

УДК 002:004.223

С. И. Маторин, О. А. Зимовец, А. Г. Жихарев

## О развитии технологии графоаналитического моделирования бизнеса с использованием системного подхода "Узел-Функция-Объект"

*Рассматриваются некоторые перспективные направления развития оригинального системно-объектного подхода, основанного на графоаналитическом представлении системы в виде конструкции "Узел-Функция-Объект", а также программного CASE-инструментария "UFO-toolkit", автоматизирующего процедуру моделирования бизнес-систем и бизнес-процессов с помощью данного подхода.*

### ВВЕДЕНИЕ: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ УФО-АНАЛИЗА

Основным средством информационного обеспечения бизнеса является моделирование бизнес-процессов. "Последние полтора десятка лет все только и говорили о том, что нужны средства моделирования бизнес-процессов и продукты, способные автоматизировать эту работу, — говорит Томас Галлидж, профессор университета Джорджа Мэйсона и президент фирмы "Enterprise Integration" (Фэрфакс, штат Виргиния). — Если этого удастся добиться, сразу же произойдет мощный рывок вперед". Специалисты по информационным технологиям, а вместе с ними и специалисты по бизнесу уже осознали: перед тем как приступать к развертыванию систем управления предприятием, крайне необходимо провести моделирование бизнес-процессов, далее — оптимизацию и лишь после этого переходить к самому управлению.

Необходимость создания технологии моделирования бизнес-систем и бизнес-процессов с целью их анализа и реинжиниринга, зафиксирована также в перечне "Критические технологии федерального уровня": "2.7.2. Создание технологий, повышающих "прозрачность" и управляемость организационно-деловых и производственно-технологических процессов (бизнес-процессов) посредством разработки и использования типовых формализованных электронных моделей, обеспечивающих анализ и реинжиниринг этих процессов".

В связи со сказанным выше в Белгородском государственном университете осуществляется создание и развитие теоретических, методических и инструментальных средств моделирования и анализа организационных систем на основе оригинального системно-объектного подхода "Узел-Функция-Объект". В результате развития и формализации данного подхода предложен метод и алгоритм системного анализа, именуемый для кратко-

сти УФО-анализом [1-8]. Основу метода составляет формально-семантический алфавит элементов и связей анализируемых систем, а также их репозитории (библиотеки).

В целях автоматизации применения УФО-анализа спроектирован и реализован CASE-инструментарий *UFO-toolkit* (свидетельство "Роспатента" № 2006612046) [3, 6, 7]. *UFO-toolkit* является знаниеориентированным CASE-инструментарием поддержки процессов системно-объемного визуального графоаналитического моделирования и анализа. Данный инструмент обеспечивает представление любой системы в виде трехэлементной конструкции "Узел-Функция-Объект", т. е. в виде **УФО-элемента**. При этом "Узел" — это точка пересечения входных и выходных связей (потоков) в структуре разрабатываемой системы, "Функция" — процесс превода входа в выход, т. е. процесс, обеспечивающий баланс "втекающих" и "вытекающих" потоков/связей данного узла, "Объект" — 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**.

Иерархия УФО-элементов и их конфигураций, которую поддерживает *UFO-toolkit*, основана на классификации связей (потоков), пересечения которых и образуют узлы. Моделирование любой системы начинается со специализации *базовой классификации связей* под конкретную предметную область. Абстрактный класс "*Связь (L)*" в базовой классификации связей делится на подклассы "*Материальная связь (M)*" и "*Информационная связь*

(I)”; класс материальных связей делится на подклассы “Вещественная связь (S)” и “Энергетическая связь (E)”, класс информационных связей — на подклассы “Связь по данным (D)” и “Управляющая связь (C)”.

УФО-элементы могут храниться в специальных **УФО-библиотеках** для обеспечения компонентного подхода к моделированию бизнес-систем. Библиотеки представляют собой концептуальные модели соответствующих областей или отраслей бизнеса, в которых хранятся их структурные, функциональные и субстанциальные характеристики. При этом библиотеки могут содержать не только одиночные УФО-элементы, но и их иерархии, что позволяет повторно использовать готовые подсистемы и системы. Таким образом, УФО-библиотеки представляют собой базу знаний специальной конфигурации, в которой хранятся УФО-элементы, соответствующие определенным классам бизнес-систем. Бизнес-системы при этом классифицируются в зависимости от типов входных и выходных связей. Рассматриваются следующие типы входных связей: *производственные, обеспечивающие (вещественные, энергетические и информационные), управляющие* и следующие типы выходных связей: *продуктовые, информационные, отходы*. Это позволяет выделять следующие классы бизнес-систем: *производственные, транспортные и распределительные*, — для каждого из которых рассматриваются три подкласса: “*вещества*”, “*энергии*” и “*информации*” [3, 8].

УФО-toolkit даст возможность в значительной степени автоматизировать аналитическую деятельность за счет использования библиотек УФО-элементов и классификации связей, которые позволяют применять формальные правила сборки конфигураций из УФО-элементов — так называемые **правила системной декомпозиции**.

При сборке конфигураций из УФО-элементов учитываются следующие правила [3, 5, 8]:

1. **Правило присоединения:** элементы должны присоединяться друг к другу в соответствии с типами присущих им связей.

2. **Правило баланса:** при присоединении элементов друг к другу в соответствии с правилом 1 должен обеспечиваться качественный и количественный баланс “притока” и “оттока” по входящим и исходящим функциональным связям.

3. **Правило реализации:** при присоединении элементов друг к другу в соответствии с правилами 1 и 2 должно быть обеспечено соответствие интерфейсов и объектных характеристик функциональным.

В настоящее время метод УФО-анализа и инструментарий, его автоматизирующий, т. е. *УФО-технология*, развиваются в пяти основных направлениях:

1) создание на основе системно-объектного подхода “Узел-Функция-Объект” метода компьютерного представления знаний и вывода на них;

2) преобразование УФО-библиотеки в систему управления организационными знаниями;

3) автоматизация построения УФО-моделей (диаграмм взаимодействия УФО-элементов) по их контекстному представлению;

4) обеспечение имитации функционирования бизнес-системы на ее визуальной графоаналитической модели;

5) разработка методов и средств проведения финансовых вычислений на основе УФО-моделей.

Рассмотрим некоторые из этих направлений более подробно.

## МЕТОД КОМПЬЮТЕРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ И ВЫВОДА НА НИХ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНО-ОБЪЕКТНОГО ПОДХОДА “УЗЕЛ-ФУНКЦИЯ-ОБЪЕКТ”

При поиске наиболее удобных, рациональных средств и форм информационного обеспечения и информационного обмена человек всегда сталкивается с проблемой компактного, однозначного и достаточно полного представления знаний.

Для представления знаний необходимо пользоваться некоторой конструктивной системой правил (формализмом представления знаний). Человек пользуется естественным формализмом — языком (устной и письменной речью). Мысль, которую нельзя выразить средствами языка, не может быть включена в информационный обмен. Использование языковых систем повышает надежность информационного обмена, снижает возможность неправильного истолкования передаваемой информации и уровень шумов в сообщениях.

Одним из важных методов формализации знаний является их *представление с помощью классификации*. Этот метод очень важен на начальном этапе формирования базовых знаний, так как позволяет решать такие важные задачи, как фиксация знаний, поиск по образцу, сравнение и др.

В интеллектуальных информационных системах знания о предметной области представлены в виде декларативной (описательной) модели знаний и соответствующих правил вывода на них и явно не зависят от процедуры их обработки. Для этого используются следующие **модели представления знаний**:

1. **Продукционная модель** (наиболее распространена в экспертных системах и системах поддержки принятия решений). Достоинством продукционной модели является удобство вывода, недостатком — представление только процедурных знаний.

2. **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.

3. **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.

4. **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 не приспособлены для представления знаний в визуальной

графической форме, т. е. представляют их недостаточно наглядно, и, следовательно, не обеспечивают нужную степень их структурирования.

В последнее время всё чаще появляются работы в самых разных предметных областях, излагающие свой материал в графической форме. Графический материал играет в них столь же серьёзную роль, что и традиционный текст на естественном языке. К сожалению, как правило, эти работы основаны на самодеятельных, никак не обоснованных подходах к представлению графического материала.

Широко используется изложение материалов в графической форме в работах из области технических наук и бизнес-практики. Использование во всех подобных случаях какого-либо стандартного языка *функционального моделирования* систем (например, IDEFO) было бы значительным шагом вперёд по пути повышения однозначности и эффективности обмена информацией.

Одной из главных задач эффективного, достоверного функционального моделирования является результативная работа с информацией и знаниями. Целесообразность рассмотрения функционального моделирования как способа представления знаний обусловлена его широким использованием для решения задач управления знаниями в организациях. Реализуя концепцию управления знаниями, используемыми в процессе функционального моделирования, организация значительно повышает свою конкурентоспособность [9].

Однако известные способы функционального (системно-структурного), а также объектного моделирования бизнес-систем 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 предлагается использовать для представления (моделирования) знаний системно-объектный подход "Узел-Функция-Объект" [10]. С помощью данного 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, существует перспектива создания нового **интегрального метода представления знаний**, основанного на результатах современных системных исследований. Рассмотрим идею создания данного метода подробнее и проиллюстрируем ее с помощью диаграмм, выполненных с использованием программного инструментария UFO-toolkit.

Методы компьютерного представления знаний всегда включают в себя определенные правила вывода, называемые *механизмами логического вывода*. Поэтому для разработки на основе UFO-подхода метода компьютерного представления знаний необходимо сформулировать или четко определить эти механизмы.

Допустим, что имеется UFO-модель, представляющая собой совокупность взаимосвязанных узлов. Эту совокупность можно рассматривать как

*семантическую сеть*, так как все связи имеют смысловое значение, определяемое их классификацией. Для вывода на такой сети может быть использован известный принцип *сопоставления по совпадению*, который основан на представлении вопроса к системе в виде фрагмента семантической сети с использованием тех же названий сущностей (узлов) и связей, что и в основной сети, и реализации процедуры "наложения" вопроса на сеть и поиска такого его положения, которое соответствует ответу на вопрос [11]. С точки зрения теории графов это нахождение подграфа на графе. В нашем случае может быть осуществлено построение организационной диаграммы предприятия с помощью его структурной UFO-модели путем нахождения подграфа, содержащего только управляющие связи (рис. 1). Кроме того, с использованием UFO-модели как семантической сети могут быть выявлены *логистические цепочки* удовлетворения конечных пользователей или потребителей.

Пусть имеется UFO-модель, представляющая собой совокупность взаимосвязанных узлов, для которых определены функции. Эти функции могут быть определены в виде *продукций* и, таким образом, представлять собой *продукционную систему*. В продукционной системе различают два типа логического вывода: прямой вывод и обратный вывод. Прямой вывод позволяет проследить *технологическую цепочку* изготовления какого-либо товара или изделия. Обратный вывод позволяет определить потребность в исходных продуктах (сырье) для получения конечных товаров определенного вида. Например, на рис. 2 показано, как можно определить виды сырья для изготовления изделия № 3 (ИЗ).

Рассмотрим UFO-модель, представляющую собой совокупность взаимосвязанных узлов с функциями, для которых определены *объекты*. Эти объекты могут быть описаны с помощью *фреймовой системы*. Фреймовая модель знаний имеет сложную иерархическую структуру, отражающую реальные объекты (понятия) некоторой предметной области [11]. Механизм логического вывода в этом случае основан на обмене значениями между одноименными слотами различных фреймов и выполнении присоединенных процедур (рис. 3). Этот механизм позволяет, например, осуществлять планирование деятельности сотрудников и распределение поручений между ними.

На рис. 3 показан вывод, осуществляемый в результате обмена значениями между одноименными слотами на основании определенного признака наследования и выполнения конкретной процедуры. Таким образом может быть реализована возможность определения системой сроков отчетности подчиненных сотрудников в соответствии со сроками отчетности их руководителя, а также возможность уведомления в случае нарушения этих сроков.

В UFO-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

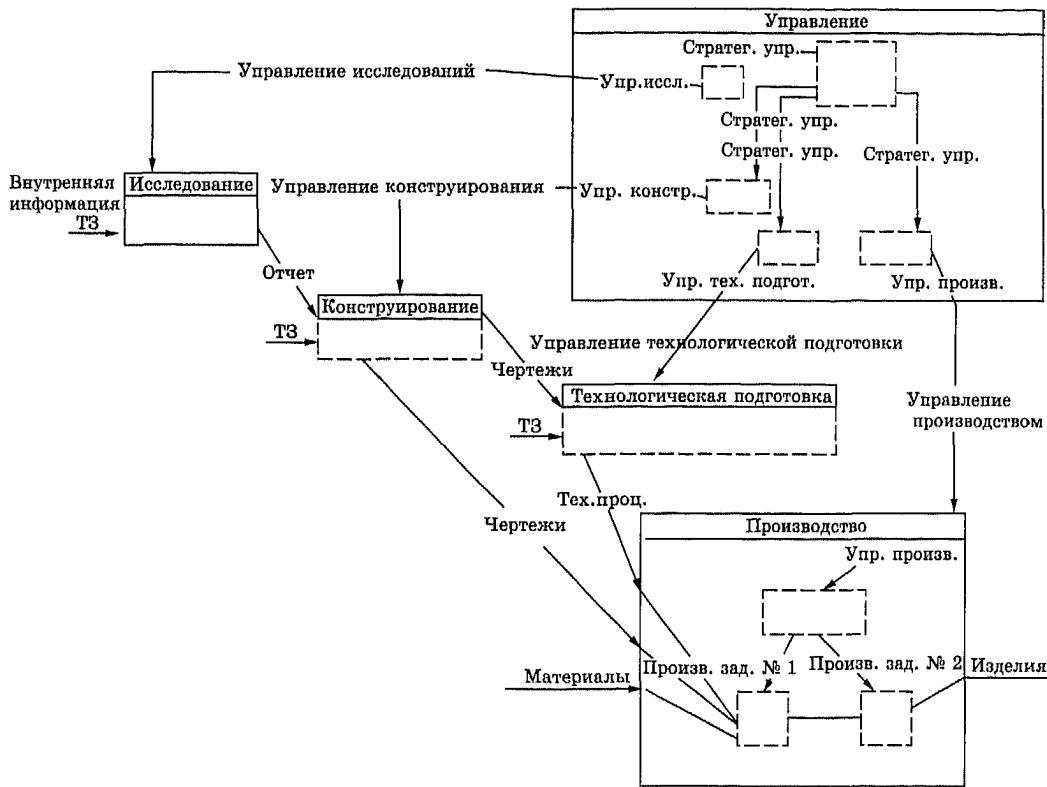


Рис. 1. Пример вывода подграфа управления на сети по принципу сопоставления

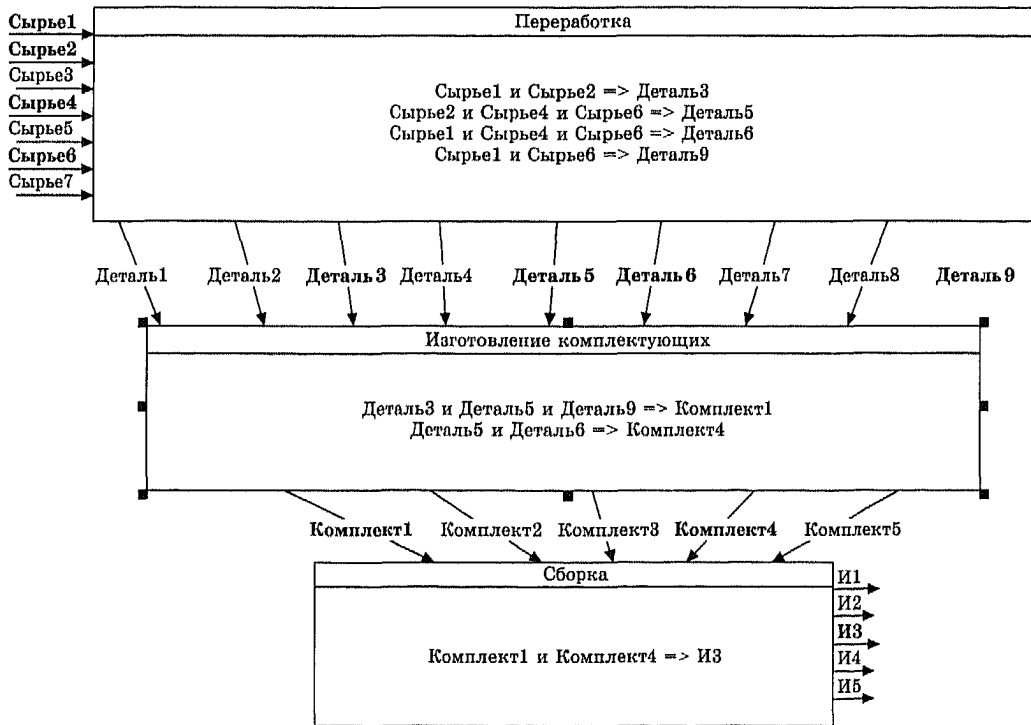


Рис. 2. Пример обратного вывода в системе производств

узлами. Это позволит компенсировать недостатки отдельных способов представления знаний и повысить достоверность вывода.

Создание универсального метода представления знаний предполагает единообразное описание

различных способов представления знаний с помощью формального математического аппарата. В настоящее время, по мнению авторов, на роль такого аппарата претендует теория паттернов Грэнандера.

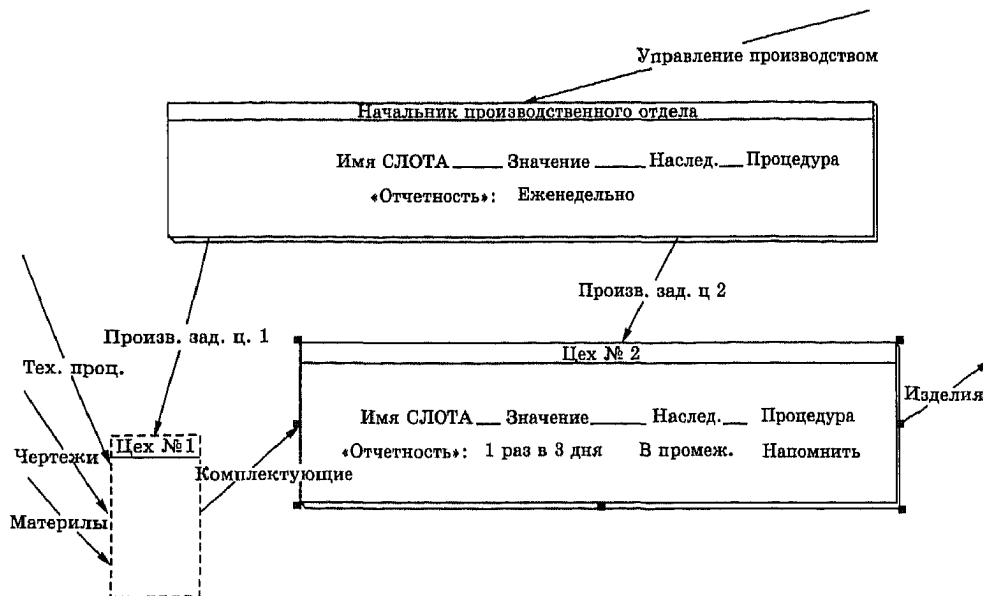


Рис. 3. Пример вывода на фреймах путем обмена значениями между слотами

### РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ ЗНАНИЯМИ НА ОСНОВЕ УФО-БИБЛИОТЕКИ

Одним из наиболее перспективных отличий UFO-toolkit от подобных программ является возможность частичной автоматизации построения диаграмм, отражающих деятельность предприятия или какие-либо бизнес-процессы. Данная автоматизация реализуется за счёт возможности хранения ранее разработанных УФО-элементов в специальных библиотеках и последующего их использования в новых моделях. Но при больших размерах библиотеки выборка УФО-элемента становится достаточно долгим процессом, так как программа просматривает и анализирует каждый УФО-элемент, содержащийся в библиотеке (подробнее о недостатках существующей в настоящее время библиотеки UFO-toolkit см. в [12]). Данный процесс в какой-то степени можно сократить за счёт упоминавшейся выше классификации бизнес-систем, представляемых в виде УФО-элементов (рис. 4). Используя данную классификацию, УФО-элемент можно будет помещать в библиотеку для конкретного типа элементов (бизнес-систем). При выборке элементов можно будет анализировать не все элементы, а только те, которые находятся в библиотеке, отведенной именно для того типа элементов, который нужен пользователю.

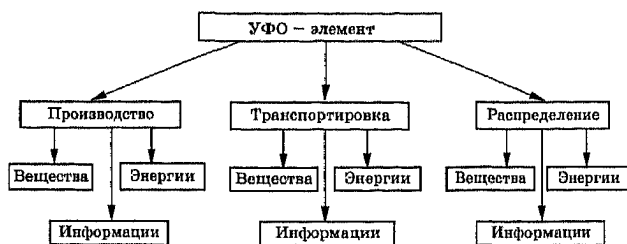


Рис. 4 Иерархия классов УФО-элементов (бизнес-систем)

Рассмотрим процесс проектирования приложения-конвертера к UFO-toolkit для размещения элементов УФО-моделей в УФО-библиотеках нового типа.

**Концептуальная модель приложения-конвертера.** Функции данного приложения можно свести к следующему перечню:

- отделение библиотеки от модели (в данный момент библиотека УФО-элементов и УФО-модель сохраняются в одном XML-файле);
- преобразование библиотек старого образца в библиотеку с новой структурой хранения УФО-элементов;
- обработка библиотеки нового типа.

Модуль обработки должен обеспечивать добавление новых УФО-элементов. При добавлении УФО-элемента необходимо проанализировать набор входных и выходных связей и структуру УФО-элемента, т. е. его внутреннюю иерархию, которая может состоять из других вложенных друг в друга УФО-элементов. Таким образом, должна существовать возможность находить не только добавленный УФО-элемент, но и все его дочерние (внутренние) элементы. Всем УФО-элементам должен быть присвоен уникальный идентификатор.

Кроме того, модуль обработки должен обеспечивать выборку УФО-элементов с заданными наборами входных и выходных портов с автоматической сортировкой по степени соответствия. Степень соответствия может быть вычислена с помощью выражения:

$$200 \cdot \frac{\text{ConnectedCount}}{\text{InputSelCount} + \text{OutputSelCount} + \text{InputPortCount} + \text{OutputPortCount}}$$

где ConnectedCount – количество портов, которые соответствуют заданным,

InputSelCount – количество заданных выходных портов,

OutputSelCount – количество заданных входных портов,

InputPortCount – количество входных портов выбираемого УФО-элемента,

OutputPortCount – количество выходных портов выбираемого УФО-элемента

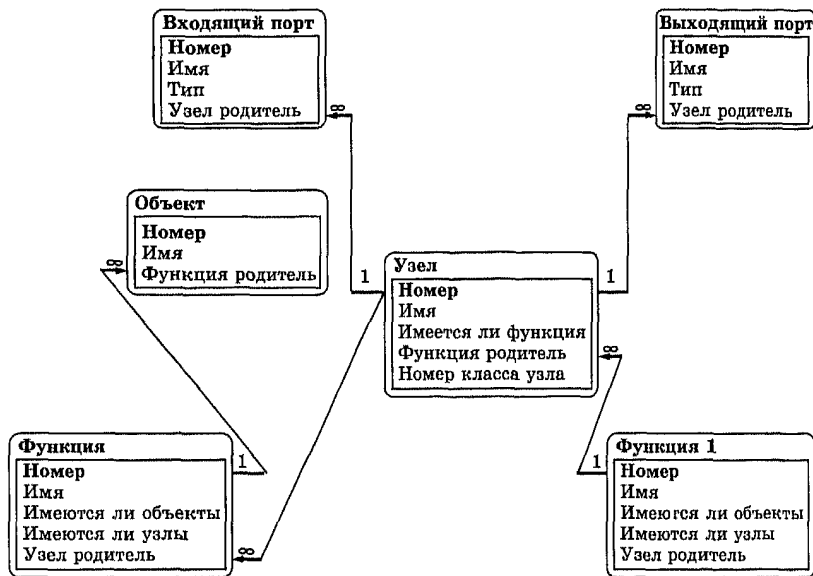


Рис. 5. Логическая модель УФО-библиотеки (БЗ)

Стопроцентное соответствие получают те УФО-элементы, набор входных и выходных портов которых полностью идентичен заданному

Наконец, модуль обработки должен обеспечивать удаление УФО-элементов по заданным идентификаторам, причем со всеми дочерними элементами.

Кроме того, приложение в целом должно предоставлять возможность отслеживания скорости выполнения описанных операций.

Исходя из перечисленных выше функций, входными данными приложения-конвертера будут являться, во-первых, гама модель старого образца и, во-вторых, данные пользователя, т. е. либо новый УФО-элемент, либо номер удаляемого УФО-элемента и т. п. Что касается выходов, то это будут модель нового образца и отделенная от нее библиотека — главная цель создания приложения. Так как приложение должно отчитываться перед пользователем за время проведения какой-либо операции с библиотекой нового типа, должен существовать выход “время выполнения операции”.

В соответствии со своими узловыми, функциональными и объектными характеристиками УФО-элемент относится к определенному типу и виду деятельности (см. рис. 4), т. е. может принадлежать одному из девяти классов. Следовательно, каждый УФО-элемент должен храниться в одной из девяти библиотек для определенного типа и вида элементов. Определение же типа и объекта деятельности УФО-элемента осуществляется, в первую очередь, за счет анализа входящих и исходящих связей.

Исходя из сказанного выше, можно сформулировать **требования к УФО-библиотеке нового типа** как базе знаний (БЗ):

БЗ должна предоставлять возможность хранения узлов;

БЗ должна предоставлять возможность хранения входящих и исходящих связей, характеризующихся принадлежностью к определенному узлу;

БЗ должна обеспечивать хранение функций, характеризующихся принадлежностью к определенному узлу;

БЗ должна предоставлять возможность хранения информации об объектах, характеризующихся принадлежностью к определенной функции;

БЗ должна обеспечивать возможность хранения сложных УФО-элементов, т. е. таких, функции которых реализуются не неделимыми объектами, а иерархией УФО-элементов нижнего уровня.

В итоге логическая модель УФО-библиотеки нового типа имеет вид, представленный с помощью программного пакета ERwin на рис. 5. Рассмотрим некоторые таблицы этой модели подробнее.

**Таблица “Узел”** Этот тип хранимых данных в первую очередь характеризуется именем. Так как оно же будет именем и всего УФО-элемента, целесообразно для данного атрибута выделить строковый массив, рассчитанный на 300 символов. Такому типу данных соответствует тип “varchar(300)”. Узлу может принадлежать функция, т. е. атрибутом будет являться идентификатор функции. Это целое неотрицательное число, т. е. тип “int”. Того же типа будет и поле “номер класса узла” так как данное поле будет принимать значение от 1 до 9. Как видно из рис. 5, таблица “Узел” имеет поле “имеется ли функция”, которое является логическим типом, т. е. принимает значение 0 или 1. Поле “номер” является первичным ключом и, соответственно, будет хранить целые неотрицательные числа, т. е. будет типом “int”.

**Таблица “Функция”** Данная таблица хранит функции, атрибутами которых являются: номер — целое неотрицательное число (“int”); имя — наименование функции (“varchar(200)”), имеется ли объект — логическое поле; имеется ли узел — логическое поле; узел родитель — целое неотрицательное значение (“int”).

**Таблица “Объект”**. Данная таблица хранит объекты, атрибутами которых являются: номер — целое неотрицательное число (“int”); имя — наименование объекта (“varchar(200)”); функция родитель — целое неотрицательное значение (“int”).

**Таблицы “Входящий/исходящий порт”**. Данные таблицы хранят порты, атрибутами которых являются: номер — целое неотрицательное число (“int”); имя — наименование объекта (“varchar(200)”); тип — целое неотрицательное

значение ("int"); узел родитель — целое неотрицательное значение ("int").

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ УФО-МОДЕЛЕЙ

Использование библиотек и упомянутых ранее формальных правил сборки конфигураций УФО-элементов позволяет автоматизировать процесс построения диаграмм взаимодействия УФО-элементов (т. е. УФО-моделей). Для этого необходимо, во-первых, перед началом моделирования доработать классификацию связей с учетом особенностей данного бизнеса (в первую очередь с учетом миссии бизнес-системы). Во-вторых, адаптировать наиболее подходящую для данного случая библиотеку УФО-элементов таким образом, чтобы она включала как можно больше частей, потенциально пригодных для моделирования (сборки) системы. В-третьих, необходимо с максимальной степенью точности и подробности описать моделируемую систему в виде узла, т. е. перекрестка входных и выходных связей из доработанной классификации. В-четвертых, при моделировании бизнеса необходимо использовать только такие конфигурации, которые могут быть названы *логистическими конфигурациями*. Данные конфигурации отличаются тем, что любой выход каждого элемента конфигурации или повторяет его вход, или является выходом такого типа, которого еще не было во всей этой конфигурации, начиная с входа первого элемента. Это соответствует реальной действительности, так как если из какого-то материала или сырья сделана некоторая деталь, то никогда не происходит процесса превращения этой детали обратно в этот же материал.

При выполнении названных условий построение модели бизнес-системы из частей может рассматриваться как сборка *УФО-конфигурации* из библиотечных УФО-элементов, которая выполняется по формальным правилам, т. е. может выполняться автоматически [3, 4, 8].

Для формального обеспечения (т. е. автоматизации) процедур системно-объектного моделирования в УФО-технологии применен математический аппарат теории паттернов Гренандера. При этом показано полное соответствие УФО-элемента элементарному объекту (паттерну первого уровня) теории паттернов — *"образующей"*, диаграммы взаимодействия УФО-элементов — паттерну следующего уровня — *"конфигурации"*, а контекстной УФО-модели — *"изображению"*. Кроме того, разработана паттерновая модель УФО-анализа, сформулирован и доказан ряд утверждений, определяющих требования к множеству УФО-элементов (УФО-библиотеке), необходимых для построения УФО-конфигурации, соответствующей контекстному представлению системы в виде изображения [3, 5].

На основании этих результатов в настоящее время осуществляется реализация модуля автоматического построения диаграмм взаимодействия УФО-элементов. Данный модуль решает задачу автоматической сборки УФО-модели из библиотечных УФО-элементов в соответствии с заданным контекстом.

**Алгоритм автоматизированного построения диаграмм взаимодействия УФО-элементов** состоит в следующем.

На вход подаются библиотека готовых УФО-элементов и контекстная диаграмма, содержащая внешние функциональные связи системы, отражающие, по сути, постановку задачи на разработку. Работа алгоритма начинается с поиска в библиотеке элемента, закрывающего наибольшее количество входов системы. Процесс продолжится до тех пор, пока не будут закрыты все входы системы или в библиотеке больше не останется ни одного элемента, закрывающего хотя бы один вход. Найденный ряд УФО-элементов добавляется на диаграмму, после чего соединяются выходы найденных УФО-элементов, совпавшие с выходами системы. Далее, если остались свободные выходы системы, алгоритм выбирает из библиотеки УФО-элемент, закрывающий наибольшее количество выходов системы. Процесс продолжится до тех пор, пока не будут закрыты все выходы системы или в библиотеке больше не останется ни одного элемента, закрывающего хотя бы один выход. Далее алгоритм повторяется с начала, но теперь входами системы являются выходы найденного ряда входных элементов, а выходами — входы найденного ряда выходных элементов.

Таким образом, алгоритм является рекурсивным и строит диаграмму по слоям, одновременно двигаясь от входов и выходов системы. Условием остановки алгоритма является закрытие всех выходов системы или достижение максимально допустимого уровня вложенности. Библиотека, поданная на вход алгоритма, может не содержать необходимых УФО-элементов, поэтому на построенной диаграмме могут остаться "висячие" связи. В процессе работы алгоритма элементы из библиотеки выбираются таким образом, чтобы ни одна из последовательностей УФО-элементов не содержала одинаковых связей. Это ограничение позволяет устранить заикливание алгоритма.

В перспективе CASE-инструмент UFO-toolkit должен учитывать при автоматической сборке УФО-конфигураций (диаграмм взаимодействия) функциональные ограничения и количественные требования, предъявляемые к бизнес-процессу. Для этого в алгоритме автоматического построения диаграмм должны учитываться как функциональные, так и объектные характеристики УФО-элементов.

Рассматривается возможность применения генетических алгоритмов для получения приемлемого по быстродействию и качеству алгоритма построения УФО-моделей. Это позволит при использовании УФО-библиотек с большим количеством хранимых УФО-элементов и генерации множества вариантов диаграмм взаимодействия по узловым характеристикам обеспечить их обоснованное сокращение и оптимизацию.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрен оригинальный системно-объектный подход, основанный на представлении системы в виде трехэлементной конструкции "Узел-Функция-Объект", и новый программный инструмент моделирования бизнеса UFO-toolkit. Данный инструмент, как представитель CASE-средств, а также средств Business Intelligence, впервые может рассматриваться как