

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ДИАГРАММАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПОТОКОВ РАБОТ<sup>48</sup>

Н.Н. Войт<sup>49</sup>, С.Ю. Кириллов<sup>50</sup>, В.С. Хородов<sup>51</sup>

**Аннотация:** Описана реализация программного обеспечения для анализа и контроля диаграмм, представленных на наиболее известных визуальных графических языках, в основе которого положен автоматный подход с использованием RV-грамматик. Для подтверждения состоятельности используемых теоретических методов, с помощью полученного ПО проведен вычислительный эксперимент с оценкой их эффективности.

**Ключевые слова:** автоматный подход; RV-грамматика; анализ и контроль диаграмм; диаграмматические языки; BPMN; UML; IDEF.

## SOFTWARE DEVELOPMENT FOR ANALYSIS AND CONTROL OF DISTRIBUTED DYNAMIC DIAGRAMMATIC WORKFLOW MODELS

N.N. Voit, S.Y. Kirillov, V.S. Khorodov

**Abstract:** Describes the software implementation for the analysis and control of diagrams presented in the most famous visual graphic languages, based on an automatic approach using RV-grammars. To confirm the consistency of the used theoretical methods, a computational experiment with an assessment their effectiveness was conducted by using the ready software.

**Keywords:** automaton approach; RV-grammar; diagrams analysis and control; diagrammatic languages; BPMN, UML; IDEF.

---

<sup>48</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ульяновской области в рамках научного проекта № 16-47-732152. Исследования поддержаны грантом Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 2.1615.2017/4.6.

<sup>49</sup> Ульяновск, УлГТУ, e-mail: n.voit@ulstu.ru.

<sup>50</sup> Ульяновск, УлГТУ, e-mail: kirillovsyu@gmail.com.

<sup>51</sup> Ульяновск, УлГТУ, e-mail: v.khorodov73@gmail.com.

## Введение

При проектировании автоматизированных систем (АС) активно применяются диаграмматические модели, представленные в артефактах визуальных графических языков BPMN, UML, IDEFи других. Это 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 диаграмм.

В работах [1, 2] предложена автоматная грамматика, позволяющая проводить анализ диаграмматических моделей потоков работ. Теоретические расчеты выявили ее временное преимущество по сравнению с другими типами грамматик. В работах [3-5] RV-грамматика была адаптирована под различные диаграммные языки.

Данный автоматный подход было решено положить в специализированное программное обеспечение.

### 1. Проектные решения

Общая структура разрабатываемой системы показана на рис. 1. Нотацию BPMN, используемую на примере, можно заменить на другой диаграммный язык.

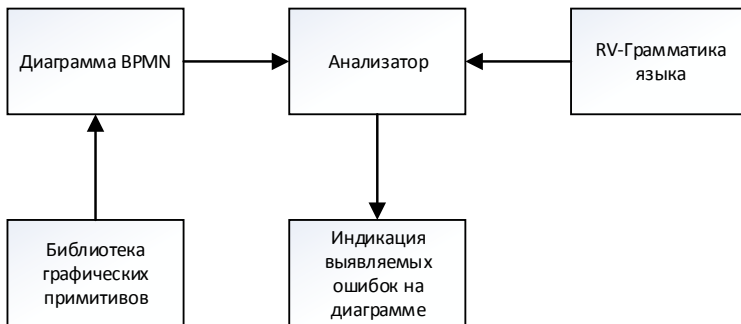


Рис. 1. Общая структура системы

Алгоритм работы анализатора состоит из следующих шагов:

1. Проектировщик строит диаграмму в среде проектирования.
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, так как 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. Происходит дополнительная обработка входной информации необходимой для работы с RV-анализатором.

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.

8. По полученному списку в Visio отмечаются типы и местоположения синтаксических и семантических ошибок, обнаруженные анализатором.

На рис. 2 изображена диаграмма активности анализатора, которая разделяет функции между разными частями системы.

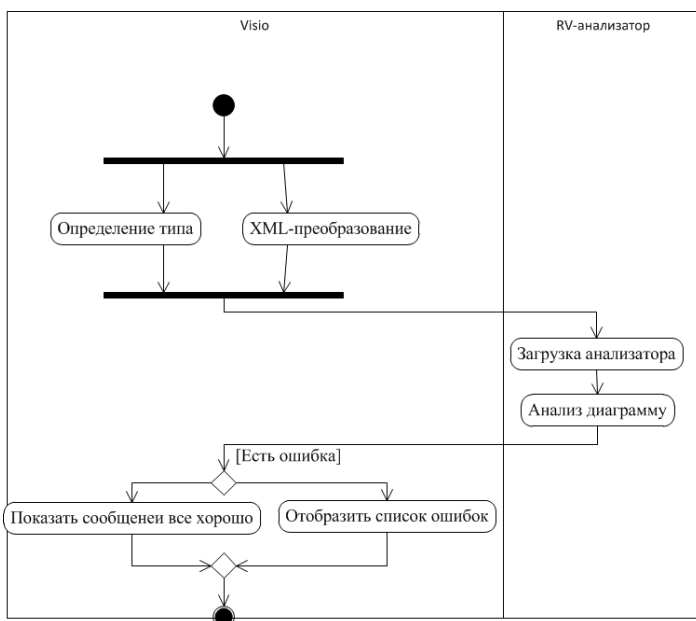


Рис. 2. Диаграмма активности анализатора

Данный подход напоминает клиент-серверную архитектуру. Программное средство для построения диаграмматических моделей потоков работ представляет собой клиента и содержит в себе

презентационную логику и логику доступа к данным. Часть анализатора представляет собой сервер с логикой нашего программного обеспечения. Это делает продукт более универсальным и в перспективе дает возможность подключать его к программным средствам различных производителей, не имеющих такого функционала либо уступающим в возможностях.

Построение файла с данными об объектах происходит по шаблону:

```
<shape>
  <id></id>
  <type></type>
  <connects>
    <from></from>
    <to></to>
  </connects>
</shape>
```

Листинг 1. Структура элемента в XML формате

Программным средством построения диаграмматических моделей потоков работ стал продукт из пакета Officeкомпании Microsoft под названием Visio. Для создания расширения была использована технология ComponentObjectModel (COM).

Для написания программного обеспечения используется высокоуровневый язык программирования C#. Для универсальности функционал подразделен на модули.

1. Модуль интеграции со средой проектирования.
2. Модуль для реализации особенностей грамматики.
3. Модуль анализатора.

То есть для использования программного обеспечения для другого средства построения необходимо было заменить только первый модуль.

В результате создания расширения в интерфейс Visio добавились дополнительные элементы управления (Рис. 3).



Рис. 3. Дополнительные кнопки в интерфейсе MS Visio

Кнопка «Анализировать» проводит анализ текущей диаграммы и при наличии выводит ошибки в специальном окне (рис. 4).

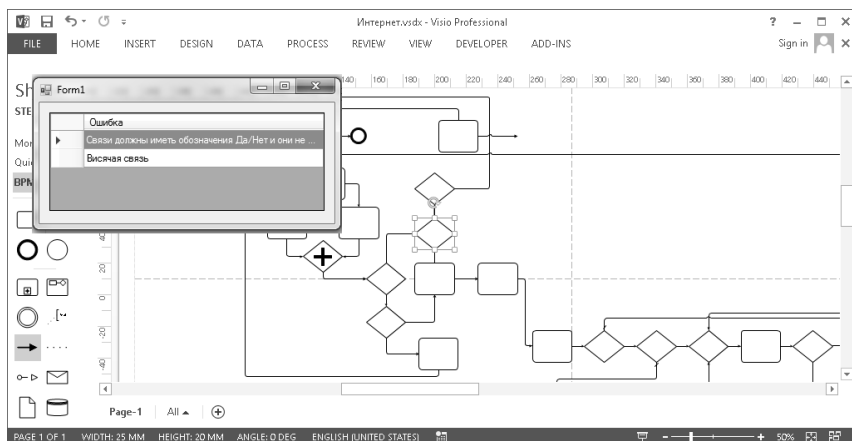


Рис. 4. Пример выделения ошибки

## 2. Формирование плана эксперимента

Целью проведения данного эксперимента является повышение надежности, предполагающее нахождение возможных ошибок в работе анализатора и их исправление.

Проведение эксперимента возможно двумя разными способами: вручную и автоматически. Недостатком первого является трудоемкость. Однако, в рамках учебных дисциплин, студентам давалось задание на построение диаграмм, благодаря чему образовалась база тестовых данных. Далее каждая диаграмма проверялась вручную, и только потом передавалась анализатору. При верификации результатов анализа было выявлено, что RV-грамматики обнаружили 100% синтаксических ошибок и 90% семантических ошибок. Ложных срабатываний на правильных диаграммах выявлено не было.

К сожалению, тестовых данных, содержащих большое количество элементов, для проведения полного эксперимента было недостаточно. Поэтому для проведения автоматического тестирования был написан генератор правильных и неправильных диаграмм.

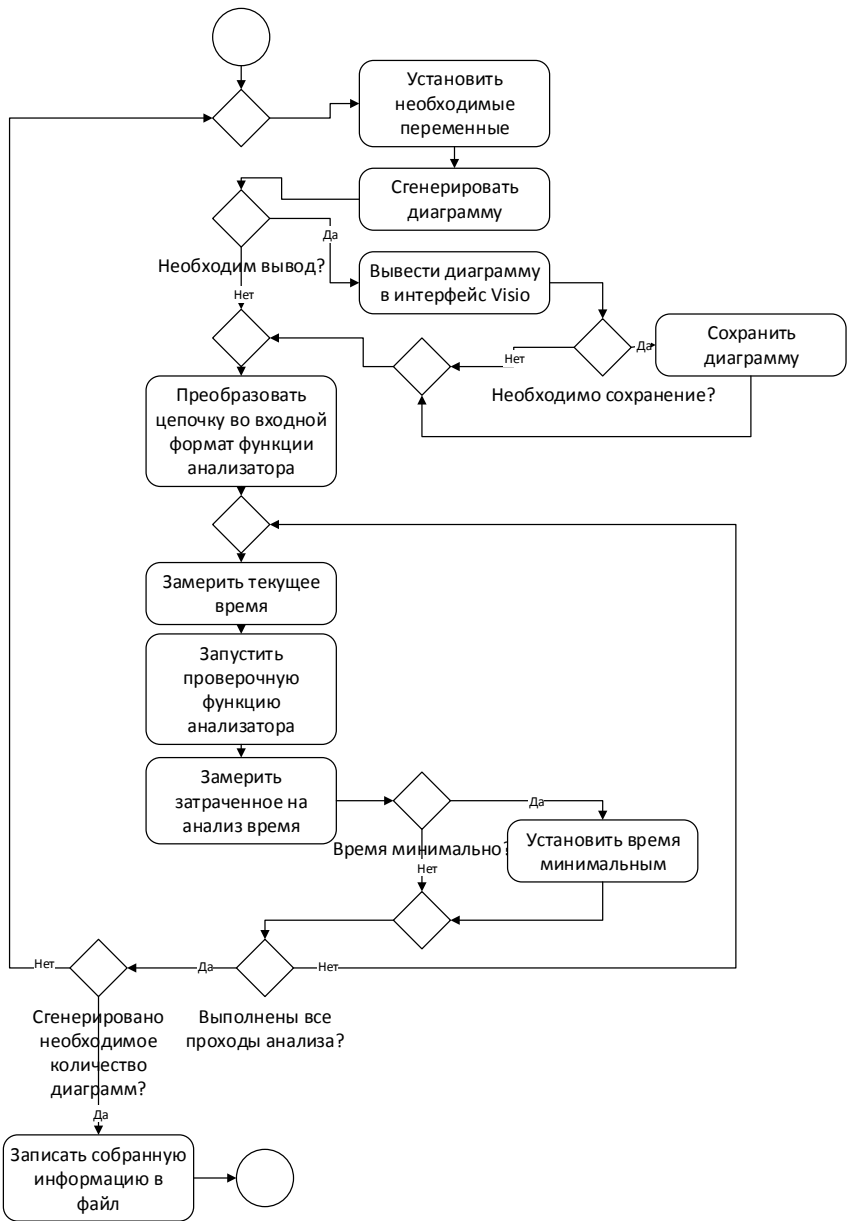


Рис. 5. Алгоритм работы автоматического проведения эксперимента

Эксперимент для каждой диаграммы выполняется многократно, в цикле. Связано это с временными погрешностями от занятости компьютерных ресурсов другими сторонними процессами. Из всех результатов анализа за основной для текущей диаграммы будет взят тот, у которого наименьшее значение.

Важными критериями, от которых будут зависеть результаты анализа, являются:

- Количество элементов на диаграмме.
- Частота попадания элементов с различной сложностью согласно спецификациям графического языка.
- Количество ошибок на диаграмме (для негативных цепочек).

### 3. Проведение эксперимента

Первое, что необходимо замерить, так это временные характеристики работы грамматики при последовательностях графической нотации BPMN. В данном случае количество параллельных потоков ограничено десятью за одну генерацию, меняется минимальная граница количества элементов, коэффициенты вероятности генерации элементов различной степени сложности и коэффициенты, отвечающие за частоту появления ошибок. В случае количества элементов используются генератор случайных чисел по равномерному распределению, такой же генератор используется при генерации типа ошибки. Для генерации вероятностей, используется генератор случайных чисел с заданным распределением.

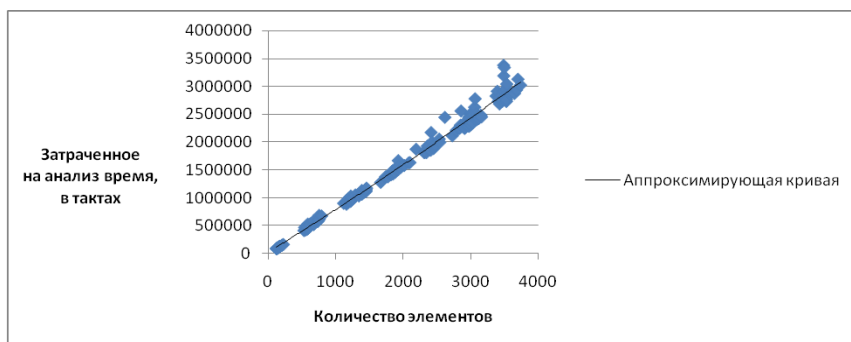


Рис. 6. График анализа цепочек нотации BPMN

Из графика мы видим, что имеется разброс по оси Y для одинакового количества элементов. Это значит, что сложность элементов и различные типы встречающихся ошибок смогли повлиять на результат, ведь на их обработку необходимо затрачивать дополнительные ресурсы.

## Заключение

Разработанное программное обеспечение анализа и контроля распределенных динамических диаграмматических моделей потоков работ позволило опробовать на практике предложенные в работе методы и алгоритмы и в результате проведенных экспериментов полностью доказало свою состоятельность. Временная характеристика RV-грамматики для нотации BPMN стремится к линейной, что подтверждает теоритические исследования. Разработанный анализатор корректно обрабатывает диаграммы с огромным количеством элементов, а также отслеживает все исследованные типы ошибок.

## Список литературы

1. Шаров О.Г., Афанасьев А.Н. Синтаксически-ориентированная реализация графических языков на основе автоматных графических грамматик // Программирование. – 2005. - № 6. – С. 56-66.

2. Шаров О.Г., Афанасьев А.Н. Автоматная графическая грамматика // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2005. № 1 (29). С. 54-56.

3. Афанасьев А.Н., Кириллов С.Ю., Бригаднов С.И. Разработка RV-грамматики для диаграммного языка BPMN // Информатика, моделирование, автоматизация проектирования Сборник научных трудов VII Всероссийской школы-семинара аспирантов, студентов и молодых ученых (ИМАП-2015). 2015. С. 68-75.

4. Войт Н.Н., Гордеев В.А., Савичева Ю.А. Разработка RV-грамматики для диаграммного языка SHAREPOINT // Информатика, моделирование, автоматизация проектирования Сборник научных трудов VII Всероссийской школы-семинара аспирантов, студентов и молодых ученых (ИМАП-2015). 2015. С. 111-121.

5. Афанасьев А.Н., Брагин Д.Г. Разработка анализатора IDEF-диаграмм. Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2011. № 2 (54). С. 41-49.

6. COM: Component Object Model Technologies URL [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms680573\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms680573(v=vs.85).aspx)