

На правах рукописи

ГАЙНУЛЛИН РИНАТ ФАЯЗОВИЧ

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ АНАЛИЗА  
И КОНТРОЛЯ ДИАГРАММАТИКИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ  
В ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

Специальность: 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования  
(промышленность)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Ульяновск, 2014

Работа выполнена на кафедре «Вычислительная техника»  
Ульяновского государственного технического университета

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент  
**Афанасьев Александр Николаевич**

Официальные оппоненты:

**Заболеева-Зотова Алла Викторовна**  
доктор технических наук, ст. научн. сотр., ФГБУН  
Институт системного анализа РАН, кафедра  
«Методы и системы поддержки принятия  
решений»

**Тарасов Владимир Георгиевич**  
кандидат технических наук, профессор ИжГТУ,  
доцент кафедры «Программное обеспечение»

Ведущая организация: ФНПЦ ОАО «НПО МАРС»

Защита состоится **18 июня 2014 г. в 12 часов 00 минут** на заседании диссертационного совета Д 212.277.01 при Ульяновском государственном техническом университете по адресу: 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32 (ауд. 211, Главный корпус).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ульяновского государственного технического университета. Также диссертация и автореферат размещены в Internet на сайте УлГТУ – <http://www.ulstu.ru/>

Автореферат разослан 17 апреля 2014

Ученый секретарь  
диссертационного совета

доктор технических наук, профессор

Смирнов Виталий Иванович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Подход к проектированию и реинжинирингу автоматизированных систем (АС), в основу которого положено системное представление организации и функционирования АС в виде бизнес-процессов, является в настоящее время одним из эффективных и активно применяемых на практике.

Под понятием «бизнес-процесс» понимают регулярно повторяющуюся последовательность комплексов мероприятий, направленных на удовлетворение потребностей потребителя с целью извлечения полезных эффектов.

Для представления и обработки бизнес-процессов широкое распространение получили средства диаграмматики, использующие графические нотации языков UML, IDEF, BPMN, DFD, ER-диаграмм и других. Практика проектирования АС показала, что использование диаграмматики значительно повышает эффективность процесса проектирования и качество создаваемых систем за счет унификации языка взаимодействия участников процесса создания АС, строгого документирования проектно-архитектурных, функциональных решений и формального контроля корректности диаграммных нотаций.

Наиболее распространенным диаграмматическим инструментом, используемым на всех этапах создания АС, является язык UML. Однако в современной теории и практике применения UML-диаграмматики в проектировании АС наблюдается слабое развитие методов и средств анализа и контроля корректности проектируемых диаграмм. Отсутствуют средства контроля корректности семантической согласованности диаграммных нотаций в процессе коллективного проектирования. Данные факты открывают дополнительный источник трудно диагностируемых и «дорогих» ошибок в создании АС, их анализ и контроль является **актуальной научно-технической задачей**.

**Целью** диссертационной работы является расширение класса диагностируемых ошибок в процессе проектирования АС за счет развития и реализации методов и средств анализа и контроля диаграммных нотаций бизнес-процессов, что позволяет сократить ошибки и время создания АС.

В соответствии с поставленной целью в работе формулируются и решаются следующие **задачи исследования**.

1. Анализ существующих методов контроля диаграмматических нотаций бизнес-процессов в проектировании АС.

2. Анализ структурных особенностей диаграмматики описания бизнес-процессов. Разработка многоуровневой автоматной графической RV-грамматики.

3. Анализ семантических особенностей графических нотаций бизнес-процессов. Разработка метода контроля семантической целостности комплекса диаграмм в процессе коллективного проектирования.

4. Анализ методов нейтрализации ошибок. Разработка алгоритма формирования множества комплексов продукций-продолжателей для автоматной графической RV-грамматики.

5. Анализ методов метакомпиляции. Разработка метода синтеза таблицы автоматной графической RV-грамматики.

6. Разработка программного обеспечения, позволяющего производить эффективный анализ и контроль графических нотаций бизнес-процессов в диаграмматике UML.

**Объектом исследования** является применение диаграмматики бизнес-процессов при разработке АС.

**Предметом исследования** являются модели, методы и средства анализа и контроля диаграмматики бизнес-процессов, используемые для выявления синтаксических (топологических) и семантических ошибок.

**Методы исследования** основаны на использовании положений и методов теории множеств, теории графов, теории автоматов, теории формальных языков, теории графических языков, математической лингвистики, теории искусственного интеллекта, а также использовании основ системотехники и теории автоматизированного проектирования.

**Научная новизна** определяется разработанными методами и средствами анализа и контроля диаграмматики бизнес-процессов, основу которых составляют авторские графические грамматики. В результате исследований получены следующие результаты.

1. Предложен новый метод анализа и контроля диаграмматических нотаций бизнес-процессов на основе автоматных многоуровневых графических RVM-грамматик, отличающийся введением понятия «сабтерма», учитывающий комплексную и иерархическую природу диаграмматических нотаций бизнес-процессов и позволяющий расширить класс диагностируемых ошибок за счет возможности определения ошибок, распределенных по взаимосвязанным диаграммам.

2. Предложен новый метод анализа и контроля семантических ошибок диаграмматических нотаций бизнес-процессов в составе комплексной диаграммы, созданной в процессе коллективного проектирования, на основе автоматных графических RV-грамматик, отличающийся использованием

графовой модели отношений понятий семантической текстовой информации диаграмм и позволяющий расширить класс ошибок, диагностируемых в процессе проектирования АС, и, тем самым, сократить время проектирования АС. Извлечение семантической информации из диаграммных нотаций происходит при помощи адаптированного метода лексико-синтаксических шаблонов.

3. Предложен новый метод синтеза автоматной графической RV-грамматики, отличающийся оригинальностью текстовых правил описания конструкций диаграмматических нотаций бизнес-процессов, ориентированных на использование в метакомпиляторе, обеспечивающих полноту описания их особенностей и позволяющих автоматически сформировать таблицу RV-грамматики, включая операции с внутренней памятью.

4. Впервые предложен алгоритм формирования множества комплексов продукций-продолжателей для автоматной графической RV-грамматики, позволяющий эффективно продолжать анализ с минимальным количеством пропущенных термов входного предложения диаграмматической нотации бизнес-процесса, что повышает производительность труда проектировщика и сокращает время разработки АС.

### **Практическая ценность**

Практические результаты диссертационной работы:

1) разработан анализатор диаграмматических моделей потоков бизнес-процессов вопросно-ответной системы моделирования АС;

2) разработан синтаксически-ориентированный анализатор UML-диаграмм для MS Visio, позволяющий обнаруживать допущенные при построении диаграмм синтаксические ошибки;

3) разработана архитектура системы анализа и контроля корректности диаграммных спецификаций, предлагающая полный набор функциональности для анализа и контроля синтаксических и семантических ошибок.

**На защиту выносятся** следующие новые и содержащие элементы новизны основные положения:

1) метод анализа и контроля диаграмматики бизнес-процессов на основе многоуровневых графических RVM-грамматик;

2) метод анализа и контроля семантических ошибок диаграмматических нотаций бизнес-процессов в составе комплексной диаграммы;

3) метод синтеза автоматной графической RV-грамматики;

4) алгоритм автоматического формирования комплексов-продолжателей;

5) разработанные программные средства анализа и контроля синтаксических и семантических ошибок.

**Реализация и внедрение результатов работы.** Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 13-07-00483. Разработанные программные средства внедрены в производственные процессы ФНЦП ОАО «НПО «Марс» (г. Ульяновск), производственный процесс ООО «Эквид» (г. Ульяновск), учебный процесс Ульяновского государственного технического университета.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих Международных и Всероссийских конференциях: 9-й и 10-й Международных научно-технических конференциях «Интерактивные системы: Проблемы человеко-компьютерного взаимодействия / ИС-2011, ИС-2013», г. Ульяновск, 2011 и 2013; III и VI международных научно-практических конференциях «Объектные Системы-2011» и «Объектные Системы-2012», г. Шахты, 2011 и 2012; Всероссийских научно-технических конференциях «Информатика и вычислительная техника», г. Ульяновск, 2010, 2011, 2012, 2013; Всероссийских школах-семинарах «Информатика, моделирование, автоматизация проектирования», г. Ульяновск, 2010, 2011, 2012, 2013; научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава УлГТУ 2010, 2011, 2012, 2013.

**Публикации.** По теме диссертации опубликована 21 печатная работа, в том числе 3 в журналах списка ВАК. Получено 3 СВИДЕТЕЛЬСТВА (РОСПАТЕНТ) об официальной регистрации программ для ЭВМ.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав с выводами, заключения, библиографического списка, изложенных на 174 страницах машинописного текста, а также приложения на 15 страницах машинописного текста, содержит 37 рисунков и 21 таблицу. Список литературы включает 167 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность исследуемой проблемы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, перечислены полученные в диссертации новые результаты, их практическая ценность, представлены положения, выносимые на защиту и описана структура диссертации.

**В первой главе** «Использование и реализация диаграмматических нотаций бизнес-процессов в проектировании АС» проводится анализ предметной области исследований. Рассмотрены ее основные понятия: «проектная деятельность», «бизнес-процесс», «системный подход в проектировании», а также проанализированы обобщенные подходы к проектированию и структурные элементы процесса проектирования.

Обоснованы место и роль диаграмматических нотаций UML в процессе проектирования и разработки АС.

Проанализирована структура UML, описаны его основные графические примитивы и общая структура нотаций, проанализирован синтаксис языка.

На примере RUP рассмотрена методология проектирования АС с применением диаграмматических нотаций UML. Исследованы основные этапы разработки АС по методологии и определены применяемые на каждом этапе диаграмматические модели.

Проанализированы современные, имеющие широкое применение на практике средства создания диаграмматических моделей бизнес-процессов в процессе проектирования АС. Рассмотрены функциональные возможности с точки зрения мощности анализа и контроля следующих редакторов: MS Visio, Visual Paradigm, IBM Rational Software Architect.

Проведен анализ синтаксических моделей диаграммных графических языков с акцентом на логические синтаксические модели, лежащие в основе анализа и контроля диаграмматики бизнес-процессов. Рассмотрены формализмы графических грамматик, представлены их определения, описана область применения грамматик. Сформулированы достоинства и недостатки существующих формализмов.

Сформулирована постановка задачи, в которой выделяются существующие проблемы в рассматриваемой предметной области и намечаются пути их решения в рамках диссертационной работы.

**Во второй главе** «Разработка методов синтаксического и семантического анализа и контроля диаграмматических нотаций бизнес-процессов, созданных в процессе коллективного проектирования» рассмотрены проблемы и способы их решения при разработке диаграмматических спецификаций в коллективном проектировании сложных АС.

При коллективном проектировании диаграмматические модели имеют сложную иерархическую структуру (комплексные диаграммы), количество термов в них увеличивается многократно. Классическая графическая RV-грамматика становится громоздкой, ее разработка усложняется, не обеспечивается контроль взаимосвязанных вершин и диаграмм комплексных моделей. Для устранения этих недостатков предложен аппарат многоуровневых грамматик.

Рассмотрим многоуровневую систему взаимодействующих RV-грамматик, представленную в виде кортежа из четырех элементов:

$$RVM = \langle n, \Sigma^n, RV^n, r_0 \rangle,$$

где  $n$  – индекс грамматики;

$\Sigma^n$  – алфавит  $n$ -й грамматики;

$RV^n$  – множество продукций  $n$ -й грамматики;

$r_0$  – аксиома грамматики верхнего уровня.

Грамматика  $RV^i$  содержит в качестве одного из состояний грамматику  $RV^j$ . Грамматика  $RV^j$  также может быть составной.

$RV^n$  – грамматикой языка  $L(G)$  является упорядоченная пятерка непустых множеств  $G = (V, \Sigma, \tilde{\Sigma}, R, r_0)$ , где

$V = \{v_l, l = \overline{1, L}\}$  – алфавит операций над внутренней памятью;

$\Sigma = \{a_t, t = \overline{1, T}\}$  – терминальный алфавит графического языка (множество примитивов графического языка);

$\tilde{\Sigma} = \{\tilde{a}_t, t = \overline{1, \tilde{T}}\}$  – квазитерминальный алфавит, являющийся расширением терминального алфавита. Алфавит включает:

– квазитермы графических объектов, не являющихся продолжателями анализа,

– квазитермы графических объектов, имеющих более одного входа,

– квазитермы связей – меток с определенными для них семантическими различиями,

– квазитерм для завершения анализа;

$R = \{r_i, i = \overline{1, I}\}$  – схема грамматики  $G$  (множество имен комплексов продукций, причем каждый комплекс  $r_i$  состоит из подмножества  $P_{ij}$  продукций  $r_i = \{P_{ij}, j = \overline{1, J}\}$ );

$r_0 \in R$  аксиома  $RV$ -грамматики (имя начального комплекса продукций),  
 $r_k \in R$  – заключительный комплекс продукций.

Продукция  $P_{ij} \in r_i$  имеет вид:

$$\tilde{a}_t \xrightarrow{W_\gamma(\gamma_1, \dots, \gamma_n)} r_m,$$

где  $W_\gamma(\gamma_1, \dots, \gamma_n)$  –  $n$ -арное отношение, определяющее вид операции над внутренней памятью в зависимости от  $\gamma \in \{0, 1, 2, 3\}$ ;

$r_m \in R$  – имя комплекса продукции – преемника.

В структуру внутренней памяти входят стеки для обработки графических объектов, имеющих более одного выхода, и эластичные ленты для обработки графических объектов, имеющих более одного входа.

Система  $RVM$  получает с входной ленты символы терминального алфавита и передает их на соответствующий уровень.

Элементы, которые переводят грамматику на другой уровень, назовем «сабтермами». Тогда описание  $RV^n$ -грамматики принимает вид:

$$G = (V, \Sigma, \tilde{\Sigma}, \bar{\Sigma}, R, r_0),$$

где  $\bar{\Sigma}$  – множество сабтермов, т.е. элементов грамматики, переводящих автомат на следующий более низкий уровень.

Продукция, содержащая сабтерм, имеет вид:

$$a_t \xrightarrow[r_0^{n+1}]{W_{\gamma}(\gamma_1, \dots, \gamma_n)} r_m^n,$$

где  $r_0^{n+1}$  – комплекс-преемник – начальный комплекс грамматики следующего уровня,  $r_m^n$  – комплекс-преемник, к которому производится переход при достижении  $r_k^{n+1}$ .

При коллективном проектировании важным является контроль онтологической согласованности комплекса проектируемых диаграмм. Ошибки такого типа являются семантическими. В этом плане для анализа семантической корректности предложено использовать многоуровневую грамматику. Верхним уровнем многоуровневой грамматики является грамматика диаграмм вариантов использования, так как разработка АС, согласно методологии RUP, начинается именно с этой диаграммы. В процессе анализа накапливается семантическая информация о предметной области в виде графа связей между семантическими понятиями (текстовой информацией), нагруженными к блокам и связям диаграмм. Каждая новая диаграмма анализируется на условия непротиворечивого расширения понятий предметной области.

При построении первых диаграмм проверяется только семантическая непротиворечивость внутри диаграммы: возможность использования понятий в семантической паре. При добавлении новых диаграмм проверяется согласованность диаграммы обособлено и на согласованность комплексной модели проектируемой АС.

Для проверки комплексной модели необходимо построить граф семантических связей между элементами АС. Для решения данной задачи выбран адаптированный метод лексико-синтаксических шаблонов.

Предложенный метод позволяет диагностировать следующие семантические ошибки: Большая синонимия, Антонимия объектов, Конверсивность отношений. Один из классов ошибок не контролируется предложенным методом – несовместимость объектов.

**В третьей главе** «Разработка метода синтеза RV-грамматик и алгоритма нейтрализации ошибок грамматики диаграмматических нотаций бизнес-процессов» рассматриваются вопросы метатрансляции описания грамматики диаграмматических нотаций бизнес-процессов. Метакомпилятор используется на этапе создания схемы RV-грамматики. Основная цель его применения – упростить работу по составлению правил грамматики, сохраняя эффективность анализа диаграммы. На входе метакомпилятор получает контекстно-свободное описание диаграммного языка, на выходе выдает описание автомата RV-грамматики в формате XML.

Процесс метакомпиляции состоит из нескольких этапов.

1. Лексический разбор описания диаграммного языка.
2. Синтаксический разбор и построение дерева разбора.
3. Анализ дерева разбора и построение промежуточной структуры грамматики в терминах языка спецификаций.
4. Трансляция – преобразование внутреннего представления в термины RV-грамматики.
5. Оптимизация и минимизация.
6. Сохранение таблиц RV-грамматики в формате XML.

Для описания синтаксиса языка UML разработаны БНФ-подобные правила. Левая часть правила содержит нетерминальный символ, следующий после зарезервированного слова Rule. Правая часть правила разделяется на две группы – блоки, представленные перечислением набора терминальных и нетерминальных символов, и связи между ними. Связи, в свою очередь, делятся на внутренние, описывающие отношения между терминальными и нетерминальными символами внутри правила, и внешние, связывающие правило с другими правилами.

Предложен метод синтеза автоматной графической RV-грамматики, заключающийся в построении таблицы автомата RV-грамматики и генерации операций с внутренней памятью, обладающих необходимой полнотой контроля, на основе анализа указанных выше правил.

Для решения задачи нейтрализации ошибок предложены автоматные графические RVC-грамматики, отличающиеся от RV-грамматик включением в квазитерминальный алфавит пар комплексов-продолжателей и позволяющие эффективно продолжить анализ в случае обнаружения ошибок в процессе разбора диаграммы. Для формирования продолжателей разработан следующий обобщенный алгоритм.

1. Выделить все области памяти, с которыми работает RV-грамматика.
2. Составить таблицу модификации памяти под воздействием каждого элемента алфавита грамматики.

3. Выделить парные элементы – элементы, которые работают с одной и той же областью памяти, но с разными операциями (чтение-запись).

Разработанные методы анализа и контроля позволяют диагностировать ошибки, разделенные контекстом, а также семантические ошибки, которые не определяются в большинстве современных редакторов.

В процессе исследования были выявлены следующие классы ошибок, встречающиеся в диаграммах UML.

№	Тип ошибки	ДИ	ДА	ДП	ДК	ДР
1	отсутствие связи	+	+	+	+	+
2	ошибка передачи управления					
3	ошибка кратности входов		+			+
4	ошибка кратности выходов		+			
5	недопустимая связь	+	+	+	+	+
6	ошибка связи	+	+			+
7	ошибка уровня доступа				+	
8	ошибка передачи сообщения		+	+		
9	ошибка делегирования управления				+	
10	количественная ошибка элементов диаграммы		+			+
11	исключающие связи неверного типа				+	
12	вызов, направленный в линию жизни			+		
13	несвязанная связь	+	+	+	+	+
14	нарушение кратности зависимостей	+	+			
15	взаимоисключающие связи	+				
16	множественная связь	+				
17	бесконечный цикл	+				
18	кольцевые связи	+				
19	синхронный вызов до получения ответа			+		
20	ошибка удаленного контекста		+			

В таблице использованы следующие сокращения:

- ДИ – диаграмма использования,
- ДА – диаграмма активности,
- ДП – диаграмма последовательности,
- ДК – диаграмма классов,
- ДР – диаграмма развертывания.

Исследование современных систем создания диаграмматических нотаций UML показало, что они позволяют обнаруживать первые 16 из перечисленных типов ошибок. Авторский аппарат RVM-грамматик позволяет обнаруживать 4 дополнительных типа ошибок: множественная связь, кольцевые связи, синхронный вызов до получения ответа, ошибка удаленного контекста.

Ошибкой удаленного контекста называется ошибка, возникающая в парных элементах, например, условное ветвление и слияние условных ветвей, и характеризующаяся возможным присутствием неограниченного количества блоков и связей между ними. Примером такой ошибки может служить условное ветвление на диаграмме активности, которое предполагает исполнение только одной из возможных ветвей, и парное ему слияние параллельных ветвей, которое передает управление дальше только при достижении всех входных связей. Такое сочетание элементов никогда не позволит достигнуть конца диаграммы.

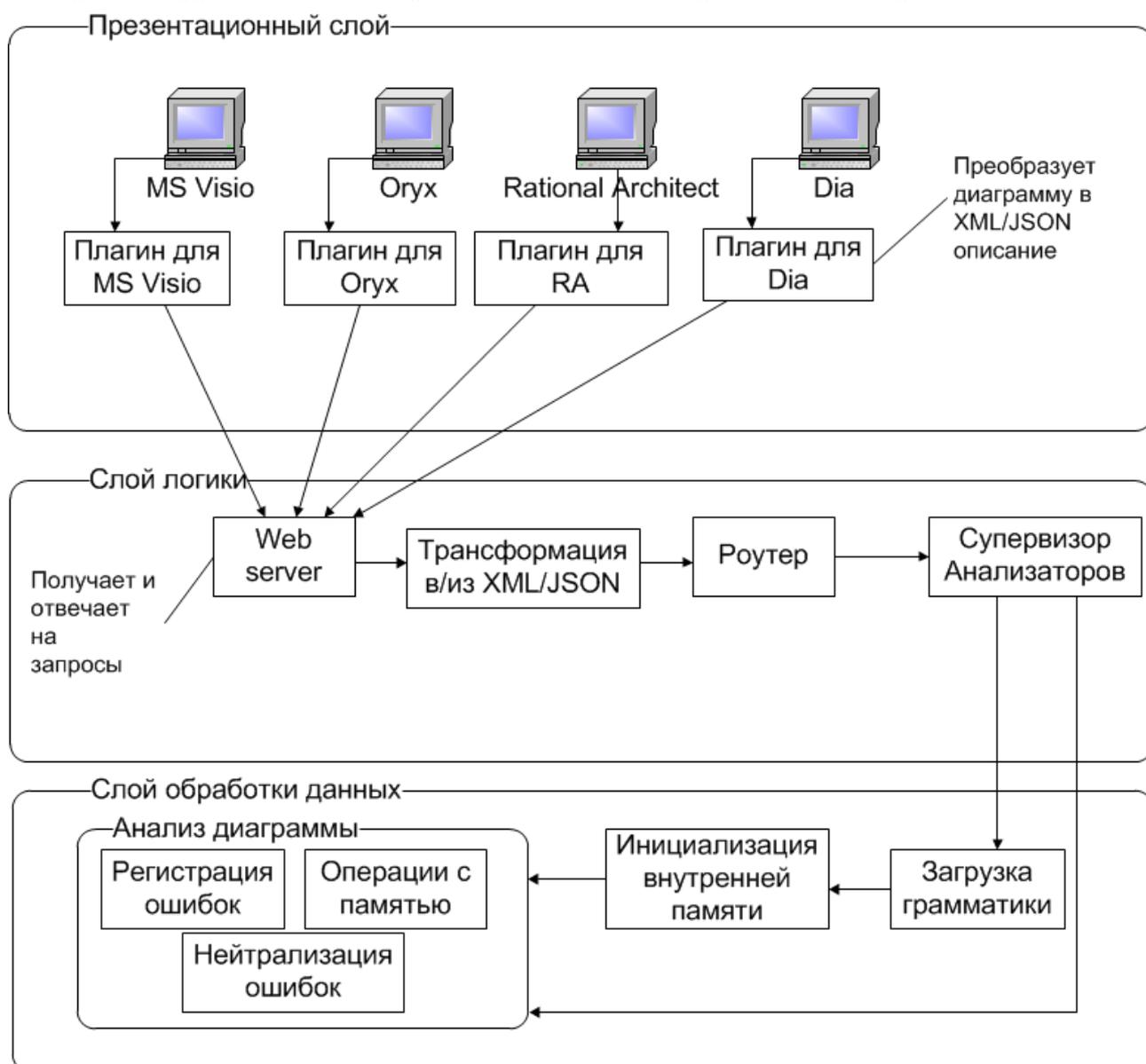
**В четвертой главе** «Разработка программных средств реализации анализа и контроля диаграмматических нотаций бизнес-процессов» рассматриваются авторские разработки: анализатор диаграмматических моделей потоков бизнес-процессов вопросно-ответной системы моделирования АС, синтаксически-ориентированный анализатор UML-диаграмм для MS Visio, система анализа и контроля диаграмматики моделей бизнес-процессов, предлагающая полный набор функциональности для анализа и контроля синтаксических и семантических ошибок.

Алгоритм работы анализатора состоит из следующих шагов.

1. Проектировщик строит диаграмму в среде проектирования Visio.
2. С помощью разработанного расширения диаграмма преобразуется в XML-описание, которое содержит все элементы диаграммы и связи между ними. Описание не содержит информации о расположении элементов, т.к. данная информация не используется при разборе.
3. Анализатор принимает на вход XML-описание построенной диаграммы.
4. XML-описание преобразуется во внутреннее представление для работы анализатора. Внутреннее представление содержит описание диаграммы, аналогичное входному XML-файлу.
5. Последовательно, считывая элемент за элементом, анализатор производит анализ и контроль диаграммы.
6. По результатам анализа и контроля формируется список ошибок.
7. Список преобразуется в XML и возвращается в среду проектирования.

По полученному списку в редакторе отмечаются типы и местоположения синтаксических и семантических ошибок, обнаруженных анализатором.

Разработана распределенная многоуровневая сетевая система анализа и контроля корректности диаграмматики бизнес-процессов (см. рисунок).



**Рисунок. Структура многоуровневой системы анализа и контроля диаграмматики бизнес-процессов**

Инструментарий позволяет выполнять следующие основные функции для пользователя:

- создание диаграмм моделей бизнес-процессов с использованием различных графических языков;
- добавление новых нотаций в графические языки;
- анализ построенных диаграмм, с использованием аппарата RVM-грамматик, по предварительно загруженным в систему описаниям языка и правилам анализа;
- добавление новых алгоритмов анализа с помощью плагинов;

- добавление синтаксических и семантических правил графических языков, для использования в RVM-анализаторе;
- создание взаимосвязи между построенными проектировщиками диаграммами;
- одновременный доступ нескольких проектировщиков к базе данных построенных диаграмм.

Система позволяет эффективно проводить анализ и контроль, используя авторские механизмы RVM-грамматик и RVC-грамматик.

**В заключении** сформулированы основные выводы и результаты диссертационной работы.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Предложен новый метод анализа и контроля диаграмматики бизнес-процессов на основе автоматных многоуровневых графических RVM-грамматик.

2. Предложен новый метод анализа и контроля семантических ошибок диаграмматики бизнес-процессов в составе комплексной диаграммы, созданной в процессе коллективного проектирования на основе автоматных графических RVM-грамматик. Авторский аппарат RVM-грамматик позволяет обнаруживать 4 дополнительных типа ошибок, что составляет 20 % от общего числа ошибок.

3. Предложен новый алгоритм формирования множества комплексов продукций-продолжателей для автоматной графической RV-грамматики.

4. Предложен новый метод синтеза автоматной графической RV-грамматики, позволяющий автоматически сформировать таблицу грамматики, включая операции с внутренней памятью.

5. Разработан анализатор диаграмматических моделей потоков бизнес-процессов вопросно-ответной системы моделирования АС.

6. Разработан синтаксически-ориентированный анализатор UML-диаграмм для MS Visio, позволяющий обнаруживать допущенные при построении диаграмм синтаксические и семантические ошибки.

7. Разработана и реализована архитектура системы контроля корректности диаграмматики бизнес-процессов, содержащая полный набор функциональности для анализа и контроля синтаксических и семантических ошибок.

## **Публикации в журналах, входящих в список ВАК**

1. Афанасьев, А. Н. Программная система анализа диаграммных языков / А. Н. Афанасьев, Р. Ф. Гайнуллин, О. Г. Шаров // Программные продукты и системы. – 2012. - № 3. – С. 138-141.
2. Брагин, Д. Г. Анализатор диаграммных языков для диаграммного редактора Microsoft Visio / Д. Г. Брагин, Р. Ф. Гайнуллин // Информационные системы. – 2013. – № 6. – С. 18-21.
3. Афанасьев, А. Н. Метакомпилятор диаграммных языков / А. Н. Афанасьев, Р. Ф. Гайнуллин // Автоматизация процессов управления. – 2013. – № 2. – С. 62-66.

## **Свидетельства о регистрации ПО для ЭВМ**

4. Соснин П. И., Афанасьев А. Н., Гайнуллин Р. Ф. Анализатор диаграмматических моделей потоков проектных работ на основе UML. РОСПАТЕНТ: свидетельство № 2012612447 от 6 марта 2012г.
5. Афанасьев А. Н., Гайнуллин Р. Ф. Синтаксически-ориентированный анализатор UML-диаграмм для MS Visio. РОСПАТЕНТ: свидетельство № 2012617248 от 13 августа 2012г.
6. Афанасьев А. Н., Брагин Д. Г., Гайнуллин Р. Ф. Сетевая система анализа и контроля диаграмматических моделей потоков проектных работ компьютеризированных систем. РОСПАТЕНТ: свидетельство № 2013661176 от 29 ноября 2013 г.

## **Другие публикации**

7. Gainullin, R. Diagrams languages analysis software system / R. Gainullin // Interactive Systems: problems of Human – Computer Interaction. – Collection of scientific papers. – Ulyanovsk : ULSTU, 2011. – С. 157-161.
8. Afanas'ev, A. Methods and tools of the analysis of graphical business process notation in design of the automated systems / A. Afanas'ev, R. Gainullin // Interactive Systems: problems of Human – Computer Interaction. – Collection of scientific papers. – Ulyanovsk : ULSTU, 2013. – С. 76-81.
9. Afanas'ev, A. Client-server model for analysis of diagram languages / A. Afanas'ev, D. Bragin, R. Gainullin // Interactive Systems: problems of Human –

Computer Interaction. – Collection of scientific papers. – Ulyanovsk : ULSTU, 2013. – С. 85-89.

10. Gainullin, R. Ontology method of semantic analysis and control UML-diagram / R. Gainullin // Interactive Systems: problems of Human – Computer Interaction. – Collection of scientific papers. – Ulyanovsk : ULSTU, 2013. – С. 122-128.

11. Гайнуллин, Р. Ф. Аналитический обзор по графическим грамматикам / Р. Ф. Гайнуллин // Информатика, моделирование, автоматизация проектирования : сборник научных трудов. – Ульяновск : УлГТУ, 2010. – С. 142-146.

12. Гайнуллин, Р. Ф. Анализ семантики диаграмм языка UML / Р. Ф. Гайнуллин // Информатика, моделирование, автоматизация проектирования : сборник научных трудов. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – С. 104-108.

13. Афанасьев, А. Н. Система контроля диаграммных языков / А. Н. Афанасьев, Р. Ф. Гайнуллин // Объектные системы-2011: материалы III Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону : ШИ ЮРГТУ (НПИ), 2011. – С. 29-32.

14. Гайнуллин, Р. Ф. Разработка анализатора UML-диаграмм / Р. Ф. Гайнуллин // Информатика и вычислительная техника : сборник научных трудов. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – С. 166 -169.

15. Гайнуллин, Р. Ф. Разработка метода нейтрализации ошибок для анализатора диаграммных языков / Р. Ф. Гайнуллин // Информатика и вычислительная техника: сборник научных трудов. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – С. 169-174.

16. Афанасьев, А. Н. Анализ графических спецификаций потоков проектных работ на примере языка UML / А. Н. Афанасьев, Р. Ф. Гайнуллин // Вестник УлГТУ. – 2010. – №4. – С. 42-45.

17. Гайнуллин, Р. Ф. Метод нейтрализации синтаксических ошибок в RV-грамматиках / Р. Ф. Гайнуллин // Информатика, моделирование, автоматизация проектирования : сборник научных трудов. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – С. 132-137.

18. Брагин, Д.Г. Анализатор диаграммных языков для Microsoft Visio / Д. Г. Брагин, Р. Ф. Гайнуллин // Объектные системы-2012 : материалы III Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону : ШИ ЮРГТУ (НПИ), 2012. – С. 40-45.

19. Афанасьев, А. Н. Распределенная система анализа и контроля диаграммных языков / А. Н. Афанасьев, Д. Г. Брагин, Р. Ф. Гайнуллин //

Информатика, моделирование, автоматизация проектирования : сборник научных трудов. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – С. 79-88.

20. Гайнуллин, Р. Ф. Контроль графических спецификаций в процессах коллективного проектирования автоматизированных систем / Р. Ф. Гайнуллин // Информатика и вычислительная техника : сборник научных трудов. – Ульяновск: УлГТУ, 2013. – С. 31-39.

21. Гайнуллин, Р. Ф. Анализ диаграммных спецификаций потоков проектных работ в технологии RUP / Р. Ф. Гайнуллин // Информатика и вычислительная техника : сборник научных трудов. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – С. 128-134.

## Принятые сокращения и обозначения

RUP – Rational Unified Process

АС – автоматизированные системы

ГОСТ – государственный стандарт

БНФ – форма Бэкуса-Наура

UML – Unified Modeling Language

ГАЙНУЛЛИН Ринат Фаязович

Разработка методов и средств анализа и контроля диаграмматики  
бизнес-процессов в проектировании автоматизированных систем

АВТОРЕФЕРАТ

Подписано в печать 16.04.14. Формат 60X84/16

Усл. п. л. 1,16. Тираж 100 экз. Заказ \_\_\_\_

ИВК «Венец» УлГТУ. 432027. Ульяновск, Сев. Венец, 32.

---