

11. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА

11.1. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЯЗЫКА UML

Щербаков С.М., к.э.н., доцент каф. экономической информатики и автоматизации управления

*Ростовский государственный
экономический университет «РИНХ»*

Рассматриваются направления использования средств унифицированного языка моделирования UML для построения имитационных моделей в экономике и управлении. Предлагается метамодель, реализующая концепцию интеграции визуального и имитационного моделирования, определяющая состав визуальных и количественных компонентов, их атрибуты, структуру и взаимосвязи. Описывается разработанное программное обеспечение, реализующее метод автоматизированного построения имитационных моделей.

Управление предприятием или организацией предполагает принятие решений в условиях действия большого числа внешних факторов, наличия множества взаимодействующих элементов управляемой системы и ориентировано на достижение комплекса различных целей. Средством обеспечения эффективности принимаемых решений является моделирование. Использование моделей позволяет рассмотреть различные аспекты объекта управления, исследовать последствия управляющих воздействий, сравнить различные варианты возможных решений.

В современном менеджменте деятельность предприятия часто рассматривается как совокупность бизнес-процессов (деловых процессов). Проводится выделение деловых процессов, оценка их эффективности, исследование возможности их совершенствования [4]. Анализ деловых процессов невозможен без использования той или иной признанной нотации представления бизнес-процессов и методики ее использования. Среди наиболее распространенных нотаций для визуального моделирования выделяют ARIS, семейство IDEF, BPMN и другие, а также унифицированный язык моделирования UML [2].

Визуальное моделирование деловых процессов предоставляет возможности их осмысления, оценки и рационализации. Вместе с тем, переход на количественный уровень позволяет обеспечить более точную и обоснованную оценку существующего или возможного состояния системы и выработать наиболее рациональный вариант совершенствования деловых процессов.

В большинстве случаев сложность управляемой системы и наличие значительной стохастической составляющей делают наиболее эффективным использование имитационных моделей. Имитационное моделирование характеризуется высокой степенью изоморфизма модели и изучаемой системы, позволяет рассматривать значительное число деталей деятельности предприятия и учитывает действие случайных факторов. Эксперименты над имитационной моделью способствуют получению оценки различных вариантов предлагаемых управленческих решений [3].

Основным недостатком имитационного моделирования является трудоемкость построения моделей. При этом свойственная имитационным моделям привязка к конкретному предприятию и конкретным условиям влечет

необходимость модификации модели для исследования планируемой реорганизации деятельности предприятия.

За счет использования CASE-средств, таких, как система имитационного моделирования ARENA [21], можно сократить время и затраты труда на построение имитационной модели по сравнению с разработкой имитационных программ на языках высокого уровня или специализированных языках, подобных GPSS. Однако такие системы дороги, достаточно сложны в освоении, требуют высокой и специализированной квалификации разработчика. Для решения задач моделирования деловых процессов зачастую не требуется привлечение всего комплекса возможностей системы имитационного моделирования и не всегда необходим заданный системой уровень детализации.

Таким образом, разработка методологии использования визуальных моделей деловых процессов как основы для автоматизированного формирования имитационных моделей является актуальной задачей.

Интеграция визуального и имитационного моделирования позволяет проводить совместное исследование деловых процессов на качественном и количественном уровне, при этом визуальная модель служит для формирования структуры имитационной модели. Имитационное моделирование дает возможность рассматривать и сравнивать различные варианты построения системы и получать количественную оценку предлагаемых управленческих решений.

Проблема автоматизации построения имитационных моделей является достаточно сложной. Она предполагает решение нескольких задач:

- выбор нотации и методики визуального моделирования;
- интеграция структурных и количественных компонентов;
- построение совокупности модельных компонентов;
- разработка методов и алгоритмов имитационного моделирования;
- разработка соответствующего программного обеспечения.

В рамках предлагаемого подхода будем ориентироваться на язык UML в качестве средства представления деловых процессов в контексте их последующего имитационного моделирования. Такой выбор обусловлен существенными преимуществами языка UML, который [1, 6, 9, 13, 15, 17]:

- обладает гибкостью и универсальностью. Средства языка UML можно использовать для решения задач анализа, моделирования и проектирования в различных областях;
- содержит средства представления как статики, так и динамики моделируемой системы;
- включает представления и визуальные средства, позволяющие рассматривать моделируемую систему с разных сторон, на разном уровне абстракции, на разных этапах анализа, проектирования и разработки;
- является общепризнанным стандартом проектирования и разработки программного обеспечения. Поскольку анализ деловых процессов часто связан с исследованием возможности их автоматизации, единое средство моделирования при решении обеих тесно связанных задач является преимуществом;
- обладает возможностью расширения, что позволяет адаптировать средства языка для эффективного решения задач моделирования в разных областях;
- реализует объектно-ориентированную идеологию, соответствующую специфике имитационного моделирования.

Можно выделить следующие области пересечения тематики имитационного моделирования и примене-

ния языка UML, которые нашли отражение в работах отечественных и, прежде всего, зарубежных исследователей:

- представление системы имитационного моделирования;
- представление имитационной модели;
- собственно построение имитационной модели на основе UML-спецификаций системы.

Язык UML может использоваться для проектирования и описания системы имитационного моделирования [31, 33]. Например, в [31] описывается набор классов для построения дискретно-событийных имитационных моделей. Диаграмма классов (class diagram) отображает такие классы, как «Запрос», «Ресурс», «Эксперимент» и т.д. Диаграмма состояний (state chart diagram) описывает процесс имитационного моделирования.

Сама имитационная модель (если она выполнена на основе объектно-ориентированного подхода) также может быть описана в терминах языка UML. UML-модель позволяет описывать статические и динамические объекты имитационной модели, задавать их параметры и определять способ их взаимодействия. Преимущества использования стандартного графического языка UML для представления имитационной модели:

- упрощается описание и документирование разрабатываемой имитационной модели;
- обеспечивается обмен информацией между разработчиками;
- появляется возможность использования стандартных CASE-средств.

Такой подход используется, например, в [8], где предлагается описывать имитационную модель в нотации UML. С помощью диаграммы классов предлагается задавать объекты имитационной модели (генераторы, заявки, очереди, серверы), а с помощью диаграмм последовательности (sequence diagram) описывать взаимодействие этих объектов. Далее, с помощью специальной программы производится трансформация UML-диаграмм в код имитационной программы на языке Java. Фактически на языке UML основан интерфейс системы имитационного моделирования.

Наибольший интерес представляет третья область, которая предполагает использование существующих визуальных моделей на языке UML для поддержки [32] или автоматизации построения имитационной модели. Диаграммы языка UML могут рассматриваться как основа для построения структуры имитационной модели, что позволяет сократить затраты труда на имитационное моделирование, а также совместить имитационное моделирование с процессом анализа и проектирования.

Рассмотрим различные направления использования языка UML при имитационном моделировании сложных технических и социально-экономических систем (рис. 1) [6].

Имеющийся значительный потенциал языка UML как основы для имитационного моделирования может найти применение, прежде всего, в двух областях: проектирование программных средств и совершенствование деловых процессов организации.

Язык UML в настоящее время является стандартным средством визуального моделирования при разработке программного обеспечения. Инструментарий языка позволяет создавать модели, рассматривающие программную систему с разных точек зрения: соответствующие диаграммы позволяют отобразить функциональное назначение системы, ее архитектуру, поведение и реализацию. При этом можно описать как статические, так и динамические аспекты программной

системы. UML-модели выступают в роли «чертежей» для последующего «строительства» сложной программной системы [1].

Значительную роль при разработке программных средств играют вопросы производительности. Принятие многих проектных решений (выбор систем управления базами данных и структуры базы данных, состав средств разработки, комплекс аппаратных средств, архитектура приложения и т.д.) требует использования количественных методов оценки производительности. Такую оценку желательно получать на ранней стадии – на стадии проектирования системы с тем, чтобы вносить необходимые изменения ценой сравнительно небольших затрат.

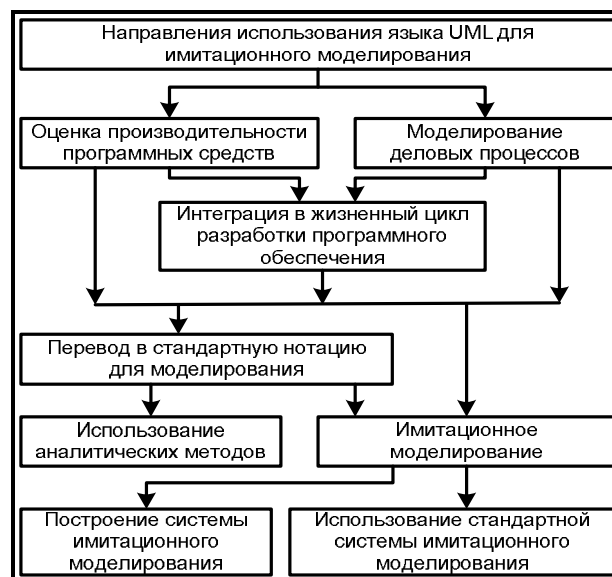


Рис. 1. Возможные направления использования языка UML и метода имитационного моделирования

UML-спецификации проектируемой программной системы могут рассматриваться как основа для построения моделей оценки производительности [16, 19, 27, 33]. Сложность моделируемых систем и ограничения аналитических методов делают наиболее перспективным применение для оценки производительности методов имитационного моделирования. Так, в [29] рассматриваются способы построения моделей оценки производительности на основе UML-диаграмм. Предлагается подход, связанный с комбинацией диаграммы взаимодействия (collaboration diagram) и диаграммы состояний (state machine diagram). В изображения объектов на диаграмме взаимодействия вкладываются диаграммы состояний для соответствующих объектов.

Для решения задач оценки производительности к UML-модели программной системы будут предъявляться дополнительные требования:

- в отношении используемых диаграмм;
- в отношении степени детализации модели и т.д.

Также необходимо определить способ нанесения на UML-диаграммы числовых характеристик для оценки производительности. Например, в [20] предлагается набор аннотаций для определения параметров производительности на UML-диаграммах. Результаты моделирования возвращаются в исходную модель в качестве помеченных значений для получения отклика на уровне проектирования системной архитектуры.

Документ «UML profile for schedulability, performance and time specification» (обычно применяется сокращенное название «UML performance profile»), разработанный OMG, определяет стереотипы и помеченные значения, присоединяемые к элементам модели, в частности, на спецификациях поведения и развертывания системы [28]. В [33] предлагается формат аннотаций (основанный на «UML performance profile») для трех диаграмм:

- диаграмма прецедентов (activity diagram);
- диаграмма деятельности (use case diagram);
- диаграмма развертывания (deployment diagram).

Специальный алгоритм позволяет осуществлять трансляцию аннотированных UML-спецификаций программных систем в имитационные модели.

В [24] описывается система UML-PSI для имитационного моделирования программных систем на основе UML-моделей для оценки производительности. Исходная UML-модель создается в каком-либо CASE-средстве, откуда экспортируется в формат XMI. Модель состоит из множества конкурирующих за ресурсы процессов. Параметры имитационной модели задаются на аннотированной UML-диаграмме. Результаты моделирования возвращаются в исходную UML-модель в качестве помеченных значений, связанных с соответствующими элементами диаграмм. При этом диаграмма прецедентов соответствует потоку заявок, диаграмма деятельности – выполняемым по запросу операциям, а диаграмма развертывания – активным и пассивным ресурсам.

Отметим, что подобный подход может использоваться не только для анализа производительности системы с технической точки зрения, но и для оценки экономической эффективности информационной системы в разных вариантах ее построения и при различных условиях ее использования – на основе моделирования затрат труда на эксплуатацию системы.

Возможности языка UML широко используются не только для проектирования программных систем, но и для моделирования деятельности организации. Совершенствование деловых процессов требует построения модели для проведения анализа предлагаемых изменений. Существующие в рамках языка UML инструменты позволяют описывать деловые процессы, протекающие в организации и различные варианты их модификации.

Обращение к языку UML как к средству описания бизнес-процессов определяется, прежде всего, гибкостью языка и его ориентацией на объектно-ориентированный подход [1, 2, 25]. С другой стороны, возможность различных способов использования средств языка UML для описания деятельности организации требует выбора конкретного набора средств и методики их использования. Средства расширения языка UML позволяют зафиксировать набор инструментов для моделирования бизнеса.

Таким образом, конкретный инструмент моделирования деловых процессов на основе языка UML должен включать набор диаграмм (традиционных или модифицированных), набор стереотипов для отражения различных сторон бизнес-процесса, методику применения тех или иных диаграмм для бизнес-моделирования. Например, в [14] строится дерево целей деятельности организации на основании диаграммы объектов (object diagram). Организационная структура также описывается с помощью диаграммы объектов. Диаграмма классов отражает ключевые сущности бизнеса («Заказ», «Кли-

ент», «Транзакция» и т.д.), и также используется для моделирования ресурсов. Для моделирования динамики описывается диаграмма процессов – модифицированная диаграмма деятельности. Также применяется диаграмма состояний, например, для описания прохождения заказа. Диаграмма последовательности позволяет отображать взаимодействие между подразделениями и процессы, протекающие в подразделениях организации. Еще одним примером инструмента моделирования бизнес-процессов является известный метод Eriksson-Penker [17], который позволяет использовать преимущества объектно-ориентированного подхода:

- возможность моделирования сложных систем;
- возможность повторного использования разработанных решений;
- возможность зафиксировать типовые решения в виде «бизнес-паттернов».

UML-модели деловых процессов можно рассматривать как основу для построения имитационных моделей, позволяющих получать количественные оценки деловых процессов в существующем и проектируемом вариантах.

Такая идея нашла некоторое отражение в зарубежной литературе [12, 26, 30]. Так, авторы [12] предлагают использовать для моделирования бизнес-процессов (представленных в виде диаграммы деятельности) систему имитационного моделирования ARENA и описывают методику построения имитационной модели. В работе [26] также рассматриваются вопросы имитационного моделирования деловых процессов, причем для целей бизнес-моделирования предлагается использовать RUP (rational unified process). Диаграмма прецедентов (business use case diagram) отображает внешнюю сторону бизнес-процессов, диаграмма объектов (business object diagram) описывает бизнес-процессы изнутри. Для детального описания сценария используется диаграмма последовательности (sequence diagram). Моделирование дает возможность определить продолжительность выполнения операций и загрузку ресурсов (персонал, компьютерная техника и т.д.). Предлагаются специальные стереотипы для построения имитационной модели бизнес-процесса. Помимо стандартной диаграммы последовательности используется ее вариант, где указываются такие объекты, как: генератор заявок, очередь, сервер. На модифицированной диаграмме классов задается число каналов, временные и частные параметры. Для имитационного моделирования предлагается использовать специальную надстройку (add-in) системы Rational Rose.

Две рассмотренные задачи являются в определенной степени взаимосвязанными и в некоторых случаях могут решаться совместно [11, 22]. С одной стороны, совершенствование бизнес-процессов осуществляется, в том числе, за счет создания и использования программных систем, которые делают возможными определенные изменения в структуре бизнес-процессов. С другой стороны, экономическая эффективность программных средств определяется, в первую очередь, величиной затрат труда на их использование в рамках деловых процессов.

Максимальный эффект от применения количественных методов при проектировании информационных систем может быть достигнут, если моделирование непосредственно вписано в жизненный цикл их разработки. Количественный анализ программной системы на ранних стадиях жизненного цикла позволяет срав-

нить различные проектные решения, выявлять узкие места и вносить изменения в проект.

При решении задач количественного моделирования на основе UML-моделей возможны два подхода: перевод в одну из стандартных формальных нотаций (СМО, сети Петри и т.д.) [18, 28] либо непосредственное имитационное моделирование. В первом случае возможно применение как аналитических, так и имитационных методов.

В [23] предлагается алгоритм для преобразования диаграмм деятельности в стохастические сети Петри (GSPN). Реализация алгоритма встроена в одно из распространенных CASE-средств. Используются диаграммы деятельности с аннотациями времени и требований к ресурсам, а также диаграммы состояний и диаграммы последовательностей.

В работах [10, 24] рассматриваются вопросы оценки архитектуры программных систем с точки зрения производительности с использованием метода имитационного моделирования. Предлагается интегрировать спецификации программного обеспечения на языке UML (набор аннотированных диаграмм) с дискретно-событийной имитационной моделью. Используются разные наборы UML-диаграмм и различные способы нанесения на диаграммы дополнительной информации, например, диаграмма прецедентов представляет различные типы заявок и параметры потока заявок, а диаграммы реализации при этом описывают используемые системные ресурсы.

Подход, основанный на непосредственном построении имитационных моделей на основе UML-диаграмм, представляется более перспективным: он не требует соблюдения ограничений формальных нотаций и не предполагает дополнительных трансформаций модели.

В рамках рассматриваемых задач важным является вопрос интеграции средства визуального моделирования и системы имитационного моделирования.

Обмен информацией можно проводить на основе внутреннего формата CASE-средства визуального моделирования. При таком подходе UML-диаграммы сохраняются в виде текстовых файлов, затем проводится их синтаксический разбор и трансляция в формат средства имитационного моделирования. Большую гибкость обеспечивает использование стандартного формата представления UML-моделей (на роль такого формата выдвигается формат XMI, построенный на основе языка XML [9, 28]).

Проведение имитационного моделирования возможно и непосредственно в рамках CASE-средства, для чего необходимо дополнить его специальным расширением. Например, системы Rational Rose или Argo UML предоставляют возможность создания программных расширений.

Наконец, возможно создание специализированных CASE-средств построения UML-моделей, ориентированных на имитационное моделирование. Такие системы могут создавать необходимые для имитационного моделирования количественные компоненты и связывать их с элементами UML-модели. При необходимости может быть организован импорт-экспорт моделей в другие CASE-средства.

Проведенный обзор показывает, что UML-модели обладают значительным потенциалом в качестве средства представления деловых процессов при их имитационном моделировании. Различные средства языка могут использоваться для формирования ком-

понентов имитационной модели. В то же время методологии имитационного моделирования деловых процессов на основе UML-моделей, предполагающей автоматизированное формирование программного кода, пока не разработано.

Рассмотрим предлагаемый набор методов, средств и инструментов для решения задачи имитационного моделирования деловых процессов на основе языка UML.

Концепция интеграции визуального и имитационного моделирования [5] отличается следующими особенностями:

- выбранное подмножество диаграмм языка UML и их элементов описывает структурные и поведенческие аспекты изучаемой системы;
- диаграммы и элементы связываются между собой и с количественными компонентами модели (переменными);
- такая совокупность визуальных и количественных компонентов служит основой проведения имитационного моделирования.

Интеграция визуального и имитационного моделирования деловых процессов позволяет одновременно моделировать систему на качественном и количественном уровне, обеспечивая при этом сокращение затрат труда на построение имитационной модели.

При использовании предлагаемого подхода деловые процессы предприятия рассматриваются с нескольких точек зрения на разном уровне формализации [7], как это показывает схема на рис. 2. Плоскости рисунка соответствуют уровням представления делового процесса:

- уровень предметной области;
- уровень формализованного описания деловых процессов;
- уровень представления средствами программной среды;
- уровень программного кода имитационной модели.

Выделенные в результате содержательного анализа деятельности организации деловые процессы (первый слой) описываются в нотации унифицированного языка моделирования UML (второй слой). Для спецификации количественных параметров системы вводятся переменные различных типов.

Автоматизация построения имитационной модели требует использования специального программного средства, например, системы СИМ-UML¹. Визуальные и количественные компоненты модели отображаются средствами системы имитационного моделирования (третий слой). Инструментальный комплекс позволяет осуществлять автоматический синтез программного кода имитационной модели (четвертый слой).

Реализация концепции интеграции визуального и имитационного моделирования предполагает таким образом следующие шаги:

- выбор конкретной совокупности элементов модели и их взаимосвязей;
- разработку метода автоматизированного синтеза имитационной модели на основе UML-моделей;
- разработку соответствующего алгоритмического обеспечения;
- построение системы имитационного моделирования.

Используется совокупность количественных (переменные различных видов) и визуальных (UML-диаграммы и их элементы) компонентов. Каждый компонент представляет в модели некоторый аспект изучаемой системы. Компоненты модели связаны между собой определенным образом.

¹ Хубаев Г.Н., Щербаков С.М., Рванцов Ю.А. Система автоматизированного синтеза имитационных моделей на основе языка UML «СИМ-UML» // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. – №2008615423. – М.: РОСПАТЕНТ, 2009.

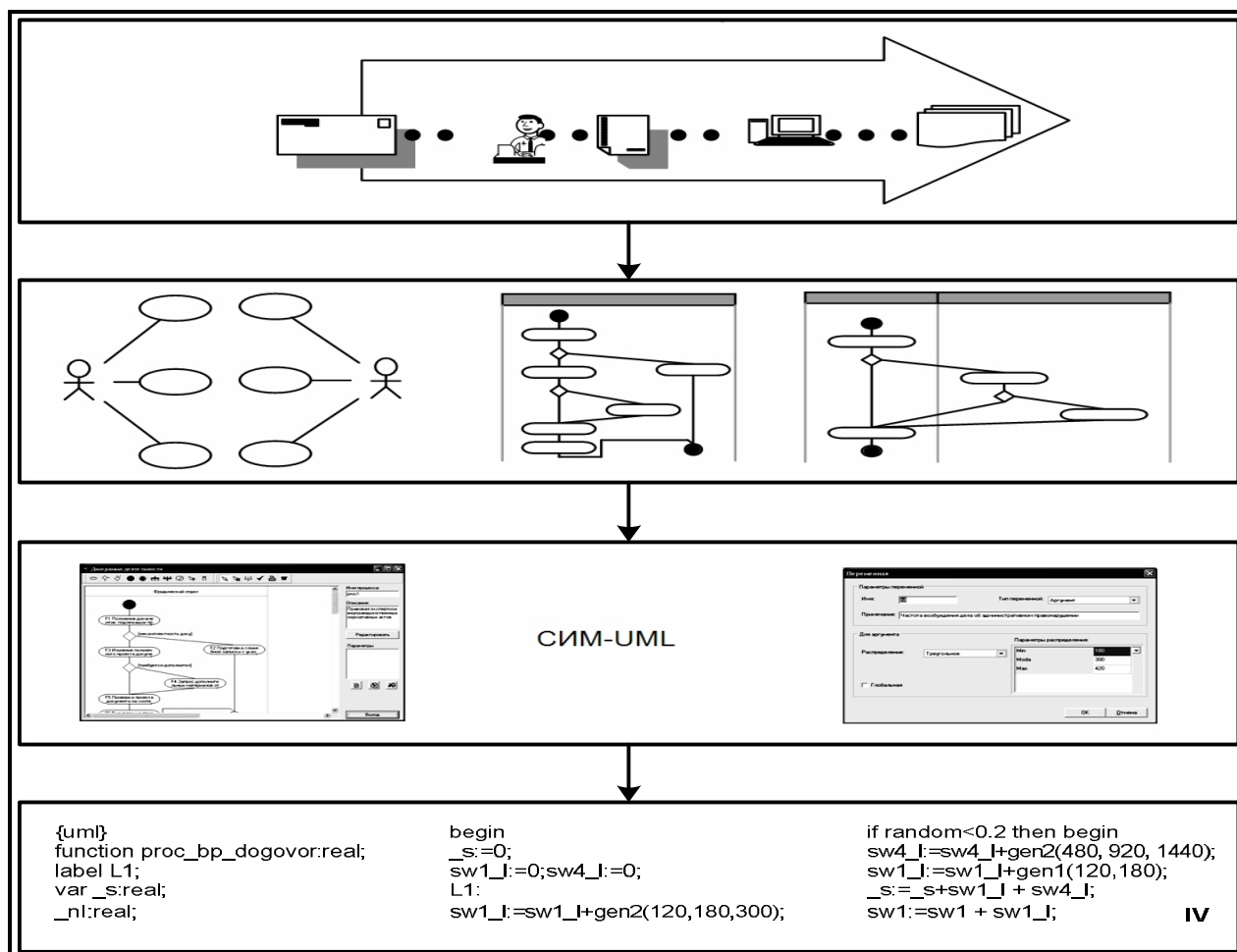


Рис. 2. Уровни представления делового процесса

Набор компонентов может быть расширен, например, имеется возможность подключения новых диаграмм языка UML и их элементов, создания новых типов связей между компонентами (переменных). Таким образом, предлагаемый подход обладает открытостью, гибкостью и потенциалом для развития.

Рассмотрим выбранный набор компонентов модели, их взаимосвязи и их назначение для представления элементов изучаемой системы.

В табл. 1 представлены количественные компоненты – переменные модели. Для каждого вида переменных указано его назначение, и атрибуты, которые также характеризуют связи между компонентами модели.

Каждая переменная идентифицируется именем. В ходе моделирования переменная может получать численное значение. Таким образом, переменная соответствует некоторой количественной характеристике изучаемой системы. Переменные могут представлять детерминированную или случайную величину.

В табл. 1 также перечислены диаграммы языка UML – диаграмма прецедентов и диаграмма деятельности. Диаграммы отнесены к переменным: переменная-диаграмма имеет имя для идентификации, при моделировании такая переменная приобретает некоторое значение. Например, для диаграммы деятельности это значение может соответствовать затратам труда на исполнение делового процесса.

Диаграмма деятельности языка UML представляет деловой процесс. Диаграмма задает операции делового процесса, их последовательность и исполнителей, описывает возможные варианты исполнения делового процесса. Например, процесс исполнения заказа начинается в связи с получением этого заказа и включает следующие друг за другом операции.

Диаграмма включает в себя визуальные компоненты (блоки различных видов, связи между блоками и дорожки), а также перечень параметров диаграммы. Параметры – это переменные, соответствующие характеристикам делового процесса. Например, заказ может иметь определенные характеристики (объем, стоимость, срочность и т.д.), которые влияют на величину затрат труда и на порядок исполнения делового процесса.

В табл. 2 представлены визуальные элементы диаграммы деятельности с кратким описанием их назначения и атрибутов.

Диаграмма прецедентов языка UML позволяет моделировать исследуемую совокупность бизнес-процессов в целом. Акторы диаграммы представляют в модели внешние по отношению к моделируемой системе сущности, которые вызывают реакцию системы. Прецеденты описывают способ взаимодействия актора с системой. Каждый прецедент связан с деловым процессом, который запускается на исполнение при обращении к этому прецеденту. В рамках рассматриваемого подхода

диаграмма прецедентов позволяет моделировать на визуальном и на количественном уровне загрузку изучаемой системы.

В табл. 3 представлен список блоков диаграммы прецедентов с кратким описанием их назначения и атрибутов.

Предложенная совокупность компонентов имитационной модели позволяет представить исследуемую систему с различных сторон, описать протекающие деловые процессы и может служить основой для автоматического синтеза имитационной модели.

В рамках концепции интеграции визуального и имитационного моделирования деловых процессов была разработана система имитационного моделирования, которая реализует соответствующие метод, метамодель и набор алгоритмов. Программная система автоматизированного синтеза имитационных моделей на основе языка UML (СИМ-UML) предназначена для построения имитационных моделей в области экономики и управления, в том числе имитационных моделей деловых процессов предприятия или организации.

Основные задачи системы:

- построение с помощью графического конструктора визуальной модели деловых процессов;

- определение с помощью количественных компонентов (переменных модели) временных, частотных и финансовых параметров модели;
- автоматическое формирование программного кода имитационной модели;
- анализ результатов моделирования.

Схема на рис. 3 демонстрирует процесс работы с системой.

Преимущества описанного подхода и инструментария:

- сокращение семантического разрыва между предметной областью и средствами моделирования;
- снижение затрат труда на построение имитационных моделей деловых процессов;
- возможность одновременного моделирования деловых процессов на качественном и количественном уровне;
- возможность учета затрат трудовых и материальных ресурсов на исполнение деловых процессов в условиях действия случайных факторов;
- возможность включения визуального и имитационного моделирования в жизненный цикл разработки информационных систем.

Рассмотренный подход и система имитационного моделирования могут использоваться в различных областях экономики и управления.

Таблица 1

ПЕРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ

Название компонента модели	Назначение	Атрибуты (помимо имени)
Переменная-аргумент	Представляет в модели действие случайного фактора. Примеры: время исполнения операции, число единиц поступившего товара, сумма денежного перевода, объем спроса на товар	Закон распределения. Параметры закона распределения (число и состав параметров определяют конкретным законом распределения)
Переменная-функция	Представляет количественный параметр модели. Рассчитывается на основе других переменных. Примеры: прибыль, затраты труда на исполнение делового процесса за период времени, сумма налога	Формула расчета значения. Предел суммирования (если используется механизм случайной суммы случайных величин)
Переменная-накопление	Позволяет собирать затраты трудовых и иных ресурсов на исполнение деловых процессов по исполнителю. Примеры: бухгалтер, отдел продаж	-
Переменная-время	Представляет в модели время, протекающее в изучаемой системе	Начальное значение времени, конечное значение времени, шаг времени
Переменная-сумма по времени	Позволяет рассчитывать значения, характеризующие весь период моделирования. Пример: NPV инвестиционного проекта	Формула расчета
Диаграмма деятельности	Определяет операции делового процесса, их последовательность, их исполнителей. Позволяет задать временные и вероятностные характеристики делового процесса. Показывает затраты ресурсов на исполнение делового процесса	Визуальные элементы диаграммы деятельности. Переменные-параметры делового процесса
Диаграмма прецедентов	Описывает исследуемое подмножество деловых процессов в целом. Определяет загрузку системы. Показывает затраты ресурсов на исполнение выбранного подмножества деловых процессов за период времени	Визуальные элементы диаграммы прецедентов

Таблица 2

ЭЛЕМЕНТЫ ДИАГРАММЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Название элемента диаграммы	Графическое обозначение	Назначение	Атрибуты
Операция (activity)		Представляет операцию делового процесса	Переменная, показывающая затраты труда (или иных ресурсов) на однократное выполнение операции
Ветвление (decision)		Позволяет задавать альтернативные варианты исполнения делового процесса	Вероятность перехода по правой ветке. Либо логическое условие перехода по правой ветке в синтаксисе языка Pascal. Либо число итераций цикла

Название элемента диаграммы	Графическое обозначение	Назначение	Атрибуты
Соединение (merge)		Обеспечивает соединение альтернативных маршрутов	-
Начало		Представляет начало делового процесса	-
Окончание		Представляет окончание делового процесса	-
Разделение (fork)		Позволяет разделить процесс на несколько параллельных потоков	-
Слияние (join)		Позволяет соединить несколько параллельных потоков в один (используется совместно с блоком fork)	-
Подпроцесс (subactivity)		Представляет вызов вложенного процесса. При каждом обращении к блоку подпроцесса будет запускаться на исполнение вложенный процесс	Название подпроцесса. Имя переменной вида «диаграмма деятельности», представляющей вложенный процесс
Дорожка (swimlane)		Задаёт исполнителя операции делового процесса	Название дорожки. Имя переменной вида «накопление» для сбора данных о затратах труда (или иных ресурсов) по исполнителю

Таблица 3

ЭЛЕМЕНТЫ ДИАГРАММЫ ПРЕЦЕДЕНТОВ

Название элемента диаграммы	Графическое обозначение	Назначение	Атрибуты
Актор (actor)	Участник конференции	Представляет внешнюю по отношению к системе сущность	Имя актора. Переменная, показывающая численность экземпляров актора
Прецедент (use case)		Отражает способ взаимодействия актора с системой. Связан с некоторым деловым процессом, который запускается на исполнение при обращении к прецеденту	Название прецедента. Имя переменной, представляющей связанный с прецедентом деловой процесс (переменная вида «диаграмма деятельности»)
Ассоциация (association)		Связывает актора с прецедентом. Задаёт частоту обращения к прецеденту со стороны актора за период времени	Переменная, показывающая частоту обращения актора к прецеденту
Связь типа «include»		Связывает два прецедента отношением включения. Стрелка направлена от базового прецедента к включаемому. Обращение к включаемому прецеденту выполняется каждый раз при активации базового	-
Связь типа «extend»		Связывает два прецедента отношением расширения. Стрелка от расширяющего прецедента к базовому. Обращение к расширяющему прецеденту производится не всегда, а лишь в отдельных случаях	Вероятность обращения к расширяющему прецеденту
Связь типа «генерализация»		Описывает наследование акторов. Стрелка от актора-наследника к актору-родителю. Для актора-наследника будет производиться обращение ко всем прецедентам, связанным с актором-родителем	-

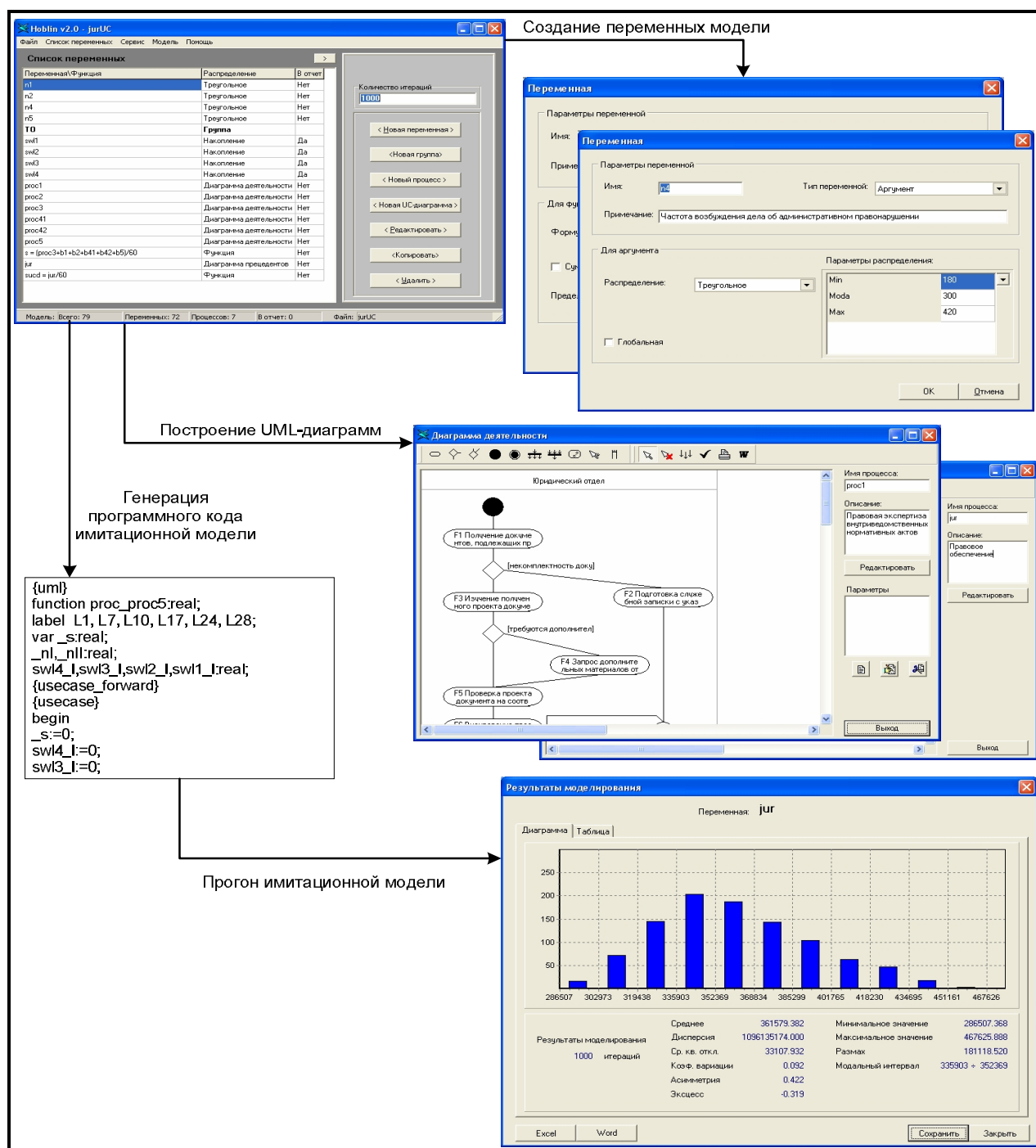


Рис. 3. Имитационное моделирование в среде СИМ-UML

Литература

1. Буч Г. и др. Язык UML. Руководство пользователя [Текст] : пер. с англ. / Г. Буч, Дж. Рамбо, И. Якобсон. – СПб. : ДМК, 2007. – 496 с.
2. Вендров А.М. Методы и средства моделирования бизнес-процессов [Текст] / А.М. Вендров // Jet Info : инф. бюллетень. – 2004. – №10.
3. Емельянов А.А. Имитационное моделирование в управлении рисками [Текст] / А.А. Емельянов. – СПб. : СПбГИ-ЭА, 2000. – 376 с.
4. Тельнов Ю.Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов. Компонентная методология [Текст] / Ю.Ф. Тельнов. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 320 с.

5. Хубаев Г.Н. Интеграция визуального и имитационного моделирования деловых процессов предприятия: принципы и инструментарий [Текст] / Г.Н. Хубаев, С.М. Щербаков // Проблемы современной экономики. – 2008. – №3. – С. 252-258.
6. Хубаев Г.Н. Особенности использования языка UML для имитационного моделирования [Текст] / Г.Н. Хубаев, С.М. Щербаков // Проблемы федеральной и региональной экономики : ученые записки / РГЭУ «РИНХ». – 2006. – Вып. 9. – С. 99-113.
7. Широкова С.Н. Возможности метода и программного комплекса автоматизированного синтеза имитационных моделей деловых процессов [Текст] / С.Н. Широкова, С.М. Щербаков // Компьютерное моделирование 2008:

- Труды междунар. науч.-техн. конф., г. Санкт-Петербург, 24-25 июня 2008 г. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2008. – С. 259-268.
8. Arief L.B., Speirs N.A. A UML tool for an automatic generation of simulation programs. In Proceedings of the 2nd International Workshop on Software and Performance (WOSP 2000). – Ottawa, Canada, 17-20 September 2000. – pp. 71-76.
 9. Balsamo S., Marzolla M. Simulation Modeling of UML Software Architectures, Proceedings of the European Simulation Multiconference, Nottingham. – UK, Jun 9-11 2003, Edited by David Al-Dabass, SCS-European Publishing House. – Pp. 562-567.
 10. Balsamo S., Simeoni M. On Transforming UML models into performance models Technical Report Saladin Project R-SAL-51, WTUML: Workshop on Transformations in UML, ETAPS 2001 Satellite Event. – Genova, Italy, April 7th, 2001.
 11. Barjis J. The importance of business process modeling in software systems design // Science of Computer Programming. Vol. 71. Issue 1 (March 2008). – Pp. 73-87.
 12. Barjis J., Shishkov B. UML based business systems modeling and simulation // Proceedings of EUROSIM 2001 June 26 – 29, 2001 Aula Conference Centre Delft, The Netherlands.
 13. Bourouis A., Belattar B. JAPROSIM: A Java Framework for Discrete Event Simulation // Journal of Object Technology. Vol. 7. No. 1, January-February 2008. – Pp. 103-119.
 14. Castela N., Tribolet J., Silva A., Guerra A. Business process modeling with UML, Proc. 3rd International Conference on Enterprise Information Systems, Setubal, Portugal, 2001.
 15. Copstein B., Pereira C.E., Wagner F.R. The Object-Oriented Approach and the Event Discrete Simulation Paradigms. In: 10th European Simulation Multiconference. Budapest, Hungary, June 1996. Proceedings, Society for Computer Simulation, 1996. – pp. 57-61.
 16. Cortellessa V., Mirandola R. PRIMA-UML: a performance validation incremental methodology on early UML diagrams, in Proceedings of WOSP 2002 // Proc. of the third international workshop on software and performance (WOSP 2002) ACM Press, July 24–26, 2002.
 17. Eriksson Hans-Erik, Penker M. Business Modeling with UML: Business Patterns at Work. John Wiley & Sons, 2000. – 459 p.
 18. Gordon G., Petriu D.C. XSLT Transformation from UML Models to LQN Performance Models, Proc. of 3rd Int. Workshop on Software and Performance WOSP' 2002. – Rome, Italy, July 2002. – pp.227-234.
 19. Hennig A., Wasgint R. Performance Modelling of Software Systems in UML-Tools for the Software Developer. In Proceedings of European Simulation Multiconference (ESM 2002). – pp. 94-99.
 20. Kabajunga C., Pooley R. Simulating UML sequence diagrams. In Rob Pooley and Nigel Thomas, editors, UK Performance Engineering Workshop, July 1998. – pp. 198-207.
 21. Kelton W.D., Sadowski R.P., and Sturrock D.T. Simulation with Arena by, 4th ed., McGraw-Hill, 2007.
 22. Koch N., Kraus A., Cachero C., Meliá S. Integration of Business Processes in Web Applications Models // Journal of Web Engineering, № 3(1), 2004. – pp. 22-49.
 23. L'opez-Grao J.P., Merseguer J., Campos J. Performance engineering based on UML & SPN's: A software performance tool. In Proc. of 7th Int. Symposium On Computer and Information Sciences (ISCIS), CRC Press, October 2002. – pp. 405–409.
 24. Marzolla M., Balsamo S. UML-PSI: The UML Performance Simulator, Proc. of the First International Conference on the Quantitative Evaluation of Systems (QEST 2004), IEEE Computer Society. – Enschede, The Netherlands, September 27-30, 2004. – pp. 340-341.
 25. Noran O. Business modeling UML vs. IDEF.: Griffith.: Griffith University, 2003.
 26. Pan-Wei Ng Business Process Modeling and Simulation with UML // Rational Edge, 2002 Apr, May.
 27. Performance by Unified Model Analysis (PUMA) by Murray Woodside, Dorina C. Petriu, Dorin B. Petriu, Hui Shen, Toqeer Israr, Jose Merseguer // WOSP'05, July 11–15, 2005, Palma de Mallorca, Spain.
 28. Petriu D.C., Shen H. Applying the UML performance profile: graph grammarbased derivation of LQN models from UML specifications, in Computer Performance Evaluation / TOOLS, Eds. T. Field, P. G. Harrison, J. Bradley, and U. Harder, in Lecture Notes in Computer Science 2324 (Springer, 2002).
 29. Pooley R.J. and King P.J.B. (1999, February). The Unified Modeling Language and performance engineering. In IEE Proceedings – Software, Vol. 146. – pp. 2–10.
 30. Richter H., März L. Toward a standard process: the use of UML for designing simulation models. Winter Simulation Conference 2000. – pp.394-398.
 31. SIMFONE: an object-oriented simulation framework by Rossetti M.D., Aylor B., Jacoby R., Prorock A., White A. Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference Joines J.A., Barton R.R., Kang K., and Fishwick P.A., eds. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway, New Jersey. – pp. 1855-1864.
 32. Teilans A., Kleins A., Merkurjev Y., Grinbergs A. Design of UML models and their simulation using ARENA // WSEAS Transactions on Computer Research Vol. 3, Issue 1 (January 2008). – pp. 67-73.
 33. Towards Simulation-Based Performance Modeling of UML specifications. Technical Report CS-2003-2 By Simonetta Balsamo, Mattia Grosso and Moreno Marzolla (Dipartimento di Informatica Università Ca' Foscari di Venezia via Torino, Italy).

Ключевые слова

Имитационное моделирование; бизнес-процесс; анализ; интеграция визуального и имитационного моделирования; метамодель; UML; диаграмма; автоматизация построения; СИМ-UML; оценка затрат ресурсов.

Щербakov Сергей Михайлович

РЕЦЕНЗИЯ

Актуальность темы статьи обусловлена необходимостью совершенствования методов и инструментария анализа и моделирования бизнес-процессов предприятия. Одним из распространенных средств визуального представления бизнес-процессов является унифицированный язык UML, который также имеет значительный потенциал в качестве средства построения имитационных моделей. Рецензируемая статья призвана исследовать возможности интеграции визуального и имитационного моделирования на основе языка UML.

Научная новизна и практическая значимость. Автор раскрывает основные особенности предлагаемого им подхода, описывает принципы интеграции визуального и имитационного моделирования на основе языка UML и процесс имитационного моделирования, приводит назначение основных компонентов модели и их взаимосвязь. В статье описывается программная реализация предлагаемого подхода в виде системы имитационного моделирования.

Работа имеет определенное значение в контексте развития теории и методологии имитационного моделирования деловых процессов. Описанные результаты могут использоваться в практике предприятий и организаций для анализа и совершенствования их деятельности. Научные и технические решения автора (интеграция визуального и имитационного моделирования, ориентация на общепринятый язык UML и на объектно-ориентированные методы, выбор подмножества диаграмм, состав компонентов и алгоритмы генерации программного кода имитационной модели) могут рассматриваться как основа создания эффективного инструментария анализа, моделирования и совершенствования бизнес-процессов.

Заключение. Рецензируемая статья выполнена на актуальную тему, содержит элементы научной новизны, обладает практической значимостью. Таким образом, статья отвечает требованиям к научным публикациям и может быть рекомендована к опубликованию.

Тищенко Е.Н., д-р экон. наук, профессор Ростовского государственного экономического университета «РИНХ»

11.1. UML-BASED SIMULATION OF ECONOMIC SYSTEMS

S.M. Shcherbakov, Candidate of Sciences (Economic),
Assistant Professor of «Economic Informatics and
Management Automation»

Chair Rostov State Economic University «RINH»

The questions of unified modeling language (UML) using for the aims of simulation in economics and management are discussed in the paper. Author proposes a metamodel for visual modeling and simulation, which specifies included visual and quantitative components, their attributes, structure and interconnection. The method of the computer-aided simulation model construction and the developed software are described.

Literature

1. G. Booch, J. Rumbaugh, I. Jacobson. The Unified Modeling Language: Users Guide. – Spb.: DMK, 2007. – 496 p.
2. A.M. Vendrov. Methods and tools of business processes modeling // *Jetinfo*. – 2004. – №10 (137).
3. A.A. Emelianov. Simulation in the risk-management. – St. Petersburg: SPbGIEA, 2000. – 376 p.
4. J.F. Telnov. Business-process reengineering. – M.: Finansy i Statistika, 2004. – 320 p.
5. G.N. Khubaev, S.M. Shcherbakov. Integration of visual and simulation modeling of business-processes of the enterprise: principles and toolkit // *Problems of modern economics*, №3(27). – 2008. – pp. 252-258.
6. G.N. Khubaev, S.M. Shcherbakov. The features of application of the UML language for simulation // *Problems of federal and regional economy. Scientific notes. Issue 9*. – Rostov-Don: RSEU «RINH», 2006. – p. 99-113.
7. S.N. Shirobokova, S.M. Shcherbakov. The abilities of the method and the program complex of the business processes simulation models automated synthesis // *Computer modeling 2008: proceedings of the international scientific and technical conference*, June 24, 2008. – St. Petersburg: Publishing house of polytechnic university, 2008. – p. 259-268.
8. L.B. Arief and N.A. Speirs. A UML tool for an automatic generation of simulation programs. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on Software and Performance (WOSP 2000)*. – Ottawa, Canada, 17-20 September 2000. – p. 71-76.
9. S. Balsamo, M. Marzolla. Simulation Modeling of UML Software Architectures, *Proceedings of the European Simulation Multiconference*, Nottingham. – UK, Jun 9-11 2003, Edited by David Al-Dabass, SCS-European Publishing House. – p. 562-567.
10. S. Balsamo, M. Simeoni. On Transforming UML models into performance models Technical Report Saladin Project R-SAL-51, WTUML: Workshop on Transformations in UML, ETAPS 2001 Satellite Event. – Genova, Italy, April 7th, 2001.
11. J. Barjis. The importance of business process modeling in software systems design // *Science of Computer Programming*, Vol. 71, Issue 1 (March 2008). – p. 73-87.
12. Barjis J., Shishkov B. UML based business systems modeling and simulation // *Proceedings of EUROSIM 2001 June 26 – 29, 2001 Aula Conference Centre Delft, The Netherlands*.
13. A. Bourouis, B. Belattar. JAPROSIM: A Java Framework for Discrete Event Simulation, in *Journal of Object Technology*, Vol. 7, No. 1, January-February 2008. – p. 103-119.
14. N. Castela, J. Tribolet, A. Silva, A. Guerra. Business process modeling with UML, *Proc. 3rd International Conference on Enterprise Information Systems*, Setubal, Portugal, 2001.
15. B. Copstein, C.E. Pereira, F.R. Wagner. The Object-Oriented Approach and the Event Discrete Simulation Paradigms. In: *10th European Simulation Multiconference*. Budapest, Hungary, June 1996. *Proceedings*, Society for Computer Simulation, 1996.- pp. 57-61.
16. V. Cortellessa, R. Mirandola. PRIMA-UML: a performance validation incremental methodology on early UML diagrams, in *Proceedings of WOSP 2002 // Proc. of the third international workshop on software and performance (WOSP 2002)* ACM Press, July 24–26, 2002.
17. Eriksson Hans-Erik, M. Penker. *Business Modeling with UML: Business Patterns at Work*. John Wiley & Sons, 2000.- 459 p.
18. G. Gordon, D.C. Petriu. XSLT Transformation from UML Models to LQN Performance Models, *Proc. of 3rd Int. Workshop on Software and Performance WOSP' 2002*. – Rome, Italy, July 2002. – p.227-234.
19. A. Hennig, R. Wasgint. Performance Modelling of Software Systems in UML-Tools for the Software Developer. In *Proceedings of European Simulation Multiconference (ESM 2002)*. – p. 94-99.
20. C. Kabajunga, R. Pooley. Simulating UML sequence diagrams. In *Rob Pooley and Nigel Thomas, editors, UK Performance Engineering Workshop*, July 1998. – p. 198-207.
21. W.D. Kelton, R.P. Sadowski, and D.T. Sturrock. *Simulation with Arena* by, 4th ed., McGraw-Hill, 2007.
22. N. Koch, A. Kraus, C. Cachero, S. Meliá. Integration of Business Processes in Web Applications Models // *Journal of Web Engineering*, № 3(1), 2004. – p. 22-49.
23. J.P. L'opez-Grao, J. Merseguer, J. Campos. Performance engineering based on UML & SPN's: A software performance tool. In *Proc. of 7th Int. Symposium On Computer and Information Sciences (ISCIS)*, CRC Press, October 2002. – p. 405-409.
24. M. Marzolla, S. Balsamo. UML-PSI: The UML Performance Simulator, *Proc. of the First International Conference on the Quantitative Evaluation of Systems (QEST 2004)*, IEEE Computer Society.- Enschede, The Netherlands, September 27-30, 2004. – p. 340-341.
25. O. Noran. *Business modeling UML vs. IDEF.*: Griffith.: Griffith University, 2003.
26. Pan-Wei Ng *Business Process Modeling and Simulation with UML* // Rational Edge, 2002 Apr, May.
27. Performance by Unified Model Analysis (PUMA) by Murray Woodside, Dorina C. Petriu, Dorin B. Petriu, Hui Shen, Toqeer Israr, Jose Merseguer // *WOSP'05*, July 11–15, 2005, Palma de Mallorca, Spain.
28. D.C. Petriu, H. Shen. Applying the UML performance profile: graph grammarbased derivation of LQN models from UML specifications, in *Computer Performance Evaluation / TOOLS*, Eds. T. Field, P.G. Harrison, J. Bradley, and U. Harder, in *Lecture Notes in Computer Science* 2324 (Springer, 2002).
29. R.J. Pooley and P.J.B. King. (1999, February). The Unified Modeling Language and performance engineering. In *IEE Proceedings – Software*, Vol. 146. – p. 2-10.
30. H. Richter, L. März Toward a standard process: the use of UML for designing simulation models. *Winter Simulation Conference 2000*. – p.394-398.
31. SIMFONE: an object-oriented simulation framework by Rossetti M.D., Aylor B., Jacoby R., Prorock A., White A. *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference* Joines J.A., Barton R.R., Kang K., and Fishwick P.A., eds. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway, New Jersey. – p. 1855-1864.
32. A. Teilans, A. Kleins, Y. Merkuryev, A. Grinbergs. Design of UML models and their simulation using ARENA // *WSEAS Transactions on Computer Research* Vol. 3, Issue 1 (January 2008). – p. 67-73.
33. Towards Simulation-Based Performance Modeling of UML specifications. Technical Report CS-2003-2 By Simonetta Balsamo, Mattia Grosso and Moreno Marzolla (Dipartimento di Informatica Universit'a Ca' Foscari di Venezia via Torino, Italy).

Keywords

Simulation; business process; analysis; integration of visual modeling and simulation; meta-model; UML; diagram; computer-aided construction; SIM-UML; estimation of resource expenses.