

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПОТКОВ РАБОТ (ПРОЦЕССОВ) АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

А.Н. Афанасьев³, Н.Н. Войт⁴

В статье разработана динамическая модель как математический аппарат анализа рабочих процессов автоматизированных систем на основе темпоральной автоматной грамматики (языка). Выполнены исследования существующих способов представления и анализа потоков работ автоматизированных систем.

Существуют следующие парадигмы анализа и контроля качественных характеристик потоков работ: model checking (проверка модели); проверка эквивалентности; дедуктивная верификация (язык Prolog). Подход model checking предназначен для анализа, контроля потоков работ с помощью формальной проверки того, выполняется ли заданная логическая формула на данной структуре (будет ли заданная логическая формула Φ истинна для данной системы переходов M , т. е. будет ли M моделью Φ). Главным недостатком подхода является исследование модели, а не самой системы, поэтому возникает вопрос об адекватности модели к системе, при этом сложность решения перечисленных выше задач является экспоненциальной. При дедуктивной верификации выполняется проверка правильности потока работ, которая сводится к доказательству теорем в подходящей логической системе с помощью аксиом, теорем и правил вывода (например, с помощью языка Пролог, автоматных грамматик и т.п.). Эта весьма сложная процедура не может быть полностью автоматизирована, она требует участия человека, действующего на основе предположений и догадок, использующего интуицию при построении инвариантов и нетривиальном выборе альтернатив. При проверке эквивалентности определяется эквивалентность формальных моделей спецификации, реализации и выполнения (поведения) потоков работ на основе алгебры процессов (Исчисления взаимодействующих систем). Имитационное моделирование является гибким подходом анализа и применяется практически всегда к анализу потоков работ, которое

³ 432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, УлГТУ, e-mail: a.afanasev@ulstu.ru

⁴ 432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, УлГТУ, e-mail: n.voit@ulstu.ru

сводится к определению пути в графе достижимости с учетом вероятностей распределения. Многократное выполнение потоков работ с помощью компьютера обеспечивает «легкость» понимания функционала людям, не имеющих математической подготовки. Наглядное представление и анализ выполнения потоков работ имеется во многих инструментальных средствах моделирования потоков работ. Как правило используют сети Петри при моделировании и анализируются следующие свойства: достижимость (reachability) – которое устанавливает, что конечное состояние системы будет достигнуто при любой последовательности переходов от позиции i . Данное свойство также подразумевает, что при достижении конечной позиции данной сети отсутствуют фишки в промежуточных позициях; безопасность (safety) – устанавливает, что в процессах отсутствуют зависания (deadlocks), заикливания, тупики; живость (liveness) – устанавливает, что система не содержит лишних позиций, которые никогда не будут выполнены. Отсутствие живости означает либо избыточность бизнес-процесса в проектируемой системе, либо свидетельствует о возможности возникновения заикливаний, тупиков, блокировок. На базе сетей Петри построены сети потоков работ (workflow net), широко используемые при поведенческом или структурном анализе бизнес-процессов.

Интенсивность потока, коэффициент передачи, время ожидания, время обслуживания и коэффициент загрузки производственных мощностей можно рассчитать с помощью теории очередей. Если нас интересует формирование отдельной очереди к нескольким однотипным ресурсам, то нужно ограничиться системой с одной очередью. При рассмотрении всего потока лучше использовать системы массового обслуживания. Основными моделями, используемыми в теории массового обслуживания, являются одно- и многоканальные системы массового обслуживания (СМО). Наиболее простую модель потоков работ для определения трудоемкости соответствующего этапа можно получить, если принять допущение об отсутствии последствия в процессе, означающем, что следующая работа в потоке зависит только от текущего состояния и не зависит от предыдущих состояний. В таком случае поток работ становится марковским процессом, определяемым множеством присущих ему состояний и матрицей вероятностей переходов, и распределением вероятностей состояний в начальный момент времени.

С целью анализа семантических ошибок синонимии, антонимии темпоральных слов двух трасс (процессов) диаграмматических моделей, а также их изоморфизма и гомоморфизма, в настоящей работе авторами предложена динамическая модель представления рабочих процессов автоматизированных систем на основе семейства RV-грамматик,

темпоральная автоматная грамматика [1-3] потока работ (рабочих процессов), в следующем виде:

$$P^{TEMP} = (Diagram, L(G)),$$

где $Diagram = \{WF_i \mid i = \overline{1, N}\}$ – диаграмматическая модель как набор потоков работ; $WF_i = \langle e_l, l = \overline{1, L} \rangle$ – кортеж событий одного потока работ, состоящий из термов алфавита грамматики Σ , представлен темпоральными словами визуального языка и отображает темпоральную составляющую диаграмматической модели; $L(G)$ – темпоральный язык, определяющий правила контроля и анализа темпоральной составляющей диаграмматической модели. Причем синонимия темпоральных слов представлена как равенство двух событий трассы. Антонимия – как инверсия темпорального слова, например, «начало» – «конец». Изоморфизм как равенство порядка синонимов двух трасс, гомоморфизм – как фрагментарное равенство порядка. Соответственно вводится степень гомоморфизма двух трасс от 0 до 1, где 0 – наименьшая степень, а 1 – наибольшая степень. N параллельных процессов представим в виде $\sqcup_{i=1}^N P^{TEMP}$. Темпоральные трассы i и j эквивалентны, тогда и только тогда, когда их языки одинаковы:

$$L(G)_i^{P^{TEMP}} = L(G)_j^{P^{TEMP}}.$$

Частный случай синтеза нового процесса представляется как преобразование существующего процесса в плане изменения (замены) событий E с соответствующим изменением языка $L(G)$. Место ошибки в диаграмматической модели определяется тогда и только тогда, когда

нарушается выполнение продукции $a_i \xrightarrow{\sim \{W_j(v_1, \dots, v_n)\}E} r_m$ [9], и представлено

конкретным ошибочным квазитермом \tilde{a}_i трассы σ . Такие ошибки являются структурными или синтаксическими ошибками диаграмматической модели темпорального языка $L(G)$. В том время, как семантическими ошибками диаграмматических моделей потоков работ выявляются на основе анализа семантического образа содержания потока работ и хорошо описаны в работе [4-8]. Устранением ошибок в семействе RV-грамматик назван метод нейтрализации, описанный в работах [1].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-07-01417. Исследование выполнено при

финансовой поддержке РФФИ и Ульяновской области в рамках научного проекта № 18-47-730032.

Список литературы

1. Афанасьев А.Н., Шаров О.Г., Войт Н.Н. Анализ и контроль диаграмматических моделей при проектировании сложных автоматизированных систем / Ульяновск, – 2016 (монография). <https://elibrary.ru/item.asp?id=29293058>
2. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н. Интеллектуальная агентная система анализа моделей потоков проектных работ // Автоматизация процессов управления. – 2015. – № 4 (42). – С. 52-61. <https://elibrary.ru/item.asp?id=25144484>
3. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н., Воеводин Е.Ю., Гайнуллин Р.Ф. Анализ диаграмматических моделей в процессе проектирования автоматизированных систем // Объектные системы. – 2015. – № 10 (10). – С. 124-129. <https://elibrary.ru/item.asp?id=23932346>
4. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н., Уханова М.Е., Ионова И.С., Епифанов В.В. Анализ конструкторско-технологических потоков работ в условиях крупного радиотехнического предприятия // Радиотехника. – 2017. – № 6. – С. 49-58. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29826173> Бабаев А. Транслитерация и как ее правильно программировать.
5. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н. Грамматико-алгебраический подход к анализу и синтезу диаграмматических моделей гибридных динамических потоков проектных работ // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2017. – Т. 15. – № 12. – С. 69-78. <https://elibrary.ru/item.asp?id=32465657>
6. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н. Автоматная временная грамматика для управления объектами киберфизических систем // В сборнике: Десятая всероссийская мультиконференция по проблемам управления МКПУ-2017 Материалы 10-й Всероссийской мультиконференции. В 3-х томах. Ответственный редактор: И.А. Каляев. – 2017. – С. 20-22. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29913539>
7. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н. Анализ и контроль динамических распределенных потоков работ при проектировании сложных автоматизированных систем (САС) // В сборнике: Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM - 2016) труды XVI-ой международной молодежной конференции. – 2016. – С. 97-101. <https://elibrary.ru/item.asp?id=27645803>
8. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н. Грамматико-алгебраический подход к анализу гибридных динамических потоков проектных работ // В сборнике: Информационные технологии и информационная безопасность в науке, технике и образовании "ИНФОТЕХ - 2017" сборник статей Всероссийской научно-технической конференции. Севастопольский государственный университет, Институт «Информационные технологии и управление в технических системах». – 2017. – С. 43-48. <https://elibrary.ru/item.asp?id=32238403>
9. Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM - 2018) труды XVIII-й Международной молодежной конференции, <http://lab18.ipu.ru>