

В. М. Левыкин, доктор технических наук,
заведующий кафедрой информационных
управляющих систем Харьковского национального
университета радиоэлектроники

С. Ф. Чалый, доктор технических наук, профессор
кафедры информационных управляющих систем
Харьковского национального университета
радиоэлектроники

А. Ю. Кальницкая, соискатель, ассистент кафедры
информационных управляющих систем
Харьковского национального университета
радиоэлектроники

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ СЦЕНАРИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СТРУКТУРОЙ

У статті запропоновано модель формування сценарію бізнес-процесів зі змінною структурою на основі перетворення бізнес-об'єктів. Визначною особливістю даної моделі є те, що вона базується на знанняорієнтованому поданні бізнес-об'єктів у вигляді документів, отриманих у результаті виконання бізнес-процесу, а також формалізує створення, видалення та зміну бізнес-об'єктів під час реалізації сценарію бізнес-процесу.

In article the model of forming of the script business-processes with a changing structure on the basis of transformation business-objects is offered. Distinctive feature of the given model is that it is based on representation business-objects in the form of the documents received as a result of performance business-process, and also formalizes creation, removal and change business-objects at realization of the script business-process.

Ключевые слова. Управление бизнес-процессами, информационная система, критерии результативности.

Введение. Современное состояние управления бизнес-процессами (БП) в системах предполагает формирование гибких бизнес-процессов с изменяющейся структурой (БПИС), для которых последовательность выполнения процедур варьируется в зависимости от эволюции требований и предполагает наличие наборов из некоторого количества сценариев. Среди БПИС следует выделить класс мультисценарных процессов, реализация которых в каждый момент времени в значительной степени определяется текущим состоянием набора объектов, которыми оперирует БП. Выбор и корректировка сценария во время выполнения процесса осуществляется на основе знаний о предметной области. Для БПИС юридического сопровождения хозяйственной деятельности предприятия характерно то, что в качестве бизнес-объектов (БО) выступают документы, сформированные на основе шаблонов, и наборы надлежащим образом оформленных документов, в каждый момент времени оказывающие влияние на дальнейшую последовательность бизнес-процедур (БПр). Структура таких документов является в значительной степени определяющей и при формировании БПИС.

Для оценивания тех или иных вариантов сценария реализации БПИС представляется целесообразным использовать критерии результативности БПИС, которые определяются как отношение заданного показателя результативности к фактическому.

© В. М. Левыкин, С. Ф. Чалый, А. Ю. Кальницкая, 2009

В связи с изложенным возникает проблема формализации представления сценария БПИС, позволяющего достичь заданной результативности бизнес-процесса при изменении функциональных требований на основе выбора соответствующего сценария с учетом состояния БО.

Анализ данной проблемы позволяет сделать выводы, что проведенные ранее исследования не отражают в полной мере все особенности БПИС, а также не учитывают то, что сценарии БП такого типа должны быть ориентированы непосредственно на работу с БО [1, 2, 3, 4]. Кроме того, традиционные подходы к описанию БП предполагают предварительную разработку статической модели БП, которая задает жесткую последовательность процедур БП и не дает возможности корректировать или исключать их из состава БПИС.

Постановка задачи. Для решения проблемы формализации формирования сценария БПИС необходимо решить задачу функционирования (представления) и выбора сценария БПИС с учетом особенностей БО в виде документов. Подходы к решению указанной проблемы в значительной степени определяются особенностями процессов такого типа, а именно:

- модель формирования БПИС является многоуровневой;
- БПИС оперируют бизнес-объектами (документами различной формы, содержания и назначения);
- структура БПИС может изменяться при изменении требований к БО под влиянием внешних возмущений, также может изменяться содержимое и форма используемых объектов;
- сценарий протекания БПИС необходимо корректировать в соответствии с изменениями БО;
- последовательность процедур БПИС необходимо корректировать или заменять отдельными процедурами в результате изменений в БО.

Таким образом, требуется получить модель представления сценария бизнес-процессов с изменяющейся структурой, которая позволит создавать и удалять БО, учитывать взаимосвязи между ними, а также выполнять оценку сценария с точки зрения временных и материальных затрат на реализацию БП и создавать условия для выбора наиболее рационального сценария при изменении требований предметной области. Данная формализация возможна на основании полученной модели и создает условия для разработки метода оценки сценария БПИС.

Исходными данными для решения поставленной задачи являются:

- модель представления знаний о бизнес-процессах [5];
- многоуровневая модель описания гибких адаптируемых БПИС [6];
- метод адаптации такой модели [7];
- модель протекания БПИС, ориентированная на сценарий;
- метод адаптации модели протекания БПИС во время их выполнения.

Решение поставленной задачи предполагает выполнение следующих шагов:

- 1) выделить множество исходных БО, необходимых для запуска БПИС;
- 2) определить конечное множество БО, получение которого свидетельствует о достижении цели БП;
3) построить двухуровневое представление сценария бизнес-процесса, отражающего последовательность создания, изменения и удаления БО, а также правила и шаблоны обработки таких объектов, на основе модели представления БПИС;
- 4) разработать модели типовых шаблонов сценариев;
- 5) формализовать типовые шаблоны обработки БО;
- 6) выделить наборы правил создания, удаления и обработки БО;
- 7) осуществить проверку и поддержание целостности набора правил работы с БО.

Первые два шага были рассмотрены в работах [5, 6, 7]. В данной статье рассматривается первый уровень двухуровневой модели формирования сценария БПИС, а также правила функционирования сценария, представленные в шагах 4 и 5.

Двухуровневая модель формирования сценария БПИС

Разработанная двухуровневая модель формирования сценария БПИС включает в себя:

- уровень описания последовательности преобразования начального множества бизнес-объектов в конечное в виде ориентированного двудольного графа;
- уровень представления набора операторов создания, удаления и изменения БО, основанных на правилах реализации.

Определение. Под сценарием БПИС будем понимать последовательность действий, объединяющих группы БПр и БО, позволяющую моделировать зависимость поведения параметров модели БПИС от поведения внешнего мира, а также каких-либо составляющих этой модели.

Первый уровень модели отражает обобщенное представление сценария на основе сети Петри $G = (V, A)$ и включает в себя следующие элементы: множество вершин $V = \{v_j\}$, реализованных в виде набора БПр, выстроенного по определенному шаблону, и набор ориентированных дуг $A = \{a_i\}$, $a_i = (v_j, v_k)$, где $v_j, v_k \in V$, представляющих собой переходы от одной БПр к другой. Множество V может быть разбито на два непересекающихся подмножества P и T , таких, что $V = P \cup T, P \cap T = \emptyset$, и для любой направленной дуги $a_i \in A$, если $a_i = (v_j, v_k)$, тогда либо $v_j \in P$, либо $v_k \in T$. При этом

$P = \{p_n\}, n \geq 0$ – конечное множество позиций – БПр, $T = \{t_m\}, m \geq 0$ – конечное множество переходов – операций, необходимых для выполнения каждой из БПр.

Таким образом, граф сети Петри \mathcal{C} можно представить в виде эквивалентной ему структуры:

$$C = (P, T, I, O, M_0), \quad (1)$$

где $I: T \rightarrow P^o$ – входная функция – отображение из операций в комплекты БПр;

$O: T \rightarrow P^o$ – выходная функция – отображение из операций в комплекты БПр;

$M_0: P \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$ – вектор начальной маркировки позиций (БПр), $|M_0| = m$. Количество маркеров в позиции указывает на количество БО, над которыми совершается данная БПр.

Формальное представление сценария БПИС в виде графа требует, чтобы помимо основных элементов графа сценария были определены наборы начальных множеств, используемых для взаимодействия этих элементов, и множеств, которые будут получены в результате функционирования сценария.

Начальное множество включает в себя набор БО (маркеров), который должен быть определен для начальной (первой) бизнес-процедуры. Эта величина определяется экспертом в зависимости от конкретного БПИС, задается вместе с остальными начальными характеристиками сценария для данного БПИС и используется для создания БО, определяющих конечное количество маркеров сценария.

Каждому маркеру присвоены веса, задаваемые множествами: стоимостные веса

$$C_M = (c_{ij}^M), c_{ij} \geq 0 (\forall i, j), \quad (2)$$

временные веса

$$T_M = (t_{ij}^M), t_{ij} \geq 0 (\forall i, j). \quad (3)$$

Размеры весов определяются предметной областью. Часть из них определяется эволюцией требований, часть задается экспертом, а часть определяется в ходе выполнения сценария.

Конечное множество включает в себя набор БО, который должен быть получен в результате выполнения сценария БПИС.

Взаимодействие указанных элементов осуществляется на основе разрешенных переходов сети.

Разрешенным переходом (операцией, которую необходимо или можно выполнить для данной БПр) $t_m \in T$ является такой переход, для которого

$$p_j \in \{p_i(m)\} | M(p_j) \geq v_k | j, \quad (4)$$

где $M(p_j)$ – маркировка (состояние БО) p_j позиции (БПр) $p_j \in \{p_i(m)\}$;

$|v_k | j$ – мощность множества ориентированных дуг (переходов от шаблона к шаблону) от позиции $p_j \in \{p_i(m)\}$ перехода t_i .

Иными словами, входная и выходная функции отражают взаимосвязи между событиями, происходящими в результате реализации сценария, и условиями, описывающими данные события при помощи БО в виде маркеров.

Функционирование сценария выполняется с помощью следующего набора правил: 1) выполнение операций; 2) получение БО и определение состояния сценария; 3) оценка результативности сценария; 4) оценка достижимости конечной или заданной вершины сценария; 5) выбор альтернативных решений.

1) *Выполнение операций.*

Выполнение разрешенной операции t_i забирает из каждой БПр $p_j \in \{p_i(in)\}$ количество маркеров (БО), равное мощности дуг от БПр $p_j \in \{p_i(out)\}$ до операции t_i . Каждая выходная БПр $p_j \in \{p_i(out)\}$ операции t_i получает количество БО, равное мощности дуг, которые инцидентны $p_j \in \{p_i(out)\}$ и t_i . Таким образом, правило имеет следующий вид:

$$\text{If } p_j \in P \forall M(p_j) \geq \#(p_j, I(t_i)) = \text{true then переход } t_i \in T \text{ разрешен.} \quad (5)$$

$$\text{If } p_j \in P \forall M(p_j) \geq \#(p_j, I(t_i)) = \text{false then переход } t_i \in T \text{ запрещен.} \quad (6)$$

Иными словами, после выполнения определенной операции над бизнес-объектом или группой бизнес-объектов эти объекты переходят на другую позицию для выполнения над ними следующей операции. При этом состояние переходящих БО будет зависеть от их типа. Необходимо отметить, что под

состоянием БО следует понимать форму и содержание объекта, описанное в наборе правил предметной области.

2) *Получение БО и определение состояния сценария.*

Определенный набор БО связывается с определенным сценарием заранее, после реализации сценария получается новый набор БО, являющийся функцией от исходного. То есть маркировка (количество и состояние БО) определяет состояние сценария, которое изменяется посредством запусков переходов (выполнения операций).

Пространство состояний сценария, обладающего n БО, есть множество всех БО, то есть M^n . Изменение в состоянии, вызванное запуском операции, определяется функцией следующего состояния сценария δ . Когда функция применяется к состоянию M и операции f_i , она образует новое состояние БО, которое получается при запуске операции f_i в состоянии M . Функция следующего состояния $\delta: M^n \times T \rightarrow M^n$ для сценария $C = (P, T, I, O, M_0)$ с состояниями M и операциями $f_i \in T$ определена тогда и только тогда, когда $M(p_j) \geq \#(p_j, I(f_i))$ для всех $p_j \in P$. Если $\delta(M, f_i)$ определена, то $\delta(M, f_i) = M'$, где $M'(p_j) = M(p_j) - \#(p_j, I(f_i)) + \#(p_j, O(f_i))$ для всех $p_j \in P$. Если f_i не разрешен в состоянии M , тогда функция не определена. Запуск разрешенной операции f_i в начальном состоянии образует новое состояние $M^1 = \delta(M^0, f_i)$ (новый набор БО или новое состояние уже существующих), в котором можно запустить любую другую разрешенную операцию. При выполнении сценария формируются две последовательности: состояния (M_0, M_1, M_2, \dots) и запущенные операции $(f_{i_0}, f_{i_1}, f_{i_2}, \dots)$, связанные между собой соотношением $\delta(M^k, f_{i_k}) = M^{k+1}$, где $k = 0, 1, 2, \dots$. Таким образом, обе эти последовательности представляют описание выполнения сценария.

Исходя из вышеизложенного, для каждой вершины графа сценария необходимо получить определенное количество маркеров (БО), на основании которых можно рассчитать общее количество маркеров как для сценария, так и для всего БПИС. Следовательно, состояние БП в каждый момент времени будет описываться при помощи набора маркеров, отражающих состояние БО.

Таким образом, определение состояния сценария имеет следующий вид:

$$\text{If запущен } f_i \text{ в состоянии } M^k \text{ then } \delta(M^k, f_{i_k}) = M^k = \text{true}. \quad (7)$$

Разработанная модель сценария позволяет также определить проектное время и стоимость получения общего набора маркеров. Для этого необходим исходный набор маркеров, а также проектное время и проектная стоимость БПИС, представленная в виде матрицы весов по стоимости и времени.

Однако следует отметить, что для некоторых БПИС эти величины могут представлять собой пустое множество, что обусловлено предметной областью. Например, при составлении типового договора юристу может понадобиться только знание действующего законодательства, тогда набор исходных меток для запуска сценария равен пустому множеству.

3) *Оценка результативности сценария.*

Оценка времени и стоимости достижения каждой вершины сценария определяется путем имитационного моделирования: нижняя граница времени и стоимости будет соответствовать единичной результативности. Тогда для одной вершины сценария нижняя граница результативности по стоимости будет иметь вид:

$$H. z. (C_M^i) \rightarrow 1, \quad (8)$$

а нижняя граница результативности по времени:

$$H. z. (T_M^i) \rightarrow 1. \quad (9)$$

В свою очередь, нижняя граница результативности каждого БО внутри вершины указана в матрице весов $C_M^{H.z.} = \{c_{H.z.}^M\}$ и $T_M^{H.z.} = \{t_{H.z.}^M\}$ соответственно. Верхняя граница будет являться допуском по результативности: $B. z. (C_M^i) \rightarrow \max$ – по стоимости, $B. z. (T_M^i) \rightarrow \max$ – по времени, и матрицы весов соответственно: $C_M^{B.z.} = \{c_{B.z.}^M\}$ и $T_M^{B.z.} = \{t_{B.z.}^M\}$. Тогда допустимая результативность для вершины имеет вид:

$$R_{C \min}^i = \frac{H.z(\sum C_M^{H,z})}{B.z(\sum C_M^{B,z})}, \quad R_{T \min}^i = \frac{H.z(\sum T_M^{H,z})}{B.z(\sum T_M^{B,z})} \quad (10)$$

где $R_{C \min}^i$ – min допустимая результативность по стоимости, а $R_{T \min}^i$ – по времени.

Таким образом, для каждой вершины графа сценария существует заданный уровень результативности. Если в ходе реализации сценария БПИС происходит отклонение от него, то следует изменить сценарий или выбрать другой.

Используя показатели результативности для каждой вершины графа сценария аналогичным образом, можно определить результативность для сценария, а также для всего БПИС.

4) Оценка достижимости конечной или заданной вершины сценария.

Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что задача формирования сценария в виде модели сети Петри сводится к определению оптимального пути при стоимостных и временных ограничениях от заданной начальной вершины сценария $x_i \in X$ до заданной конечной вершины $x_j \in X$ при условии, что такой путь существует, то есть при условии, что $x_j \in R(x_i)$. $R(x_i)$ – множество, достижимое из вершины x_i . То есть необходимо провести исследование достижимости конечной или заданной вершины графа сценария и получить некоторый критерий достижимости, представляющий собой подмножество маркеров (БО), обеспечивающих достижение конечной/заданной вершины. При этом будем считать, что каждая вершина работает нормально.

Для этого необходимо построить матрицу достижимости $R = (r_{ij})$, которая определяется следующим путем:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если вершина } x_j \text{ достижима из } x_i \\ 0 & \text{– в противном случае} \end{cases} \quad (11)$$

Множество вершин $R(x_i)$ сценария $G = (V, A)$, достижимых из заданной вершины x_i , состоит из таких элементов x_j , для которых (i, j) -й элемент в матрице достижимости равен 1. Достижимые множества $R(x_i)$ для всех вершин $x_i \in X$ будут иметь вид:

$$R(x_i) = \{x_i\} \cup R^1(x_i) \cup R^2(x_i) \cup \dots \cup R^p(x_i), \quad (12)$$

при $r_{ij} = 1$, если $x_j \in R(x_i)$, и $r_{ij} = 0$ в противном случае. Полученная таким образом матрица R является матрицей достижимости вершин сценария.

Однако данная матрица может быть использована только в случае, если начальное и конечное множество маркеров (БО) сценария БПИС равняется пустому множеству. Иными словами, БПИС не требует создания или изменения БО. Во всех остальных случаях для сценария $C = (P, T, I, O, M_0)$ с маркировкой (БО) M маркировка (БО) M' будет непосредственно достижима из M , если существует переход (операция) $t_i \in T$ такой, что $\delta(M, t_i) = M'$. Таким образом, M' принадлежит множеству достижимости $R(C, M)$, если существует какая-либо последовательность запусков переходов, изменяющих M на M' .

Следовательно, оптимальный путь для данного сценария или путь от начальной до конечной вершины существует, если:

$$r_{ij} = \begin{cases} true, & \text{если вершина } x_j \text{ достижима из } x_i \text{ при } t_i \in T, \text{ так что } \delta(M, t_i) = M', \\ false & \text{– в противном случае.} \end{cases} \quad (13)$$

Каждая вершина реализована в виде набора БПр, выстроенных по заданному шаблону. Для оптимального или заданного пути можно рассчитать результативность, используя формулы 8, 9, 10.

5) Правило выбора альтернативных решений.

Выбор альтернативных решений сводится к выбору наиболее приемлемого пути развития сценария и осуществляется экспертом после оценки результативности и достижимости. Наиболее приемлемый путь выбирается в зависимости от типа БПИС. Для БП, порядок выполнения которых и набор БПр четко регламентированы действующим законодательством, выбирается путь, у которого набор вершин и порядок их прохождения отвечает требованиям законодательства. В случае с БПИС, для

которых нет четкой регламентации, выбор оптимального пути осуществляется на усмотрение эксперта и заказчика.

Результаты исследования. В данной статье впервые предложена модель формирования сценария БПИС, которая, в отличие от существующих, базируется на знаниеориентированном представлении БО в виде документов, получаемых в результате выполнения БПИС, а также формализует создание, удаление и изменение БО при реализации сценария БПИС. Предложенная модель является двухуровневой и на верхнем уровне описывает последовательность преобразования начального множества бизнес-объектов в виде ориентированного двудольного графа, а на нижнем содержит набор основанных на правилах операторов создания, удаления и изменения БО. Цель бизнес-процесса в данной модели представляется в виде конечного множества обработанных бизнес-объектов, что позволяет выполнить оценку временных и материальных затрат при реализации сценария БПИС на основе совокупных затрат на преобразование множества БО.

Выводы. Предложенная модель позволяет автоматизировать процедуру построения сценария на основе существующих правил, производить параллельно временную и стоимостную оценку сценария, проверять, удовлетворяют ли заданным ограничениям по времени и стоимости полученные результаты, а также выбирать на основе проведенной оценки определенный сценарий протекания БПИС. Кроме того, данная модель дает возможность исследовать достижимость конечной вершины графа сценария с целью выявления достижимости цели БПИС и сгенерировать новый сценарий в случае отклонения результативности от заданного диапазона.

Литература

1. Юдицкий С. А. Сценарный подход к моделированию поведения бизнес-систем [Текст] / С. А. Юдицкий. – М. : СИНТЕГ, 2001. – 112 с.
2. Фергюсон Р. Б. Модель связывает процессы // www.pcweek.ru
3. David Hollingsworth. The Workflow Reference Model // Workflow Management Coalition. Document Number TC00-1003. Document Status - Issue 1.1. Jan. 1995.
4. Елиферов В. Г. Бизнес-процессы: регламентация и управление [Текст]: учебник / В. Г. Елиферов, В. В. Репин. – М. : ИНФРА-М, 2004. – 319 с.
5. Чалый С. Ф. Разработка и применение знаниеориентированного подхода к построению описания бизнес-процессов [Текст] / С. Ф. Чалый, А. Ю. Кальницкая // Бионика интеллекта. – 2005. – № 2 (63). – С. 98–102.
6. Чалый С. Ф. Разработка референсной модели слабоструктурированных бизнес-процессов [Текст] / С. Ф. Чалый, А. Ю. Кальницкая // Системы обработки информации. – 2006. – № 9 (58). – С. 133–137.
7. Кальницкая А. Ю. Разработка метода адаптации референсной модели бизнес-процессов с изменяющейся структурой на основе эволюции функциональных требований [Текст] / А. Ю. Кальницкая // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2008. – Вып. 144. – С. 95–100.