

**СОЗДАНИЕ СИТУАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ****К. А. Аксенов, Н. В. Гончарова, Е. Ф. Смолий (Екатеринбург)****Текущее состояние в области ситуационного моделирования**

Основоположниками в области ситуационного моделирования являются Ю. И. Клыков и Д. А. Пospelов. В статье будем придерживаться определения ситуации, данного в работе [1]: Ситуация системы есть оценка (анализ, обобщение) совокупности характеристик объектов и связей между ними, которые состоят из постоянных и причинно-следственных отношений, зависящих от произошедших событий и протекающих процессов.

Принцип *ситуационного управления* описан в работе [1] и базируется на понятии *полной ситуации* как совокупности, состоящей из состояния (текущей ситуации), знаний о состоянии системы управления в данный момент и знаний о технологии управления. Элементарный акт управления может быть представлен в следующем виде [1]:

$$S_i : Q_j \xrightarrow{U_k} Q_i, \quad (1)$$

где  $S_i$  – полная ситуация;

$Q_i$  – новая ситуация;

$Q_j$  – текущая ситуация;

$U_k$  – способ воздействия на объект управления (*одношаговое решение*).

Смысл этого соотношения заключается в следующем [1]: если на объекте управления сложилась ситуация  $Q_j$  и состояние системы управления и технологическая схема управления, определяемые  $S_i$ , допускают использование воздействия  $U_k$ , то оно применяется, и текущая ситуация  $Q_j$  превращается в новую ситуацию  $Q_i$ . Подобные правила преобразования называются *логико-трансформационными правилами* (ЛТП) или *корреляционными правилами*. Полный список ЛТП задает возможности системы управления воздействовать на процессы, протекающие в объекте. Очевидно, что в силу конечности числа различных воздействий все множество возможных полных ситуаций распадается на  $n$  классов, каждому из которых будет соответствовать одно из возможных воздействий на объект управления.

По назначению системы ситуационного моделирования делятся на три основных класса [1]: системы ситуационного отображения информации, системы динамического моделирования ситуаций (СДМС) и аналитические ситуационные системы.

В настоящее время существуют лишь единичные разработки в области СДМС: экспертная система реального времени G2 (Gensym) [2-6] и полиграфическая система ситуационного моделирования [1]. В предметной области процессов преобразования ресурсов в настоящее время СДМС не выявлено, поэтому ее создание является важной и актуальной задачей.

**Ситуационная динамическая модель процессов преобразования ресурсов**

Данная работа является одним из направлений развития теории процессов преобразования ресурсов [7–9]. С точки зрения ситуационного управления процесс преобразования ресурсов будем представлять в графическом виде (рис. 1). В целом можно отметить, что подход к моделированию процессов, используемый авторами теории процессов преобразования ресурсов, близок к подходу рассмотрения процесса в виде полюсника (группы полюсников), используемому Ю.И. Клыковым [10].

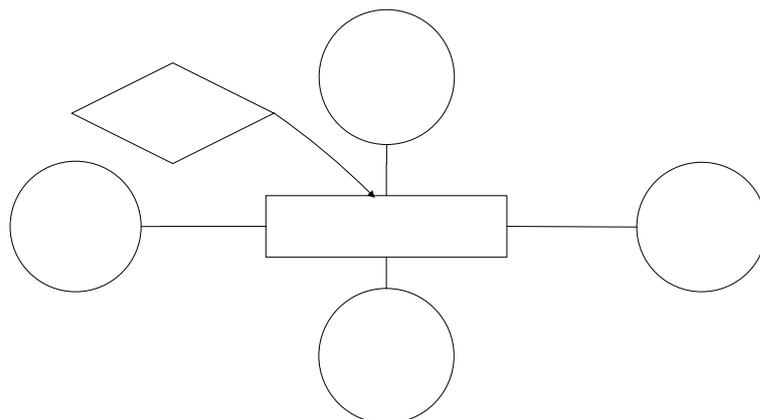


Рис. 1. Ситуационное представление процесса преобразования ресурсов

Под элементом «управление» процесса преобразования ресурсов будем понимать набор управляющих воздействий (команд). Условие запуска определяет момент запуска ППР на основании: состояния процесса преобразования, входных и выходных ресурсов, стартующих (запускающих преобразование) команд управления, средств, с помощью которых осуществляется преобразование (далее «средств») и других событий, возникающих во внешней среде процесса. В момент запуска определяется время выполнения преобразования на основании параметров команды управления и имеющихся ресурсных ограничений.

Согласно принципам создания ситуационных динамических моделей, изложенным Ю.И. Клыковым [10], при построении сложных моделей управления целесообразно строить иерархические модели уровней управления, причем на каждом вышележащем уровне формируются команды для нижележащего уровня. Определяющий момент построения моделей сложных процессов преобразования ресурсов – возможность иерархического представления структуры процесса. Для решения этой задачи в [7–9] был успешно применен аппарат системных графов высокого уровня интеграции [11–12].

Для реализации ситуационной модели, ориентированной на динамическое моделирование процессов преобразования ресурсов, в модель были введены следующие объекты: цели, команды управления (определяют множество запускаемых процессов и операций), ситуации.

Таким образом, основными объектами ситуационного ППР являются: операции ( $Op$ ), ресурсы ( $RES$ ), команды управления ( $U$ ), средства ( $MECH$ ), процессы ( $PR$ ), источники ( $Sender$ ) и приемники ресурсов ( $Receiver$ ), перекрестки ( $Junction$ ), параметры ( $P$ ), цели ( $A$ ), ситуации ( $S$ ), причинно-следственные связи ( $Relation$ ).

Элементарной операцией ситуационного процесса преобразования ресурсов ( $Op_k$ ) соответствует следующая структура:

$$Op_k = \langle f, in, out, u, h_{Op}, g_{Op}, c_a, mech, Status_{Op}, time, prior, kind\_prior, break\_off \rangle, \quad (2)$$

где  $f$  – функция, реализуемая операцией;  $in = \{in_1, \dots, in_n\}$  – множество входов различных типов;  $out = \{out_1, \dots, out_m\}$  – множество выходов,  $out = f(in)$ ;  $u = \{u_1, \dots, u_z\}$  – множество команд управления;  $h_{Op} = \{h_{Op}^1, \dots, h_{Op}^k\}$  – характеристики операции;  $g_{Op}$  – цели операции (требуемые значения характеристик операции),  $g_{Op} \subseteq h_{Op}$ ;  $c_a$  – условие запуска операции;  $mech = \{mech_1, \dots, mech_q\}$  – средства преобразования;  $Status_{Op} = \{wait, active, lock, done\}$  – состояние операции, определенное на конечном множестве состояний:  $wait$  – ожидание,  $active$  – выполнение,  $lock$  – прерывание,  $done$  – выполнена;  $time$  – длительность выполнения преобразования;  $prior$  – приоритет операции (задает очередность выполнения операций, может быть описан постоянной величиной или функцией, т.е. быть

статическим или динамическим);  $kind\_prior$  – тип приоритета (относительный, абсолютный);  $break\_off = \{true, false\}$  – признак запрета прерывания, если «true» – правило не может прерываться.

Условие запуска ( $c_a$ ) задается следующим образом:

$$C_a(t) = C_a^{in}(t) \wedge C_a^{out}(t) \wedge C_a^u \wedge C_a^{mech}(t) \wedge C_a^{status}(t) \wedge C_a^{time}(t), \quad (3)$$

где  $C_a^{in}$  – условие наличия необходимых входных ресурсов;  $C_a^{out}$  – условие учета ограничений выхода;  $C_a^u$  – условие наличия разрешающих команд управления;  $C_a^{mech}$  – условие готовности необходимых средств;  $C_a^{status}$  – условие готовности к исполнению;  $C_a^{time}$  – условие запуска по времени.

Переход операции в состояние «выполнение» сопровождается выполнением действий по захвату входных ресурсов  $A_{in}^{RES}$  и средств  $A_{in}^{MECH}$ . Находясь в состоянии «выполнение», операция может перейти в состояние «прерывание». Операция может быть прервана для того, чтобы обеспечить выполнение другой операции. Переходя в состояние «прерывание», операция запоминает момент остановки и освобождает захваченные средства  $A_{Lock}^{MECH}$ .

В течение состояния «прерывания» проверяется наличие свободных средств  $C_a^{mech}(t)$ . Операция находится в состоянии «прерывания» до тех пор, пока не освободятся необходимые средства. В случае  $C_a^{mech}(t)=true$  операция переходит в состояние «выполнение»: захватываются средства  $A_{UnLock}^{MECH}$  и продолжается выполнение.

Операция находится в состоянии «выполнение», пока  $t < t_{End}^k$ , где  $t_{End}^k$  – момент окончания  $k$ -й операции. При выполнении условия  $t = t_{End}^k$  операция переходит в состояние «ожидание». Данный переход сопровождается действиями по формированию выходных ресурсов  $A_{out}^{RES}$  и освобождением захваченных средств  $A_{out}^{MECH}$ .

Алгоритм имитатора состоит из следующих основных этапов: определения текущего момента времени  $SysTime = \min_{j \in RULE} T_j$ ; диагностирование текущих ситуаций,

выработка команд управления, формирование очереди правил преобразования; выполнение правил преобразования и изменение состояния рабочей памяти (ресурсов и средств). Для диагностирования текущих ситуаций и выработки команд управления имитатор обращается к модулю экспертной системы (ЭС). Для представления знаний о предметной области был использован аппарат фреймов [13, 14].

### Описание системы ситуационно-имитационного моделирования

За основу построения системы ситуационно-имитационного моделирования была взята проблемно-ориентированная система имитационного моделирования (СИМ) BPsim. Подобный подход к созданию СДМС был применен А.Ю. Филипповичем [1], когда СДМС была построена (расширена) на базе проблемно-ориентированной СИМ допечатных процессов [15].

Для описания в СДМС имитационных моделей процессов преобразования ресурсов используется механизм иерархических графов (рис. 2).

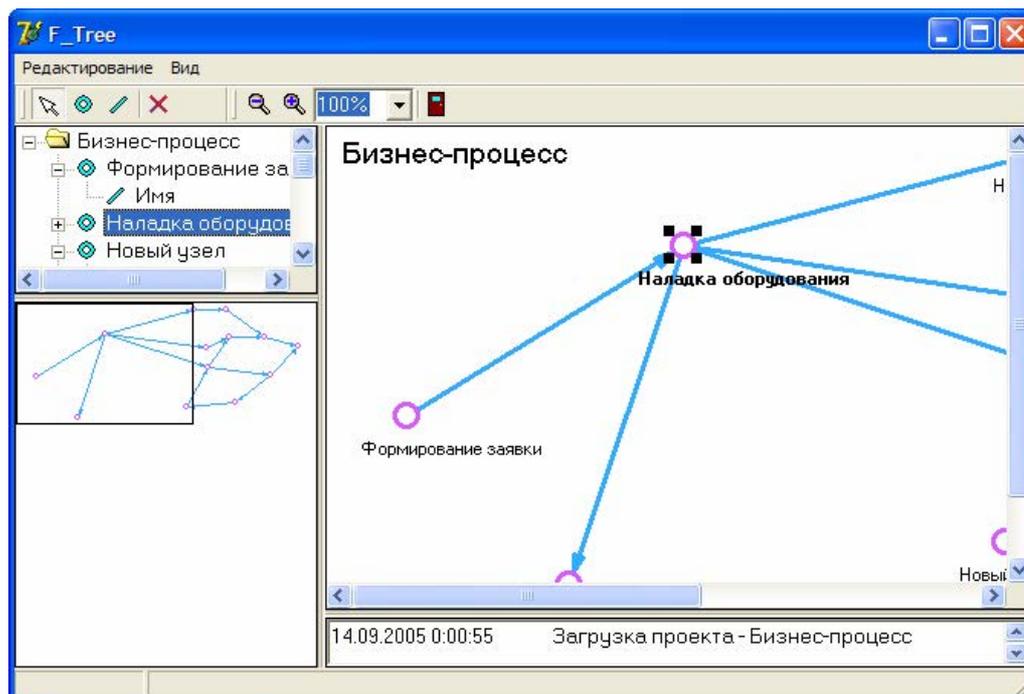


Рис. 2. Визуальное представление процесса в СДМС

База знаний ЭС реализована в СУБД MS SQL Server. Визуальный интерфейс оболочки и сама ЭС разработана с помощью Delphi 7. Созданная оболочка ЭС поддерживает следующие функции: 1) конструирует фреймовые модели, позволяющие хранить информацию о предметной области; 2) модифицирует данные о предметной области; 3) изменяет структуру данных о предметной области; 4) поддерживает операции обработки данных и логического вывода при любой допустимой структуре фреймовой модели, с использованием языка Transact-SQL; 5) изменяет структуру данных под воздействием своих данных.

### Применение системы моделирования

Для исследования возможностей созданной СДМС выбрана задача построения прогноза рейтинга факультета в смотре-конкурсе по организации научно-исследовательской работы студентов (НИРС). Для данной предметной области выявлены основные параметры, влияющие на решение задачи прогнозирования состояния рейтинга, и причинно-следственные связи между ними, а также создана имитационная модель организации НИРС. В результате проведенного системного анализа данной предметной области и текущего состояния организации НИРС факультетов Уральского государственного технического университета (УГТУ-УПИ), а также имитационных экспериментов удалось выработать и реализовать соответствующие управленческие решения, позволившие Радиотехническому институту занять первое место по организации НИРС в 2004/05 учебном году и второе место на выставке научно-технического творчества студентов УГТУ-УПИ.

### Выводы

Разработанная система динамического моделирования ситуаций процессов преобразования ресурсов базируется на аппарате дискретно-событийного имитационного моделирования процессов преобразования ресурсов и интегрирована с интеллектуальным компонентом (экспертной системы).

## Литература

1. **Филиппович А. Ю.** Интеграция систем ситуационного, имитационного и экспертного моделирования. – М.: ООО Эликс+, 2003. – 300 с.
2. Статические и динамические экспертные системы: Учеб. пособие/Э.В. Попов, И.Б. Фоминых, Е.Б. Кисель, М.Д. Шапот. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 320 с.
3. Курс ReThink. Конспект лекций. – М.: АО «АРГУССОФТ КОМПАНИЯ» 1996. – 87 с.
4. **Клебанов Б. И., Пищулов В. М., Подкорытов Е. М., Аксенов К. А., Хренов А. А.** Система мониторинга движения средств областного бюджета//Новые устройства и системы автоматики и связи: Сборник науч. тр. – Екатеринбург: УрГУ ПС, 2001. – С. 3–18.
5. **Клебанов Б. И., Подкорытов Е. М., Аксенов К. А., Хренов А. А.** Система контроля и прогнозирования исполнения областного бюджета//Управляющие и вычислительные системы. Новые технологии. Сб.– Вологда: ВГТУ, 2000. – С. 208–209.
6. **Подкорытов Е. М., Аксенов К. А., Хренов А. А.** Комплекс работ. Система мониторинга движения средств областного бюджета (реализация средствами G2). Подсистема накопления и верификации информации о платежах//Областной конкурс научн.-исслед. работ студентов вузов: сборник аннотационных работ. – Екатеринбург: УГТУ, 2000. – С. 19–20.
7. **Аксенов К. А., Клебанов Б. И., Смолий Е. Ф.** Проблемно-ориентированная система имитационного моделирования процессов преобразования ресурсов//1-й Международный Евро-Азиатский форум «СВЯЗЬ-ПРОМ-ЭКСПО». – Екатеринбург, 2004. – С. 40–51.
8. **Аксенов К. А., Клебанов Б. И.** Принципы построения системы имитационного моделирования процессов преобразования ресурсов VPsim//Материалы первой всероссийской научн.-практ. конф. ИММОД-2003. – СПб., 2003. –Т. 1. – С. 36–40.
9. **Aksyonov K., Klebanov B., Hrenov A.** Computer-aided design system of simulation business process model//Proceedings of the 4<sup>th</sup> IMACS Symposium on Mathematical Modeling, ARGESIM Report no. 24. – Austria, Vienna University of Technology. 2003. – P. 1414–1420.
10. **Клыков Ю. И.** Ситуационное управление большими системами. – М.: Энергия, 1974. – 136с.
11. Имитационное моделирование производственных систем/Под общ. ред. А. А. Вавилова. – М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1983. – 416 с.
12. Технология системного моделирования/Е. Ф. Аврамчук, А. А. Вавилов, С. В. Емельянов и др.; Под общ. ред. С. В. Емельянова и др. – М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988. – 520 с.
13. Представление и использование знаний: Пер. с япон./Под ред. Х. Уэно, М. Исидзука. – М.: Мир, 1989. – 220 с.
14. **Филиппович А., Шапиро И.** Система имитационного моделирования допечатных процессов.