

9.2. АНАЛИЗ ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ARENA

Исаев Д.В., к.э.н., доцент,
кафедра бизнес-аналитики

*Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»*

В статье рассматриваются вопросы оценки и выбора программ развития систем управления с применением дискретно-событийного имитационного моделирования. Приводится концептуальная модель программы развития системы управления, обоснованы особенности ее практической реализации с применением программного обеспечения Arena. Разработаны рекомендации в области моделирования в среде Arena проектов развития и их влияния на показатели зрелости и финансовые показатели.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка и выбор программ развития систем управления представляет собой довольно сложную задачу, что объясняется двумя факторами: невозможностью финансовой оценки результатов развития и вероятностным характером ряда параметров [2]. Следствием того, что выгоды от развития систем управления трудно оценить в финансовом выражении является неприменимость классических показателей инвестиционного анализа, таких как норма прибыли, период окупаемости, чистая приведенная стоимость или внутренняя норма рентабельности [3]. Однако вместо этого возможно применение подхода «ценность за деньги», когда инвестиции сопоставляются с результатами, не имеющими стоимостной оценки. Что касается вероятностного характера параметров программы развития, то эта особенность проявляется при оценке сроков реализации проектов, а также временных лагов в отношениях предшествования между проектами и при воздействии проектов на различные показатели. Поэтому применение общепринятых моделей управления проектами, таких как диаграммы Ганта или сетевые графики [4], хотя и возможно, но не является достаточным.

В этих условиях представляется целесообразным применение методов и инструментальных средств, позволяющих оценить потенциальные последствия той или иной программы развития на основе формирования имитационных моделей и их многократного прогона. Одним из видов имитационного моделирования является дискретно-событийное моделирование [11], при котором поведение изучаемой системы описывается в виде хронологической последовательности событий, наступающих в дискретные моменты времени и приводящих к изменению ее состояния.

К числу инструментальных средств дискретно-событийного имитационного моделирования относится система Arena, нашедшая широкое применение в практике управления сложными системами. Формирование модели развития системы управления в среде Arena предполагает предварительное описание основных характеристик программы развития на логическом (концептуальном) уровне, с выделением основных модельных объектов и взаимосвязей между ними. Затем элементы концептуальной модели подлежат сопоставлению с функциональными возможностями системы Arena, с последующим описанием

объекта управления в терминах конкретной среды имитационного моделирования.

Концептуальная модель программы развития системы управления

На концептуальном уровне модель программы развития системы управления включает определенные элементы, к которым относятся проекты, показатели зрелости и финансовые показатели [2].

Реализация программы развития осуществляется через проекты, которые ограничены во времени: продолжительность каждого из них определяется двумя моментами – начала и завершения. Часто продолжительность проекта может быть оценена лишь приблизительно и поэтому может рассматриваться как случайная величина.

Проекты могут быть связаны между собой отношениями предшествования: некоторые из них могут быть начаты только после полного завершения одного или нескольких других. Отношения предшествования могут сопровождаться наличием временных лагов: в этом случае последующий проект может быть начат не сразу, а только спустя некоторое время после завершения предшествующего. При этом временные лаги между предшествующими и последующими проектами могут быть как фиксированными, так и случайными величинами.

Реализация проектов обеспечивает совершенствование системы управления, что выражается в динамике показателей уровня зрелости системы. При этом один проект может воздействовать на несколько показателей зрелости, а один показатель зрелости может получать воздействия со стороны нескольких разных проектов. Особенность показателей зрелости систем управления состоит в том, что многие из них являются не количественными, а качественными. В то же время разные качественные показатели могут быть соотнесены со шкалой, представляющей собой упорядоченные по возрастанию пороговые уровни зрелости. Такой подход получил широкое распространение в области оценки уровня развития систем управления. Примером может служить методика расчета индекса зрелости систем управления эффективностью, который может варьироваться от первого (начального) уровня до пятого (оптимизированного) [6].

Показатели зрелости могут быть представлены в виде иерархической структуры, основанной на детализации системы управления. В рамках такой иерархии изменение показателей нижнего уровня приводит к изменению вышестоящих показателей, вплоть до интегрального показателя уровня зрелости системы в целом. Что касается влияния проектов, то они оказывают непосредственное воздействие только на показатели нижнего уровня иерархии (первичные показатели), после чего вышестоящие показатели рассчитываются на их основе. Воздействие проектов на показатели зрелости описывается на основе гарантированных значений результатов: каждое воздействие обеспечивает определенный уровень зрелости соответствующего показателя, но если на момент воздей-

ствия текущее значение показателя больше гарантированного, то в меньшую сторону оно не меняется.

Между моментами завершения проектов и их воздействием на первичные показатели зрелости могут иметь место временные лаги, которые могут быть как детерминированными, так и случайными. Что касается перерасчета значений вторичных показателей зрелости, то оно осуществляется сразу при изменении значений первичных показателей, без каких-либо задержек.

Реализация проектов также связана с финансовыми показателями. Они имеют двухуровневую структуру: на первом (нижнем) уровне находятся показатели использования ресурсов (платежи), а на втором (верхнем) – интегральные финансовые показатели, такие как исполнение бюджета программы развития или сумма дисконтированных денежных потоков.

Воздействие на финансовые показатели может иметь место в результате как начала, так и завершения проекта. Могут существовать временные лаги между проектными событиями (началом или завершением проектов) и моментами платежей, эти задержки могут быть как фиксированными, так и случайными.

Приведенная концептуальная модель программы развития системы управления является основой для разработки имитационной модели в среде Arena, с учетом особенностей данного программного продукта.

Функциональность программного пакета Arena

Прикладной программный пакет Arena (разработка компании Rockwell Automation) представляет собой мощное средство дискретно-событийного имитационного моделирования. За годы своего существования система приобрела большую популярность и сегодня широко используется, прежде всего, для моделирования производственных систем и систем массового обслуживания. Подробное описание системы и рекомендации по ее практическому применению представлены в многочисленных книгах, статьях и учебных пособиях (например, [1; 5; 7; 9; 10]).

В системе Arena имитационная модель представляется в виде ориентированного графа, в качестве узлов которого выступают графические модули. Эти модули связаны друг с другом специальными соединениями (дугами графа). Помимо графических модулей, также применяются модули данных, которые не участвуют в визуализации модели, но служат для описания ее параметров.

Одним из основных является понятие транзакта, под которым понимается индивидуальный динамический объект, обрабатываемый в моделируемой системе. Транзакты подразделяются на типы, которые описываются в модуле данных «Entity», при этом транзакты разных типов могут присутствовать в модели одновременно. В процессе моделирования типы транзактов могут изменяться при помощи графического модуля «Assign». Дополнительные характеристики транзактов могут задаваться через

атрибуты, которые могут быть как скалярными величинами, так и массивами (одномерными или двумерными). Начальные значения атрибутов задаются в модуле данных «Attribute» и впоследствии также могут изменяться с помощью модуля «Assign». Для удобства визуализации в качестве одного из атрибутов могут использоваться анимационные картинки, которые, как и другие атрибуты, могут изменяться в ходе моделирования.

Создание новых транзактов осуществляется при помощи графических модулей «Create», каждый из которых может генерировать транзакты только определенного типа. При каждой генерации могут создаваться как один, так и несколько транзактов, а общее число транзактов, генерируемых модулем за один сеанс моделирования, может быть ограниченным или неограниченным. Интервал между моментами прибытия транзактов может быть фиксированным или случайным, во втором случае задается функция распределения и ее параметры. Интервал между прибытиями может задаваться на основе расписания, созданного в модуле данных «Schedule». Операцией, обратной по отношению к созданию транзактов, является их терминирование (вывод из модели) при помощи графического модуля «Dispose».

Обработка транзактов описывается при помощи графического модуля «Process», одним из параметров которого является время задержки, необходимое для обработки – детерминированная или случайная величина (в последнем случае задается вид распределения и его параметры). При обработке транзактов может потребоваться использование ограниченных ресурсов, которые описываются в модуле данных «Resource». Доступные объемы ресурсов могут быть либо фиксированными, либо задаваться с помощью расписаний, определенных в модуле «Schedule». В модуле «Process» указываются все ресурсы, используемые данным модулем, вместе с их объемами. В ходе своего исполнения процесс захватывает необходимые ресурсы, делая их недоступными для других процессов. Если несколько процессов конкурируют между собой за ограниченный ресурс, то возможность их доступа к ресурсу (и, соответственно, последовательность выполнения процессов) зависит от значений параметра приоритета, которые устанавливаются при описании модулей «Process».

При необходимости ресурсы могут быть сгруппированы в пулы, которые описываются при помощи модуля данных «Set». Этот же модуль может использоваться для некоторых других группировок, например, для объединения нескольких типов транзактов.

Если на вход процесса поступают новые транзакты, но при этом ресурсов для их обработки недостаточно, то новые транзакты образуют очередь. Описание очередей осуществляется при помощи модуля данных «Queue», где для каждой очереди указывается приоритет обработки находящихся в ней транзактов. Также возможна расстановка приоритетов в соответствии со значениями атрибутов транзактов, по убыванию или возрастанию их значений.

В моделируемой системе может быть описано ветвление процессов. Это осуществляется с помощью графического модуля «Decide», в котором могут быть предусмотрены либо две исходящие ветви (выбор из двух альтернатив), либо несколько исходящих ветвей (множественный выбор). Выбор той или иной ветви для маршрутизации транзакта может осуществляться либо случайным образом, либо в соответствии с заданным условием.

Для моделирования сложных систем может потребоваться объединение или разделение транзактов, такие операции осуществляются при помощи графических модулей «Batch» и «Separate».

Объединение транзактов может быть либо временным (с возможностью последующего разъединения), либо постоянным. Группироваться могут либо любые транзакты, либо только те, которые имеют сходные признаки – типы или значения атрибутов. При поступлении транзактов на вход модуля «Batch» они образуют очередь и ожидают объединения до тех пор, пока в очереди не окажется заданное число транзактов, удовлетворяющих правилу группировки. Результатом объединения является единственный транзакт (транзакт-сборка), тип которого также определяется параметрами модуля.

Разделение транзакта может означать либо его тиражирование (создание определенного количества копий), либо разбиение транзакта-сборки, созданного на временной основе. В любом случае на вход модуля «Separate» поступает единственный транзакт, а выходом являются несколько транзактов – либо идентичных входящему (в случае тиражирования), либо временно сгруппированных ранее (в случае разбиения транзакта-сборки). В случае применения режима тиражирования модуль «Separate» имеет два выхода: один – для исходного транзакта (оригинала), второй – для всех его копий (дубликатов).

Помимо атрибутов, являющихся характеристиками отдельных транзактов, используются глобальные переменные, которые могут представлять собой как скалярные величины, так и массивы (одномерные или двумерные). Глобальные переменные задаются в модуле данных «Variable», там же описываются их характеристики и начальные значения. Эти значения впоследствии могут изменяться при помощи графического модуля «Assign». При моделировании также применяются системные переменные, одна из которых представляет собой текущее значение модельного времени.

Наконец, важным элементом системы является графический модуль «Record», предназначенный для сбора статистики моделирования. При помощи модулей данного типа могут быть организованы счетчики, сбор статистики по транзактам и формирование ряда других показателей.

Применение программного пакета Arena для моделирования развития систем управления

Формирование имитационной модели программы развития системы управления в среде Arena требует уточнения сущности транзактов, а также особен-

ностей описания проектов и их влияния на показатели зрелости системы управления и финансовые показатели. При решении данных вопросов следует принимать во внимание имеющийся опыт применения Arena для моделирования проектов, изначально представленных в виде сетевых графиков [8].

Транзакты в рассматриваемой модели носят абстрактный характер и не имеют выраженной смысловой интерпретации. Единственное их предназначение – служить в качестве меток, определенным образом перемещающихся между объектами моделируемой системы, означая наступление тех или иных модельных событий. Все транзакты являются совершенно одинаковыми, поэтому отсутствует необходимость задания их типов и атрибутов, также нет необходимости в применении анимационных картинок.

Основным элементом моделирования проекта является модуль «Process»: поступление транзакта в модуль означает начало проекта, а выход транзакта из модуля – его завершение. Главным параметром модуля является время задержки, которое представляет собой продолжительность реализации проекта – фиксированную или случайную величину (в последнем случае указывается распределение и его параметры). Ресурсы, связанные с модулями «Process», при моделировании проектов не рассматриваются: предполагается, что любой из проектов может быть обеспечен достаточным объемом ресурсов.

Начало проекта может быть обусловлено завершением одного или нескольких предшествующих проектов. Если имеется несколько предшествующих проектов, то такая ситуация описывается при помощи модуля «Batch», в котором общее число входящих транзактов равно количеству предшествующих проектов. Группировка осуществляется на постоянной основе, с участием всех входящих транзактов. Выходом модуля «Batch» является единственный транзакт, который по своим параметрам полностью идентичен входящим. Если рассматриваемому проекту предшествует только один проект, или если рассматриваемый проект не имеет предшествующих, то модуль «Batch» не используется.

Поскольку на вход каждого из модулей «Process» за весь сеанс моделирования может поступить не более одного транзакта, никаких очередей на входах этих модулей не возникает. В то же время очереди из транзактов, ожидающих группировку, могут возникать на входах модулей «Batch».

Отношения предшествования между проектами, а также влияние проектов на показатели зрелости системы управления и финансовые показатели описываются при помощи модуля «Separate». Функционирование модуля осуществляется только в режиме тиражирования, с единственной создаваемой копией: на вход модуля поступает единственный транзакт, после чего на каждом из двух выходов оказывается по одному точно такому же транзакту. Один модуль «Separate» позволяет описать воздействие проекта на два последующих модельных объекта. Если число объектов воздействия больше двух, то можно использовать комбинацию из нескольких по-

следовательных модулей «Separate», имеющих единичные объемы тиражирования, с соединением одного из выходов предшествующих модулей со входами последующих. Если же рассматриваемый проект оказывает только одно последующее воздействие, то модуль «Separate» не используется.

Фрагмент модели для отдельно взятого проекта, имеющего предшествующие проекты и оказывающего влияние на некоторые другие элементы модели, изображен на рис. 1 (здесь и далее применяются графические изображения модулей, принятые в системе Arena).

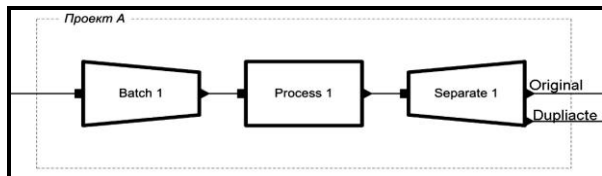


Рис. 1. Отдельный проект

В приведенном фрагменте присутствуют три модуля: «Batch 1», «Process 1» и «Separate 1». Размер группировки, заданный в параметрах модуля «Batch 1», равен числу проектов, предшествующих рассматриваемому. Модуль «Batch 1» связан с модулем «Process 1», в котором задается временная задержка, определяющая период реализации проекта. Проект оказывает влияние на два других модельных объекта, поэтому используется только один модуль «Separate», имеющий единичный объем тиражирования.

Временные лаги, отделяющие завершение предшествующих проектов от возможного начала последующих, описываются с помощью модулей «Process», которые имеют продолжительность, но не потребляют ресурсы. Транзакты поступают в такие модули из модулей, характеризующих завершение предшествующих проектов: либо из модулей «Separate» (если предшествующий проект влияет на несколько последующих модельных объектов), либо из модулей «Process» (если предшествующие проекты оказывают только одно последующее воздействие). По истечении времени задержки транзакты поступают на вход модулей, описывающих начало последующих проектов: либо модулей «Batch» (если последующий проект имеет несколько предшествующих), либо модулей «Process» (в случае единственного предшествующего проекта).

Фрагмент модели для двух предшествующих и трех последующих проектов представлен на рис. 2.

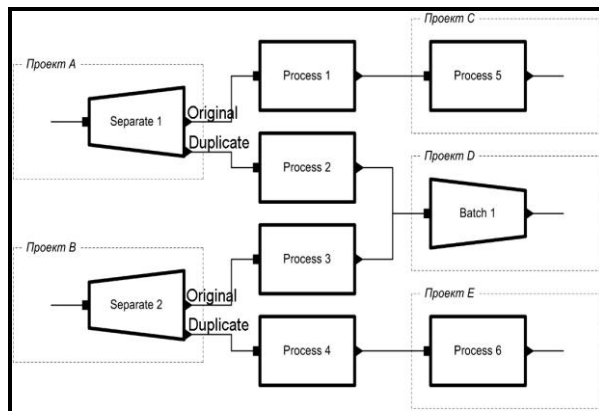


Рис. 2. Отношения предшествования между проектами

В приведенном примере проект **A** предшествует проектам **C** и **D**, а проект **B** – проектам **D** и **E**. Поскольку каждый из предшествующих проектов имеет по два последующих, при описании их завершения используются модули «Separate». Эти модули инцидентны четырем модулям «Process», характеризующим временные лаги между предшествующими и последующими проектами. Поскольку проекту **D** предшествуют сразу два проекта (**A** и **B**), для описания его входа используется модуль «Batch», в который поступают транзакты из модулей «Process 2» и «Process 3». Что касается проектов **C** и **E**, то каждый из них имеет только по одному предшествующему, поэтому для моделирования их начала модули «Batch» не используются.

Проекты программы развития оказывают влияние на показатели уровня зрелости системы управления. Для описания динамики значений показателей зрелости используется глобальная переменная – одномерный массив, размерность которого равна числу показателей (массив значений показателей зрелости). Начальные значения элементов массива задаются в модуле «Variable», а их изменения описываются в модулях «Assign», число которых также равно числу показателей зрелости (для каждого показателя – свой модуль «Assign»).

Для описания воздействий проектов на показатели зрелости применяется другая глобальная переменная – тоже одномерный массив, но с размерностью, равной общему количеству воздействий. Значение элемента такого массива представляет собой максимальное (гарантированное) значение показателя зрелости, которое обеспечивается при воздействии проекта на показатель (массив гарантированных результатов воздействий). Поскольку гарантированные результаты воздействий являются фиксированными, значения элементов этого массива задаются только один раз (в модуле «Variable»), после чего не изменяются.

Для описания задержек между завершением проектов и их воздействием на показатели зрелости используются модули «Process» (для каждого воздействия – свой модуль). Если воздействие на показатели зрелости осуществляется без задержек, то модули «Process» не используются.

Аналогичные модельные элементы используются для описания влияния проектов на финансовые показатели. Для значений финансовых показателей также используется глобальная переменная – одномерный массив с размерностью, равной числу показателей (массив значений финансовых показателей). Начальные значения элементов массива задаются в модуле «Variable» как нулевые, а затем изменяются с помощью модуля «Assign» (для каждого финансового показателя – свой модуль «Assign»). Для описания размеров платежей также используется глобальная переменная – одномерный массив, размерность которого равна числу плате-

жей, а значение каждого элемента соответствует размеру платежа (массив платежей). Значения элементов массива платежей задаются в модуле «Variable» и впоследствии не изменяются.

Для описания возможных временных лагов между проектными событиями (началом и или завершением проектов) и их воздействием на финансовые показатели также применяются модули «Process» (для каждого платежа – свой модуль).

Фрагмент модели, описывающий влияние проекта на показатели зрелости и финансовые показатели, представлен на рис. 3.

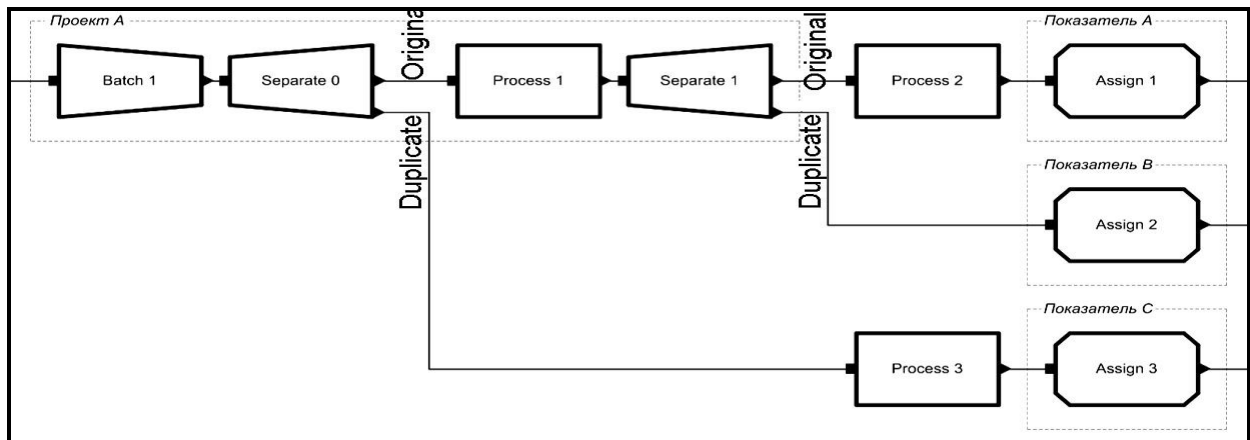


Рис. 3. Влияние проекта на показатели зрелости и финансовые показатели

Рассматриваемый проект влияет на три показателя – **А**, **В** и **С**. Начало проекта характеризуется модулем «Batch 1», его исполнение – модулем «Process 1», а завершение и влияние на последующие объекты – модулем «Separate 1». Однако в данном случае в модель добавлен еще один модуль «Separate 0», описывающий причинно-следственную связь между началом проекта и показателем **С**.

Изменение значений всех трех показателей описывается при помощи модулей «Assign 1», «Assign 2» и «Assign 3». При воздействии проекта на показатели **А** и **С** имеют место временные лаги, которые характеризуются модулями «Process 2» и «Process 3». Что касается показателя **В**, то воздействие на него имеет место сразу по завершении проекта, без каких-либо задержек, поэтому модуль «Process» в данном случае не используется.

Как уже было отмечено, и показатели уровня зрелости, и финансовые показатели образуют иерархии. Изменение значений вышестоящих показателей при корректировке значений нижестоящих описываются при помощи модулей «Assign» (в каждом из модулей описывается своя расчетная формула). Поскольку пересчет значений вышестоящих показателей не связан с какими-либо временными лагами, модули «Assign» нижестоящих и вышестоящих показателей соединяются непосредственно друг с другом.

Наконец, для полного описания структуры модели необходимо определить элементы, с помощью которых описывается начало и завершение сеанса моделирования.

Начало сеанса моделирования обеспечивается модулем «Create», который в начальный момент модельного времени генерирует единственный транзакт. Поскольку начальных проектов (не имеющих предшествующих) может быть несколько, возникает необходимость тиражирования поступившего в систему транзакта. Это осуществляется с помощью модуля «Separate» с единичным объемом тиражирования (для двух начальных проектов), либо при помощи последовательного соединения нескольких таких модулей (если начальных проектов более двух). В случае единственного начального проекта модуль «Separate» не используется. Любой из начальных проектов может стартовать либо сразу, либо по истечении некоторого времени. В последнем случае требуется описать задержку, для этого используется модуль «Process».

Завершение сеанса моделирования обеспечивается модулем «Dispose», который терминирует поступающие в него транзакты. Учитывая влияние проектов на показатели и влияние одних показателей на другие, именно расчет интегральных показателей (показателей самых верхних уровней), осуществляемый после полной реализации всех проектов, является логическим завершением сеанса моделирования. Поэтому все модули «Assign», соответствующие интегральным показателям, соединены с модулем «Dispose». Сеанс моделирования считается завершенным в момент терминирования модулем «Dispose» последнего из транзактов, присутствующих в системе.

Таким образом, моделирование программ развития систем управления в среде Arena имеет ряд особенностей, связанных как с описанием транзактов, так и с использованием модулей. В частности, к числу особенностей относятся следующие:

- все транзакты являются абсолютно одинаковыми: они относятся к единственному типу и не имеют атрибутов. В начале сеанса моделирования генерируется единственный транзакт, после чего новые транзакты могут создаваться только за счет объединения (на постоянной основе) и разделения (путем тиражирования);
- все временные задержки описываются при помощи модулей типа «Process», при этом захватывание и освобождение ресурсов не предусматривается;
- на вход каждого из модулей «Process» может поступить не более одного транзакта, поэтому очереди в этих модулях не возникают. В то же время очереди могут возникать на входах модулей «Batch»: в них находятся транзакты, ожидающие объединения;
- все численные значения описываются через глобальные переменные, представляющие собой одномерные массивы. Начальные значения элементов массивов задаются в модуле «Variable» и впоследствии могут изменяться при помощи модулей «Assign»;
- при построении модели не используются такие функциональные возможности системы Arena, как ветвление, формирование пулов ресурсов и типов транзактов, а также расписания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Функциональность программного обеспечения Arena полностью покрывает потребности моделирования программ развития систем управления, хотя при этом некоторые из возможностей программного продукта оказываются невостребованными. В частности, важным достоинством системы является возможность описания численных значений показателей зрелости и финансовых показателей с использованием глобальных переменных, представляющих собой одномерные массивы. Еще одно важное свойство системы Arena заключается в возможности гибкого описания задержек (как детерминированных, так и случайных), что необходимо для задания продолжительности проектов и временных лагов между модельными событиями других типов.

Некоторое неудобство Arena как среды моделирования связано со спецификой модуля «Separate», не позволяющего задавать разные соединения для разных экземпляров тиражируемых транзактов. Однако в случае необходимости эта задача решается путем использования нескольких последовательно соединенных модулей «Separate», имеющих единичные объемы тиражирования.

Многочисленный прогон моделей, созданных в среде Arena, позволяет определить целый ряд важных характеристик: динамику уровня зрелости системы управления, объемы затрат (в т.ч. в виде сумм дисконтированных денежных потоков), а также временные рамки реализации программ развития. Все эти характеристики могут быть использованы для сравнения альтернативных программ развития и выбора одной из них в соответствии с теми или иными критериями, чем и объясняется практическая значимость предлагаемого подхода.

Литература

1. Замятина О.М. Моделирование систем [Текст] / О.М. Замятина. – Томск: ТПУ, 2009. – 204 с.
2. Исаев Д.В. Моделирование и оценка программ развития систем управления эффективностью [Текст] / Д.В. Исаев // Экономический анализ: теория и практика. – 2015. – №3. – С. 18-28.

3. Ковалев В.В. Финансовый менеджмент [Текст] : теория и практика / В.В. Ковалев. – М. : Проспект, 2015. – 1104 с.
4. Мазур И.И. и др. Управление проектами [Текст] / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерогге, А.В. Полковников. – М. : Омега-Л, 2010. – 960 с.
5. Щербаков С.М. Имитационное моделирование экономических процессов в системе Arena [Текст] / С.М. Щербаков. – Ростов н/Д : РИНХ, 2012. – 128 с.

6. Aho M. What is your PMI? [Text] A model for assessing the maturity of performance management in organizations / M. Aho // Performance management: from strategy to delivery (PMA 2012) conference. – University of Cambridge, UK. – July 11-13, 2012. – Pp. 1–22.
7. Altiok T. Simulation modeling and analysis with Arena [Text] / T. Altiok, B. Melamed. – San Diego : Academic Press, 2007. – 456 p.
8. Cosgrove W.J. Simplifying PERT network simulation with Arena [Text] / W.J. Cosgrove // California journal of operations management. – 2008. – Vol. 6 ; no. 1. – Pp. 61-68.
9. Kelton W.D. et al. Simulation with Arena [Text] / W.D. Kelton, R.P. Sadowski, N.B. Swets. – London : McGraw-Hill, 2014. – 656 p.
10. Rossetti M.D. Simulation modeling and Arena [Text] / M.D. Rossetti. – New York : John Wiley & Sons, 2015. – 744 p.
11. Wainer G.A. Discrete-event modeling and simulation [Text] : a practitioner's approach / G.A. Wainer. – Boca Raton, FL : CRC Press, 2009. – 520 p.

Ключевые слова

Система управления; программа развития; проект; уровень зрелости; финансовый показатель; причинно-следственная связь; случайная величина; имитационное моделирование; дискретно-событийное моделирование; программное обеспечение Arena.

Исаев Дмитрий Валентинович

РЕЦЕНЗИЯ

Актуальность темы рецензируемой работы обусловлена тем, что программы развития систем управления корпоративного уровня подвержены влиянию целого ряда факторов, которые носят вероятностный характер. Поэтому основные характеристики таких программ могут рассматриваться как случайные величины. Это в свою очередь объясняет целесообразность анализа программ развития с применением дискретно-событийных имитационных моделей и соответствующих программных средств, к числу которых относится система Arena.

Научная новизна работы заключается в том, что в ней предложена имитационная модель, позволяющая оценивать как ход реализации программ развития систем управления, так и их последствия. Такая модель представляется весьма полезной для оценки потенциальных программ и выбора одной из них для реализации. Достоинством модели является комплексный подход к анализу программ развития, учитывающий сроки реализации проектов, финансовые характеристики, а также влияние проектов на уровень зрелости системы управления.

Практическая значимость работы состоит в том, автором предложены рекомендации в части использования конкретного программного продукта для реализации имитационной модели, что существенно упрощает ее применение в практике планирования развития систем управления.

Заключение. Статья отвечает требованиям, предъявляемым к научным работам, и может быть рекомендована к опубликованию.

Кравченко Т.К., д.э.н., профессор, зав. кафедрой бизнес-аналитики Национального исследовательского университета Высшая школа экономики.