

ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ: КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ

Гейда А. С.

УДК 004.942

Гейда А.С. Оценивание эффектов функционирования организационно-технических систем: концепция автоматизации.

Аннотация. Рассмотрен класс задач, при решении которых необходимо оценивать результаты функционирования (эффекты) организационно-технических систем. Показана необходимость решения задачи автоматизации построения комплекса моделей организационно-технических систем и процессов их функционирования для последующего использования построенных моделей при оценивании эффектов. Выполнена формализация задачи, предложена концепция ее решения на основе использования трансформаций теоретико-графовых моделей. Предложен пример решения задачи. Рассмотрены перспективные направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: эффекты, организационно-техническая система, функционирование, автоматизация моделирования, программный комплекс, теория графов, схема использования программного комплекса.

Geyda A.S. Effects of techno-organizational systems functioning estimation: concept of automation.

Abstract. The class of problems is considered, such that problems decision demands techno-organizational systems functioning results (effects) estimation. Necessity of the decision of a problem of automation of techno-organizational systems and processes of their functioning models construction is shown for subsequent use of the constructed models for estimation of effects. Problem formalization made, the concept of problem solving on the basis of use of graph-theoretic models transformations is offered. The example of problem solving is offered. Further research directions are considered.

Keywords: effects, effectiveness, results, techno-organizational systems, functioning, modeling automation, software, graph theory, software use case.

1. Введение. На практике часто оказывается необходимым прогнозировать результаты различных видов деятельности. Например, такая необходимость возникает при решении задач оценивания и планирования реализации проектов, процессов эксплуатации, модернизации, технического обслуживания технических, организационных, организационно-технических систем. Под *организационно-техническими системами* (ОТС) понимаются системы, в составе которых имеются эксплуатируемые технические устройства и люди, функционирующие в соответствии с предписаниями.

Прогнозирование основных результатов (эффектов) проектов в ОТС требует моделирования реализации таких проектов, поскольку

проекты уникальны и не могут быть оценены путем проведения экспериментов. Такое прогнозирование представляет собой оценивание возможных (в будущем) эффектов проектов в ОТС, поэтому такие эффекты [1] называют также виртуальными. Задачи оценивания и планирования функционирования ОТС вызывают необходимость решать задачи оценивания эффектов (ЗОЭ), поскольку лишь с использованием характеристик эффектов можно предложить показатели и критерии для оценивания функционирования ОТС и только на основе оценивания эффектов можно решать задачи планирования функционирования ОТС. Часто моделирование для оценивания эффектов реализуют за счет моделирования элементов ОТС и (или) функционирования ОТС, а затем за счет получения модели функционирования ОТС в целом на основе имеющихся частных моделей.

Такое моделирование ведет к необходимости использования моделей структуры ОТС и ее функционирования, таких, например, как теоретико-графовые модели. Как свидетельствует практика, прогнозные модели функционирования ОТС в целом, без разделения этой модели на части, не могут быть получены, поскольку функционирование ОТС никогда не реализовалось ранее. Прогнозные модели функционирования ОТС могут быть получены, если разбивать ОТС на элементы до тех пор, пока не появится возможность построения прогнозной модели элемента, обладающей требуемым (для решения задачи) качеством. При этом построение и использование моделей—элементов модели ОТС и ее функционирования, а также модели функционирования ОТС в целом (далее — моделирование) часто реализуется поэтапно, трансформационным путем, так, что моделирование на последующих этапах включает в себя результаты моделирования на предыдущих этапах.

Например на основе теоретико-графовых моделей элемента ОТС могут строиться аналитические (числовые) теоретико-графовые модели, затем на их основе — функциональные модели, далее на основе функциональных — программные модели. Такое трансформационное моделирование вызывается сложностью строящихся моделей, трудностью для исследователя при построении требуемой для решения задачи модели без предварительного построения других моделей—элементов.

Практика свидетельствует, что моделирование в ЗОЭ характеризуется большой трудоемкостью, требует привлечения значительного объема данных, значительных вычислительных мощностей для обработки этих данных. Такие задачи целесообразно решать с использова-

нием современных (цифровых вычислительных и телекоммуникационных) информационных технологий. Моделирование в ЗОЭ с использованием современных информационных технологий будем называть автоматизированным моделированием.

К сожалению, существующие методы автоматизированного моделирования не позволяют успешно решать ЗОЭ. Они недостаточно хорошо приспособлены к оперированию случайными характеристиками, к концептуализации в ЗОЭ и к получению рекуррентных выражений для расчета значений эффектов на основе имеющихся моделей.

2. Постановка задачи автоматизированного моделирования при оценивании эффектов функционирования организационно-технических систем. Обозначим:

M_i — i -я модель элементов ЗОЭ (ОТС, элемента ОТС, функционирования ОТС, элементов функционирования ОТС, эффектов функционирования ОТС);

$M = \{M_i, i = \overline{1, I}\}$ — множество моделей элементов ЗОЭ, используемых при моделировании в ЗОЭ;

$\omega_j(M_d^I, M_k^I, \dots, M_s^I) = M_f^I; M_d^I, M_k^I, M_s^I, M_f^I \subseteq M$ — трансформации множества моделей элементов ЗОЭ;

$\Omega = \{\omega_j, j = \overline{1, J}\}$ — множество трансформаций моделей элементов ЗОЭ;

$D^{\text{Оц}}$ — множество исходных данных, используемых в ЗОЭ;

$y_n, n \in \overline{1, N}$ — детерминированное значение n -го оцениваемого эффекта;

$Y \stackrel{d}{=} \langle y_n \rangle, n \in \overline{1, N}$ — детерминированный вектор из n значений переменных y_n ;

$\langle \tilde{Y}_n, n \in \overline{1, N} \rangle$ — случайный вектор значений оцениваемых эффектов;

$\{Y_n^d, n \in \overline{1, N}\}$ — область допустимых значений $\langle \tilde{Y}_n, n \in \overline{1, N} \rangle$;

$F: F(Y; M^{\text{Оц}}, D^{\text{Оц}}) \mapsto \mathbb{R}$ — вектор-функция, сопоставляющая действительное число (вероятность) тройке $(Y; M^{\text{Оц}}, D^{\text{Оц}})$.

$D^{Оц}$ — совокупность исходных данных для решения ЗОЭ.

$M^{Оц}$ — множество моделей элементов ЗОЭ, используемое для расчета $F(Y; M^{Оц}, D^{Оц})$.

Тогда задача моделирования при оценивании эффектов представляется в виде:

Дано: $D^{Оц}$.

Найти: $M^{Оц} : \exists F(Y; M^{Оц}, D^{Оц}) \mapsto [0, 1]$,

где F — функция распределения вероятностей (ФРВ) эффектов в ЗОЭ.

Задача автоматизации моделирования при оценивании эффектов состоит в определении на основе заданных исходных данных для моделирования $D^{Мод}$ (концептуальных и других исходных моделей, данных для моделирования) таких трансформаций $\omega_m(...(\omega_k(D^{Мод})...))$, что в результате их применения была бы получена модель $M^{Оц}$ элементов ЗОЭ, позволяющая на основе исходных данных $D^{Оц}$ для решения ЗОЭ получить выражение для ФРВ-эффектов в ЗОЭ:

Дано: $D^{Мод}$.

Найти $\Omega : \exists \omega_m(...(\omega_k(D^{Мод})...)) = M^{Оц}$

$\exists F(Y; M^{Оц}, D^{Оц}) \mapsto [0, 1]$, где F — значение ФРВ-эффектов в ЗОЭ.

Решение задач автоматизированного моделирования с последующим решением ЗОЭ может быть представлено формально следующим образом:

Дано: $D^{Мод}, D^{Оц}$.

Найти: $M^{Оц} = \omega_m(...(\omega_k(D^{Мод})...)) : \exists F(Y; M^{Оц}, D^{Оц}) \mapsto [0, 1]$, где F — значение ФРВ-эффектов в ЗОЭ.

3. Обзор существующих программных комплексов, используемых для автоматизации моделирования при решении задач оценивания эффектов функционирования организационно-технических систем. Существующие программные средства, используемые для оценивания эффектов, эффективности и рисков при функционировании ОТС можно разделить на ряд типов:

1. Средства автоматизации численного и символического решения математических задач. К ним относятся Mathematica, Maple, Mat-

lab [9]. Они предназначены для решения математических задач, т. е. предполагается, что решаемая задача была доведена до уравнений, математических соотношений, позволяющих решать ее с использованием численных, символьных методов решения математических задач. Как правило, ЗОЭ не формулируются в таком виде.

2. Средства интерактивного математического моделирования, основанные на использовании удобного для предметной области математического формализма. К ним относятся Modelica, MV-Studio [4, 9]. Они могут применяться, если задача формализована на используемом средстве формализма, что, к сожалению, не характерно для ЗОЭ.

3. Универсальные средства автоматизации моделирования программных комплексов, графические доменно-ориентированные языки. К ним следует отнести MDA, GDSL, UML, SysML [11, 20]. Они предназначены для решения обширного спектра задач. Чтобы их применять в конкретной предметной области, специалисту по этим языкам необходимо выполнить моделирование и программирование.

4. Средства описания предметной области. К ним можно отнести такие программные продукты, как Protégé-OWL, языки описания бизнес-операций ebXML, REA, универсальный язык описания оптимизационных задач математического программирования oSiL и основанные на них программные продукты, ряд средств web 2.0 и web 3.0 [6, 12–14, 17, 19]. Эти средства позволяют пользователю без знания языков программирования определять модели с использованием удобных интерактивных средств, хранить и передавать полученные модели, описывать функционирование ОТС и возникающие задачи. Однако их недостаточно для получения расчетных соотношений для оценивания эффектов в ЗОЭ, для этого должны привлекаться другие средства.

5. Средства автоматизированного имитационного моделирования. К ним могут быть отнесены системы имитационного моделирования AnyLogic, Arena, язык GPSS [10]. Их основным недостатком для использования в ЗОЭ является то, что, как свидетельствует практика, имитационные модели не позволяют решать ЗОЭ за приемлемое время на существующих средствах вычислительной техники.

6. Средства автоматизации прогнозирования в корпоративных информационных системах. К ним можно отнести BPM, BPI — системы автоматизированного построения OLAP-кубов и запросов к базам данных. Указанные средства позволяют быстро решать типовые задачи, возникающие в практике использования ОТС, но, к сожалению, не предназначены для построения моделей с учетом случайностей разного рода, требуемых для решения ЗОЭ.

Недостатки существующих классов программных комплексов делают актуальной разработку нового класса программных комплексов — программных комплексов автоматизированного моделирования в ЗОЭ.

4. Принципы автоматизированного моделирования на основе использования графовых моделей.

На рис. 1 приведена предлагаемая схема автоматизированного моделирования на основе использования теоретико-графовых моделей. Автоматизированное моделирование предлагается осуществлять в соответствии с изложенными ниже принципами на основе использования графовых моделей.

Принцип описания сущностей ЗОЭ с использованием концептуальных графовых моделей. Этот принцип состоит в том, что концептуализацию ЗОЭ целесообразно осуществлять с использованием интерактивных графических средств, позволяющих представлять сущности ЗОЭ пользователем, не владеющим навыками программирования, в виде разнообразных графических фигур и связей между ними. К числу таких интерактивных средств относятся программные комплексы, оперирующие UML-подобными организационными диаграммами, Workflow-диаграммами [6, 20, 16]. Использование таких диаграммных средств диктуется особенностями человеческого сознания и, в результате, удобством концептуальных графовых средств по сравнению с другими средствами описания концептуальных моделей.

Принцип трансформации. Этот принцип состоит в том, что для построения необходимых для решения ЗОЭ моделей, т. е. для получения числовых значений ФРВ-эффектов необходимо трансформировать строящиеся концептуальные графовые модели в числовые модели, позволяющие решить ЗОЭ.

Принцип последовательной трансформации концептуальных графовых моделей. Этот принцип состоит в том, что разрабатываемые концептуальные модели должны быть приспособлены к своей последовательной трансформации к требуемому виду. Практика свидетельствует, что переход от концептуальных графовых моделей к числовым за счет выполнения одной трансформации с моделями, как правило, невозможен. Поэтому возникает необходимость выполнить комплекс трансформаций, в котором каждая последующая трансформация может использовать результаты предыдущей. Такую трансформацию, выполняемую за счет реализации комплекса трансформаций с заданным на этом комплексе порядком реализации трансформаций будем называть последовательной трансформацией.

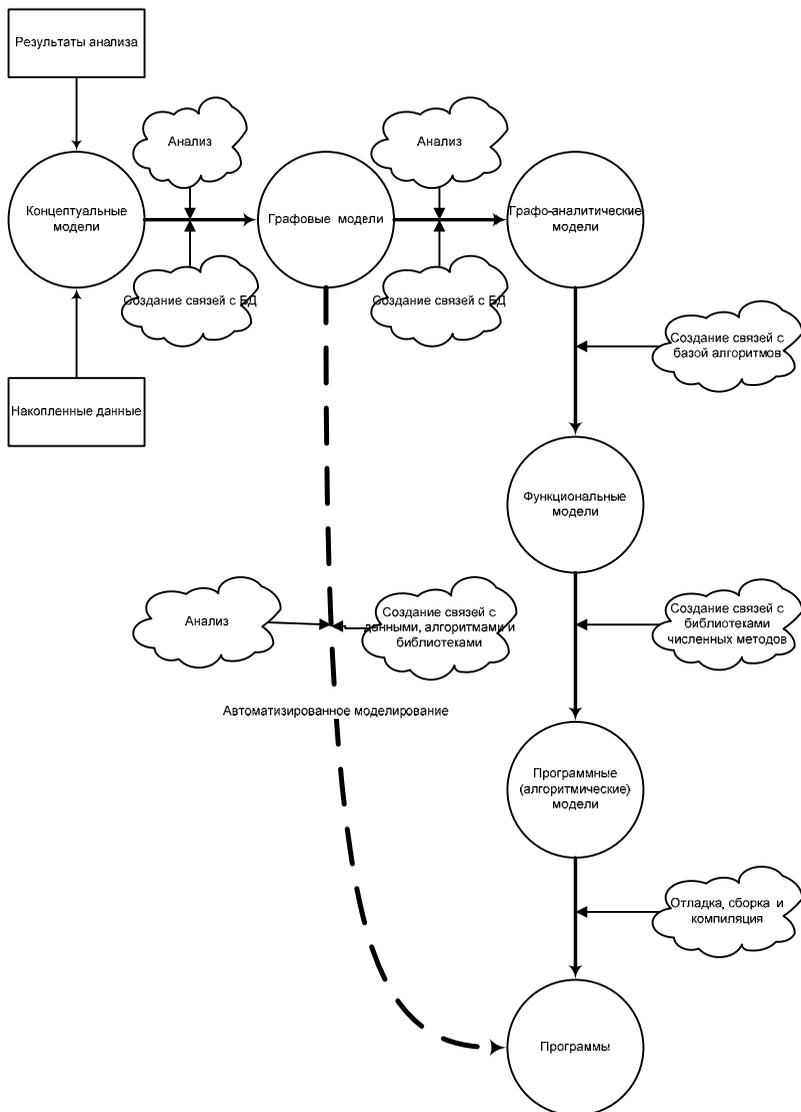


Рис. 1. Автоматизированное моделирование при решении 30Э.

Принцип систематизации трансформаций. Этот принцип состоит в том, что для упорядочения и упрощения разработки последователь-

ных трансформаций моделей элементов ЗОЭ целесообразно систематизировать трансформации. В частности, систематизацию трансформаций можно выполнить путем разбиения трансформаций на типы.

Так, например, последовательную трансформацию (как правило, усложнение) можно выполнить следующим образом:

— путем определения существующих (уже определенных) элементов и (или) отношений между ними через другие концептуальные графовые модели;

— путем определения элементов концептуальных графовых моделей с использованием формальных моделей.

Последнее усложнение носит характер формализации концептуальных моделей.

Разделение трансформаций на типы позволяет перейти к описанию и дальнейшей формализации трансформаций каждого из типов с учетом особенностей трансформаций этого типа.

Принцип формализации концептуальных моделей путем нанесения формальных пометок концептуальных графовых моделей. Этот принцип состоит в том, что одним из путей формализации может быть назначение элементам концептуальных графовых моделей пометок в виде формальных математических объектов. В простейшем случае такими формальными математическими объектами могут быть числа.

Принцип усложнения на основе раскрытия элементов. Этот принцип состоит в том, что концептуальные графовые модели могут усложняться путем представления своих элементов в виде других концептуальных графовых моделей. Заметим, что применение указанного принципа равносильно нанесению пометок, но не числовых, формальных, а пометок в виде концептуальных графовых моделей.

Принцип усложнения на основе раскрытия совокупностей элементов. Этот принцип усложнения отличается от предыдущего тем, что в качестве усложняемых сущностей (также как и в предыдущем случае путем представления этих сущностей в виде других концептуальных моделей) выступают не элементы исходной концептуальной модели, а совокупности таких элементов и отношений между ними.

Принцип формализации концептуальных графовых моделей с минимально возможной потерей сведений. Этот принцип состоит в том, что концептуальные графовые модели должны трансформироваться таким образом, чтобы при этом терялось как можно меньше полезных для решения ЗОЭ сведений. Трансформация концептуальных графовых моделей необходима из-за того, что использование алгоритмов и вычислительной техники в ЗОЭ требует формализации вычислений.

Тем самым создается необходимость разработки математических моделей, приспособленных к своему получению из концептуальных графовых моделей. Эти модели должны поддерживать последовательное усложнение, оперирование пометками, алгоритмизацию.

Принцип соответствия элементам концептуальных графовых моделей сущностей ЗОЭ. Этот принцип состоит в том, что сущности ЗОЭ должны соответствовать элементам графовых моделей. Как свидетельствует практика, указанное соответствие сохраняется и при выполнении комплекса трансформаций, вплоть до получения результирующей модели, позволяющей решать ЗОЭ.

5. Пример. Разработанные принципы и схема автоматизированного моделирования при решении ЗОЭ позволяют перейти к концептуальному проектированию программного обеспечения решения ЗОЭ. Ниже приведен пример концепции построения и использования простейшего программного комплекса решения ЗОЭ.

Особенностью программного комплекса является использование, где это возможно, существующих библиотек и уже разработанного программного обеспечения. Концепция построения и использования простейшего программного комплекса решения ЗОЭ приводится в виде семи этапов моделирования, на каждом из которых осуществляются типовые трансформации моделей. Каждый этап моделирования включает в себя описание основных трансформаций моделей, используемые на этом этапе средства организации интерфейса с пользователем и средства хранения данных.

Первый этап моделирования. Определяется граф-основа модели (рис. 2). Вершины и дуги нумеруются произвольным образом или принимается существующая нумерация. Этому алгоритму нумерации присваивается номер А0 (рис. 3). Приведенный пример соответствует графу мероприятий (сетевому графику) из пяти работ, ассоциированных с вершинами графа. Используемые на этом этапе средства визуализации — оболочки для представления диаграмм. Например, могут использоваться средства, разрабатываемые в рамках Open Source проектов Graphviz, Protégé, Eclipse GXL, GEF, редакторов UML-схем [11]. Используемые на этом этапе средства хранения данных — база данных (БД) или (и) файл специального формата (XML, GXL, RDF и т. п.).

Второй этап моделирования. Вершинам или (и) дугам графа сопоставляются записи БД, т. е. осуществляется пометка графа. Пометки могут быть незаполненными (рассчитываемыми). Используемые на этом этапе средства визуализации — элементы типа grid (решетка) с

возможностью добавления формул, аналогичные возможностям электронных таблиц, а используемые средства хранения данных — БД пометок и БД (файл) графа-основы.

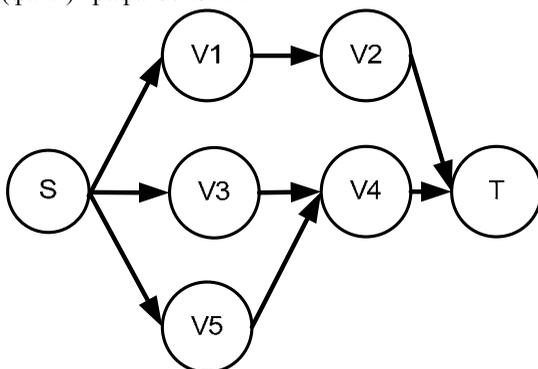


Рис. 2. Построенный граф-основа.

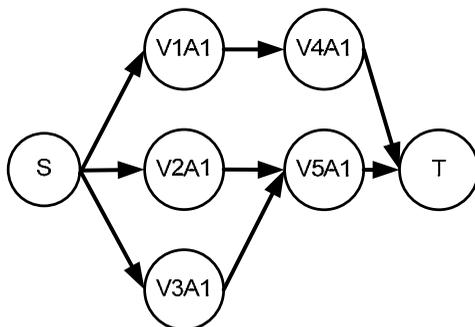


Рис. 3. Граф-основа с вершинами, перенумерованными алгоритмом «поиск в ширину на орграфе».

Третий этап моделирования. На основе выбранного способа обхода графа строится нумерация вершин графа-основы (выполняется алгоритмизация), строится таблица сопоставлений идентификатора БД и номера вершины (рис. 4). Используемые на этом этапе средства визуализации — библиотека визуализации алгоритмов на графах NCSU GDR, CAIDA WALRUS [21], а используемые средства хранения данных — БД, в которой с помощью общепотребительного формата хранятся помеченные, нумерованные в соответствии с выбранным алгоритмом обхода (алгоритмизированные) графы.

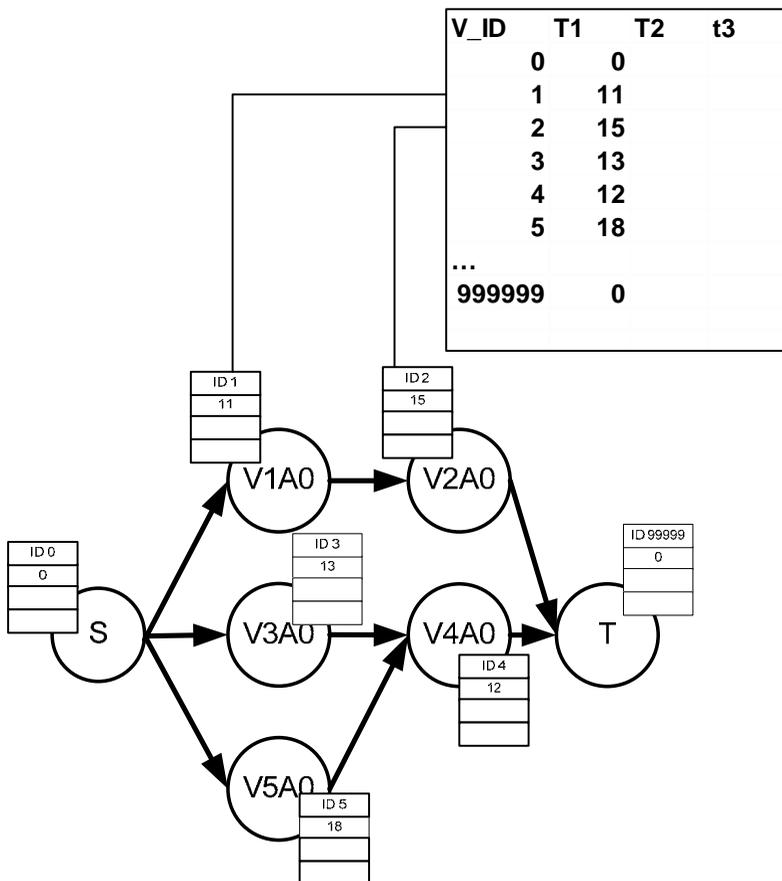


Рис. 4. Граф-основа с сопоставленными значениями из БД и решетками grid в вершинах (использована нумерация из БД).

Четвертый этап моделирования. В незаполненные (рассчитываемые) ячейки grid заносятся формулы с адресацией на переменные по номеру вершин (дуг) графа и номеру переменной в grid вершины (дуги) в соответствии с тем или иным алгоритмом обхода графа. Могут использоваться несколько вариантов алгоритмизации (алгоритмов обхода), каждый из которых нумеруется A1, A2... (рис. 5). Используемые на этом этапе средства визуализации аналогичны электронным таблицам с учетом особенностей адресации ячеек, а именно: с подсветкой вершин и дуг, зависящих от текущей формулы. Например мо-

жет использоваться адресация вида V2A4C11 — вершина 2 по алгоритму обхода 4, ячейка пометки в вершине — 11; D2A4C11 — дуга 2 по алгоритму обхода 4, ячейка пометки в вершине — 11. Используемые на этом этапе средства хранения данных — средства и форматы, аналогичные электронным таблицам, БД стандартного формата.

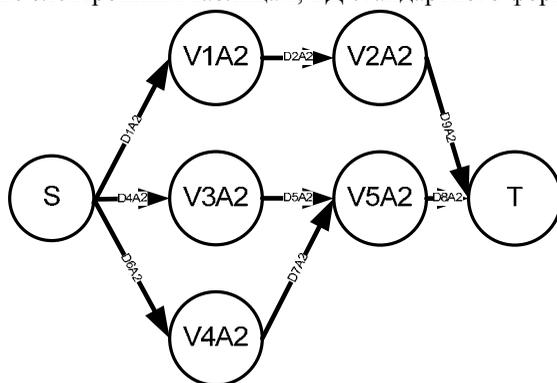


Рис. 5. Граф-основа с вершинами и дугами, перенумерованными алгоритмом «поиск в глубину на орграфе».

Пятый этап моделирования. В незаполненные (рассчитываемые) ячейки grid заносятся формулы с адресацией на переменные по номеру вершин (дуг) графа и номеру переменной в grid вершины (дуги). Используемые на пятом этапе средства визуализации аналогичны средствам, используемым электронными таблицами. Например, формула с использованием адресации на графах может выглядеть следующим образом: $\text{sqrt}(V2A4C11 * D2A4C11)$. Пример задания формул, позволяющих рассчитывать момент окончания комплекса мероприятий, моделируемых графом мероприятий, приведен на рис. 6. При копировании формул и выделении фрагментов помеченного алгоритмизированного графа осуществляется автоматическое изменение индексов по одному из разработанных сценариев (аналогично правилам смены адресов ячеек в формулах электронных таблиц при их копировании). Используемые на пятом этапе средства хранения данных — средства и форматы, аналогичные электронным таблицам, БД стандартного формата.

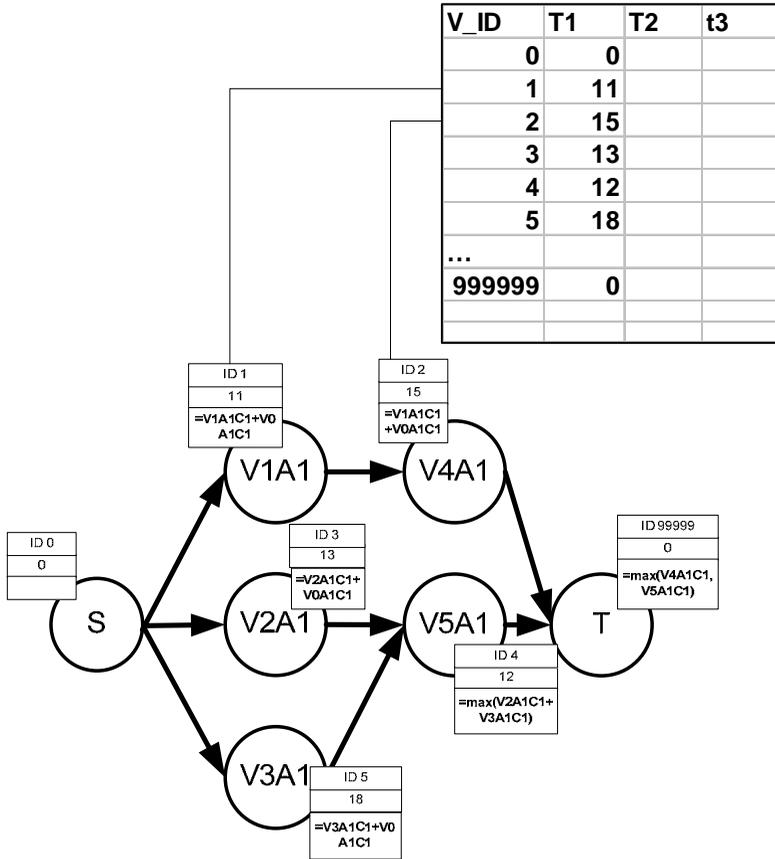


Рис. 6. Пример задания аналитических рекуррентных зависимостей на помеченном алгоритмизированном графе.

Шестой этап моделирования. Редактирование ячеек, создание новых ячеек, ассоциированных с графом или его частями

Используемые на шестом этапе средства визуализации основаны на отображении соответствия между ячейками и элементами графа. При создании ячеек, ассоциированных с частями графа, подсвечиваются эти части.

Седьмой этап моделирования. Осуществляется пересчет формул, вывод отчетов и графиков, при необходимости — возврат к предыдущим этапам моделирования. Используемые на седьмом этапе средства

визуализации основаны на использовании модулей визуализации алгоритмов на графах, модулей отображения алгоритмов на графах, построителях отчетов и диаграмм.

6. Заключение. Разработанная концепция автоматизированного моделирования при решении ЗОЭ позволяет перейти к разработке проектов программного обеспечения автоматизированного моделирования при решении ЗОЭ. Такое программное обеспечение должно позволить выполнять автоматизированное моделирование функционирования ОТС, а затем оценивать эффекты ее функционирования.

Оценивание эффектов может стать основой для оценивания таких свойств организационно-технических систем и процессов их функционирования, как эффективность функционирования ОТС, риск при ее функционировании, потенциал ОТС, безопасность ОТС. Оценивание этих свойств имеет важнейшее значение в различных областях человеческой деятельности.

Для своего практического использования при решении практических задач исследовании современных ОТС и процессов их функционирования концепция должна быть дополнена на основе использования не только теоретико-графовых, но и теоретико-множественных, лингвистических, гиперграфовых, метаграфовых, концептуальных графовых и других (обобщенных) структурных и концептуальных моделей. Кроме того, должны быть разработаны новые виды трансформаций таких моделей в числовые модели. Для этого необходимо разработать такие методы трансформации, как методы алгоритмизации обходов гипер- и метаграфов, методы определения ячеек дуг по ячейкам вершин, методов визуализации гипер- и метаграфов, визуализации алгоритмов на гипер- и метаграфах, механизмы хранения помеченных алгоритмизированных гипер- и метаграфов.

В дальнейшем концепция может быть расширена за счет использования других моделей, которые позволяли бы оценивать эффекты функционирования не только организационно-технических, но и организационных и социально-экономических систем.

Литература

1. *Багаутдинов З.З., Гейда А.С., Лысенко И.В.* Моделирование и оценивание эффективности комплекса мероприятий на основе алгебры нечетких чисел // Известия вузов. Приборостроение. 2008. №. 1. С. 12–23.
2. *Гейда А.С.* Метод сквозного использования универсальных языков моделирования в задачах стратегического аудита проектов // Новое в государственном управлении. Вып. 2. Методы и модели информационно-аналитического обеспечения системного аудита использования национальных ресурсов и управления по результатам / Под ред. А.А. Пискунова. Ростов-на-Дону, 2007. С. 98–116.

**Труды СПИИРАН. 2009. Вып. 11. ISBN 2078-9181 (печ.), ISSN 2078-9599 (онлайн)
SPIIRAS Proceedings. 2009. Issue 11. ISBN 2078-9181 (print), ISSN 2078-9599 (online)**

3. *Петухов Г.Б.* Основы теории эффективности целенаправленных процессов. Методология, методы, модели. М: Изд. МО СССР, 1989. 606 с.
4. *Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б.* Моделирование систем. Динамические и гибридные системы. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 224 с.
5. *Allemang D.* Semantic web for the working ontologist: modeling in RDF, RDFS and OWL. Amsterdam; Boston: Morgan Kaufmann Publishers / Elsevier, 2008. 352 p.
6. *Smith B.* Beyond Concepts: Ontology as Reality Representation // Proc. of Intern. Conf. on Formal Ontology and Information Systems, Turin, 4–6 November 2004. P. 73–84.
7. *Smith B.* Characteristica Universalis // Language, Truth and Ontology (Philosophical Studies Series), Dordrecht / Boston: Kluwer, 1992. P. 48–77.
8. *Chappell D.* Professional ebXML foundations. Berkeley Calif.: Apress, 2004. 697 p.
9. *Fishwick P.* Handbook of dynamic system modeling. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2007. 1024 p.
10. *Greasley A.* Enabling a simulation capability in the organisation. L.: Springer, 2008. 152 p.
11. *Gronback R.* Eclipse modeling project: a domain-specific language toolkit. Upper Saddle River NJ: Addison-Wesley, 2009. 736 p.
12. *Hebeler J.* Semantic Web programming. Indianapolis IN: Wiley, 2009. 648 p.
13. *Hruby P.* Model-driven design using business patterns. Berlin, N. Y.: Springer-Verlag, 2006. 388 p.
14. *Kalrath J.* Modeling languages in mathematical optimization. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2004. 440 p.
15. *Kelly S.* Domain-specific modeling: enabling full code generation. Hoboken N.J.: Wiley-Interscience; IEEE Computer Society, 2008. 427 p.
16. *Koller D.* Probabilistic graphical models: principles and techniques. Cambridge, MA: MIT Press, 2009. 1208 p.
17. *Marmaris H.* Algorithms of the intelligent Web. Greenwich CT: Manning, 2009. 368 P.
18. *Nilsson J.* Applying domain-driven design and patterns: with examples in C# and .NET. Upper Saddle River NJ: Addison-Wesley, 2006. 528 p.
19. *Watson M.* Scripting intelligence: Web 3.0 information gathering and processing. Berkeley CA; New York: Apress; Distributed to the book trade worldwide by Springer-Verlag New York, 2009. 392 p.
20. *Weilkiens T.* Systems engineering with SysML UML: modeling, analysis, design. Amsterdam; Boston: Morgan Kaufmann OMG Press/Elsevier, 2007. 320 p.
21. *Cui W.* A survey on graph visualisation. Clear Water Bay, Kowloon, Hong Kong. 145 p.

Гейда Александр Сергеевич — канд. техн. наук, доцент; старший научный сотрудник лаборатории информационно-аналитических технологий в экономике Учреждения Российской академии наук Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН). Область научных интересов: анализ и синтез организационно-технических, социально-экономических систем, оценивание эффективности их функционирования, потенциала организационно-технических и социально-экономических систем в условиях риска. Число научных публикаций — 57. Alex19650406@gmail.com; СПИИРАН, 14-я линия В.О., д.39, Санкт-Петербург, 199178, РФ; п.т. +7(812)328-3257, факс +7(812)328-4450.

Geyda Alexander Sergeevich — Ph.D. in Techniques, reader; senior researcher, Laboratory for Information-Analytic Technologies for Economics, Institution of the Russian Academy of Sciences St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS (SPIIRAS). Research interests: analysis and synthesis of techno-organizational, socio-economical systems, their

functioning efficiency estimation, estimation of techno-organizational, socio-economical systems capabilities under risk conditions. The number of publications — 57. Alex19650406@gmail.com; SPIIRAS, 39, 14th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)328-3257, fax +7(812)328-4450.

Рекомендовано лабораторией информационно-аналитических методов в экономике СПИИРАН, зав. лаб. И.В. Лысенко, д-р техн. наук, проф.
Статья поступила в редакцию 09.12.2009.

РЕФЕРАТ

Гейда А.С. **Оценивание эффектов функционирования организационно-технических систем: концепция автоматизации.**

Рассмотрены задачи исследования организационно-технических систем. Организационно-технические системы отличаются тем, что в их составе имеются эксплуатируемые технические устройства и люди, функционирующие в соответствии с предписаниями. Показано, что основой для успешного решения таких задач должно быть оценивание эффектов функционирования организационно-технических систем. Оценивание эффектов осуществляется с использованием моделей организационно-технических систем и процессов их функционирования. Вскрыт ряд особенностей практики построения таких моделей, показана необходимость автоматизации построения комплекса моделей организационно-технических систем и процессов их функционирования. Выполнена постановка задачи автоматизированного моделирования для оценивания эффектов. Выполнен обзор существующих программных комплексов, используемых для моделирования при решении различных задач в организационно-технических системах. Показаны недостатки существующих программных комплексов моделирования. Предложены принципы автоматизированного моделирования на основе использования графовых моделей. Предложенные постановка задачи и принципы автоматизированного моделирования позволили перейти к разработке концепции построения программного комплекса автоматизации моделирования. Приведена схема использования программного комплекса автоматизированного моделирования в рассматриваемых задачах с использованием теоретико-графовых моделей.

Рассмотрен пример программного комплекса автоматизированного моделирования, реализующего предложенные принципы и основанного на предложенной схеме использования программного комплекса. Разработанная концепция автоматизированного моделирования при решении ЗОЭ позволяет перейти к разработке проектов программного обеспечения автоматизированного моделирования при решении ЗОЭ. Такое программное обеспечение должно позволить выполнить автоматизированное моделирование функционирования ОТС, а затем оценить эффекты ее функционирования. Это станет основой для оценивания таких свойств, как эффективность функционирования ОТС, риск при ее функционировании, потенциал ОТС, безопасность ОТС, имеющих важнейшее значение при исследовании ОТС.

Чтобы использовать концепцию при исследовании современных ОТС, ее следует дополнить и расширить для применения на основе гипер- и метаграфовых моделей и др. В дальнейшем концепция может быть расширена за счет использования других моделей, позволяющих оценивать эффекты функционирования не только организационно-технических, но и организационных и социально-экономических систем.

SUMMARY

Geyda A.S. Effects of techno-organizational systems functioning estimation: concept of automation.

The class of techno-organizational systems research problems considered. Techno-organizational systems are differing in that they have maintained technical devices and the people functioning according to instructions in their structure.

It is shown that estimation of techno-organizational systems functioning effects should be a basis for the successful decision of problems mentioned.

Estimation of effects is carried out with use of techno-organizational systems models and models of processes of their functioning.

A number of practical features of such models construction considered, necessity of needed models construction automation is shown. Problem formulation of automated modeling for estimation of effects is carried out.

The review of modeling automation software, used for various problems solving with techno-organizational systems provided.

Lacks of existing software, intended for modeling at various techno-organizational systems problems solving are analyzed.

Principles of automated modeling by use of graph-theoretic models are offered.

Principles of automated modeling offered and the statement of a problem carried out have allowed to develop the concept of software construction for modeling automation.

Use case schema of software for automated modeling by use of graph-theoretic models is considered.

The example of automated modeling software project, based on offered principles and schema is considered. The concept of the automated modeling in effects estimating problems (EEP) developed allows starting software projects with goal to create applications for automated modeling during EEP solving.

Such software projects should allow to automate modeling of techno-organizational systems (TOS) functioning, and as a result, to estimate its effects.

They shall be a basis for estimation of efficiency of TOS functioning, risk, TOS potential, TOS safety, which have the major value at TOS research processes.

For practical use at modern TSO the concept should be expanded with usage of hypergraphs, metagraphs and other structural models alike.

The concept can be expanded further at the expense of use of other models, especially ones allowing to estimate not only techno-organizational systems effects of functioning, but also organizational, social and economic systems effects of functioning.