

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОБЫТИЙНО-ПРОЦЕССНЫХ ЦЕПЕЙ И ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУР БАЗЫ ДАННЫХ

Описан метод разработки даталогических моделей бизнес-процессов организационных систем, моделируемых событийно-процессной цепью.

Ключевые слова: графические методы моделирования бизнес-процессов, событийно-процессная цепь, даталогическая модель, реляционная модель данных, сети Петри, имитационное моделирование бизнес-процессов.

Введение

В настоящее время методологии моделирования функционирования организационно-экономических систем существуют в виде общедоступных стандартов (WfMC¹; IDEF²; UML³; EPC⁴; BPMN⁵), которые определяют концепцию проприетарных программных средств автоматизации процесса моделирования. Целью применения указанных программных и методологических средств является формальное описание (модель) структуры производственных процессов. Формализация процессов необходима в том числе и для их автоматизации. Одной из значимых проблем, обуславливающих актуальность научных исследований в данной области, является отсутствие адекватных методов информационного моделирования хода исполнения бизнес-процессов в организационно-экономических системах.

В аспекте процессной модели системы понимание процесса подлежит уточнению и перегружается понятием «бизнес-процесс» – комплект одной или более связанных процедур или деятельностей, который реализует коллективную деловую или политическую цель, в пределах контекста организационной структуры, определяющей функциональные роли и связи. Жизненный цикл процессной модели, рассматриваемый в целях автоматизации процесса, включает: построение модели процесса, проверку адекватности модели процесса, встраива-

¹ Workflow Management Coalition. Terminology & Glossary. Document Number WfMC-TC-1011, Feb., 1999. URL: www.wfmc.org

² Integrated DEFinition Methods. URL: <http://www.idef.com>

³ Unified Modeling Language. URL: <http://www.omg.org>

⁴ Event Process-driven Chain – метод моделирования посредством событийно-процессной цепи, разработан Институтом информационных систем (IWi) Университета Саарланда (Германия) в сотрудничестве с фирмой SAP AG (Keller, Nuttgens, Scheer. Semantische Prozefimodellierung, 1992), основан на концепциях стохастических сетей и сетей Петри [1; 2].

⁵ Business Process Modeling Notation. URL: <http://www.bpm.org>

ние модели процесса в проектируемую или существующую информационную систему, наблюдение за функционированием процесса, реорганизацию и адаптацию моделей процессов при необходимости. Объектами исследований в аспекте оптимизации информационных процессов являются методы построения моделей бизнес-процессов, методы проверки адекватности моделей бизнес-процессов и методы интеграции моделей бизнес-процессов в информационную систему.

Так как процессная модель организационно-экономической системы является совокупностью распределенных во времени и пространстве подпроцессов, то наиболее значимой является проверка адекватности модели процесса с точки зрения соответствия хода выполнения процесса определенным требованиям (верификация процесса). Для целей верификации процессной модели применяются различные методы имитационного моделирования хода выполнения процесса. Методы имитационного моделирования определяют состав сведений и структуры данных, необходимые как для верификации, так и для наблюдения, анализа и прогноза поведения системы как процесса.

В настоящей работе рассматривается построение даталогической модели бизнес-процессов, структура которых описывается посредством событийно-процессных цепей (EPC), а для целей моделирования хода исполнения (поведения) применяются сети Петри.

Методологии и задачи моделирования бизнес-процессов

Проблемы, связанные с исполнением бизнес-процессов в организационно-экономических системах, квалифицируются как слабоструктурированные, что объясняет применение преимущественно неформальных графоаналитических методов системного анализа. С одной стороны, графоаналитические способы моделирования позволяют достичь наибольшей степени полноты моделей при структурно-функциональном писании организационно-экономических систем, с другой стороны, графические модели легко читаемы и понимаемы людьми без специальной подготовки. Созданные за период с 1970 г. по настоящее время методологии концептуального моделирования бизнес-процессов, такие как IDEF0/SADT, IDEF3, EPC, UML, BPMN, являются графическими методами. Распространение графических методов моделирования бизнес-процессов обусловлено также и уровнем развития информационных технологий в области моделирования бизнес-процессов, включая: 1) реализованные в виде программных средств стандарты в области обработки регулярных языков; 2) реализованные в виде программных средств стандарты в области сервисно-ориентированных архитектур распределенных процессов, систем обработки данных и т. д.

Применяемые на этапе автоматизированного визуального проектирования бизнес-процессов современные программные средства (далее CASE) содержат в своем составе инструменты обработки регулярных языков, что позволяет генерировать описание структуры создаваемых процессов на XML. При этом осуществление последующей обработки статической модели процесса (в виде XML-структур) с целью верификации процесса является сложной и неоднозначной для решения задачей, требующей разработки верификационных шаблонов. Основным назначением моделей процессов в виде XML-структур является обеспечение организации работы распределенных систем с сервисно-ориентированной архитектурой.

Следует различать цели верификации бизнес-процессов: 1) пригодность процесса с точки зрения соответствия требований к затратам (т. е. функционально-стоимостный анализ); 2) выполнимость процесса как распределенной структуры с параллельными и / или независимыми подпроцессами. Соответственно различаются и методы верификации: 1) имитационное моделирование процесса как дискретной динамической системы массового обслуживания с выявлением минимальных, максимальных и средних значений наблюдаемых параметров (затрат ресурсов) и производительности (пропускной способности процесса как цепи); 2) имитационное моделирование процесса как дискретной динамической системы, построенной на причинно-следственных связях и отслеживании логики событий. В настоящее время наибольшее распространение получили CASE-системы, ориентированные на функционально-стоимостный анализ процессов как систем массового обслуживания. Верификация процессов методом их имитационного моделирования как дискретной динамиче-

ской системы, построенной на причинно-следственных связях, является не менее важной задачей в аспекте автоматизации управления процессами. Настоящая работа посвящена решению проблем информационного обеспечения верификации моделей бизнес-процессов.

Применение методологии IDEF0/SADT для моделирования процессов

Вступление в силу обязательных к применению стандартов серии ISO/ИСО в области реализации «процессного подхода» в организационно-экономических системах (например, ГОСТ Р ИСО 9001–2001 «Системы менеджмента качества. Требования») обусловило появление так называемых «стандартов менеджмента качества предприятия» – документов, декларирующих способность персонала организации понимать выполняемую им деятельность как процесс. Наиболее эффективной, доступной для понимания и соответствующей требованиям стандартов серии ISO/ИСО методологией описания производственной деятельности является графическая нотация IDEF0(SADT) [3]. Данная нотация позволяет иллюстрировать вербальное описание исполняемых бизнес-процессов в виде структурно-функциональных диаграмм, тем самым аккумулируя знания о системе в виде графа, вершинами которого являются операции бизнес-процессов. Разрабатываемые с применением данной нотации регламенты исполнения бизнес-процессов (т. е. «стандарты менеджмента качества предприятия»), несмотря на требования ISO/ИСО к непрерывной поддержке их актуальности, в большинстве случаев составляют единовременно и теряют свою актуальность по мере составления, так как предназначены для описания существующего состояния организационной системы. Структурно-функциональная модель IDEF0 отражает статическое состояние системы и содержит сведения о иерархической структуре исполняемых задач, результатах операций, регламенте исполнения, исполнителях, затратах, частоте исполнения и предмете труда. Модель нотации IDEF0 позволяет получить ответы на вопрос «какие операции, кем, с какими требованиями, затратами, частотой и с каким результатом исполняются для достижения заданной цели всего процесса». Несмотря на постфактный, описательный характер, данная графическая модель может быть использована для экспертного анализа (исключительно) и планирования на стратегическом и тактическом уровнях редко изменяющихся бизнес-процессов. Ограниченность применения методологии IDEF0 заключается в отсутствии возможности формального описания последовательности (логики) исполнения операций, что в сочетании с процедурно-ориентированным подходом характеризует разрабатываемую модель как неполную. Одним из критериев качества модели процесса, разрабатываемой с применением данной нотации, является полное соответствие требованиям самой нотации IDEF0. Например, критериями качества модели будут являться соблюдения требований нотации, включающие: обязательное наличие обратных связей по управлению процессом; обязательное наличие связей выхода (результата процесса), связей входа по управлению (контролю) и связей, обозначающих средства исполнения процесса (входа «механизм»). Внесение изменений в структуру модели в целях улучшения качества процессов строго регламентировано правилами нотации.

Однозначность правил нотации IDEF0 позволяет применять средства автоматизированного контроля качества соответствующих моделей на этапе их разработки, но не обеспечивает возможность контроля работоспособности моделируемых процессов посредством имитации их работы. Под контролем работоспособности модели процесса будем понимать верификацию модели по таким критериям, как отсутствие заикливания и тупиковых ситуаций, достижимость результатов. Следует заметить, что современные средства автоматизации визуального построения графических моделей IDEF0 позволяют генерировать описание функциональной иерархии в виде XML-документа, который применяется для целей обмена данными. К таким системам относятся «AllFusion Process Modeler»(CA), «Visio» (Microsoft), «Business Studio» (ГК «СТУ») и др.

Последовательность исполнения операций процесса, выявленных на этапе построения статической структурной модели IDEF0, может быть отражена в виде графической модели, выполненной с применением нотации IDEF3. Данная модель описывает процесс в виде совокупности операций, сериализованных либо посредством связей по результатам исполнения

операций, либо посредством синхронизации по времени исполнения операций, либо с применением обоих видов организации последовательности исполнения операций. Данная модель может быть применена для решения задач имитационного моделирования в целях оценки возможных затрат ресурсов, связанных с исполнением процесса, но не является пригодной для оценки процесса как распределенной системы альтернативных подпроцессов.

Применение методологий EPC и UML для моделирования процессов

Методологии моделирования UML и EPC применяются для разработки концептуальных моделей бизнес-процессов в целях проектирования объектно ориентированных автоматизированных информационных систем. Данные методологии позволяют описывать моделируемые процессы в структурном и поведенческом аспектах. Описание процессов с различных точек зрения в UML- и EPC-нотациях обеспечивается посредством мультимодельных (различных для каждой точки зрения) графических диаграмм. Степень полноты модели в данном случае имеет более высокий уровень по сравнению с одномодельной методологией (в том числе и IDEF0/SADT), так как модель позволяет отобразить последовательность исполнения операций, структуру и состояние объектов системы (в том числе и информационных объектов). Последовательность исполнения операций процесса в модели UML изображается посредством диаграмм состояний объектов и диаграмм активностей. Диаграмма состояний объектов описывает исполнение процесса как модель конечного автомата и предназначена для проектирования свойств и поведения объектов при моделировании классов объектно ориентированной системы. Поведение объектов в данном случае рассматривается как прототип функций проектируемых классов. Свойства объектов рассматриваются как обобщенные свойства проектируемых классов. Таким образом, задача верификации модели процессов не может быть решена посредством применения методологии UML.

Дополнительно следует отметить, что UML обеспечивает возможность моделирования процессов как системы классов, но крайне затрудняет понимание и оценку адекватности графических моделей бизнес-процессов.

Применение событийно-процессной методологии (EPC), так же как и UML, позволяет построить описание бизнес-процесса с различных точек зрения: структурной, информационной и поведенческой. Дополнительной (по отношению к UML) является организационная модель структуры исполнителей операций процесса. Модель EPC предназначена для построения автоматизированной системы предприятия и включает субмодель концептуального описания процессов. В качестве субмодели для целей формализации процессов в нотации EPC применяется событийно-процессная последовательность элементов: «событие – переход – операция – переход – событие». При этом каждый элемент последовательности имеет соответствующее графическое изображение (рис. 1). Ход исполнения операций процесса в модели EPC может быть представлен алгоритмической структурой с применением логических блоков, обеспечивающих последовательно-параллельный ход исполнения процесса. При этом сведения об объектах, упоминающихся в ходе исполнения операции (сырье, материалы, исполнители, результаты работы и т. д.), отображаются в виде дополнительных связей с соответствующим графическим элементом «операция» в событийно-процессной цепи. Методология EPC позволяет построить процессную модель всего предприятия как совокупность распределенных альтернативных подпроцессов. При этом отсутствие строгих нотационных требований при построении EPC-диаграмм процессов может привести к ошибкам и непригодности модели к дальнейшему использованию. Для принятия решения о пригодности разрабатываемой концептуальной процессной модели деятельности предприятия в целях построения единой информационной системы данная модель подлежит обязательной верификации. В ходе верификации отслеживаются критерии пригодности модели. Одним из критериев пригодности процессной модели является наличие способности достижения заданного результата в заданной конфигурации альтернативных, распределенных подпроцессов.

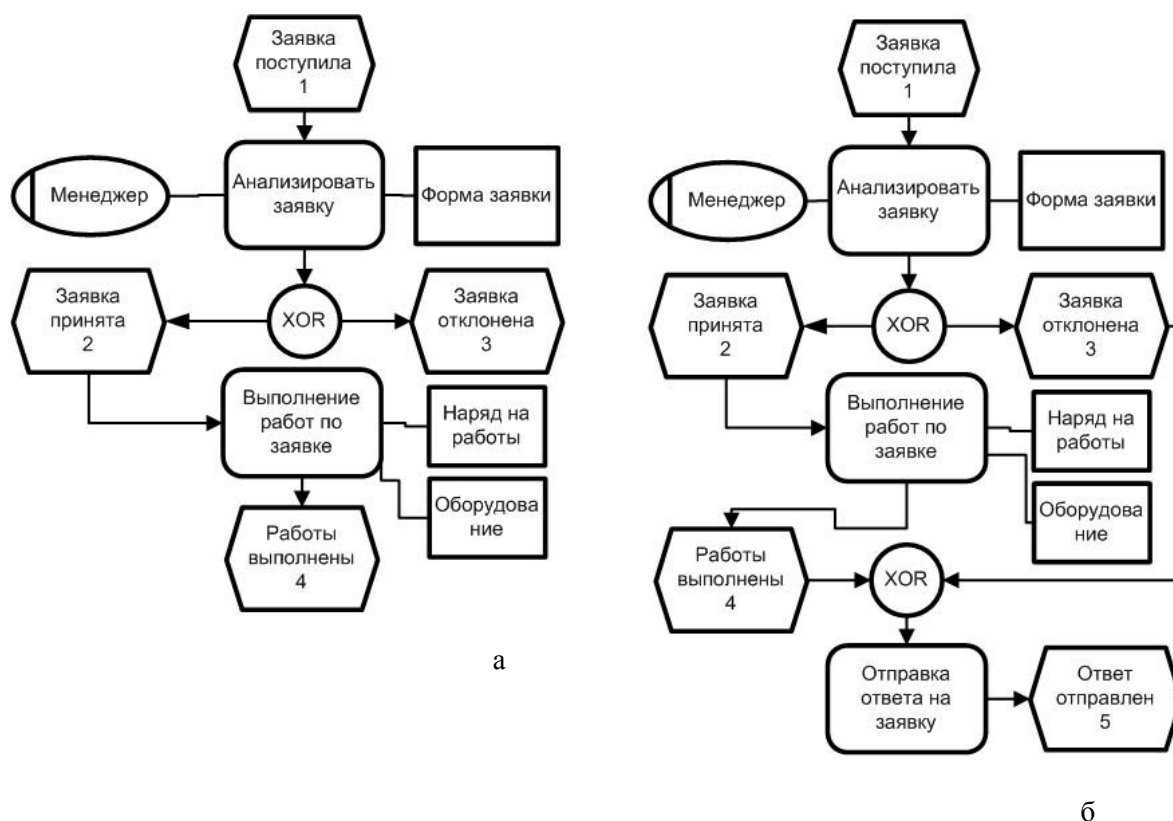


Рис. 1. Пример событийно-процессных моделей (EPC)

Напомним, что применение строго структурированных (как в случае нотации IDEF0) методов моделирования позволяет обнаружить некоторые недостатки моделируемой системы (исключительно в отношении несоответствия требованиям собственно нотации IDEF0). В случае слабоструктурированных правил нотаций EPC и UML подобная возможность отсутствует и критерии адекватности необходимо формулировать на основании других принципов, например: классификационных признаков организационно-экономических систем; с учетом причинно-следственных связей; теорий качества; существующих типовых графовых моделей и т. д. С другой стороны, гибкость слабоструктурированных нотаций позволяет строить проблемно-ориентированные графические модели и отчасти устранять проблемы, связанные с приближением создаваемых графических моделей к типовым формам графов, имеющих строгую математическую интерпретацию и позволяющих выполнять анализ адекватности моделей в процессе их верификации.

В распределенных, динамических, недетерминированных дискретных системах, какими и являются бизнес-процессы, применение имитационного моделирования в целях верификации процессных моделей является наиболее приемлемой альтернативой. При этом имитационное моделирование поведения подобных систем строится на основании причинно-следственных связей и отслеживании событий. Наиболее приемлемым средством моделирования в данном случае является сеть Петри.

Необходимо заметить, что субмодель концептуального описания процессов в нотации EPC, представленная событийно-процессной последовательностью элементов в виде цепи «событие – переход – операция – переход – событие», является одной из производных форм конфигурации сети Петри [1; 2], что делает возможным применение сетей Петри в качестве средства верификации EPC-модели. Напомним, что важнейшим критерием качества процессной модели деятельности в условиях альтернативных, распределенных подпроцессов является обязательная достижимость predetermined результата. Следовательно, обеспечение адекватности процессной модели возможно посредством применения соответствующей

щих ограничений при построении графической событийно-процессной модели и последующей верификации модели с применением сетей Петри.

Сеть Петри моделирует двудольным графом локальные события процессов (переходы); локальные предусловия для событий (входные позиции переходов); постусловия для локальных событий (выходные позиции переходов), а также локальные связи между событиями и условиями (рис. 2). Моделирование поведения распределенных (последовательно-параллельных) асинхронных процессов выполняется посредством описания последовательности срабатывания переходов при условии истинности проверки готовности самого перехода к срабатыванию. Готовность перехода к срабатыванию определяется истинностью предусловий во всех предстоящих данному переходу позициях (т. е. «входных позициях»).

Сеть Петри в процессе моделирования позволяет обнаружить такие свойства сети, как потенциальная живость, безопасность и ограниченность. В совокупности указанные свойства обеспечивают достижимость некоторого состояния сети. Если сеть Петри моделирует некоторый бизнес-процесс, то под состоянием сети следует понимать совокупность исполненных бизнес-требований процесса в ходе достижения заданного результата. Свойство «живости» сети объясняет возможность исполнения любого перехода (операции процесса), в том числе и отсутствие тупиковых ветвей в модели процесса (например, блок 3 «событие» (см. рис. 1, а) и позиция 3 (см. рис. 2, а) соответствует тупику процесса). Свойство «безопасности» сети Петри объясняет наличие истинности минимальных условий, при которых возможно исполнение перехода (операции процесса). Свойство «ограниченности» объясняет отсутствие замкнутых циклов процесса с бесконечным увеличением числа предусловий, необходимых для выполнения операций процесса.

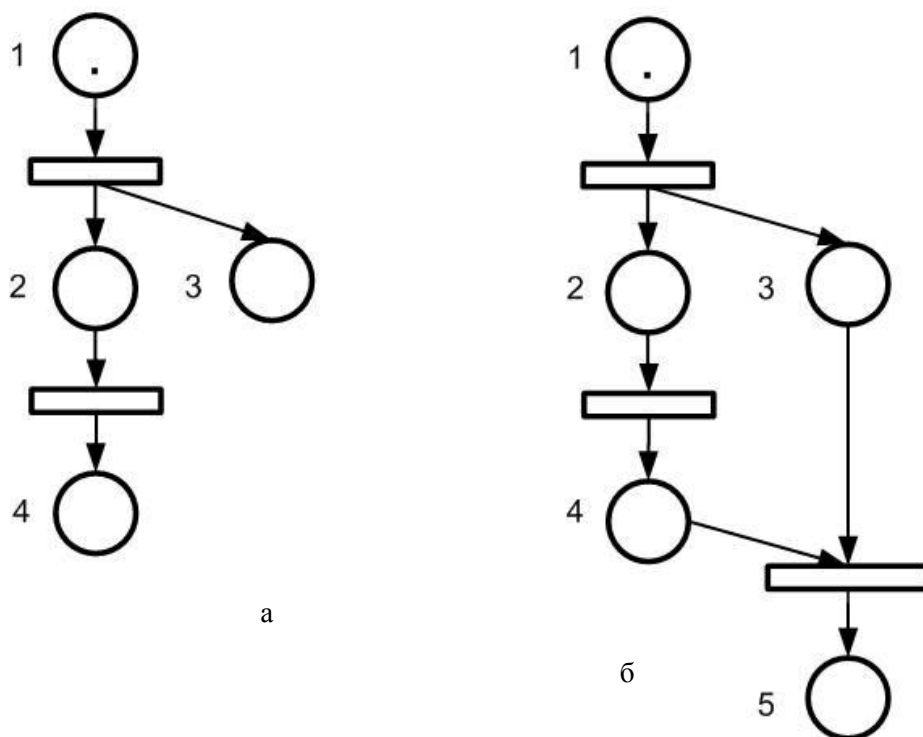


Рис. 2. Пример диаграмм сетей Петри

Инварианты сетей Петри отличаются кратностью и направлением связей в двудольном графе. Перечислим некоторые примеры инвариантов сетей Петри, представляющие интерес с точки зрения построения моделей бизнес-процессов [4; 5]:

1) автоматные сети Петри («конечные автоматы») – разновидность сетей Петри, у которых переход имеет не более одного входа и не более одного выхода (рис. 3, а);

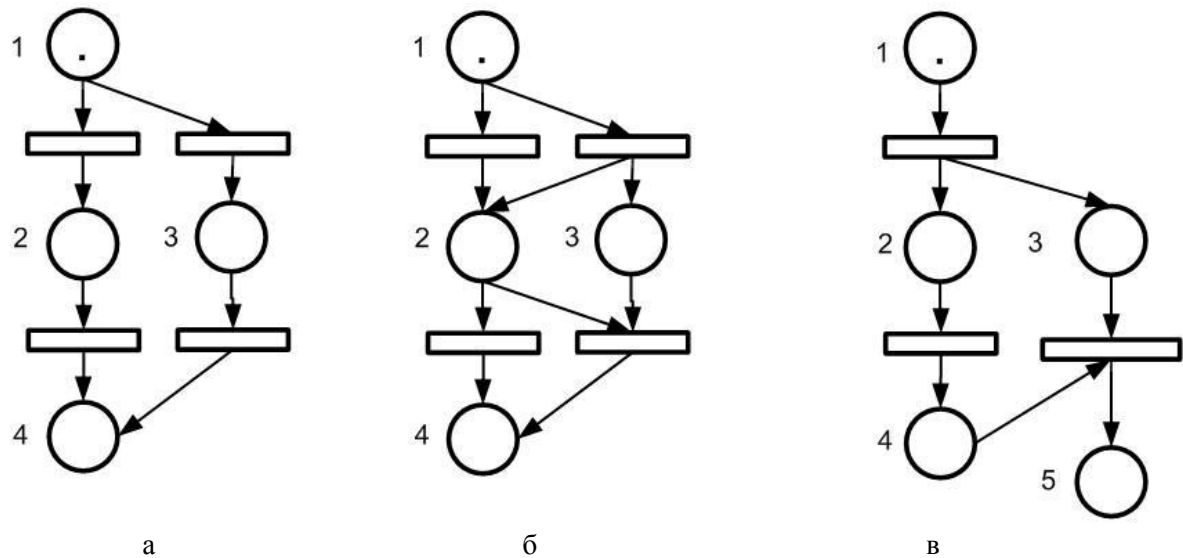


Рис. 3. Пример конфигураций сетей Петри

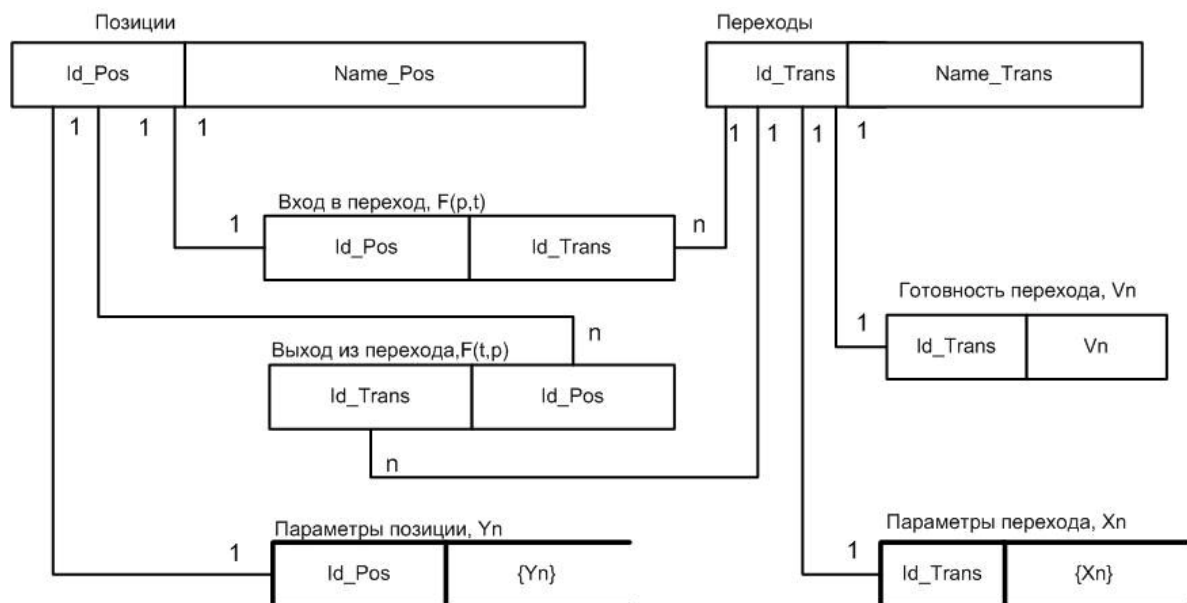


Рис. 4. Модель структуры данных для синхрографа (MG-сети Петри)

2) синхронизирующие сети Петри – разновидность сетей Петри, у которых каждая позиция имеет один вход и один выход;

3) сети Петри свободного выбора – разновидность сетей Петри, у которых каждая дуга, выходящая из позиции, является либо единственным выходом из нее, либо единственным входом в переход;

4) простые сети Петри – разновидность сетей Петри, у которых каждый переход может иметь не более одной общей позиции с другими переходами.

5) ординарные сети Петри – разновидность сетей Петри, у которых кратность дуг должна быть не более единицы (рис. 3, б).

Структура процессной модели, описываемая событийно-процессной цепью (ЕРС), должна соответствовать требованиям однозначности предусловий для выполнения операции процесса и постусловий завершения операции процесса. Следовательно, инвариант сети Петри, применяемый для верификации процессной модели, должен также обеспечивать исполнение указанных требований. Данные требования интерпретируются в свойства инварианта сети Петри следующим образом: бесконфликтность, живость, ординарность, ограниченность.

Построение структуры данных событийно-процессной цепи, описываемой сетью Петри

Исходя из требований к наличию обязательной результативности каждой элементарной операции процесса, сеть Петри должна моделировать связь однозначности результата одной операции и связь данного результата со следующей операцией. Из приведенных в качестве примера (см. рис. 3) видов сетей Петри указанным выше требованиям соответствует синхронизирующая сеть Петри (см. рис. 2, б, 3, в), именуемая как *синхрограф*. Маркировка позиции сети Петри обозначается точкой в позиции (см. рис. 3, в) и соответствует истинности предусловий для выполнения перехода, т. е. операции процесса, например выполнения операции «Анализировать заявку» (см. рис. 3, б). Так как особенностью синхрографа является наличие только одного входа и одного выхода для каждой позиции (места в сети Петри), то синхрограф обладает свойствами живости, безопасности и ограниченности при условии маркированности начала цикла. Указанные свойства инварианта сети формируют соответствующие ограничения в модели данных, описывающей статическую структуру сети Петри. Модель данных сети Петри (рис. 4) строится на основании матричной модели синхрографа. Матричная модель синхрографа (см. рис. 3, в) описывается: матрицей связности позиций и переходов сети Петри; матрицей связности переходов и позиций сети Петри; вектором готовности перехода к срабатыванию. Матрица связности $Tm-Pn$ (рис. 5) соответствует дугам, направленным от перехода к позиции; матрица связности $Pn-Tm$ (рис. 6) соответствует дугам, направленным от позиции к переходу; вектор Vm (рис. 7) отражает «возбужденность» перехода, т. е. готовность перехода к срабатыванию. Матрицы $Tm-Pn$ и $Pn-Tm$ описывают статическую структуру сети Петри, моделирующую, в свою очередь, событийно-процессную цепь ЕРС (см. рис 1, б). Вектор Vm (см. рис. 7) является динамической характеристикой сети Петри и его значения формируются в процессе выполнения шагов имитационной «прогонки» модели процесса. С точки зрения формального определения сети Петри возможность осуществления шага, т. е. перемещения виртуальной метки / меток от позиции к позиции через переход определяется законом: количество меток одного типа в каждой из позиций, связанных с данным переходом, должно быть не менее числа дуг, исходящих из данной позиции в данный переход. Правила перехода также могут быть связаны с задержкой времени осуществления перехода или быть функционально-зависимыми от типа меток в позиции. Следует определить семантику «метки» в сети Петри в аспекте модели ЕРС – метке соответствует истинность предусловия (или множества предусловий для случая меток разного типа в «раскрашенной» сети Петри) для выполнения оче-

Переходы, T_m	Позиции, P_n				
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
T_1	0	1	1	0	0
T_2	0	0	0	1	0
T_3	0	0	0	0	1

Рис. 5. Матрица связности переходов и позиций синхрографа

Позиции, P_n	Переходы, T_m		
	T_1	T_2	T_3
P_1	1	0	0
P_2	0	1	0
P_3	0	0	1
P_4	0	0	1
P_5	0	0	0

Рис. 6. Матрица связности позиций и переходов синхрографа

Переходы, T_m	Готовность перехода, V_m
T_1	1
T_2	0
T_3	0

Рис. 7. Вектор готовности переходов синхрографа

редного перехода (операции). Иными словами, должна иметь место некоторая совокупность значений параметров, описывающих состояние системы как результат исполнения предыдущих операций процесса. Например, предусловием может служить факт поступления заявки, а также факт окончания выполнения работ на основании заявки (см. рис. 1, б). Специфика структуры синхрографа определяет структуру модели данных. Так, необходимость отражения направленности связей от позиции к переходу и от перехода к позиции объясняет наличие двух сущностей пересечения $F(p, t)$ и $F(t, p)$ (см. рис. 4). При этом должны иметь место дополнительные ограничения для обеспечения уникальности записей в таблицах $F(p, t)$ и $F(t, p)$ (см. рис. 4), что позволит реализовать требование ординарности связей между переходом и позицией, а также между позицией и переходом.

Так как синхрограф всегда является «потенциально живым», то в графической модели сети Петри данный факт отражается наличием маркера / метки во входной позиции перехода (см. рис. 1, 3), что, в свою очередь, отражает истинность предусловия события в ЕРС-модели процесса. Следовательно, соответствующая ЕРС-модели будет отвечать требованиям «процессного» подхода. Напомним, что концепция процессного подхода предполагает наличие явного описания результатов исполняемой работы (или процесса). Таким образом, приближение модели разрабатываемого с применением нотации ЕРС бизнес-процесса к модели сети Петри посредством введения и соблюдения определенных методов моделирования (определение методов в статье не рассматривается) позволяет построить процесс как непрерывную, заканчивающуюся определенным результатом цепь событий.

Вывод

Разработана модель структуры данных, отражающая специфику динамического моделирования бизнес-процессов, описываемых событийно-процессной цепью с применением имитационного моделирования сетями Петри. Обоснован выбор инварианта сетей Петри (синхрографа) для целей моделирования поведения процесса. При этом структура инварианта однозначно определяет структуру модели данных, следовательно, обеспечивается возможность применения сети для верификации моделируемого процесса. Модель данных может быть применена при верификации моделей бизнес-процессов в целях контроля адекватности моделируемых бизнес-процессов, в том числе и в системах автоматизации управления бизнес-процессами. Разработанная модель данных позволяет учитывать множество параметров переходов и позиций, что дает возможность применять аппарат раскрашенных сетей Петри с управляемыми (функционально зависимыми) переходами. Имитация работы бизнес-процесса моделируется сетью Петри при условии определения и учета параметров, связанных с исполнением операций процесса и изменением параметров объектов, которые в совокупности соответствуют состоянию моделируемой системы. Указанные параметры могут являться проявлением свойств объектов класса «бизнес-процесс», что позволяет применять объектно ориентированные структуры для реализации процессных моделей в автоматизированных информационных системах [1; 2]. Данная возможность отражается на схеме структуры данных (см. рис. 4) соответствующей совокупностью атрибутов $\{Y_n\}$ в таблице «Параметры позиции». Открытая, в аспекте дальнейшей перегрузки, совокупность атрибутов $\{X_m\}$ в таблице «Параметры перехода» отражает параметры класса, ответственного за исполнение операции / перехода.

Список литературы

1. Шеер А. В. Бизнес-процессы. Основные понятия. Теория. Методы: Пер. с англ. 2-е изд., испр. и доп. М.: Просветитель, 1999.
2. Шеер А. В. Моделирование бизнес-процессов: Пер. с англ. / Под ред. М. С. Каменнова, А. И. Громова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Весть – МетаТехнология, 2000.
3. ГОСТ Р 50.1.028-2001 – Методология функционального моделирования. М.: Госстандарт России, 2001.

4. Котов В. Е. Сети Петри. М.: Наука, 1964.
5. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер. с англ. М.: Мир, 1984. 264 с.

Материал поступил в редколлегию 27.05.2013

S. I. Ryabukhin

**THE APPLICATION OF PETRI NETS FOR MODELING EVENT-PROCESS CHAINS
AND BUILD DATABASE STRUCTURES**

Described method of the development data model business processes, prototyped by event-driven process chain.

Keywords: graphic methods of modeling of business processes, event-process chain, data model, relational data model, Petri nets, simulation of business processes.