promising approach how to manage their quality. We see the detailed ideas about the purpose of the model-analytical intelligence of service-oriented systems. The paper shows us the extended formal procedures for constructing object-oriented models of service-oriented systems with the intelligent quality control. The author proposes a method for generating model-analytical intelligence of service-oriented systems with a controlled quality of their functioning.*

Keywords: *digital technology, service oriented systems, soft architecture, dynamic profile, quality control, object oriented model of activity, model-analytical intelligence, generation method.*

References

1. Kondratyev D., Ptitsyna L., Elsabayar Shevchenko N. The Selection Algorithm Planning for Intelligent Service-Oriented Systems. *Proceedings of the VIth International Conference on Infotelecommunications in Science and Education, 1–2 March 2017, St. Petersburg, Russian Federation.* St. Petersburg: Saint-Petersburg State University of Telecommunications Publ.; 2017. p.277–282. (in Russ.)
2. Ptitsyna L., Elsabayar Shevchenko N. Intellectual Integration of Cluster Segments of Service-Oriented Systems. *Proceedings of the VIIth International Conference on Infotelecommunications in Science and Education, 28 February–1 March 2018, St. Petersburg, Russian Federation.* St. Petersburg: Saint-Petersburg State University of Telecommunications Publ.; 2018. p.544–549. (in Russ.)
3. Ptitsyna L.K., El sabayar shevchenko N.A., Belov M.P., Ptitsyn A.V. Simulation of Intelligent Service-oriented Systems in Conditions of Uncertainty. *Proceedings of the XIth International Conference on Soft Computing and Measurement, SCM'2018. St. Petersburg, Russian Federation.* St. Petersburg: Saint-Petersburg Electrotechnical University "LETI" Publ.; 2018. vol.1. p.291–294. (in Russ.)
4. Ptitsyna L.K. *Intelligent Systems and Technologies.* St. Petersburg: Saint-Petersburg State University of Telecommunications Publ.; 2019. 231 p. (in Russ.)
5. Ptitsyna L.K. *Knowledge Submission and Acquisition Systems.* St. Petersburg: Saint-Petersburg State University of Telecommunications Publ.; 2019. 158 p. (in Russ.)
6. Ptitsyna L.K., Smirnov N.G. *Computer Network Software. Management of Large-Granular Processes Based on the BPEL Language.* St. Petersburg: Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Publ.; 2011. 106 p. (in Russ.)
7. Ptitsyna L.K., Smirnov N.G. The Analytical Background of Service Integration in Service-Oriented Systems. *Industrial Automatic Control Systems and Controllers.* 2011;5:31–36. (in Russ.)
8. Ptitsyna L.K., Smirnov N.G. The development and analysis of service integration Models in Heterogeneous Environment. *Computing, Telecommunication and Control (St. Petersburg Polytechnical University Journal. Computer Science. Telecommunication and Control Systems).* 2011;6-1(138):71–81. (in Russ.)
9. Ptitsyna L.K., Veselov V. Analysis of Integration of Service Oriented Means in Active Infocommunication Mediums. *H&ES Research.* 2015;7(2):42–47. (in Russ.)
10. Ptitsyna L. Methodology Generation Model-Analytical Intelligence Service-Oriented Systems with Quality Assurance. Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. *Proceedings of the VIth International Conference on Infotelecommunications in Science and Education, 1–2 March 2017, St. Petersburg, Russian Federation.* St. Petersburg: Saint-Petersburg State University of Telecommunications Publ.; 2017. p.351–354. (in Russ.)

Сведения об авторах:

ЭЛЬ САБАЯР ШЕВЧЕНКО
Нидал

аспирант кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, nzs.vus@gmail.com