



# СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ

## SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

УДК 001.57;658.818;681.3

DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-4-816-827

### Компьютерная инструментальная поддержка ДВ-УФО моделирования

Тубольцев М.Ф., Маторин С.И., Тубольцева О.М.

ЗАО «СофтКоннект», Белгород

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

#### Аннотация

Рассматриваются вопросы инструментальной поддержки ДВ-УФО моделирования. Очевидно, что переход к цифровой экономике предполагает постепенную замену современной управленческой парадигмы на новую парадигму, основанную на информационных технологиях, компьютерном инструментарии и методах искусственного интеллекта. Это означает, что современные методы моделирования должны использовать компьютер не как вспомогательное средство для рисования диаграмм или осуществления каких-то вычислений, а как цифровую инфраструктуру, в рамках которой воспроизводится весь жизненный цикл модели. Сам ДВ-УФО метод может рассматриваться как спецификация некоторой цифровой инфраструктуры, предназначенной для создания и анализа определённого класса моделей экономических процессов и систем. Реализация ДВ-УФО метода зависит от многих факторов: цели реализации (научно-исследовательские или производственные), цифровой платформы (компьютер, сеть, облако), языка и среды программирования. Далее рассматривается та часть спецификации, которая инвариантна относительно перечисленных факторов и определяет ядро ДВ-УФО метода, его базовую редакцию.

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

**Благодарности:** Работа поддержана грантами РФФИ №№ 18-07-00310а, 18-07-00355а, 19-07-00290а, 19-07-00111а, 19-29-01047мк.

**Для цитирования:** Тубольцев М.Ф., Маторин С.И., Тубольцева О.М. 2020. Компьютерная инструментальная поддержка ДВ-УФО моделирования. Экономика. Информатика. 47 (4): 816–827. DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-4-816-827.

### Computer tool support for DV-UFO modeling

Tuboltsev M.F., Matorin S.I., Tuboltseva O.M.

“SoftConnect” Ltd., Belgorod, Russia

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

#### Abstract

The questions of instrumental support of DV-UFO modeling are considered. It is obvious that the transition to the digital economy involves the gradual replacement of the modern management paradigm with a new paradigm based on information technologies, computer tools and artificial intelligence methods. This means that modern modeling methods should use the computer not as an auxiliary tool for drawing diagrams or performing some calculations, but as a digital infrastructure within which the entire life cycle of the model is reproduced. The DV-UFO method itself can be considered as a specification of some digital infrastructure intended for creating and analyzing a certain class of models of economic processes and systems. The implementation of the DV-UFO method depends on many factors: the implementation goals (research or production), the digital platform (computer, network, cloud), the programming language and environment.

Next, we consider the part of the specification that is invariant with respect to the listed factors and defines the core of the DV-UFO method, its basic version.

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

**Acknowledgements:** the reported study was funded by RFBR, project numbers 18-07-00310a, 18-07-00355a, 19-07-00290a, 19-07-00111a, 19-29-01047mk.

**For citation:** Tuboltsev M.F., Matorin S.I., Tuboltseva O.M. 2020. Computer tool support for DV-UFO modeling. Economics. Information technologies. 47 (4): 816–827 (in Russian). DOI 10.18413/2687-0932-2020-47-4-816-827.

## Введение

В условиях цифровой экономики существенно изменяются подходы к анализу деятельности производственных экономических систем, планированию инвестиционных проектов, поддержке принятия управленческих решений [Деминг, 2009]. Традиционные для экономики модели (в основном вербальные с элементами математики и компьютерных вычислений) постепенно заменяются цифровыми моделями, теоретической основой для создания которых являются системный анализ, информационные технологии и методы искусственного интеллекта [Липунцов, 2003; Маклаков, 2008].

Меняются также цели, аспекты и приоритеты моделирования. Они становятся более ориентированными на бизнес [Маклаков, 2000; Репин, Елиферов, 2013]. Отражением этой тенденции является возрастающий интерес к поддержке принятия управленческих решений на стадии инстанцирования инвестиционных проектов, когда в ходе переговорного процесса и согласований определяются базовые параметры проекта и создаётся производственная система для его реализации [Маторин, Зимовец, 2011]. Рассматриваемый ДВ-УФО метод представляет собой инструмент создания минимальных системно-объектных моделей экономических систем [Тубольцева, Маторин, 2014], осуществляющих некоторый бизнес-проект, ориентированный на инвесторов и стадию инстанцирования проекта.

Являясь специализированной версией системно-объектного метода «Узел-Функция-Объект» (УФО метода) [Тубольцева, Маторин, 2018], предназначенного для представления и анализа сложных иерархических системных объектов, ДВ-УФО метод ориентирован на формализацию бизнес-проектов. Специализация осуществляется за счёт монетарного формата представления ресурсов и двойственного описания бизнес-процессов, когда фиксируются не события перемещения и трансформации ресурсов, а события оплаты ресурсов и работ. В результате специализации отпадает необходимость использования теории паттернов Гренандера, исчисления процессов Милнера и исчисления объектов Абади-Кардели [Abadi Martin and Luca Cardelli. 1996], что позволяет существенно упростить формализованное описание системного объекта.

В целом ДВ-УФО модель системного объекта можно отнести к простейшему типу дискретно-событийных моделей, а сам ДВ-УФО метод можно рассматривать как УФО метод, перенесённый из контекста общей теории систем в контекст цифровой экономики. Теоретическая проработка вопроса и эксперименты с моделями показали, что класс ДВ-УФО моделей весьма широк и может эффективно использоваться в задачах бизнес-планирования, анализа инвестиционной привлекательности проектов, повышения качества ресурсного обеспечения производственных процессов, поддержки принятия решений на стадии инстанцирования проекта.

## Анализ требований

Прежде чем рассматривать инструменты компьютерной поддержки ДВ-УФО моделирования, необходимо отметить следующее обстоятельство. Оказалось удобным осуществлять специализацию УФО метода на конкретную предметную область

(промышленность, строительство и т. п.) в два этапа: сначала определить базовую редакцию ДВ-УФО метода как проекцию УФО метода в контекст цифровой экономики, а затем базовую редакцию ДВ-УФО метода адаптировать к задачам конкретной предметной области путём её расширения. Дальнейшее рассмотрение в основном связано с базовой редакцией ДВ-УФО метода.

Прототипирование УФО методом приводит к трёхкомпонентной архитектуре ДВ-УФО модели, содержащей структурную, аналитическую и имитационную субмодели [Тубольцев, Маторин, Тубольцева, 2018]. На рис. 1. представлена в общем виде архитектура компьютерного инструментария поддержки базовой редакции ДВ-УФО метода. При расширении базовой редакции с целью адаптации к условиям некоторой предметной области архитектура не изменяется, а её компоненты получают дополнительный функционал.

Структурная субмодель содержит перечисление узлов ДВ-УФО модели и связей между ними, обусловленных перемещением ресурсов. Эти декларативные знания о модели крайне важны, поскольку они определяют адекватность и качество всей модели. Эксперименты с интерфейсом инструментария компьютерной поддержки ДВ-УФО метода показали, что наиболее эффективно разделение этих декларативных знаний между графической диаграммой [Тубольцева, Маторин, 2018], в наиболее наглядной форме представляющей структуру узлов и потоков в модели, и каталогом элементов диаграммы, содержащим уточняющую информацию в текстовой форме. Графическая нотация, адекватно представляющая структуру системы на ДВ-УФО диаграмме, в базовой редакции имеет четыре терминальных элемента. Это репозитории – анализируемые элементы (узлы), и не анализируемые (граничные) элементы – спонсоры и абсорберы, а также стрелки – потоки траншей.

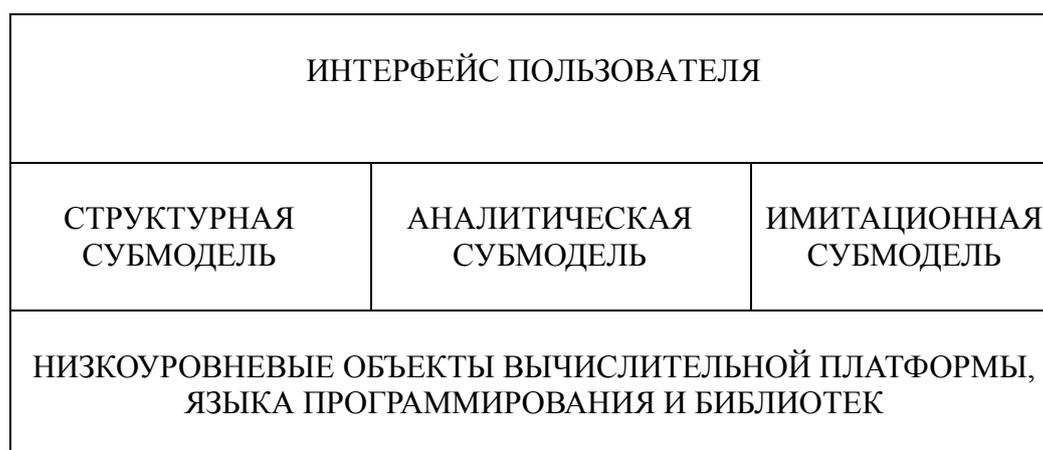


Рис. 1. Архитектура компьютерного инструментария ДВ-УФО моделирования  
 Fig. 1. Architecture of computer tools for DV-UFO modeling

Граничные элементы: спонсоры и абсорберы добавлены к репозиториям для того, чтобы соответствовать стандарту ИСО серии 9000 (ГОСТ Р ИСО 9001-2011). Семантически спонсоры это – граничные элементы, через которые денежные средства поступают в модель извне. Абсорберы – это граничные элементы, через которые денежные средства покидают модель. Граничные элементы не могут быть проанализированы из-за неполноты имеющейся о них информации.

Транши, имеющие одинаковую причину своей генерации, составляют поток. В структурной диаграмме они не показываются, поскольку весьма многочисленны и их включение в структурную субмодель затруднило бы чтение ДВ-УФО диаграммы и её понимание. Эксперименты показали, что пиктограммы не имеют преимущества перед буквенными обозначениями узлов с нумерацией.

Аналитическая субмодель содержит декларативные знания о начальных балансах узлов, полную информацию о траншах и процедурные знания о методах анализа. Из сказанного следует, что используемый в ДВ-УФО методе формат представления транша

должен содержать данные, достаточные для ответа на следующий кортеж вопросов: «**Кто? Кому? Когда? Сколько? Основание?**». Поэтому определим формат представления траншей в ДВ-УФО модели в виде кортежа  $\langle s, r, w, m, f \rangle$ , где:

- поле  $s$  (*source*, источник) содержит ответ на вопрос «**Кто?**» и должно быть ссылкой на узел ДВ-УФО диаграммы, генерирующий транш;
- поле  $r$  (*receiver*, приёмник) содержит ответ на вопрос «**Кому?**» и должно быть ссылкой на узел ДВ-УФО диаграммы, принимающий транш;
- поле  $w$  (*when*, когда) содержит ответ на вопрос «**Когда?**» и должно быть хронологической датой;
- поле  $m$  (*money*, деньги) содержит ответ на вопрос «**Сколько?**» и должно быть значением целого или дробного типа;
- поле  $f$  (*flow*, поток) содержит ответ на вопрос «**Основание?**» и должно быть ссылкой на финансовый поток ДВ-УФО диаграммы, который ассоциирован с траншем.

Значения начальных балансов узлов представляют собой значения того же типа, что и поле  $m$  траншей и содержатся как декларативные знания об узле. Декларативные знания о потоках и траншах можно хранить в формате коллекций объектов соответствующих классов. В классе потоков должно быть обязательное поле с описанием причины генерации траншей, а в классе траншей – обязательное поле с указателем или ссылкой на объект потока.

Понятие финансового потока, представляющего собой некоторое множество финансовых событий (траншей), является центральным в современной финансовой математике. Техника финансовых потоков и анализа их основных характеристик: чистого приведённого значения (**Net Present Value, NPV**) и уровня внутренней доходности (**Internal Rate of Return, IRR**) является основным современным средством анализа инвестиций [Beaves, 1993; Hajdasinsky, Mirosław M., 1997]. Процедурные знания о методиках **NPV** и **IRR** анализа инкапсулированы в классе ДВ-УФО модели [Hazen, 2003; Magni, 2011]. Значение NPV для репозитория  $n$  вычисляется по формуле:

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

где  $r$  – ставка сравнения,  $d$  – момент дисконтирования,  $n.b$  – начальный баланс репозитория,  $t.m$  и  $t.w$  – поля транша, содержащие значения суммы и даты,  $d_{\min}$  – дата генерации первого в системе транша. Множества  $In(n)$  и  $Out(n)$  – множества траншей, увеличивающих и уменьшающих баланс репозитория  $n$ . Формула 1 представляет собой условие балансировки потоков в репозитории:

$$\frac{n.b}{(1+r)^{d_{\min}-d}} + \sum_{t \in In(n)} \frac{t.m}{(1+r)^{t.w-d}} - \sum_{t \in Out(n)} \frac{t.m}{(1+r)^{t.w-d}} = 0. \quad (1)$$

Очевидно, что это соотношение позволяет вычислить доходность репозитория [Ryan, 2006; Shull, David, 1994].

Имитационная субмодель в базовой редакции ДВ-УФО метода содержит описание алгоритмов проведения экспериментов по валидации системы и минимизации начальных балансов. Первый эксперимент позволяет выяснить способность всех участников выполнять свои обязательства в рамках инвестиционного проекта, а второй – позволяет определить минимальные затраты участников. Эксперимент по валидации системы является главным: если он даёт отрицательный результат, то дальнейший анализ модели некорректен. Модель после каждого изменения должна проверяться на валидность. Проверять валидность системы можно как в основном потоке выполнения, так и в параллельном потоке. На рис. 2 показана блок-схема валидации модели.

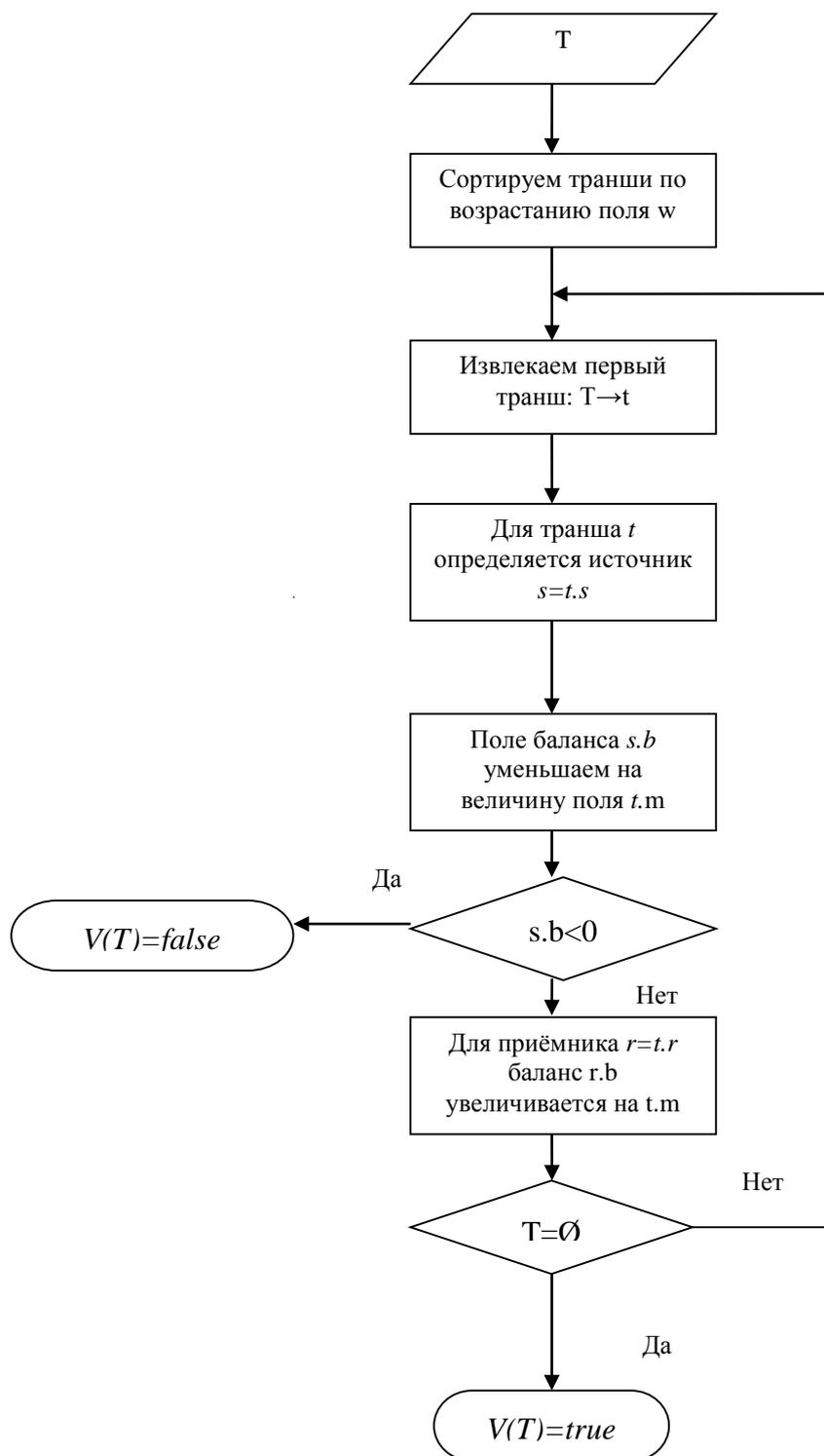


Рис. 2. Алгоритм валидации ДВ-УФО модели  
Fig. 2. Algorithm for validation of the DV-UFO model

Для того чтобы реализовать валидацию модели, необходимо формализовать это понятие. На множестве всех траншей  $T$  из ДВ-УФО модели определим предикат  $V(T)$  следующим образом:  $V(T)$  равно истине (true), если модель валидна, и ложь (false) – в противном случае. Алгоритм валидации модели, 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. 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. 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  $V(T)=true$ .

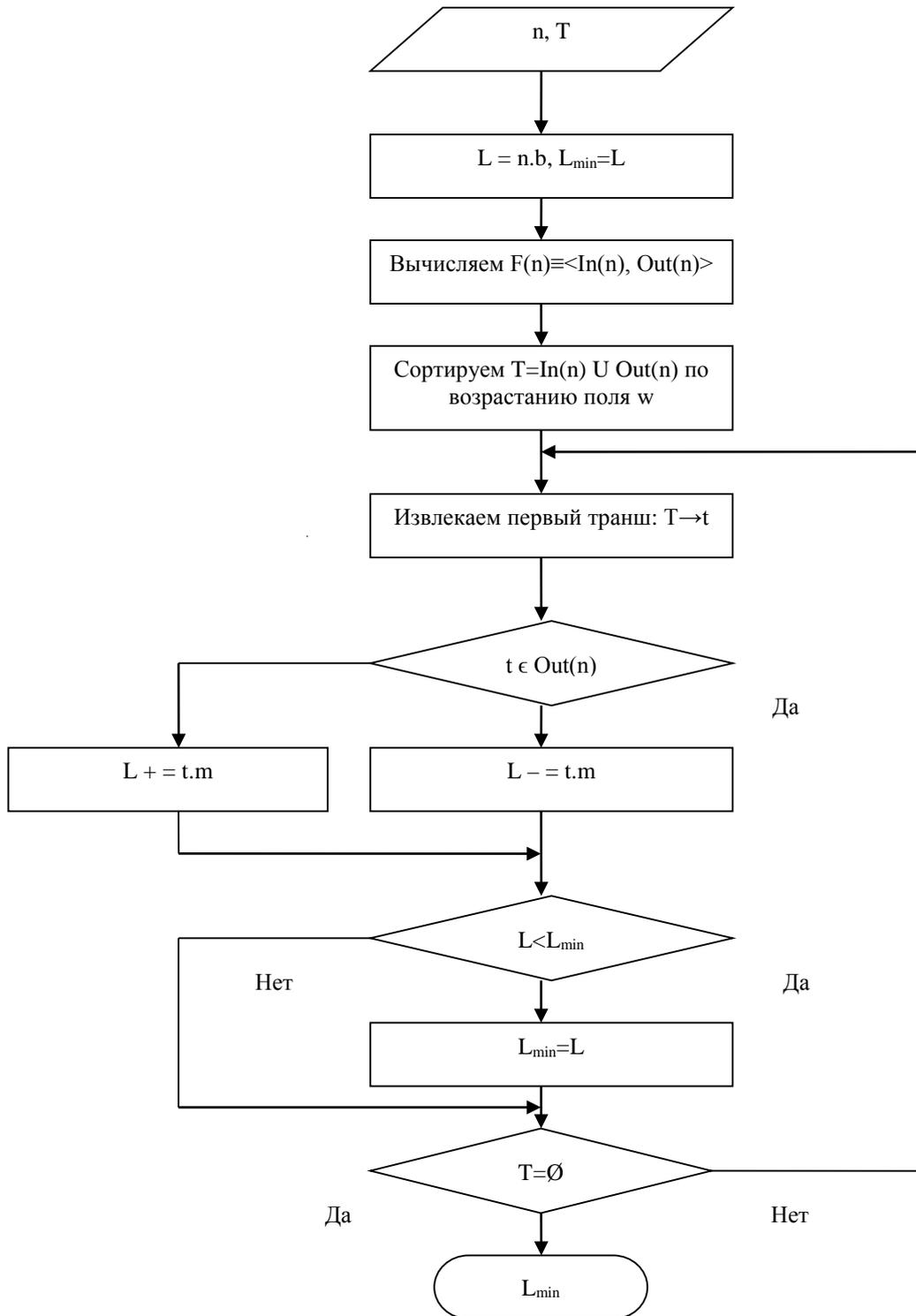


Рис. 3. Алгоритм минимизации начального баланса узла  
Fig. 3. Algorithm for minimizing the initial balance of a node

Шаги алгоритма достаточно понятны; главным является шаг 4, который в случае, если  $s.b < 0$ , прерывает валидацию, поскольку обнаруживает участника проекта, не имеющего возможности выполнить свои обязательства в рамках представленной в ДВ-УФО модели проекта.

На рис. 3 показана блок-схема минимизации начального баланса узла ДВ-УФО модели.

Алгоритм минимизации начального баланса репозитория состоит из следующей последовательности действий (шагов):

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

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

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

Завершая рассмотрение основных требований к инструментарию компьютерной поддержки ДВ-УФО моделирования, отметим, что при расширении базовой редакции может потребоваться дополнительная типизация узлов. В базовой редакции используются узлы трёх типов: репозитории, спонсоры и абсорберы. При расширении новые типы узлов наследуются от типов базовой редакции, что автоматически обеспечивает расширения функционалом базовой редакции. Поэтому единственным требованием к низкоуровневым библиотекам является поддержка объектно-ориентированного программирования.

### Пример реализации

Рассмотрим пример реализации инструментария компьютерной поддержки ДВ-УФО моделирования, реализованный с использованием языка программирования C++ и библиотеки Qt 5.14 [Головиц, 2018; Страуструп Бьярне, 2019]. На рис. 4 показано начальное окно исследовательской программы MoneyFlowPro – прототипа промышленного инструментария поддержки ДВ-УФО моделирования.

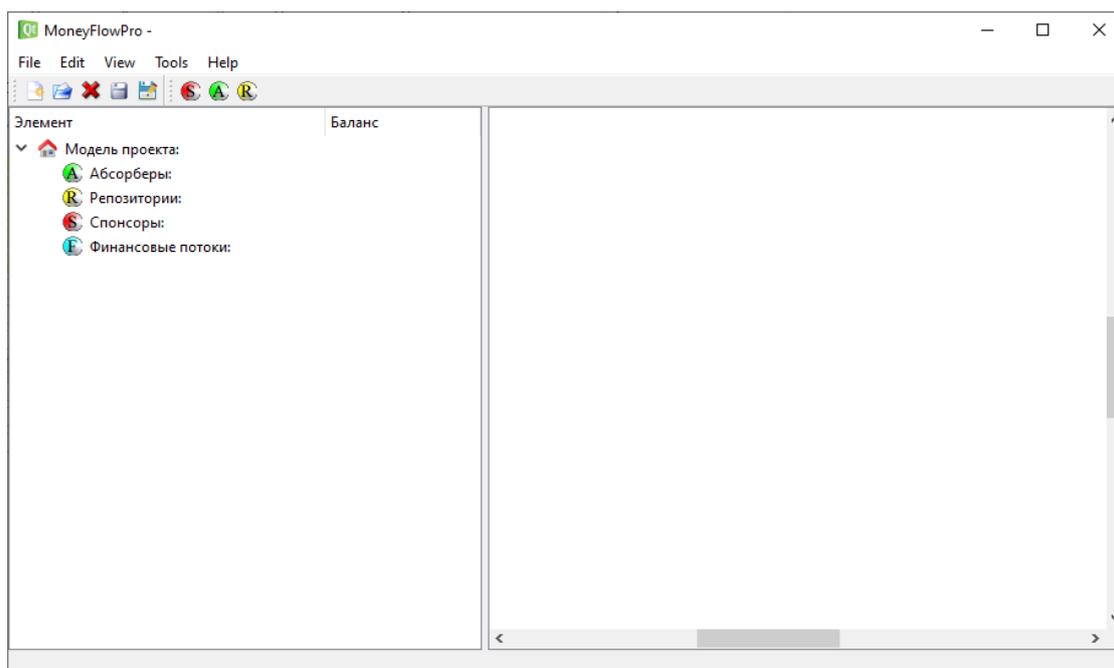


Рис. 4. Начальное окно программы-инструментария ДВ-УФО моделирования

Fig. 4. Initial window of the DV-UFO modeling tool program

Оно содержит (помимо обычных элементов интерфейса пользователя) два главных элемента: слева – каталог элементов (пока пустой) и (также пустую) ДВ-УФО диаграмму. Сама ДВ-УФО модель, представляющая объект класса DVModel, ещё не создана (содержащийся в главном окне указатель на объект модели равен нулевому указателю). В этот момент пользователь может либо создать новую модель, либо открыть ранее сохранённую в файле модель (файл с расширением .dvm), используя соответствующие пункты меню File.

На рис. 5 показано окно программы-инструментария ДВ-УФО моделирования после открытия сохранённой ранее модели. В заголовке главного окна, помимо имени программы, содержится также путь к файлу сохранённой в предыдущем сеансе работы ДВ-УФО модели. Если бы показанные на диаграмме элементы были бы созданы в новой модели, то путь к файлу модели отсутствовал бы, и модель нужно было бы сохранить в конце сеанса работы.

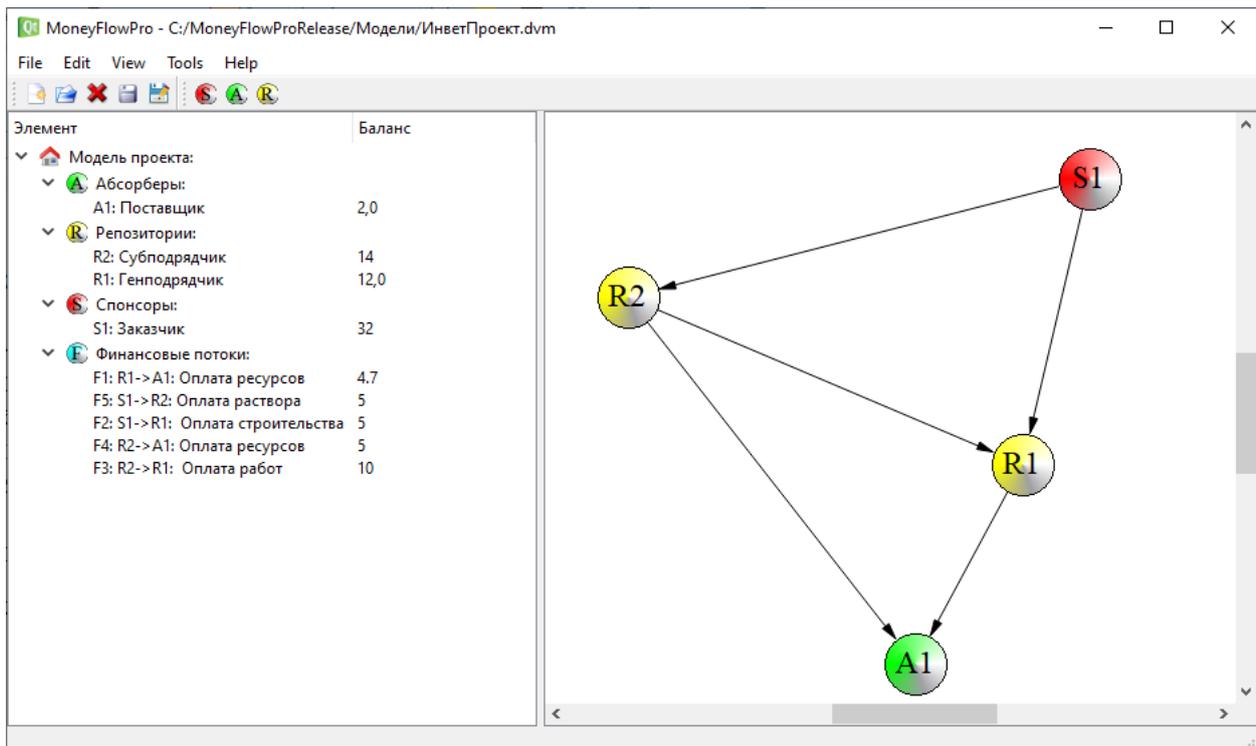


Рис. 5. Окно программы-инструментария после открытия ДВ-УФО модели  
Fig. 5. Window of the tool program after opening the DV-UFO model

Отметим два наиболее существенных обстоятельства, связанные с построением структурной субмодели: построение потоков и синхронизация каталога и диаграммы. Как показали эксперименты с инструментарием, нет более простого и интуитивно ясного способа построения потоков, чем перетаскивание узлов. Во всех средах программирования присутствуют эффективные способы реализации этого механизма, сводящего к минимуму возможные ошибки при создании потоков в модели. Что касается синхронизации, то здесь наиболее рационально следовать принципу: «Захват ресурса есть инициализация», которому проще всего следовать, программируя на C++ [Шлее, 20].

Хотя структурная субмодель даёт полное представление об элементах модели и взаимосвязях между ними, для создания информационной базы необходимо также потоки наполнить конкретным содержанием – заполнить траншами. На рис. 6 показан диалог для создания траншей. Диалог предоставляет возможность для конкретного потока (в данном примере это – поток F3, идущий из репозитория R2 в репозиторий R1) редактировать множество траншей, составляющих поток. При необходимости, можно редактировать наименование потока.

Следует сразу сказать о том, что хотя приведённый диалог можно использовать сразу при создании потока в рамках структурной модели, это нельзя назвать рациональным решением. Транш является более низкоуровневым объектом в модели, чем поток. Заполнять информационную базу модели следует только после того, как полностью определены структурные элементы, иначе при удалении ошибочно введённого структурного элемента будут удалены и все связанные с ним транши. Особенно критично это при удалении узлов – при удалении узла удаляются все транши всех потоков, связанных с удаляемым узлом. Коротко это можно выразить так: информационная база аналитической субмодели заполняется декларативными знаниями о системе только после окончательного определения структуры системы. Смешение действий по одновременному созданию структурной субмодели и заполнению информационной базы аналитической субмодели чревато ошибками, которые впоследствии трудно обнаружить и устранить.

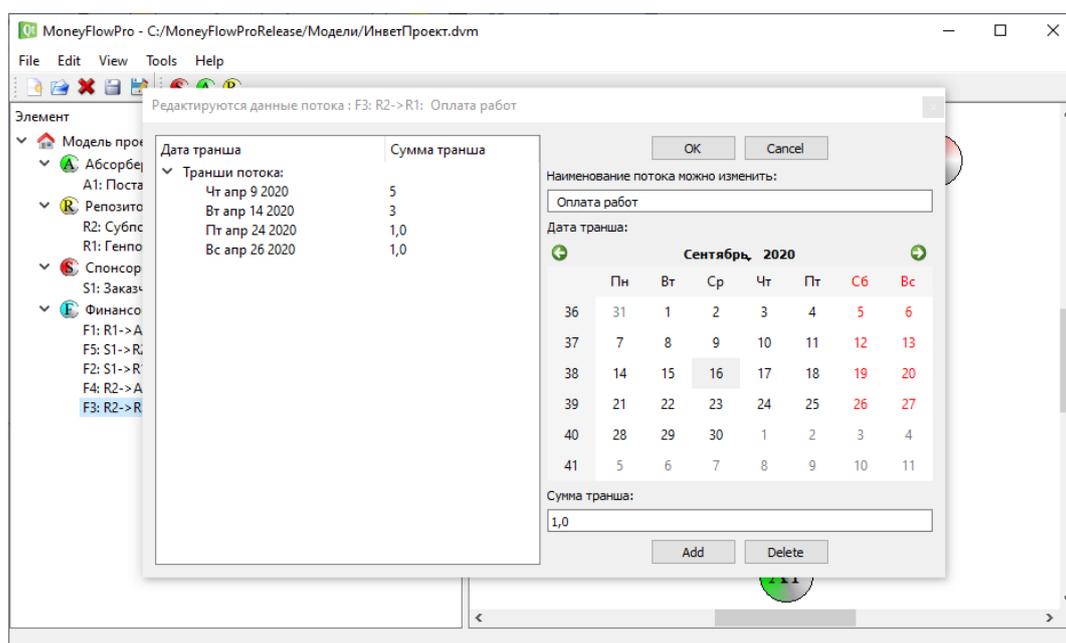


Рис. 6. Диалог для создания траншей потока  
Fig. 6. Dialog for creating flow trenches

Следует отметить, что представленный диалог позволяет редактировать множество траншей для одного выбранного в каталоге потока. Дело в том, что на структурной диаграмме важнее показывать связи между узлами и их тип (однонаправленные, двунаправленные), а не сами потоки. В реальных ситуациях потоков много и их отдельная визуализация сильно загромождает ДВ-УФО диаграмму, затрудняя её чтение и понимание. Поэтому при визуализации потоков удобно осуществлять их наложение, визуализируя таким образом связи, а не потоки, и сразу указывая их направленность.

Выделение отдельных потоков при таком подходе становится проблематичным, поэтому это делается в каталоге объектов, где сложно ошибочно выбрать поток для заполнения траншами. Хотя реально транши лучше хранить не в потоках, а внутри объекта модели в одном множестве траншей, редактирование в диалоге сразу всего множества траншей приводит к многочисленным ошибкам, поскольку транши легко можно ассоциировать не с тем потоком, что нужно.

Завершая рассмотрение данной конкретной реализации инструментария ДВ-УФО моделирования, отметим простоту структуры данных ДВ-УФО модели, которая помимо нескольких строковых полей (наименование проекта, даты начала и окончания проекта, комментариев и т. п.) содержит ассоциативные массивы узлов, потоков и динамический массив траншей.

## Заключение

Обсуждая реализации инструментария ДВ-УФО моделирования, нельзя не затронуть вопросы интеграции с методами искусственного интеллекта (ИИ). Можно выделить три уровня интеграции: поверхностная интеграция, глубокая интеграция и синтез.

При поверхностной интеграции методы ИИ применяются только для повышения «интеллектуального уровня» инструментария ДВ-УФО моделирования, не затрагивая саму ДВ-УФО модель. Например, весьма полезно было бы продублировать клавиатурный ввод данных вводом фонемного текста (голосовой ввод данных), как это делается в телевизионных пультах. Это намного облегчило бы использование ДВ-УФО моделирования в условиях переговорного процесса, позволяя работать в реальном масштабе времени, ускоряя ввод данных.

Другим полезным применением ИИ является контроль построения потоков траншей на ДВ-УФО диаграмме. В базовой редакции реализован слабый контроль построения потоков, основанный на прагматике графической нотации, применяемой для построения потоков траншей на ДВ-УФО диаграмме. Такой контроль не позволяет провести поток от одного граничного элемента к другому граничному элементу, но разрешает провести поток между любыми репозиториями, даже если это в реальности сделать нельзя. Это может стать источником трудно обнаруживаемых ошибок [Черемных, Семёнов, Ручкин, 2001]. Рациональнее в этом случае полагаться не на прагматику графической нотации, а на экспертную систему, инкапсулирующую нужные для проведения потоков декларативные знания о предметной области.

Глубокая интеграция ДВ-УФО и ИИ предполагает использование методов ИИ внутри ДВ-УФО модели. Это касается как декларативных знаний о системе, для представления которых может использоваться формализм нечётких множеств, так и процедурных знаний, для реализации которых могут использоваться генетические алгоритмы, нейросети и другие методы ИИ.

Для применения ДВ-УФО моделирования в контексте цифровой экономики указанных уровней интеграции ДВ-УФО и методов ИИ на первых порах может оказаться достаточно. Но перспективы связаны с синтезом методов ИИ с ДВ-УФО моделированием, когда весь процесс построения ДВ-УФО модели производственной системы или процесса, а также анализ и эксперименты осуществляются под контролем ИИ.

Сейчас трудно оценить сложность возникающих при таком синтезе проблем и характеристики инструментария поддержки «интеллектуального» ДВ-УФО моделирования, важно то, что базовая редакция ДВ-УФО метода предоставляет основу не только для специализации, но и для подобного синтеза.

## Список литературы

1. Головиц Я., 2018. C++17 STL Стандартная библиотека шаблонов. СПб.: Питер, 2018. 432 с.: ил.
2. Деминг Э., 2009. Выход из кризиса. Новая парадигма управления людьми, системами и процессами. М., Альпина Бизнес Букс, 472.
3. Липунцов Ю.П., 2003. Управление процессами. Методы управления предприятием с использованием информационных технологий. М., ДМК Пресс; 224.
4. Маклаков С.В., 2000. BPWin и ERWin. CASE-средства разработки информационных систем. М., Диалог-МИФИ, 396.
5. Маклаков С.В. 2008. Моделирование бизнес-процессов с AllFusion Process Modeler. М., Диалог-МИФИ, 372.
6. 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.
7. Репин В.В., Елиферов В.Г. 2013. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М., Манн, Иванов и Фербер, 683.



8. Страуструп Бьярне, 2019. Язык программирования C++. Краткий курс, 2-е изд.: Пер. с англ. СПб.: ООО «Диалектика», 2019. 320 с.: ил.
9. Тубольцева О.М., Маторин С.И. 2014. Моделирование деловых процессов на основе специализированного UFO-метода. Научные ведомости БелГУ. Экономика, Информатика, 15 (186), 83–89.
10. Тубольцева О.М., Маторин С.И., 2018. Метод формализованного представления систем финансирования проектов. Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 4 (71), 221–231.
11. Тубольцева О.М., Маторин С.И., 2018. Графическая нотация для формализованного описания систем финансирования проектов. Научные ведомости БелГУ. Экономика. Информатика. 2(45), 333–342.
12. Тубольцев М.Ф., Маторин С.И., Тубольцева О.М., 2018. Архитектура цифровых моделей систем финансирования инвестиционных проектов. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. 2018. 4 (45): 126–135.
13. Черемных С.В., Семёнов И.О., Ручкин В.С. 2001. Структурный анализ систем: IDEF-технологии. М., Финансы и статистика, 294.
14. Шлее М., 2018. Qt 5.10. Профессиональное программирование на C++. СПб.: БХВ-Петербург, 2018. 1072 с.: ил.
15. Abadi Martin and Luca Cardelli. 1996. A Theory of Objects. Springer-Verlag.
16. Beaves, R.G., 1993. The case for a generalized net present value formula. The Engineering Economist. 38(2). 119–133.
17. Hajdasinsky, Mirosław M., 1997. NPV-Compatibility, Project Ranking, and Related Issues. The Engineering Economist. 42. 4.
18. Hazen, G.B., 2003. A new perspective on multiple internal rates of return. The Engineering Economist. 48(1), 31–51.
19. Magni C.A., 2011. Aggregate Return On Investment and investment decisions: a cash flow perspective. The Engineering Economist.
20. Ryan, R., 2006. Corporate Finance and Valuation. Thomson Learning. London.
21. Shull, David. M., 1994. Overall Rates of Return: Investment Bases, Reinvestment Rates and Time Horizons. The Engineering Economist. 39. 2.

## References

1. Golovic YA., 2018. S++17 STL Standartnaya biblioteka shablonov. [S++17 STL The standard library of patterns]. SPb.: Piter, 2018. 432 s.: il.
2. Deming E.H., 2009. Vyhod iz krizisa. Novaya paradigma upravleniya lyud'mi, sistemami i processami [Overcome the crisis. A new paradigm for managing people, systems, and processes]. M., Al'pina Biznes Buks, 472.
3. Lipuncov YU.P., 2003. Upravlenie processami. Metody upravleniem predpriyatiem s ispol'zovaniem informacionnyh tekhnologij [Process management. Methods of enterprise management using information technologies]. M., DMK Press; 224.
4. Maklakov S.V. 2000. BPWin i ERWin. CASE-sredstva razrabotki informacionnyh system [CASE-tools for developing information systems]. M., Dialog-MIFI, 396.
5. Maklakov S.V. 2008. Modelirovanie biznes-processov s AllFusion Process Modeler [Business process modeling with AllFusion Process Modeler.]. M., Dialog-MIFI, 372.
6. Matorin S.I., Zimovec O.A. 2011. Predstavlenie diagramm v notaciyah DFD, IDEF0 i BPMN s pomoshch'yu sistemno-ob'ektnykh modelej «Uzel-Funkciya-Objekt» [Representation of diagrams in DFD, IDEF0, and BPMN notations using the Node-Function-Object system-object models». Nauchnye vedomosti BelGU. Informatika, 19(114): 86–95.
7. Repin V.V., Eliferov V.G. 2013. Processnyj podhod k upravleniyu. Modelirovanie biznes-processov [Process approach to management. Business process modeling]. M., Mann, Ivanov i Ferber, 683.
8. Straustrup B'yarne, 2019. Yazyk programmirovaniya C++ [C ++ programming language]. Kratkij kurs, 2-e izd.: Per. s angl. SPb.: ООО «Диалектика», 2019. 320 с.: ил.
9. Tuboltseva O.M., Matorin S.I. 2014. Modelirovanie delovyh protsessov na osnove spetsializirovannogo UFO-metoda [Business process modeling based on a specialized UFO method]. Nauchnye vedomosti BelGU. Ehkonomika, Informatika, 15 (186), 83–89.

10. Tuboltseva O.M., Matorin S.I. 2018. Metod formalizovannogo predstavleniya sistem finansirovaniya projektov [A method of formalized representation of systems of financing of projects]. Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava. 4(71), 221–231.
11. Tuboltseva O.M., Matorin S.I. 2018. Graficheskaya notatsiya dlya formalizovannogo opisaniya sistem finansirovaniya projektov [The graphical notation for the formal description of the Finance systems projects]. Nauchnye vedomosti BelGU. Ekonomika, Informatika, 2(45), 333–342.
12. Tuboltsev M.F., Matorin S.I., Tuboltseva O.M., 2018. Arhitektura cifrovyyh modelej sistem finansirovaniya investitsionnykh projektov [Architecture of digital models of investment project financing systems] // Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Ekonomika. Informatika. 2018. № 4. Tom 45. S. 126–135.
13. Cheremnykh S.V., Semyonov I.O., Ruchkin V.S. 2001. Strukturnyj analiz sistem: IDEF-tehnologii [Structural analysis of systems: IDEF technologies]. M., Finansy i statistika, 294.
14. Shlee M., 2018. Qt 5.10. Professional'noe programmirovaniye na C++. [Qt 5.10. Professional C ++ Programming]. SPb.: BHV-Peterburg, 2018. 1072 s.: il.
15. Abadi Martin and Luca Cardelli. 1996. A Theory of Objects. Springer-Verlag.
16. Beaves, R. G., 1993. The case for a generalized net present value formula. The Engineering Economist. 38(2). 119–133.
17. Hajdasinsky, Mirosław M., 1997. NPV-Compatibility, Project Ranking, and Related Issues. The Engineering Economist. 42. 4.
18. Hazen, G.B., 2003. A new perspective on multiple internal rates of return. The Engineering Economist. 48(1), 31–51.
19. Magni C.A., 2011. Aggregate Return On Investment and investment decisions: a cash flow perspective. The Engineering Economist.
20. Ryan, R., 2006. Corporate Finance and Valuation. Thomson Learning. London.
21. Shull, David. M., 1994. Overall Rates of Return: Investment Bases, Reinvestment Rates and Time Horizons. The Engineering Economist. 39. 2.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Тубольцев Михаил Федорович**, кандидат технических наук, доцент, ведущий специалист ЗАО «СофтКоннект», Белгород, Россия

**Маторин Сергей Игоревич**, доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора по науке и инновациям ЗАО «СофтКоннект», Белгород, Россия

**Тубольцева Ольга Михайловна**, специалист ЗАО «СофтКоннект», Белгород, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Mikhail F. Tuboltsev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Leading specialist CJSC "SoftConnect", Belgorod, Russia

**Sergey I. Matorin**, Doctor of Technical Sciences Professor, Deputy General Director on Science and Innovation CJSC "SoftConnect", Belgorod, Russia

**Olga M. Tuboltseva**, Specialist CJSC "SoftConnect", Belgorod, Russia