



## О НОВОМ ФОРМАЛИЗОВАННОМ МЕТОДЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ЗНАНИЙ

**С.И. МАТОРИН  
А.Г. ЖИХАРЕВ**

*Белгородский  
государственный  
университет*

*e-mail: matorin@bsu.edu.ru*

Рассматриваются недостатки традиционных способов представления знаний и новый метод представления знаний о деятельности организации, основанный на оригинальном системном графоаналитическом подходе «Узел-Функция-Объект» (УФО-подходе), а также способ формализации знаний, представляемых с помощью УФО-подхода, на основе теории паттернов и исчисления процессов. Также рассматривается соотношение теории процессов и теории паттернов в рамках подхода «Узел – Функция – Объект».

Ключевые слова: УФО-подход, формализованное представление знаний, модель знаний, продукционная модель, фреймовая модель, логическая модель, теория процессов, теория паттернов.

### Введение

В компьютерных системах существует множество способов представления знаний как традиционных, так и недавно разработанных. Например, в интеллектуальных системах для представления знаний о предметной области традиционно используются модели знаний, описанные ниже.

Продукционная модель (наиболее распространена в приложениях). Достоинством продукционной модели является удобство вывода, недостатком – представление только процедурных знаний.

Семантическая сеть. Достоинство семантических сетей – наглядность представления понятийных знаний, с их помощью удобно представлять причинно-следственные связи между элементами знаний, а также структуру сложной системы знаний. Недостаток таких сетей – сложность вывода, поиска подграфа, соответствующего запросу.

Фреймовая модель представления знаний удобна для описания структуры и характеристик однотипных объектов (процессов, событий), описываемых фреймами – специальными ячейками (шаблонами) фреймовой сети. Достоинством и одновременно недостатком фреймовых моделей является их ориентированность на описание стандартных типовых ситуаций.

Логическая модель. Такая модель удобна для представления логических взаимосвязей между фактами, однако она весьма ограничена по своим возможностям в связи с тем, что использует только формальные системы для описания знаний.

Несмотря на большие возможности традиционных способов представления знаний, они, кроме упомянутых недостатков, не позволяют полностью структурировать знания в визуальной графической форме, что значительно облегчало бы работу с ними.

При этом в последнее время всё чаще возникают работы в самых разных предметных областях, излагающие свой материал в графической форме. Производит впечатление значительный объём графического материала во всех этих работах, который играет в них ту же серьёзную роль, что и традиционный текст на естественном языке. Например, специалисты в области бизнес-практики отмечают, что визуальная графоаналитическая модель бизнес-процесса представляет собой знания об организационно-деловых и производственно-технологических процессах. Целесообразность рассмотрения визуального бизнес-моделирования как способа представления знаний обусловлена его широким использованием для решения задач управления знаниями в организациях. Реализуя концепцию управления знаниями, используемыми в процессе такого моделирования, организация значительно повышает свою конкурентоспособность [1].





Именно поэтому создание нового способа представления организационных знаний, который бы позволил в графической форме представлять знания и их эффективно использовать, не сталкиваясь с недостатками традиционных моделей, является актуальным.

*Разработка формальных основ нового способа представления знаний.*

Известные визуальные графоаналитические способы функционального (системно-структурного), а также объектного моделирования бизнес-систем и процессов ориентированы либо на описание процессов и связывающих их потоков, либо на описание классов и объектов без учёта материальных и информационных потоков. В связи с этим для решения задачи создания нового способа представления знаний, компенсирующего недостатки как традиционных моделей, так и системно-структурного и объектного подходов, предлагается использовать оригинальный системный (системно-объектный) подход, с помощью которого любая система может быть представлена в виде триединой конструкции «Узел-Функция-Объект» (УФО-элемента).

В рамках данного подхода «узел» рассматривается как точка пересечения входных и выходных связей (потоков) в структуре разрабатываемой системы, «функция» – как процесс перевода входа в выход, т.е. процесс, обеспечивающий баланс «втекающих» и «вытекающих» потоков/связей данного узла, «объект» – как субстанция, реализующая данную функцию. УФО-элементы, собранные в различные конфигурации, образуют диаграммы взаимодействия элементов, которые позволяют визуализировать функциональность элементов системы более высоких уровней. Таким образом, разрабатываемая система представляется в виде иерархии УФО-элементов. Данное представление позволяет учесть различные аспекты рассмотрения этой системы (структурные, функциональные, объектные) в одной системно-объектной модели – УФО-модели [2].

С помощью УФО-подхода могут быть интегрированы особенности различных традиционных методов представления знаний. Это объясняется тем, что моделирование систем с учетом их узловых характеристик есть, по сути, представление знаний о них в виде семантической сети. Моделирование систем с учетом их функциональных характеристик может осуществляться с использованием продукций или логики предикатов, моделирование систем с учетом их объектных характеристик – с помощью фреймов. Таким образом, в УФО-модели, представляющей собой совокупность взаимосвязанных узлов с функциями, для которых определены объекты, объединены и связаны (т.е. интегрированы) между собой три способа представления знаний. Данная интеграция может быть обеспечена, например, в результате учета в слотах фреймов (описывающих объекты) продукций (описывающих функции) и связей между узлами. Это позволит компенсировать недостатки отдельных способов представления знаний и повысит достоверность вывода [3].

Рассмотрим, как могут быть формально описаны процедуры синтеза и анализа систем с учетом подхода к системе как к «Узлу-Функции-Объекту».

В теории паттернов под образующей  $g$  понимается неприводимый именованный объект, принадлежащий множеству  $G$ , который обладает некоторыми признаками  $\alpha$ , а также входящими и выходящими связями (в свою очередь характеризующимися некоторыми показателями  $\beta$ ), и используется при построении комбинированных объектов (конфигураций). Для построения (агрегации, синтеза) регулярных конфигураций  $z$  из образующих (или других конфигураций) используется бинарный оператор, обеспечивающий попарное присоединение связей образующих (или внешних связей конфигураций) в соответствии с их показателями. Вводится он следующим образом. Для двух конфигураций (образующих)  $z_1$  и  $z_2$  существуют множества  $V(z_1)$  и  $V(z_2)$ , элементы которых являются внешними связями соответствующих конфигураций (образующих). Из связей, составляющих названные множества, можно образовать список  $\sigma_{12}$  попарных соединений этих связей. Объединенную конфигурацию (или комбинацию образующих) можно обозначить через  $z_1\sigma_{12}z_2$ , причем (в соответствии с принятой в теории паттернов манерой обозначений):





$$\begin{aligned} \text{состав } (z1\sigma12z2) &= \text{состав } (z1) \cup \text{состав } (z2), \\ \text{структура } (z1\sigma12z2) &= \text{структура } (z1) \cup \text{структура } (z2) \cup \sigma12. \end{aligned}$$

С точки зрения подхода к системе как «Узлу-Функции-Объекту» (УФО-подхода), попарные соединения возможны только в случае одноименных связей в соответствии с правилом присоединения, присущим данному подходу. Кроме того, в рамках данного подхода действуют также правило баланса (обеспечение баланса «притока» и «оттока» по входящим и выходящим функциональным связям УФО-элемента) и правило реализации (обеспечение соответствия характеристик субстанции УФО-элемента его функции). Это позволяет формально описать результаты синтеза (агрегации) УФО-элементов (как образующих) в конфигурацию за счет предварительного введения следующих обозначений. Следует отметить, что с помощью паттернов удается описать лишь узлы, что же касается функции, то об этом пойдет речь далее.

Если рассматривать процесс Р как набор  $(S, s^o, R)$ , то можно заметить, что множество S эквивалентно составу конфигурации,  $s^o$  – может быть любой из возможных образующих, составляющих конфигурацию, а множество R эквивалентно структуре конфигурации, т.е. множеству всех попарно соединенных связей. Поэтому с помощью теории процессов можно описать УФО-элемент, представленный на рис. 2.1, следующим образом: примем за начальное состояние процесса Р УФО-элемент  $p_1$ , тогда:

$S = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p\_in, p\_out\}$ , где  $p\_in$  и  $p\_out$  состояния процесса соответствующие входам и выходам УФО-элемента Р,  $s^o = p_1$ ;

$R = \{l_1, l_2, l_3, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7, l_8, l_9, l_{10}\}$ , где (в соответствии с теорией процессов):

- $l_1 = (p\_in, l_1, p_1)$ ;
- $l_2 = (p\_in, l_2, p_1)$ ;
- $l_3 = (p\_in, l_3, p_5)$ ;
- $l_4 = (p_2, l_4, p\_out)$ ;
- $l_5 = (p_4, l_5, p\_out)$ ;
- $l_6 = (p_1, l_6, p_5)$ ;
- $l_7 = (p_5, l_7, p_4)$ ;
- $l_8 = (p_1, l_8, p_3)$ ;
- $l_9 = (p_3, l_9, p_4)$ ;
- $l_{10} = (p_3, l_{10}, p_2)$ ;
- $l_3 = (p_4, l_3, p_2)$ .

Для полного описания функции узла с помощью теории процессов необходимо в описание добавить интерфейсные подпроцессы и переходы. Интерфейсными мы будем называть те состояния и переходы, которые связывают текущий процесс с внешним миром, т.е. рассматривая пример процесса, представленного на рис. 2.1, интерфейсными называем процессы  $p_1, p_2, p_5, p_4$ , так как они обеспечивают для рассматриваемого процесса связи с «внешним миром», аналогично интерфейсными будут связи  $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5$ . Тогда представление функции Р будет выглядеть следующим образом:

$$P = (S, R, r^o, s^o),$$

S – множество подпроцессов процесса,  $S = S \cup s^o$ , где  $s^o$  это множество интерфейсных подпроцессов, причем  $s^o = s^{in} \cup s^{out}$ . Для нашей функции множество  $s^o = (p_1, p_2, p_5, p_4)$ , R – множество переходов, причем  $r^o \subseteq R$  – множество интерфейсных переходов процесса, соответствующего функции Р и  $r^o = r^{in} \cup r^{out}$ .

Рассмотрев УФО-элемент как конфигурацию, мы смогли описать УФО-элемент со всеми его «внутренностями» с помощью теории процессов, поэтому можно говорить о возможности интеграции двух математических теорий, за счет чего появляется возможность использовать теорию процессов для формализованного описания знаний с помощью подхода «узел-функция-объект», так как данная теория располагает большим аппаратом инструментальных возможностей, предназначенных для работы с процессами.



Таким образом, совместив теорию паттернов и теорию процессов, можно формализовать знания, представляемые с помощью УФО-подхода для дальнейшего их удобного представления, хранения и обработки.

Создание универсального метода представления знаний предполагает единообразное описание различных способов представления знаний с помощью единого математического аппарата. В настоящее время, по мнению авторов, для создания такого аппарата может быть использована теория паттернов Гренандера, а также исчисление процессов (Calculus of Communication Systems) Милнера и исчисление объектов Абади. Обоснование возможности создания требуемого аппарата на основе упомянутых математических теорий представлено в табл. 1. В скобках написаны наши комментарии.

Применение теории паттернов (алгебры изображений) для формализации УФО-подхода позволило описать процедуры синтеза и анализа систем с точки зрения их узловых (структурных) характеристик [4].

Таблица 1

**Соответствие понятий УФО-подхода  
с понятиями алгебраических аппаратов**

Основные понятия УФО-подхода	Основные понятия теории паттернов и их связь с понятиями УФО-подхода	Алгебраические аппараты и их связь с понятиями УФО-подхода
Узел: перекресток входящих и выходящих связей	Изображение (определение): класс эквивалентности, индуцированный на множестве конфигураций, который содержит информацию относительно несоединенных (внешних) связей конфигураций  (таким образом, с помощью понятия теории паттернов «изображение» можно формализовать понятие УФО-подхода «узел».)	Алгебра изображений (теория паттернов)  Определена на множестве регулярных конфигураций, на котором заданы преобразования подобия и операторы присоединения и аннигиляции [5]  (если изображение представляет собой узел, то алгебра изображений позволяет формально описать взаимодействие систем в целом, которое и осуществляется, собственно, на уровне узлов. Таким образом, алгебра изображений это алгебра для узлов!!!)
Функция: процесс преобразования входа в выход	Конфигурация (определение): комбинация образующих, получающаяся при соединении их связей  (при этом данная комбинация зависит только от связей образующих, т.е., по сути дела, это комбинация не образующих, а комбинация изображений!!!)  Конфигурация в теории паттернов, кроме того, рассматривается как формула функции, задаваемой изображением (таким образом, конфигурация представляет собой описание процесса, т.е. описание функции, с точки зрения УФО-подхода.)	Исчисление процессов (CCS)  Процесс P есть тройка: (S, so, R), представляющая процессный граф, в котором, S – множество состояний процесса, so ∈ S – начальное состояние, R – множество переходов в S путем выполнения некоторых действий. (S,R)- размеченная система переходов над множеством действий Act(P) Множество действий Act (входных – α?, выходных – α!, внутренних – ατ), которые интерпретируются как ввод, вывод или передача объекта с именем действия [6]  (если процессный граф рассматривать как конфигурацию, в которой состояниям процесса соответствуют образующие / изображения, а





Продолжение табл. 1

		переходам с выполнением действий соответствуют связи/потоки, то алгебру процессов можно рассматривать как средство формального описания систем в виде конфигураций, т.е. на уровне функций. Таким образом, алгебра процессов это алгебра для функций!!!)
Объект: субстанция, реализующая функцию и занимающая данный функциональный узел	Образующая (определение): объект (именованный), обладающий некоторыми признаками $\alpha$ , а также входящими и выходящими связями (в свою очередь характеризующимися некоторыми показателями $\beta$ )  (таким образом, с помощью понятия теории паттернов «образующая» может формализовать понятие УФО подхода «объект»)	Исчисление объектов  Объект $O$ – это набор полей и методов. Использование метода объекта – вызов метода, изменение метода – переопределение. Поле – частный случай метода (константный метод).  (таким образом, стоит задача описания с помощью исчисления объектов образующей теории паттернов)

Настоящее исследование направлено на обеспечение возможности формального описания функциональных (процессных) характеристик систем как УФО-элементов. Для этого используется исчисление процессов (CCS) Милнера. По аналогии с данным исчислением введем понятие функции УФО-элемента.

Функция  $F$  есть тройка  $(S, s^0, R)$ , где  $S$  – множество подпроцессов процесса, соответствующего функции  $F$ ,  $s^0 \subset S$  – множество интерфейсных подпроцессов (причем  $s^0 = s^? \cup s!$ ),  $R$  – множество переходов в  $S$ , осуществляемых путем передачи, ввода и вывода объектов:  $s_i \xrightarrow{\alpha\tau_i} s_j$ . Т.е. по аналогии с исчислением процессов рассматривается размеченная система переходов  $(S,R)$  над множеством потоков  $Act(F)$ . Элементы множества  $Act$ -потоков (входных –  $\alpha?$ , выходных –  $\alpha!$ , внутренних –  $\alpha\tau$ ), соответствующего множеству действий в исчислении процессов, также интерпретируются как ввод, вывод или передача объекта с именем потока. При этом в данном случае (на уровне описания функций) нас интересуют только внутренние потоки, так как внешними (входными и выходными) потоками занимается алгебра изображений теории паттернов.

Представленное формальное понимание функции УФО-элемента позволяет использовать для математического описания функциональных характеристик систем (с точки зрения УФО-подхода) понятия исчисления процессов, что показано в табл. 2.

Таблица 2

Соответствие операций на процессах и функциях

Исчисление процессов (CCS)	Исчисление функций (УФО-подход)
Пустой процесс: $NIL = (\{s^0\}, s^0, \emptyset) = 0$	Пустая функция: $(\{s^0 \in S\}, \{s^0 \in s^0\}, \emptyset) = 0$
Трасса (протокол) процесса $P$ : последовательность элементов $a_1, a_2, \dots$ множества действий $Act(P)$ , для которой существует последовательность состояний $s_0, s_1, s_2, \dots$ такая, что для любого $i$ : $s_i \xrightarrow{a_{i+1}} s_{i+1}$ .	Трасса (протокол) функции $F$ : последовательность элементов $a_1, a_2, \dots$ множества потоков $Act(F)$ (причем только вида $\alpha\tau$ ), для которой существует последовательность подпроцессов $s_0, s_1, s_2, \dots$ такая, что для любого $i$ : $s_i \xrightarrow{a_{i+1}} s_{i+1}$ .



Продолжение табл. 2

Префиксное действие: $\alpha .P = (S \cup \{so' \notin S\}, so', R \cup \{so', \alpha, so\})$	Префиксное действие: $s?.F = (S \cup \{s?' \notin S\}, \{s?' \in so\}, R \cup \{s?', \alpha, \{si \in S\}\})$ Постфиксное действие: $s!.F = (S \cup \{s!' \notin S\}, \{s!' \in so\}, R \cup \{\{si \in S\}, \alpha, s?' \})$
Альтернативная композиция: $P1 + P2 = (S1 \cup S2 \cup \{so' \notin S1 \cup S2\}, so', R1 \cup R2 \cup \{so', \alpha, s1 \in R1\} \cup \{so', \alpha, s2 \in R2\})$	Альтернативная композиция: $F1 + F2 = (S1 \cup S2 \cup \{so' \notin S1 \cup S2\}, \{so' \in s?\}, R1 \cup R2 \cup \{so', \alpha, s1 \in R1\} \cup \{so', \alpha, s2 \in R2\})$

### Примеры формализованного представления знаний

Рассмотрим примеры использования предложенного исчисления функций, аналогичного исчислению процессов (CCS), для формализации знаний, представляемых с помощью УФО-подхода.

Например, рассмотрим сетевую модель знаний в нотации УФО-подхода, представляющую иерархию понятий (рис. 1).

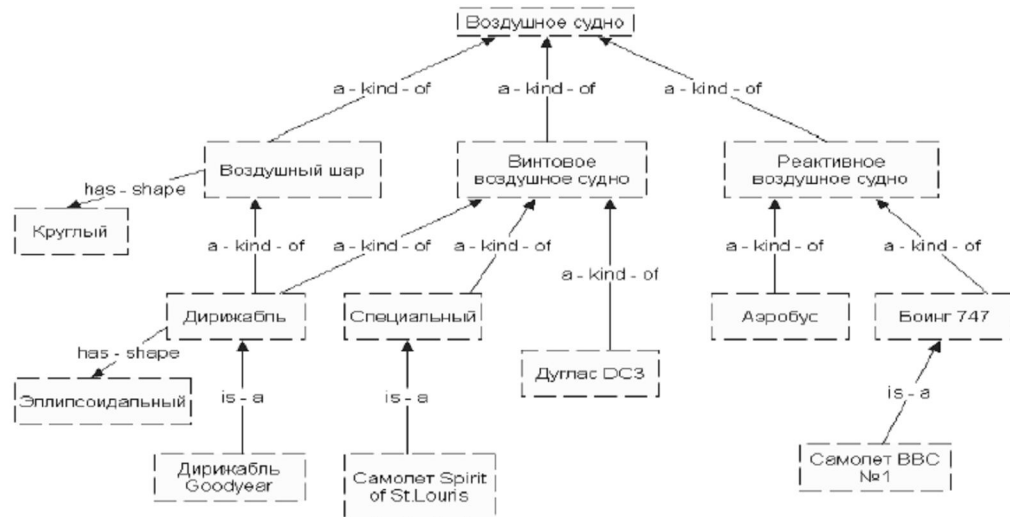


Рис. 1. Сетевая модель иерархии понятий в нотации УФО-подхода

С точки зрения УФО-подхода представленную на рис. 1 сетевую модель иерархии понятий можно рассматривать как введенную выше формально функцию  $F$  (по аналогии с процессом с точки зрения CCS). Трассой данной функции будет конечная последовательность потоков этой функции –  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_N$  такая, что существует последовательность подпроцессов этой функции –  $so, s_1, s_2, \dots, s_N$ , обладающая следующими свойствами –  $so$  отвечает начальному подпроцессу функции, т.е. одному из интерфейсных (входных) подпроцессов из множества  $so$  для каждого  $i \geq 1$  множество  $R$  содержит переход  $si \xrightarrow{a_{i+1}} si+1$ . Можно заметить, что в данном случае множество всех трасс является множеством всех возможных логических выводов, т.е. например трасса – *самолет SSL*  $\xrightarrow{is-a}$  *специальный*  $\xrightarrow{a-kind-of}$  *винтовой*  $\xrightarrow{a-kind-of}$  *воздушное судно* – представляет собой заключение о том, что самолет «Spirit of St. Louis» – это объект типа «Специальное винтовое воздушное судно».



В качестве другого примера рассмотрим фреймовую модель знаний в нотации УФО-подхода, представляющую описание фрагмента расписания занятий в учебном заведении (рис. 2).

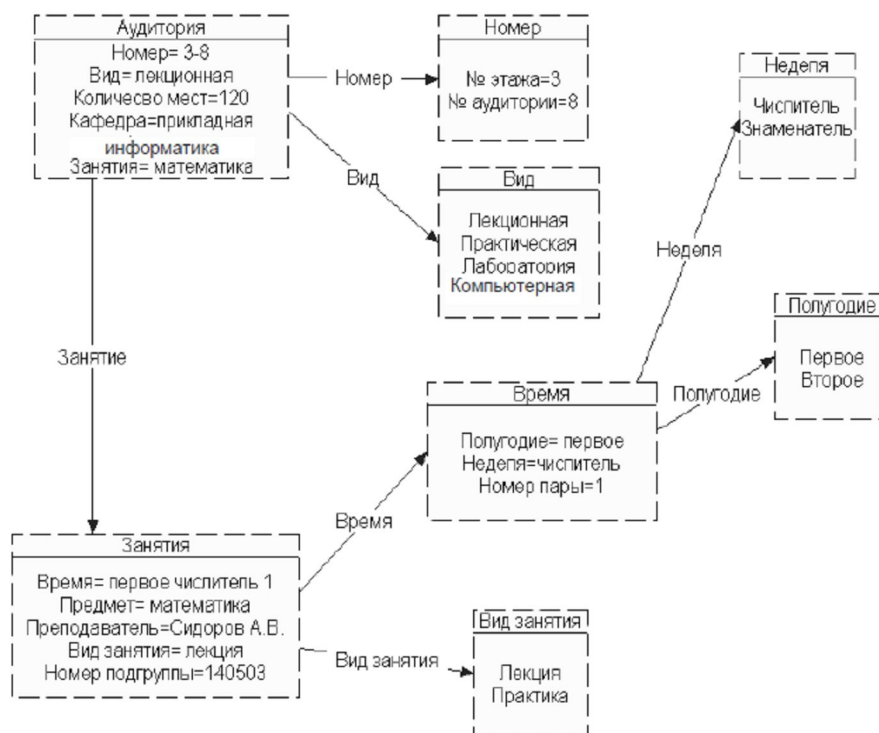


Рис. 2. Фрагмент фреймовой сети в нотации УФО-подхода

С точки зрения УФО-подхода, представленную на рис. 2 фреймовую модель также можно рассматривать как введенную выше формально функцию F (по аналогии с процессом с точки зрения CCS). При этом интерфейсным (входным) подпроцессом  $so$  будет подпроцесс, соответствующий фрейму «аудитория». Операция префиксное действие, представляющая собой добавление нового интерфейсного (входного) подпроцесса и внутреннего потока к данной функции (т.е. перехода), будет описывать добавление к модели фрейма и соответствующей связи.

Например, если необходимо в рассматриваемой фреймовой модели учесть описание корпуса некоторого учебного заведения, то это можно сделать путем добавления фрейма «корпус» со слотами «аудитория», «заведующий», «общая площадь», связанными с фреймом «аудитория». С точки зрения предлагаемого выше исчисления функций, это добавление есть префиксное действие по отношению к данной функции, в результате которого к множеству подпроцессов добавился входной подпроцесс, соответствующий фрейму «Корпус», а к множеству переходов – R, новый переход, внутренний поток которого удобно обозначить как «Аудитория». В результате получим следующую фреймовую модель в нотации УФО-подхода (рис. 3).



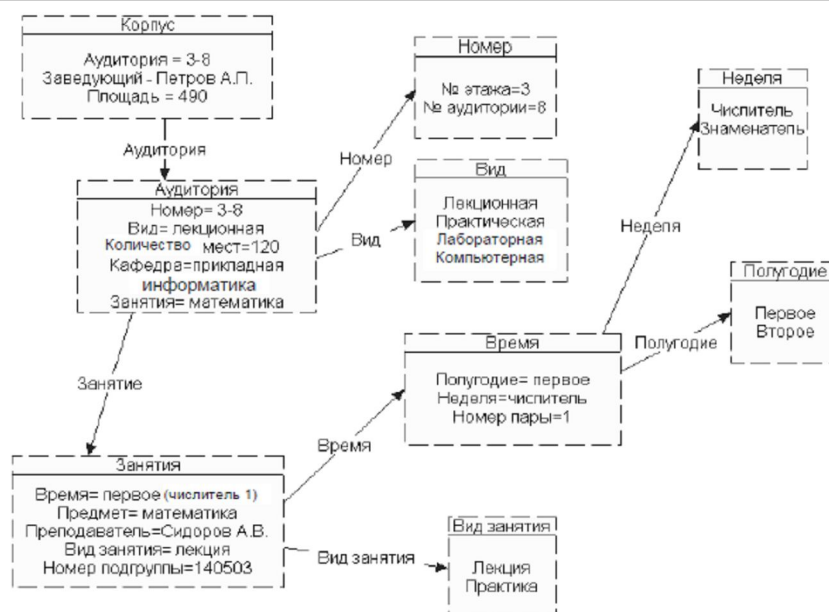


Рис. 3. Результат применения операции префиксного действия к фреймовой сети

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что с помощью исчисления процессов можно формально описывать функциональные характеристики систем, рассматриваемых в рамках системного графоаналитического подхода «Узел-Функция-Объект», а также организационные знания, моделируемые с помощью данного подхода.

#### Литература

1. Дубейковский В.И. Практика функционального моделирования с AllFusion Process Modeler 4.1. Где? Зачем? Как? – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2004. – 464 с.
2. Маторин С.И., Попов А.С., Маторин В.С. Моделирование организационных систем в свете нового подхода «Узел-Функция-Объект» // НТИ. Сер. 2. – №1. – М.: ВИНТИ, 2005. – С. 1-8.
3. Маторин С.И., Зимовец О.А., Жихарев А.Г. О развитии технологии графоаналитического моделирования бизнеса с использованием системного подхода «Узел-Функция-Объект» // НТИ. Сер. 2. – №11. – М.: ВИНТИ, 2007. – С. 10-17.
4. Маторин С.И., Ельчанинов Д.Б., Зиньков С.В., Маторин В.С. Синтез и анализ систем в свете подхода «Узел-Функция-Объект» // НТИ. Сер. 2. – М.: ВИНТИ, – 2006. – №8. – С. 10-16.
5. Гренандер У. Лекции по теории образов. 1 Синтез образов / пер с англ. – М.: Мир, 1979. – 384 с.
6. Milner R., Parrow J., Walker D. A Calculus of Mobile Processes – Part I. LFCS Report 89-85. University of Edinburgh June 1989. – 46 p.

### ABOUT THE NEW FORMALIZED METHOD OF REPRESENTATION OF ORGANIZATIONAL KNOWLEDGE

**S.I. MATORIN**  
**A.G. ZHIKHAREV**

*Belgorod State University*

*e-mail: matorin@bsu.edu.ru*

Limitation of traditional methods of representation of knowledge and new method of representation of knowledge of the organization activity, based on original system the approach "Node-function-object" (UFO-APPROACH), and as a method of formalization of the knowledge represented by means of the UFO-APPROACH, on the basis of the theory of patterns and numeration of processes are considered. As the parity of the theory of processes and the theory of patterns within the limits of the approach «knot – function – object».

Key words: the UFO-APPROACH, the formalized representation of knowledge, model of knowledge, frame model, logical model, the theory of processes, the theory of patterns.