

УДК 658.512

Разработка и исследование метода формирования библиотеки экземпляров потоков работ при проектировании сложных технических изделий

© Авторы, 2020

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2020

Н.Н. Войт – к.т.н., доцент, зав. лабораторией инновационных виртуальных технологий проектирования и обучения департамента научных исследований и инноваций, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет
E-mail: n.voit@ulstu.ru

С.И. Бригаднов – к.т.н., мл. науч. сотрудник, Ульяновский государственный технический университет
E-mail: sergbrig@yandex.ru

С.Ю. Кириллов – аспирант, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет
E-mail: kirillovsyu@gmail.com

М.Е. Уханова – аспирант, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет
E-mail: mari-u@inbox.ru

Д.С. Канев – к.т.н., начальник научно-технического отдела ИДДО, Ульяновский государственный технический университет
E-mail: dima.kanev@gmail.com

В.А. Гордеев – мл. науч. сотрудник, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет
E-mail: gorde-vlad@yandex.ru

Аннотация

Постановка проблемы. Задача определения библиотеки экземпляров потоков работ в аналитическом виде и формулировка метода формирования библиотеки экземпляров потоков работ бизнес-процессов при проектировании сложных технических изделий в САПР является актуальной научно-технической задачей в теории управления бизнес-процессами в условиях крупного радиотехнического предприятия.

Цель. Предложить новый метод формирования библиотеки экземпляров потоков работ, который позволит многократно использовать проектные решения или модифицировать (кастомизировать) их с учетом новых задач, применяя концепцию повторного использования (Reuse).

Результаты. Библиотека экземпляров потоков работ содержит набор проектных характеристик, определяющих содержание бизнес-процесса решения проектной задачи в диаграмматическом виде согласно визуальным графическим языкам и нотациям-стандартам UML, IDEF, EPC, BPMN и др. Предложенный метод позволяет сократить материальные затраты при проектировании и изготовлении сложных технических систем за счет учета уже существующих проектных решений (процессов), в том числе конструкторских и технологических (например, использование уже готового стендового оборудования, а не разработка нового).

Практическая значимость. По оценкам экспертов [1], сокращение затрат ожидается на 3% при реализации такого метода на базе библиотеки экземпляров потоков работ.

Ключевые слова

Потоки работ, библиотека, бизнес-процесс, проектирование, грамматика.

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

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

Исследование поддержано грантом Министерства образования и науки РФ, проект № 2.1615.2017/4.6.

DOI: 10.18127/j20700814-202001-05

Введение

Основы теоретической информатики являются фундаментальной базой для развития теории управления бизнес-процессами как научной дисциплины. Известные ученые современности, такие как А. Тьюринг, Дж. фон Нейман, М. Минский, А. Черч, С. Клини, Д. Скотт, З. Манна, Э. Дейкстра, Ч. Хоар, Дж. Бэкус,

Н. Вирт, Д. Кнут, Р. Флойд, Н. Хомский, В. Турский, А.А. Ляпунов, А.Н. Колмогоров, Н.Н. Моисеев, А.И. Мальцев, А.А. Марков, В.М. Глушков, А.П. Ершов определили математический аппарат, обеспечивающий формализацию бизнес-процессов для исследования вычислимости структур, свойств и семантик, в том числе для контроля, анализа синтаксиса (топологии) и семантики на наличие ошибок.

Методы формирования экземпляров потоков работ относятся к классу задач Workflow mining (Process mining) и являются перспективным направлением теории управления бизнес-процессами (Business process management), в которой одной из научной проблемой является решение *обратной задачи* [2] автоматизации проектирования динамических распределенных потоков работ в виде диаграмматических моделей [3–6] при проектировании, сопровождении и реинжиниринге сложных автоматизированных систем. Исходными (входными) данными для решения обратной задачи служат события (сведения) о выполненных задачах и принятых решениях (например, по информации лог-файлов). Следует отметить, что сферы применения теории управления бизнес-процессами и потоками работ обширные и включают в себя человеко-компьютерное взаимодействие (например, в промышленности – конструкторская подготовка производства).

Современные системы управления бизнес-процессами, такие как SAP, PeopleSoft, Oracle, CRM (Customer Relationship Management) software применяют теорию управления бизнес-процессами в виде компьютеризованных технологий и модулей. Моделирование бизнес-процесса в таких системах – далеко не тривиальная задача и требует понимания языка описания бизнес-процесса (например, BPMN) и подробного обсуждения проблемы с вовлеченными в процесс работниками и руководством.

Ц е л ь р а б о т ы – предложить новый метод формирования библиотеки экземпляров потоков работ, который позволит многократно использовать проектные решения или модифицировать (кастомизировать) их с учетом новых задач, применяя концепцию повторного использования (Reuse).

Формальное определение библиотеки экземпляров потоков работ

Авторами статьи разработана динамическая модель представления процессов проектирования автоматизированных систем для Workflow mining на базе автоматных временных графических RVTI-грамматик, обеспечивающих формальное описание потоков работ бизнес-процессов, отличающаяся от аналогов тем, что по ней можно определить место ошибки диаграмматической модели и тип ошибки, в том числе понять, структурная это или семантическая ошибка. При этом формализация и анализ диаграмматических моделей бизнес-процессов выполняется по принципу *сегрегации* (разделения), то есть весь бизнес-процесс делится на отдельные потоки работ, для которых формируются диаграмматические модели и выполняется их анализ, после которого корректные (безошибочные) потоки работ собираются (агрегируют) в диаграмматическую модель описания исследуемого бизнес-процесса.

Автоматной временной графической RVTI-грамматикой языка $L(G)$ называется упорядоченная восьмерка непустых множеств $G = (V, \Sigma, \tilde{\Sigma}, C, E, R, \tau, r_0)$, где $V = \{v_e, e = \overline{1 \dots L}\}$ – вспомогательный алфавит (алфавит операций над внутренней памятью, представленный магазином или эластичной лентой); $\Sigma = \{a_n, n = \overline{1 \dots T}\}$ – алфавит графических символов (объектов); $\tilde{\Sigma} = \{\tilde{a}_n, n = \overline{1 \dots \tilde{T}}\}$ – квазитерминальный алфавит, являющийся расширением терминального алфавита Σ ; $C = \{c, c = c + t_l \mid \exists t_0 = 0 \rightarrow c = 0\}$ – идентификатор часов (счетчик); $\tau = \{t_l \in [0; +\infty], l = \overline{1 \dots K}\}$ – множество временных меток, причем $c \in [t_l; t_{l+1}]$; E – темпоральное отношение вида $\{c \sim t_l\}$, где переменная c – идентификатор часов, а отношение $\sim \in \{=, <, \leq, >, \geq\}$ и описывает условие наступления события t_l ; $R = \{r_i, i = \overline{0 \dots I}\}$ – схема грамматики G (множество имен комплексов продукций, причем каждый комплекс r_i состоит из подмножества P_{ij} продукций $r_i = \{P_{ij}, j = \overline{1 \dots J}\}$); $r_0 \in R$ – аксиома RVTI-грамматики (имя начального комплекса продукций); $r_k \in R$ – заключительный комплекс продукций.

Продукция $P_{ij} \in r_i$ имеет вид $\tilde{a}_l \xrightarrow{\{W_\gamma(v_1, \dots, v_n)E\}} r_m$, где $W_\gamma(v_1, \dots, v_n)$ – n -арное отношение, определяющее вид операции над внутренней памятью в зависимости от $\gamma = \{1, 2, 3\}$ (1 – запись, 2 – чтение, 3 – сравнение); $E = \emptyset$ при $c \sim t_l$; (\tilde{a}_l, t_l) – слова в виде пары квази-символа и временной метки; $r_m \in R$ – имя комплекса продукции-преемника.

Язык данной грамматики содержит слова вида (\tilde{a}_l, t_l) при $E \neq \emptyset$ и \tilde{a}_l при $E = \emptyset$ и представляет собой трассу $\sigma = \{\tilde{a}_0, 0\} \rightarrow \{\tilde{a}_l, t_l\} \vee \tilde{a}_l \rightarrow \{\tilde{a}_k, t_k\}$.

Временной (темпоральный) поток работ представим в виде динамической модели

$$P^{\text{TEMP}} = [E, L(G)],$$

где $E = \{e_l, l = \overline{1 \dots L}\}$ – кортеж событий алфавита грамматики Σ , представленный темпоральными словами визуального языка; $L(G)$ – темпоральный язык, представляющий собой последовательность темпоральных слов.

Представим N параллельных процессов в виде $\|_{i=1}^N P^{\text{TEMP}}$.

Темпоральные процессы i и j эквивалентны тогда и только тогда, когда их языки одинаковы:

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

Синтез 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 P_{ij} , и представлено конкретным ошибочным квазитермом \tilde{a}_l трассы σ . Такие ошибки являются структурными или синтаксическими ошибками диаграмматической модели темпорального языка $L(G)$.

Семантические ошибки диаграмматических моделей потоков работ выявляются на основе анализа семантического образа содержания потока работ и хорошо описаны в [7]. Устранением ошибок в семействе RVTI-грамматик назван метод нейтрализации, описанный в [8–14]. Динамическая модель представления процессов автоматизированных систем на базе темпоральной автоматной грамматики обеспечивает математическое описание гибридных динамических потоков проектных работ для анализа, контроля, преобразования и интерпретации, что позволяет определить место ошибки в диаграмматической модели.

Библиотека экземпляров потоков работ, которая может быть многократно использована в проектных решениях с применением концепции повторного использования (Reuse) для поиска подходящего решения, имеет следующий вид: $Library = (Diagram_i | Diagram = \vee P^{\text{TEMP}}_j; i, j = \overline{1 \dots N})$, где \vee – агрегация потоков работ в единую диаграмматическую модель динамических распределенных потоков работ $Diagram$ в задачах проектирования, сопровождения и реинжиниринга сложных автоматизированных систем; i – индекс диаграмматической модели; j – индекс потока работ.

Далее исследуем историю построения твердотельной трехмерной модели (последовательность проектных операций) в САПР на примере АСКОН КОМПАС-3D как потока работ с целью разработки метода автоматизированного формирования $Library$ библиотеки при проектировании сложных технических изделий. Проектная деятельность проектировщика в САПР КОМПАС-3D сопровождается фиксацией «проектных следов» в виде дерева построения, при котором заполняются проектные характеристики: определяется тип анализируемого объекта; формируется список операций твердотельного моделирования; устанавливается взаимосвязь между проектными операциями и параметры объектов (параметры проектных операций).

В результате формируется последовательность проектных операций (история проектирования-построения дерева), которая может быть изъята и передана в виде сентенциальной формы потока работ, состоящей из алфавита проектных операций, в $Library$ библиотеку через операцию агрегации с суще-

ствующими в библиотеке потоками работ. Таким образом, формируется диаграмматическая модель как единица библиотека. В свою очередь, ряд таких моделей предстает как библиотека экземпляров потоков проектных работ. Императивная составляющая метода автоматизированного формирования *Library* библиотеки при проектировании сложных технических изделий содержит следующие процедуры.

Процедура 1. Формирование последовательности проектных операций (истории проектирования-построения дерева) $\langle a_1, a_2, a_3, \dots, a_n \mid a \in \Sigma, n = \overline{1 \dots N} \rangle$.

Процедура 2. Изъятие и передача в виде сентенциальной формы потоков работ в диаграмматическую модель $\{ \langle a_1, a_2, a_3, \dots, a_n \rangle \rightarrow P^{\text{TEMP}}_i \mid i = \overline{1 \dots N} \} \rightarrow \text{Diagram}$.

Процедура 3. Агрегация экземпляров потоков работ в библиотеку $\{ \vee \text{Diagram}_i \mid i = \overline{1 \dots N} \} \rightarrow \text{Library}$.

С помощью авторской программной системы [15] можно изъять эту историю в САПР КОМПАС-3D и представить в виде XML-описания, имеющего, например, следующий вид:

```
<optype="Операция приклеенного выдавливания" toptype="entity" id="100018"
name="Операция выдавливания:1">
<params>
<param>
<name>sketch</name>
<val>100001</val>
</param>
<param>
<name>Направление</name>
<val>Прямое направление</val>
</param>
<param>
<name>Глубина выдавливания в прямом направлении</name>
<val>20</val>
</param>
<param>
<name>Глубина выдавливания в обратном направлении</name>
<val>0</val>
</param>
<param>
<name>Угол уклона в прямом направлении</name>
<val>0</val>
</param>
<param>
<name>Угол уклона в обратном направлении</name>
<val>0</val>
</param>
<param>
<name>Тип выдавливания в прямом направлении</name>
<val>Строго на глубину</val>
</param>
<param>
<name>Тип выдавливания в обратном направлении</name>
<val>Строго на глубину</val>
</param>
</params>
</op>
<op type="Фаска" toptype="entity" id="100019" name="Фаска:2">
<params>
<param>
<name>Признак продолжения фаски по касательным ребрам</name>
<val>Продолжать фаску по касательным ребрам</val>
</param>
```

```

<param>
<name>Признак направления фаски</name>
<val>Да</val>
</param>
<param>
<name>Размер первого катета фаски</name>
<val>5</val>
</param>
<param>
<name>Размервторогокатетафаски</name>
<val>2,88675134594813</val>
</param>
</params>
</op>
<op type="Фаска" toptype="entity" id="100020" name="Фаска:3">
<params>
<param>
<name>Признак продолжения фаски по касательным ребрам</name>
<val>Продолжать фаску по касательным ребрам</val>
</param>
<param>
<name>Признак направления фаски</name>
<val>Да</val>
</param>
<param>
<name>Размер первого катета фаски</name>
<val>5</val>
</param>
<param>
<name>Размервторогокатетафаски</name>
<val>2,88675134594813</val>
</param>
</params>
</op>

```

В примере для проектных операций «Выдавливание 1», «Фаска 1» и «Фаска 2» как потоков работ содержатся следующие характеристики, представленные на рис. 1.

Наглядное описание процесса построения истории приведено на рис. 2.

Заключение

Разработан, исследован и реализован на примере САПР КОМПАС-3D метод формирования библиотеки экземпляров потоков работ при проектировании сложных технических изделий, обеспечивающий многократное использование проектных решений и их модификацию и кастомизацию с учетом новых задач, с применением концепции повторного использования (Reuse). Этот метод отличается от аналогов математическим аппаратом, а именно: наличием аналитических моделей представления динамических распределенных потоков работ на базе временной графической RVTI-грамматики для контроля, анализа, хранения и обработки потоков работ, учитывающих понятие «время».

Апробация данного метода выполнена на крупном радиотехническом предприятии г. Ульяновска – АО «Ульяновский механический завод». Результаты экспериментов показали повышение эффективности конструкторских и технологических бизнес-процессов на 3% при проектировании сложных технических изделий, что подтверждает результаты [1].

Дальнейшие исследования будут связаны с вычислительной, в том числе денотативной, сигнификативной семантикой диаграмматических моделей динамических распределенных потоков работ в плане автоматизации проектирования, включая контроль и анализ таких потоков работ в САПР.



Рис. 1. Параметры проектных операций для детали «Крышка»

Fig. 1. Design operation parameters for cover part

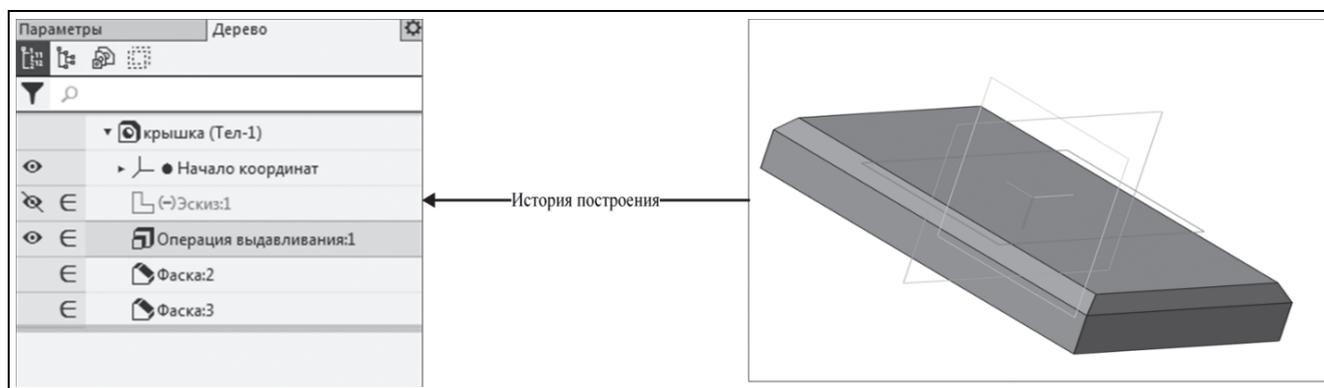


Рис. 2. Дерево построения изделия как история потоков работ

Fig. 2. Product tree as a history of workflows

Литература

1. Sheldon K. Using a Workflow to Reduce Database Costs without Affecting Collection Needs // Pennsylvania Libraries: Research & Practice. May 2018. V. 6. № 1. P. 49–56.
2. Tarantola A. Inverse problem theory and methods for model parameter estimation // SIAM. 2005. V. 89. URL = http://www.ipgp.fr/~tarantola/Files/Professional/Teaching/Diverse/Exercices/Example_1/CompleteDocument.pdf.
3. International Journal of Information Technology and Knowledge Management. July–December 2011. V. 4. № 2. P. 719–722.
4. W.M.P. van der Aalst, A.J.M.M. Weijters and Maruster L. Workflow Mining: Which Processes Can be Rediscovered?
5. W.M.P. van der Aalst, A.J.M.M. Weijters and Maruster L. Workflow Mining: Discovering Process Models from Event Logs.
6. Joachim Herbst, Niko Kleiner Interactive Workflow Mining – Requirements, Concepts and Implementation Markus Hammori.
7. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н., Уханова М.Е., Ионова И.С., Елифанов В.В. Анализ конструкторско-технологических потоков работ в условиях крупного радиотехнического предприятия // Радиотехника. 2017. № 6. С. 49–58. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=29826173>.

8. *Афанасьев А.Н., Войт Н.Н.* Интеллектуальная агентная система анализа моделей потоков проектных работ // Автоматизация процессов управления. 2015. № 4(42). С. 52–61. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=25144484>.
9. *Афанасьев А.Н., Войт Н.Н.* Автоматная временная грамматика для управления объектами киберфизических систем // Материалы 10-й Всерос. мультikonф. по проблемам управления МКПУ-2017. В 3-х томах / Ответственный ред. *И.А. Каляев*. 2017. С. 20–22. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=29913539>.
10. *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. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=23932346>.
11. *Афанасьев А.Н., Войт Н.Н.* Анализ и контроль динамических распределенных потоков работ при проектировании сложных автоматизированных систем (САС) // Труды XVI Междунар. молодежной конф. «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM-2016)». 2016. С. 97–101. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=27645803>.
12. *Афанасьев А.Н., Шаров О.Г., Войт Н.Н.* Анализ и контроль динамических распределенных потоков работ при проектировании сложных автоматизированных систем. Ульяновск. 2016. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=29293058>.
13. *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. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=32465657>.
14. *Афанасьев А.Н., Войт Н.Н.* Грамматико-алгебраический подход к анализу гибридных динамических потоков проектных работ // Сб. статей Всерос. научно-технич. конф. «Информационные технологии и информационная безопасность в науке, технике и образовании «ИНФОТЕХ-2017». Севастопольский государственный университет. Институт «Информационные технологии и управление в технических системах». 2017. С. 43–48. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=32238403>.
15. Свид-во № 2018615611 РФ. Рекомендательная система структурно-параметрического анализа проектной деятельности проектировщика к машиностроительным САПР (КОМПАС-3D): свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / *Афанасьев А.Н., Войт Н.Н., Канев Д.С., Бригаднов С.И., Уханова М.Е., Ионова И.С.*; заявитель и правообладатель Ульян. гос. техн. ун-т. № 2018612664; заявл. 21.03.2018; зарегистр. 11.05.2018.

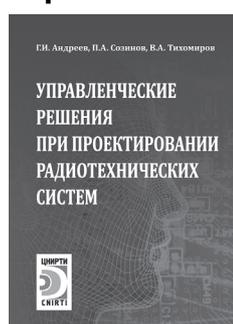
Поступила 28 ноября 2019 г.

Уважаемые читатели!

В Издательстве «Радиотехника»
в научной серии «Принятие решений в управлении»
вышла в свет книга:

Андреев Г.И., Созинов П.А., Тихомиров В.А.

Управленческие решения при проектировании радиотехнических систем



Монография

Под ред. П.А. Созинова

DOI 10.18127/B9785931081731

ISBN 978-5-93108-173-1

Впервые достаточно подробно раскрыты основные положения теории проектирования и рассмотрены вопросы методологии создания систем автоматизированного проектирования, принципиальные положения которой реализованы в обобщенной методике организации процесса проектирования радиотехнических систем. Осуществлена детальная проработка теоретических положений по реализации методов верификации в автоматизированной процедуре проверки выполнения требований к программно-аппаратным комплексам автоматизированного проектирования. Большое внимание уделено вопросам формирования собственных и внешних оснований теории проектирования, при этом существенно детализирована концепция формирования оснований математической модели стратегического прогноза и оценки эффективности принимаемых проектных решений.

Для аспирантов, научных сотрудников и руководителей, деятельность которых связана с проектированием и управлением техническими, экономическими и социальными процессами.

Адрес Издательства:

107031 г. Москва, Кузнецкий мост, 20/6.

Тел./факс: (495) 625-92-41, тел.: (495) 625-78-72, 621-48-37;

<http://www.radiotec.ru>; e-mail: info@radiotec.ru

Development and research of a method for formation of a library of work flow instances in the design of complex technical products

© Authors, 2020

© Radiotekhnika, 2020

N.N. Voit – Ph.D.(Eng.), Associate Professor, Head of Laboratory of Innovative Virtual Design and Training Technologies of Department of Scientific Research and Innovation, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University
E-mail: n.voit@ulstu.ru

S.I. Brigadnov – Ph.D.(Eng.), Junior Research Scientist, Ulyanovsk State Technical University
E-mail: sergbrig@yandex.ru

S.Yu. Kirillov – Post-graduate Student, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University
E-mail: kirillovsyu@gmail.com

M.E. Ukhanova – Post-graduate Student, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University
E-mail: mari-u@inbox.ru

D.S. Kanev – Ph.D.(Eng.), Head of Scientific and Technical Department, Ulyanovsk State Technical University
E-mail: dima.kanev@gmail.com

V.A. Gordeev – Junior Research Scientist, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University
E-mail: gorde-vlad@yandex.ru

Abstract

Analysis of business processes, namely, conducting thorough analytics of existing business processes, fixing and analyzing project histories, interviewing dozens of specialists, identifying user groups, creating characters, developing context and scenarios, mockups and prototypes of a large radio-technical enterprise, leads to a quantum leap, automation and customization of business processes and, as a whole, to increase production capacities and reduce «burning of equipment».

Workflow mining is a promising direction in the theory of project process management in CAD, it solves the inverse problem of automating the design of workflows based on diagrammatic models that are formed in it based on events about completed tasks (for example, according to the log file information). Typically, such diagrammatic models are presented in visual languages such as UML AD, BPMN, eEPC, IDEF, and others. When analyzing a project process, an expert in data mining repeatedly evaluates the diagrammatic model of the project process, changes the conditions of the project process using the characteristics of the model to achieving the optimal solution. Modeling a fragment or a complete project process is usually represented by a stream of work in graphic designs (notations). Such workflows are formalized as patterns and are reusable typical structural units of Workflow mining. It should be noted that the scope of the theory of design process management and design workflows are extensive and include human-computer interaction (for example, in industry – design preparation of production). Modern project process management systems such as SAP, PeopleSoft, Oracle, CRM (Customer Relationship Management) software apply the theory of project process management in the form of computerized technologies, modules. Modeling the project process in such systems is far from a trivial task and requires an understanding of the language for describing the project process (for example, BPMN) and a detailed discussion of the problem with the employees and management involved in the process. Mainly, Workflow mining in CAD is useful in analyzing a new system in terms of understanding how the end user (consumer, designer, programmer, expert, etc.) works with this system, while the design effects of the use of Workflow mining in the management of project processes the following:

reduces the time and cost of analysis, because most information systems have log data (log files) that are available without any additional costs;

provides objective information about any accounting, since work flow logs are an impartial reflection of the work performed;

allows a formal check of the properties of work flows by modeling the process before its commissioning;

supports several representations of the same project process using algorithms for the synthesis and transformation of models;

allows for involuntary exit from workflow cycles (a special acyclic workflow is introduced) when necessary (for example, in case of early exit from the cycle during workflow tracing);

allows multiple changes in the characteristics of the diagrammatic model on a working instance of the workflow during its execution on the basis of check points.

Thus, the task of determining the library of workflow instances in an analytical form and the formulation of a method for creating a library of instances of workflows of business processes when designing complex technical products in CAD is an urgent scientific and technical task in the theory of business process management in a large radio engineering enterprise.

Keywords

Workflows, library, business process, design, grammar.

The study was carried out with the financial support of the Russian Federal Property Fund in the framework of the scientific project № 17-07-01417.

The study was financially supported by the Russian Federal Property Fund and the Government of the Ulyanovsk Region as part of a scientific project № 18-47-730032.

The study was supported by a grant from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, project № 2.1615.2017/4.6.

DOI: 10.18127/j20700814-202001-05

References

1. Sheldon K. Using a Workflow to Reduce Database Costs without Affecting Collection Needs. Pennsylvania Libraries: Research & Practice. May 2018. V. 6. № 1. P. 49–56.
2. Tarantola A. Inverse problem theory and methods for model parameter estimation. SIAM. 2005. V. 89. URL = http://www.ipgp.fr/~tarantola/Files/Professional/Teaching/Diverse/Exercices/Example_1/CompleteDocument.pdf.
3. International Journal of Information Technology and Knowledge Management. July–December 2011. V. 4. № 2. P. 719–722.
4. W.M.P. van der Aalst, A.J.M.M. Weijters and Maruster L. Workflow Mining: Which Processes Can be Rediscovered?
5. W.M.P. van der Aalst, A.J.M.M. Weijters and Maruster L. Workflow Mining: Discovering Process Models from Event Logs.
6. Joachim Herbst, Niko Kleiner Interactive Workflow Mining – Requirements, Concepts and Implementation Markus Hammori.
7. Afanasev A.N., Voit N.N., Ukhanova M.E., Ionova I.S., Epifanov V.V. Analiz konstruktorsko-tehnologicheskikh potokov robot v usloviyakh krupnogo radiotekhnicheskogo predpriyatiya. Radiotekhnika. 2017. № 6. S. 49–58. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=29826173>. (In Russian).
8. Afanasev A.N., Voit N.N. Intellektualnaya agentnaya sistema analiza modelei potokov proektnykh robot. Avtomatizatsiya protsessov upravleniya. 2015. № 4(42). S. 52–61. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=25144484>. (In Russian).
9. Afanasev A.N., Voit N.N. Avtomatnaya vremennaya grammatika dlya upravleniya obiektami kiberfizicheskikh sistem. Materialy 10-i Vseros. multikonf. po problemam upravleniya MKPU-2017. V 3-kh tomakh. Otvetstvennyi red. I.A. Kalyaev. 2017. S. 20–22. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=29913539>. (In Russian).
10. Afanasev A.N., Voit N.N., Voevodin E.Yu., Gainullin R.F. Analiz diagrammicheskikh modelei v protsesse proektirovaniya avtomatizirovannykh sistem. Obiektnye sistemy. 2015. № 10(10). S. 124–129. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=23932346>. (In Russian).
11. Afanasev A.N., Voit N.N. Analiz i kontrol dinamicheskikh raspredelennykh potokov robot pri proektirovanii slozhnykh avtomatizirovannykh sistem (SAS). Trudy XVI Mezhdunar. molodezhnoi konf. «Sistemy proektirovaniya, tekhnologicheskoi podgotovki proizvodstva i upravleniya etapami zhiznennogo tsikla promyshlennogo produkta (SAD/CAM/PDM-2016)». 2016. S. 97–101. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=27645803>. (In Russian).
12. Afanasev A.N., Sharov O.G., Voit N.N. Analiz i kontrol dinamicheskikh raspredelennykh potokov robot pri proektirovanii slozhnykh avtomatizirovannykh sistem. Ulyanovsk. 2016. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=29293058>. (In Russian).
13. Afanasev A.N., Voit N.N. Grammatiko-algebraicheskii podkhod k analizu i sintezu diagrammicheskikh modelei gibridnykh dinamicheskikh potokov proektnykh robot. Informatsionno-izmeritelnye i upravlyayushchie sistemy. 2017. T. 15. № 12. S. 69–78. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=32465657>. (In Russian).
14. Afanasev A.N., Voit N.N. Grammatiko-algebraicheskii podkhod k analizu gibridnykh dinamicheskikh potokov proektnykh robot. Sb. statei Vseros. nauchno-tekhnich. konf. «Informatsionnye tekhnologii i informatsionnaya bezopasnost v nauke, tekhnike i obrazovanii «INFOTEKH-2017». Sevastopolskii gosudarstvennyi universitet. Institut «Informatsionnye tekhnologii i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh». 2017. S. 43–48. URL = <https://elibrary.ru/item.asp?id=32238403>. (In Russian).
15. Svid-vo № 2018615611 RF. Rekomendatelnaya sistema strukturno-parametricheskogo analiza proektnoi deyatelnosti proektirovshchika k mashinostroitelnykh SAPR (KOMPAS-3D): svidetelstvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EVM. Afanasev A.N., Voit N.N., Kanev D.S., Brigadnov S.I., Ukhanova M.E., Ionova I.S.; zayavitel i pravoobladatel Ulyan. gos. tekhn. un-t. № 2018612664; zayavl. 21.03.2018; zaregistr. 11.05.2018. (In Russian).