

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

УДК 001.57; 658.818; 681.3

DOI 10.18413/2411-3808-2018-45-4-718-727

АРХИТЕКТУРА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

ARCHITECTURE OF DIGITAL MODELS OF FINANCING SYSTEMS OF INVESTMENT PROJECTS

М.Ф. Тубольцев¹, С.И. Маторин¹, О.М. Тубольцева¹, Е.А. Михайлюк²
M.F. Tuboltsev¹, S.I. Matorin¹, O.M. Tuboltseva¹, E.A. Mikhailyuk²

¹) ЗАО «СофтКоннект»,

Россия, 308023, Белгород, ул. Студенческая, 19, корпус 1

²) Старооскольский технологический институт НИТУ «МИСиС»,

Россия, 309516, Белгородская область, Старый Оскол, м-н Макаренко, 42

¹) «SoftConnect» Ltd.,

19 Studencheskaya St., building 1, Belgorod, 308023, Russia

²) Stary Oskol technological Institute NITU «MISIS»

42 Makarenko M-n, Stary Oskol, Belgorod region, 309516, Russia

E-mail: tuboltsev.mixail@mail.yandex.ru, matorin@softconnect.ru, tuboltseva@bsu.edu.ru

Аннотация

Рассматривается архитектура цифровых моделей, предназначенных для формализованного представления систем финансирования проектов, основанная на монетарном представлении бизнес-процессов. Дается описание основных компонентов цифровой модели, представляющих собой структурную, аналитическую и имитационную субмодели системы финансирования. Цифровые модели систем финансирования проектов следует рассматривать в контексте цифровой экономики, поскольку они должны заменить современные бизнес-планы, представляющие собой слабо формализованные вербальные модели с фрагментарным включением элементов аналитики. Показано, что для решения основных задач бизнес-планирования достаточно реализации в цифровой модели трёхуровневой архитектуры, включающей структурную, аналитическую и имитационную компоненты. Структурная субмодель, представляющая отдельные элементы системы финансирования и связи между ними, создаётся с помощью специальной графической знаковой системы. Аналитическая субмодель использует язык финансовой математики, адаптированный под реализацию в объектно-ориентированном стиле. Имитационная субмодель может быть реализована на любом универсальном языке программирования. При этом архитектура является расширяемой и допускает адаптацию к условиям конкретной предметной области.

Abstract

The architecture of digital models for the formalized presentation of project financing systems based on the monetary representation of business processes is considered. The description of the main components of the digital model, which are structural, analytical and simulation sub-models of the financing system, is given. Digital models of project financing systems should be considered in the context of the digital economy, since they should replace modern business plans, which are poorly formalized verbal models with the fragmentary inclusion of analytics elements. It is shown that for solving the main tasks of business planning it is enough to implement a three-level architecture in the digital model, including structural, analytical and simulation

components. The structural submodel representing the individual elements of the financing system and the links between them is created using a special graphic sign system. Analytical submodel uses the language of financial mathematics, adapted for implementation in object-oriented style. The simulation submodel can be implemented in any universal programming language. At the same time, the architecture is extensible and allows adaptation to the conditions of a specific subject area.

Ключевые слова: системно-объектный подход, системы финансирования, цифровые модели, графо-аналитические модели, имитационные модели.

Keywords: system-object approach, financing systems, digital models, graph-analytical models, simulation models.

Введение

Термин «Цифровая экономика» постепенно входит во всеобщее употребление. Концепция цифровой экономики (ЦЭ) выглядит многообещающе, предполагая кардинальное решение задач увеличения производительности труда, повышения уровня жизни, улучшения экологии и т. д. Не сомневаясь в реальности открывающихся перспектив, укажем на необходимость переходного периода для постепенного вхождения в эру ЦЭ. Хотя о конкретных деталях пока мало что можно сказать утвердительно, очевидно, что одной из важных задач переходного периода должна стать задача «оцифровки» значительной части существующих экономических моделей в объёме, достаточном для нормального функционирования ЦЭ. Если понимать под моделью объекта его описание с помощью определенной знаковой системы, сделанное с целью его представления и анализа, то большинство существующих экономических моделей являются вербальными с добавлением элементов аналитики. В ЦЭ таким моделям трудно найти какое-либо применение.

Сейчас ещё трудно в сколько-нибудь полном объёме обрисовать многообразие тех экономических моделей, «оцифровка» которых потребуются в контексте ЦЭ в первую очередь. Однако отметим, что бизнес-планы являются важным примером именно таких вербальных экономических моделей. В этом случае «оцифрованный» бизнес-план должен представлять собой цифровую модель (ЦМ) системы финансирования инвестиционного проекта, реализованную и функционирующую в инфраструктуре ЦЭ.

Основным требованием к ЦМ систем финансирования инвестиционных проектов в контексте ЦЭ является мобильность объектов цифровой экономики (ОЦЭ), из которых собрана ЦМ (также являющаяся ОЦЭ, но более высокого порядка, чем её компоненты). Это означает, что независимо от того, где портирована ЦМ: в облачной инфраструктуре, сети или на рабочем компьютере, ОЦЭ должны быть полностью работоспособны.

Важным условием мобильности ОЦЭ является стандартизация их интерфейсов. Вполне возможно уже сейчас определяться с базовыми характеристиками крупных ОЦЭ, какими являются ЦМ систем финансирования инвестиционных проектов (цифровые бизнес-планы, ЦБП). Рассмотрим архитектуру ЦБП, предоставляющую интерфейсы для записи декларативных знаний о системе финансирования инвестиционного проекта и вызова аналитических процедур.

Постановка задачи

Практическое применение ЦБП требует решения ряда сложных методологических проблем, среди которых важнейшими являются проблемы идентификации, формализации и реализации ЦМ.

Проблема идентификации элементов ЦБП состоит в том, что системы финансирования проектов функционируют как композиционные составляющие более крупных и сложных бизнес-систем. Система финансирования любого инвестиционного проекта является частью бизнес-системы, состоящей из инвесторов, физических и юридических лиц, между которыми сформированы организационные, производственные, финансовые и иные связи. Далеко не

все элементы бизнес-систем следует включать в ЦБП. Абстрагирование от всех видов связей и выделение только связей, обусловленных финансированием, является необходимым условием решения проблемы идентификации и построения ЦБП, адекватного реальности.

Проблема формализации ЦБП заключается в том, что её решение основано на декларативных и процедурных знаниях о финансовой системе, существующих в виде вербальных или слабо формализованных моделей (таблицы, графика и т. п.). Для реализации ЦБП нужно представить эти знания в согласованном между собой виде. При этом используемая знаковая система должна быть не только достаточно выразительной, чтобы представить декларативные и процедурные знания о ЦБП, но и допускать трансляцию в эффективный бинарный (цифровой) код.

Проблема реализации ЦБП представляет собой задачу инкапсуляции в ЦМ трёх различных аспектов моделирования: визуализации данных, их аналитической обработки и имитации функционирования системы финансирования. Аспект визуализации включает в себя предоставление интерфейса для сбора декларативных знаний о системе финансирования, упаковку этих декларативных знаний в формат, удобный для последующей обработки и анализа, а также представление результата анализа в удобной для инвесторов форме. Аналитический аспект должен включать в себя привычные для инвесторов аналитические процедуры (такие, как NPV и IRR анализ), дополнив их принципиально новыми методиками анализа на основе современных информационных технологий. Имитационный аспект целиком основан на компьютерных информационных технологиях и предоставляет возможность валидации ЦБМ, а также постановки задач оптимизации как отдельных элементов системы финансирования, так и системы финансирования в целом.

Далее рассматривается методика построения ЦБП (ДВ-УФО метод), предоставляющий эффективное решение рассмотренных проблем ЦМ: идентификации – на основе процессного подхода и монетарного представления бизнес-процессов [Маторин, Тубольцева, 2018]; формализации – на основе специализации системно-объектного метода «Узел-Функция-Объект» (УФО метода) [Тубольцева, Маторин, 2014]; реализации – на основе трёхкомпонентной архитектуры и объектно-ориентированном проектировании [Тубольцева, Маторин, 2018].

Архитектура цифровой модели

Система в контексте УФО-метода представляет собой триединое описание структуры системы (узлы, финансовые потоки), присутствующих в ней системных связей (через функцию узлов и балансировку потоков) и реализации в бинарном коде. При этом для представления структуры используется теория паттернов Гренандера [Маторин, Зимовец, 2011], для описания функций узлов – исчисление процессов Милнера [Milner, Parrow, Walker, 1989], а для объектов – исчисление объектов Абади-Кардели [Abadi Martin and Luca Cardelli, 1996].

Оригинальный УФО-метод для идентификации системных связей использует ресурсное представление процессов [Деминг, 2009]. Специализированный ДВ-УФО-метод использует монетарное описание бизнес-процессов [Липунцов, 2003]. Основное ограничение состоит в том, что монетарное представление имеет не любой процесс, а только такой процесс (в дальнейшем – бизнес-процесс), входы и выходы которого допускают монетарную оценку (можно оценить в денежном выражении). Анализ бизнес-процессов позволяет абстрагироваться от всех аспектов, не связанных с финансами, и чётко определить элементы системы финансирования и существующие между ними финансовые связи, что позволяет решить задачу идентификации ЦМ. При этом также фиксируются финансовые события и финансовые потоки, необходимые для целей формализации и анализа.

На рис. 1 представлена архитектура цифровой модели системы финансирования. Цифровая модель системы финансирования имеет три субмодели, которые являются относительно независимыми, каждая решает свою специфическую задачу и использует знаковую систему, ориентированную на решение этой специфической задачи. Кроме этих субмоделей на рис. 1 обозначены низкоуровневые бинарные объекты, предназначенные

для поддержки высокоуровневых объектов ЦМ системы финансирования и её субмоделей. Выделенные субмодели решают базовые задачи идентификации, формализации и реализации, а также ряд вспомогательных задач.

СТРУКТУРНАЯ СУБМОДЕЛЬ	АНАЛИТИЧЕСКАЯ СУБМОДЕЛЬ	ИМИТАЦИОННАЯ СУБМОДЕЛЬ
Низкоуровневые объекты вычислительной платформы, языка программирования и библиотек		

Рис. 1. Архитектура цифровой модели системы финансирования
Fig. 1. The architecture of the digital model of the financing system

Рассмотрим каждую субмодель в контексте решаемых ими задач.

Структурная субмодель

Структурная субмодель содержит описание элементов системы финансирования проекта и сложившихся между ними связей. Задача идентификации ЦМ решается на основе монетарного представления бизнес-процессов с помощью специальной графической знаковой системы [Тубольцева, Маторин, 2018].

Монетарное представление бизнес-процессов позволило установить, что для графического представления любой системы финансирования проекта достаточно четырёх типов терминальных элементов. На рис. 2 приведён пример структурной диаграммы.

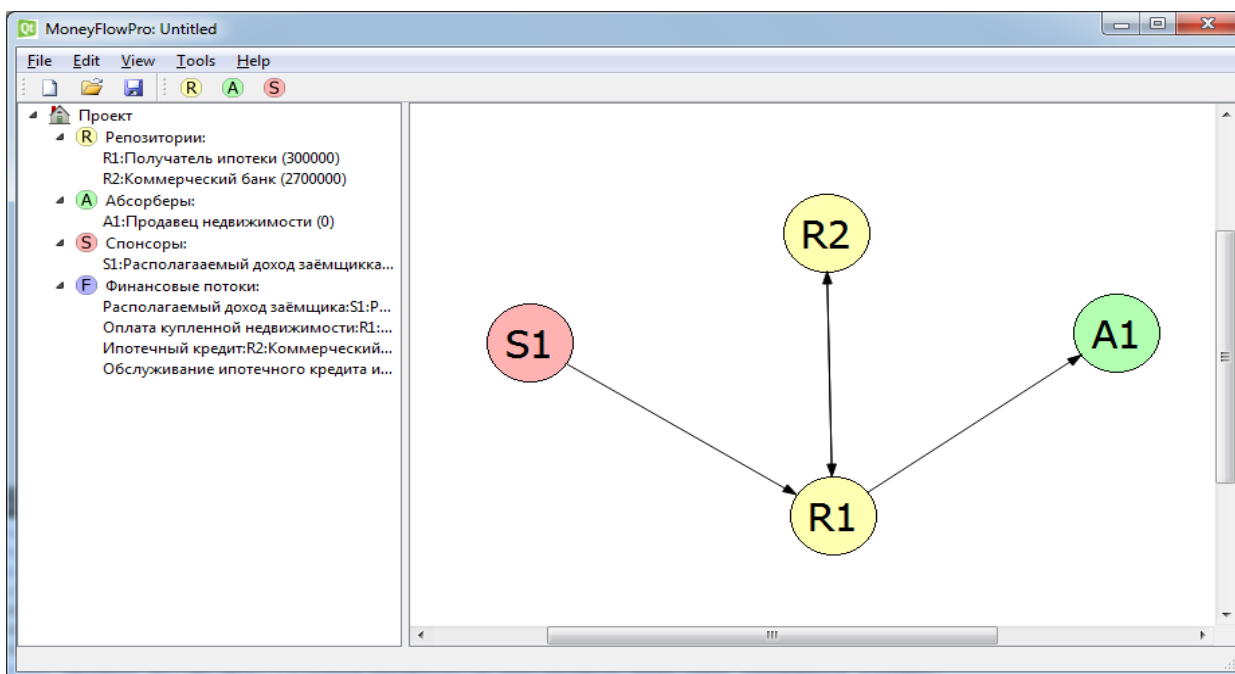


Рис. 2. Структурная диаграмма цифровой модели системы финансирования
Fig. 2. Structural diagram of the digital model of the financing system

Графическая нотация, адекватная структуре системы финансирования, должна иметь всего четыре терминальных элемента (что вытекает из монетарного представления бизнес-процессов):

1. Репозитории – анализируемые элементы финансовой системы.

2. Спонсоры и абсорберы – не анализируемые граничные элементы финансовой системы.

3. Финансовые потоки – не имеют специального названия, служат для идентификации финансовых событий (траншей) и связей.

Транши с одинаковой причиной своей генерации составляют финансовый поток. На структурной диаграмме они не показываются, поскольку их включение в диаграмму затруднило бы её чтение и понимание. Многочисленные эксперименты с исследовательской программой, реализующей ДВ-УФО-моделирование, показали, что пиктограммы не имеют каких-либо преимуществ перед буквенными обозначениями узлов, к которым полезно добавлять нумерацию.

Спонсоры и абсорберы добавлены к репозиториям для того, чтобы соответствовать стандарту ИСО серии 9000 (в нашей стране это – ГОСТ Р ИСО 9001-2011 «Системы менеджмента качества. Требования»). С точки зрения семантики графической нотации, это – граничные элементы финансовой системы, через которые денежные средства поступают в финансовую систему извне, а абсорберы – это граничные элементы финансовой системы, через которые денежные средства выходят из финансовой системы. Граничные элементы не анализируются (в отличие от репозиторий) из-за недостатка о них информации.

Способ графического представления финансового потока, принятый в финансовой математике, ориентирован на визуализацию одного конкретного потока, а в ДВ-УФО-методе требуется сделать это сразу для множества финансовых потоков; но теряется возможность визуализации отдельных траншей.

Помимо идентификации ЦМ структурная субмодель предоставляет интерфейс генерации траншей, передавая их описание в специализированном формате аналитической субмодели.

Аналитическая субмодель

Аналитическая субмодель решает задачу формализации декларативных знаний о системе финансирования, поступивших в ЦМ через интерфейс структурной субмодели. Формализация осуществляется с помощью знаковой системы финансовой математики, адаптированной к реализации в стиле объектно-ориентированного программирования.

Отметим сразу отличие в подходах к финансовым потокам в ДВ-УФО-методе и в финансовой математике. В финансовой математике финансовый поток является атрибутом (характеристикой) узла, который называется владельцем потока. В ДВ-УФО-модели финансовый поток сам характеризуется двумя узлами: источником и приёмником траншей потока. Традиционные финансовые инструменты (кредиты, займы, депозиты, учёт векселей и др.) порождают финансовые потоки между двумя репозиториями (узлами, в терминах ДВ-УФО-метода) [Hazen, 2003], любой из которых можно назвать владельцем финансовой операции и рассматривать только его вместе со всеми траншами, которые составляют финансовую операцию [Magni, 2011].

Используемый в ДВ-УФО-методе формат представления транша должен содержать данные, отвечающие на пул вопросов: «*Кто? Кому? Когда? Сколько? Основание?*». В дополнение к информации, содержащейся в траншах, для анализа финансовой системы требуется информация о начальных балансах репозиторий. Поэтому формат представления траншей в ДВ-УФО-модели (предполагая реализацию в объектно-ориентированном стиле программирования) определяется следующим образом:

- поле s (source, источник) содержит ответ на вопрос «*Кто?*» и должно быть ссылкой на узел ДВ-УФО-диаграммы, который генерирует транш;
- поле r (receiver, приёмник) содержит ответ на вопрос «*Кому?*» и должно быть ссылкой на узел ДВ-УФО-диаграммы, который принимает транш;
- поле w (when, когда) содержит ответ на вопрос «*Когда?*» и должно быть значением хронологической даты;

- поле m (*money*, деньги) содержит ответ на вопрос «*Сколько?*» и должно быть значением целого типа;

- поле f (*flow*, поток) содержит ответ на вопрос «*Основание?*» и должно быть ссылкой на финансовый поток ДВ-УФО-диаграммы, который содержит транш (ассоциирован с траншем), либо строковой константой – маркёром финансового потока.

Введём ряд полезных обозначений. Множество всех траншей в ДВ-УФО-модели будем обозначать прописной латинской буквой T . Выражение $t \in T$ есть факт того, что t – некоторый транш; а через $t.s, t.r, t.w, t.m, t.f$ обозначим поля транша t . Через N (*Node*, узел) обозначим множество узлов ДВ-УФО-модели, а через N_R, N_A, N_S – множества узлов, являющихся репозиториями, абсорберами и спонсорами соответственно. В этих обозначениях запись $a \in N_R$ говорит о том, что объект с именем a является репозиторием. Для любого узла $n \in N$ через $In(n)$ обозначим множество входящих в узел траншей, а через $Out(n)$ – множество траншей, выходящих из него. Очевидно, что $Out(n \in N_A) = \emptyset$ – пустое множество траншей, поскольку абсорбер не имеет выходящих финансовых потоков; а для спонсоров нет финансовых потоков, входящих в него: $In(n \in N_S) = \emptyset$. Для репозитория оба множества $Out(n \in N_R)$ и $In(n \in N_R)$ не могут быть пустыми, поскольку обязаны содержать как минимум один транш.

Для произвольного узла n определим значение функции $d_0(n)$ следующим образом : $d_0(n) = \min t.w, t \in In(n) \cup Out(n)$, т. е. как наиболее раннюю дату генерации или приёма транша этим узлом. Аналогично определим для узла n функцию $d_1(n) = \max t.w, t \in In(n) \cup Out(n)$ как наиболее позднюю дату генерации или приёма транша этим узлом. Тогда можно период работы системы финансирования проекта весьма точно задать как временной сегмент $[d_{min}, d_{max}]$, где $d_{min} = \min d_0(n), n \in N$, а $d_{max} = d_1(n), n \in N$. Вне временного сегмента $[d_{min}, d_{max}]$ система финансирования не генерирует и не обрабатывает никаких траншей.

Основными числовыми характеристиками финансового потока (а следовательно, и самой финансовой операции) являются чистое приведённое значение (**NPV**, **Net Present Value**) [Beaves, 1993], а также уровень внутренней доходности (**IRR**, **Internal Rate of Return**) [Hajdasinsky, 1997]. Инвестиционный проект считается выгодным при заданной ставке сравнения (обычно это доходность наилучшего альтернативного вложения средств), если его NPV положительно [Ryan, 2006].

В ДВ-УФО-методе чистое приведенное значение финансовых потоков в репозитории $n \in N_R$ вычисляется по формуле:

$$NPV(n) \equiv NPV(F_n, d, r) = \frac{n.b}{(1+r)^{d_{min}-d}} + \sum_{t \in In(n)} \frac{t.m}{(1+r)^{t.w-d}} - \sum_{t \in Out(n)} \frac{t.m}{(1+r)^{t.w-d}}, \quad (1)$$

где d – дата, на которую осуществляется дисконтирование, а r – ставка сравнения (дисконтирования). Приравнивание NPV к нулю позволяет вычислить уровень доходности конкретного репозитория [Shull, 1994].

В ДВ-УФО-методе определяется несколько локальных (для отдельного узла) и глобальных (для всей системы финансирования) аналитических процедур. Наиболее важной для инвесторов является процедура вычисления доходности, основанная на формуле 1. Из других локальных аналитических процедур наиболее полезными на практике являются процедура вычисления баланса репозитория и минимизации начального баланса.

Алгоритм вычисления баланса некоторого репозитория $n \in N_R$ на момент календарной даты d не сложен и состоит из следующей последовательности действий (шагов):

1. целочисленной переменной l присваиваем $l = n.b$ – начальное значение баланса денежных средств в репозитории;

2. вычисляем функцию узла $F_n = F(n) \equiv \langle In(n), Out(n) \rangle$;

3. для множества $In(n)$ вычисляем сумму полей $t.m$ для всех $t \in In(n): t.w \leq d$ и прибавляем к l , получая новое значение баланса;
4. для множества $Out(n)$ вычисляем сумму полей $t.m$ для всех $t \in Out(n): t.w \leq d$ и вычитаем из l , получая новое значение баланса;
5. возвращаем значение $n.B(d) \equiv l$. Конец алгоритма.

Алгоритм вычисления функции узла $F_n = F(n) \equiv \langle In(n), Out(n) \rangle$ состоит из последовательности следующих действий (шагов):

1. для данного узла n определяются два пустых множества $In(n)$ и $Out(n)$;
2. из множества T (множества всех траншей) извлекается транш t ;
3. если $t.r = n$, то t добавляется в $In(n)$, если $t.s = n$, то t добавляется в $Out(n)$;
4. если T не пусто – переход к шагу 2, иначе – конец алгоритма.

Процедура минимизации репозитория является важной для повышения эффективности использования средств. Если валидация системы финансирования проекта прошла успешно, то это означает наличие в любом репозитории средств, достаточных для выполнения своих финансовых обязательств перед другими участниками финансирования. Говоря более конкретно – в любой момент времени репозиторий имеет на балансе больше средств, чем потребуется при ближайшей по времени генерации и отправке транша.

Может случиться так, что часть средств из начального баланса репозитория совсем не будет использована в процессе финансирования проекта. Безусловно, это повышает надёжность и устойчивость системы финансирования. Однако одновременно снижается доходность на вложенный в проект капитал. Поэтому целесообразно знать: какой минимальный объём средств необходимо иметь в начале на балансе репозитория, достаточный для реализации проекта. Эту задачу решает процедура минимизации репозитория.

Алгоритм минимизации репозитория $n \in N_R$ состоит из следующей последовательности действий (шагов):

– вычисляется минимум функции $n.B(d)$ на сегменте $[d_{min}, d_{max}]$ и присваивается целой переменной L :

$$L = \min n.B(d), d \in [d_{min}, d_{max}];$$

– начальный баланс репозитория $n.b$ уменьшается на L . Конец алгоритма.

Очевидно, что все сложности алгоритма «спрятаны» в рассмотренный ранее алгоритм вычисления функции текущего баланса репозитория $n.B(d)$ и алгоритм вычисления минимума этой функции на сегменте $[d_{min}, d_{max}]$. Сегмент $[d_{min}, d_{max}]$ это – время работы системы финансирования проекта, а функция $n.B(d)$ кусочно-постоянная на этом сегменте, поэтому найти минимальное значение функции $n.B(d)$ не сложно.

В алгоритме минимизации не предполагается, что система финансирования является валидной. Если это так, то $L = \min n.B(d), d \in [d_{min}, d_{max}]$ будет неотрицательной величиной, которая показывает, какая сумма денег не используется репозиторием для финансирования проекта. Если система финансирования не валидна, то значение L может быть отрицательным; тогда при вычитании этой величины начальный баланс репозитория будет увеличен до минимально достаточного значения.

Таким образом, минимальное значение начального баланса репозитория – это такое значение, при котором в некоторый момент времени на балансе репозитория (сразу после генерации транша) денежные средства отсутствуют (равны нулю). Если же на балансе репозитория всегда есть некоторая сумма денег, то это тот излишек средств, который повышает устойчивость системы финансирования, но снижает доходность вложения средств в проект для этого репозитория.

Процедура минимизации репозитория является локальной потому, что минимизация всех репозиториев сразу может сделать систему финансирования проекта неустойчивой к сбоям в генерации траншей, что на практике вполне возможно. Вопрос минимизации репозитория может решаться только в индивидуальном порядке, поскольку для неко-

торых репозиториях минимизация начального баланса важна, а для других – важнее сохранить финансовую устойчивость.

Рассмотренные аналитические процедуры составляют аналитический базис ДВ-УФО-метода в его базовой редакции (не адаптированной к конкретной области). Они применимы к любым финансовым системам, поскольку опираются на самые общие и универсальные методы финансовой математики. Очевидно, что ими не исчерпываются все возможности анализа в конкретных прикладных областях, но более специальные методики анализа финансовых систем являются скорее дополнением, чем заменой для них.

Имитационная субмодель

Имитационная модель позволяет изучить проблему реализации системы финансирования, т. е. осуществить валидацию финансовой системы. Для того чтобы реализовать валидацию, необходимо формализовать это понятие. На множестве всех траншей T из ДВ-УФО-модели некоторой системы финансирования проекта определим предикат $V(T)$ следующим образом: $V(T)$ равно истине (*true*), если система финансирования выполнима, и ложь (*false*) – в противном случае. Алгоритм валидации системы финансирования проекта, т. е. вычисления предиката $V(T)$ состоит из последовательности следующих действий (шагов):

- 1) из множества T извлекается транш t с минимальным значением поля $t.w$;
- 2) для транша t определяется источник $s=t.s$;
- 3) если $s \in N_R$ (т. е. источник является репозиторием), то поле баланса $s.b$ уменьшаем на величину поля $t.m$;
- 4) если $s.b < 0$, то – конец алгоритма, возвращаем $V(T)=false$;
- 5) для транша t определяется приёмник $r=t.r$;
- 6) если $r \in N_R$ (т. е. приёмник является репозиторием), то поле баланса $r.b$ увеличиваем на величину поля $t.m$;
- 7) если множество T не пусто, то переход к шагу 1;
- 8) конец алгоритма, возвращаем $V(T)=true$.

Шаги приведенного высокоуровневого алгоритма представляют собою простейший имитационный эксперимент с ЦМ системы финансирования. Главным является шаг 4, который в случае, если $s.b < 0$, прерывает валидацию, поскольку обнаруживает участника финансирования проекта, не имеющего возможности выполнить свои финансовые обязательства в рамках представленной в ДВ-УФО-модели системы финансирования проекта.

Следует отметить, что значение предиката $V(T)$ определяется множеством траншей и начальными балансами репозитория. Это означает, что вычисление предиката $V(T)$ (валидация системы финансирования проекта) должно осуществляться после любого изменения множества траншей. При этом модификация множества траншей может быть как явной (путём добавления или удаления траншей в финансовом потоке), так и косвенной (путём удаления узлов ДВ-УФО-диаграммы и связанных с ними финансовых потоков).

Валидная система финансирования проекта имеет право на существование, поскольку может быть реализована. Только для системы финансирования, прошедшей валидацию, имеет смысл осуществлять какие-либо аналитические процедуры.

Заключение

В работе представлена модульная архитектура ЦМ систем финансирования проектов, позволяющая инкапсулировать декларативные и процедурные знания о системе финансирования инвестиционного проекта и на этой основе получить решение основных задач повышения эффективности бизнес-планирования [Маклаков, 2000]. Современные бизнес-планы фактически представляют собой вербальные модели систем финансирования инвестиционных проектов с фрагментами анализа [Маклаков, 2008]. На современном этапе перехода к цифровой экономике бизнес-планы постепенно будут трансформироваться в полноценные графо-аналитические модели систем финансирования проектов [Хаммер, Чампи,

2007; Silver, 2009]. Отсутствие на данный момент методик, необходимых для построения адекватных ЦМ систем финансирования, связано с тем, что для идентификации системных связей, обусловленных финансированием проектов, используется процессный подход в стандартном ресурсном представлении [Репин, Елиферов, 2013; Тельнов, 2004]. В работе предлагается новый подход к формализации связей, обусловленных финансированием проектов, на основе монетарного представления бизнес-процессов [Черемных, Семёнов, Ручкин, 2001]. Показано, что для решения основных задач бизнес-планирования достаточно реализации в цифровой модели трёхуровневой архитектуры, включающей структурную, аналитическую и имитационную компоненты. При этом архитектура является расширяемой и допускает адаптацию к условиям конкретной предметной области.

Работа поддержана грантом РФФИ № 18-07-00310а.

Список литературы References

1. Деминг Э., 2009. Выход из кризиса. Новая парадигма управления людьми, системами и процессами. М., Альпина Бизнес Букс, 472.
Deming E.H., 2009. Vyhod iz krizisa. Novaya paradigma upravleniya lyud'mi, sistemami i processami. M., Al'pina Biznes Buks, 472.
2. Липунцов Ю.П., 2003. Управление процессами. Методы управления предприятием с использованием информационных технологий. М., ДМК Пресс; 224.
Lipuncov YU.P., 2003. Upravlenie processami. Metody upravleniem predpriyatiem s ispol'zovaniem informacionnyh tekhnologij. M., DMK Press; 224.
3. Маклаков С.В., 2000. BPWin и ERWin. CASE-средства разработки информационных систем. М., Диалог-МИФИ, 396.
Maklakov S.V. 2000. BPWin i ERWin. CASE-sredstva razrabotki informacionnyh sistem. M., Dialog-MIFI, 396.
4. Маклаков С.В. 2008. Моделирование бизнес-процессов с AllFusion Process Modeler. М., Диалог-МИФИ, 372.
Maklakov S.V. 2008. Modelirovanie biznes-processov s AllFusion Process Modeler. M., Dialog-MIFI, 372.
5. Маторин С.И., Зимовец О.А. 2011. Представление диаграмм в нотациях DFD, IDEF0 и BPMN с помощью системно-объектных моделей «Узел-Функция-Объект». Научные ведомости БелГУ. Информатика, 19(114): 86–95.
Matorin S.I., Zimovec O.A. 2011. Predstavlenie diagramm v notacijah DFD, IDEF0 i BPMN s pomoshch'yu sistemno-ob'ektnyh modelej «Uzel-Funkciya-Ob"ekt. Nauchnye vedomosti BelGU. Informatika, 19(114): 86–95.
6. Репин В.В., Елиферов В.Г. 2013. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М., Манн, Иванов и Фербер, 683.
Repin V.V., Eliferov V.G. 2013. Processnyj podhod k upravleniyu. Modelirovanie biznes-processov. M., Mann, Ivanov i Ferber, 683.
7. Тельнов, Ю.Ф. 2004. Реинжиниринг бизнес-процессов. М., Финансы и статистика, 314.
Tel'nov, YU.F. 2004. Reinzhiniring biznes-processov. M., Finansy i statistika, 314.
8. Тубольцева О.М., Маторин С.И. 2014. Моделирование деловых процессов на основе специализированного UFO-метода. Научные ведомости БелГУ. Экономика, Информатика, 15(186): 83–89.
Tuboltseva O.M., Matorin S.I. 2014. Modelirovanie delovyh protsessov na osnove spetsializirovannogo UFO-metoda. Nauchnye vedomosti BelGU. Ehkonomika, Informatika, 15 (186): 83–89.
9. Тубольцева О.М., Маторин С.И. 2018. Метод формализованного представления систем финансирования проектов. Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 4(71): 221–231.
Tuboltseva O.M., Matorin S.I. 2018. Metod formalizovannogo predstavleniya sistem finansirovaniya proektov. Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, ekonomiki i prava. 4(71): 221–231.
10. Тубольцева О.М., Маторин С.И., 2018. Графическая нотация для формализованного описания систем финансирования проектов. Научные ведомости БелГУ. Экономика. Информатика. 2(45): 333–342.

Tuboltseva O.M., Matorin S.I. 2018. Graficheskaya notatsiya dlya formalizovannogo opisaniya sistem finansirovaniya proektov. Nauchnye vedomosti BelGU. Ekonomika, Informatika, 2(45): 333–342.

11. Хаммер М., Чампи Д. 2007. Реинжиниринг корпорации. Манифест революции в бизнесе. М., Манн, Иванов и Фербер, 379.

Hammer M., SChampi D. 2007. Reinzhiniring korporatsii. Manifest revolyutsii v biznese. M., Mann, Ivanov i Ferber, 379.

12. Черемных С.В., Семёнов И.О., Ручкин В.С. 2001. Структурный анализ систем: IDEF-технологии. М., Финансы и статистика, 294.

Cheremnyh S.V., Semyonov I.O., Ruchkin V.S. 2001. Strukturnyj analiz sistem: IDEF-tekhnologii. M., Finansy i statistika, 294.

13. Abadi Martin and Luca Cardelli. 1996. A Theory of Objects. Springer-Verlag.

14. Beaves R.G., 1993. The case for a generalized net present value formula. The Engineering Economist. 38(2). 119–133.

15. Hajdasinsky M.M., 1997. NPV-Compatibility, Project Ranking, and Related Issues. The Engineering Economist. 42. 4.

16. Hazen G.B., 2003. A new perspective on multiple internal rates of return. The Engineering Economist. 48(1), 31–51.

17. Magni C.A., 2011. Aggregate Return On Investment and investment decisions: a cash flow perspective. The Engineering Economist.

18. Milner R., Parrow J., Walker D.A., 1989. Calculus of Mobile Processes. Part I. LFCS Report 89-85. University of Edinburgh.

19. Ryan R., 2006. Corporate Finance and Valuation. Thomson Learning. London.

20. Silver B. 2009. BPMN Method and Style: F level-based methodology for BMP process modeling and improvement using BPMN 2.0. Code-Cassidy.

21. Shull D.M., 1994. Overall Rates of Return: Investment Bases, Reinvestment Rates and Time Horizons. The Engineering Economist. 39. 2.