

ся на доработку, а значит, тем большее количество фишек будет скапливаться в позициях. В тоже время складывается парадоксальная проектная ситуация – чем выше квалификация разработчика КД, тем меньше «живость» потока работ, поскольку многие операции, связанные с доработкой КД не будут выполнены. Модель обладает хорошим свойством безопасности, поскольку отсутствуют зависания, зацикливание, тупики и блокировки.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-07-01417, Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 2.1615.2017/4.6, РФФИ и Администрации Ульяновской области в рамках научного проекта № 18-47-730032.*

### Литература

1.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.

2.Афанасьев А. Н., Войт Н. Н. Интеллектуальная агентная система анализа моделей потоков проектных работ //Автоматизация процессов управления. 2015. № 4 (42). С. 52-61.

*Войт Николай Николаевич*, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Вычислительная техника», УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, e-mail: [n.voit@ulstu.ru](mailto:n.voit@ulstu.ru)

*Кириллов Сергей Юрьевич*, аспирант кафедры «Вычислительная техника», УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, e-mail: [kirillovsyu@gmail.com](mailto:kirillovsyu@gmail.com)

*Уханова Мария Евгеньевна*, аспирант кафедры «Вычислительная техника», АО «Ульяновский механический завод», 432008, г. Ульяновск, Московское шоссе, 94, e-mail: [mari-u@inbox.ru](mailto:mari-u@inbox.ru)

*Бочков Семен Игоревич*, аспирант кафедры «Вычислительная техника», УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, e-mail: [bochkovsi@ido.ulstu.ru](mailto:bochkovsi@ido.ulstu.ru)

*Канев Дмитрий Сергеевич*, к.т.н., УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, e-mail: [dima.kanev@gmail.com](mailto:dima.kanev@gmail.com)

**УДК 658.512.22**

## ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ МНОГОАГЕНТНАЯ СИСТЕМА

Н. Н. Войт, С. Ю. Кириллов, С. И. Бочков, Р. Ф. Гайнуллин, В. С. Хородов

Ульяновский государственный технический университет

**Аннотация.** Исследованы способы организации многоагентных систем коллективного проектирования сложных автоматизированных систем, разработана новая архитектура

распределенного проектирования на базе распределенных интеллектуальных агентов и реализована программно-информационная многоагентная система.

**Ключевые слова:** проектирование, агент, интеллектуализация, поток проектных работ, диаграмматика

В работе исследованы подходы и технологии организации промышленных многоагентных систем (МАС) [1] для разработки новой интеллектуальной программно-информационной многоагентной системы [2], учитывающей специфику проектной деятельности в плане проектных процедур, математических моделей, анализа и синтеза проектных решений. МАС применяется, как правило, в следующих областях: промышленность [3], логистика, воздушное движение, исследование космоса, обучение [4], автотранспорт, система поставок и организация вычислительной сети. Авторы сфокусировали внимание на промышленном секторе, содержащем модели бизнес-процессов и потоки проектных работ (workflows), а также рассмотрели методологии построения МАС: убеждение-желания-намерение (Belief-Desire-Intention – BDI), переговоры (negotiation), моделирование (simulation), совместимость (interoperability), координация (coordination), распределенное проектирование (distributed control and diagnostics) [5]. Методология распределенного проектирования является основой архитектуры авторской программно-информационной многоагентной системы, учитывающей особенность проектной деятельности. Промышленная интеллектуальная многоагентная система содержит следующие методы: контроль (проверка) и диагностика (исправление) [5]. В работе [1] представлены методы, средства и архитектура распределенного проектирования (АРП), однако они не подходят для контроля и диагностики диаграмм в виду специфики диаграмматики [3] в плане учета императивной и декларативной семантик, поэтому авторы разработали новую АРП (рис. 1).



Рис. 1 Архитектура программно-информационной многоагентной системы

Каждый элемент на рис. 1 выполняет следующие методы. *Проектирование и реинжиниринг прикладных систем*: разработать модель бизнес-процесса и потока проектных работ, чтобы описать процесс изготовления промышленного оборудования. *MS Visio, IBM Rational Software Architecture, Dia, ARIS*: помочь представить модель бизнес-процесса и потока проектных работ с помощью диаграмм. *Агент модели диаграммы (1)*: содержит описание диаграммы в виде таблицы правил. *Агент RVM-грамматики (2)*: создает грамматику, чтобы описать диаграмму бизнес-процесса. *Агент планирования (3)*: менеджер агентов. *Агент исполнительного контроля(4)*: исполняет команды, полученные от агента планирования. *Агент диагностики (5)*: проверяет и исправляет ошибки в диаграмме. *Прикладные системы, такие как CAD/CAE/CAM/PDM/ERP [6,7,8]*: используют диаграммы при планировании и разработке производственного оборудования.

Любой из интеллектуальных агентов может проактивно (пассивно) начать планировать деятельность. Процесс планирования имеет три фазы: Создание, Требование (Запрос) и Исполнение. Во время Создания агент распознает настоящую ситуацию и создает шаблон плана, используя протоколы Объявления и Опроса, с остальными агентами, чтобы сформировать общий план. В фазе Требования агент запрашивает ресурсы для выполнения задачи. В последней фазе Исполнения план выполняется всеми участниками-агентами, которые используют протоколы Соглашения Задач/Действий. Протокол Объявления обслуживает следующие взаимодействия агентов: агент с задачей рассылает объявление о задаче в виде спецификации в закодированном виде, описывающем ее и свои ограничения. Протокол Опроса обслуживает следующие взаимодействия агентов: агенты, получившие объявление о задаче, решают выполнить задачу. Протокол соглашения Задач/Действий обслуживает следующие взаимодействия агентов: агенты исполняют план. Агенты взаимодействуют друг с другом с помощью языка описания работ (Job Description Language – JDL) [9] как содержательного языка в FIPA-ACL. Интеллектуальная агентная система поддерживает как Директивного Помощника (Directory Facilitator – DF), обеспечивающего нахождение агентов по функционалу, так и Сервисы Управления Агентом (Agent Management Services – AMS), обеспечивающие нахождение агентов по адресам. Коммуникация агентов между собой представлена на рис. 2.



Рис. 2 Диаграмма последовательности взаимодействия

Авторы использовали WADE-технологии [10], чтобы разработать интеллектуальную программно-информационную многоагентную систему, плагины которой могут быть интегрированы в MS Visio, Dia. Разработанная интеллектуальная многоагентная система обеспечит повышение качества диаграмматических моделей распределенных бизнес-процессов и потоков проектных работ, сокращение издержек проектной организации и сроков разработки сложных автоматизированных систем [11-14].

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-07-01417, РФФИ и Администрации Ульяновской области в рамках научного проекта № 18-47-730032, Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 2.1615.2017/4.6*

## Литература

1. Michal Pechoucek and Vladimir Marik. Industrial deployment of multi-agent technologies: review and selected case studies. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*. 2008. V. 17, № 3. pp. 397–431.
2. Alexander Afanasyev and Nikolay Voit Multi-agent system to analyse manufacturing process models // *Proceedings of International conference on Fuzzy Logic and Intelligent Technologies in Nuclear Science - FLINS2016*. – France, 2016. – Pp. 444-449. [https://www.researchgate.net/publication/305781384\\_MULTIAGENT\\_SYSTEM\\_TO\\_ANALYSE\\_MANUFACTURING\\_PROCESS\\_MODELS](https://www.researchgate.net/publication/305781384_MULTIAGENT_SYSTEM_TO_ANALYSE_MANUFACTURING_PROCESS_MODELS)
3. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н. Интеллектуальная агентная система анализа моделей потоков проектных работ // *Автоматизация процессов управления*. – 2015. – № 4. – С. 42.
4. Current Trends in Remote and Virtual Lab Engineering. Where are we in 2013? / S. Seiler et al // *International Journal of Online Engineering*. 2013. V. 9, № 6. pp. 12– 16.
5. Müller J. P., Fischer K. Application impact of multi-agent systems and technologies: A survey // *Agent-oriented software engineering*. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. –С.

27-53. URL: [http://winf.in.tu-clausthal.de/jpm/agent-survey/pdf/AgentSurvey2013\\_MuellerFischer\\_authorscopy.pdf](http://winf.in.tu-clausthal.de/jpm/agent-survey/pdf/AgentSurvey2013_MuellerFischer_authorscopy.pdf).

6.IBM: Rational Software Architecture and Rational Unified Process. . – URL: <https://www.ibm.com/>.

7.KOMPAS-3D. – URL: <http://ascon.ru>.

8.Ansys. – URL: <http://ansys.com>.

9.Tich P., Iechta P., Maturana F., and S. Balasubramanian (2002): Industrial MAS for Planning and Control. In: LNAI No. 2322, pp. 280–295. Springer Verlag, Heidelberg.

10.A software platform based on JADE that provides support for the execution of tasks defined according to the workflow metaphor. – URL: <http://jade.tilab.com/wadeproject/>.

11.Belescheanu R.A., Munroe S., Luck M., Miller T., McBurney P., and M. Pechoucek (2006): Commercial Applications of Agents: Lessons, Experiences and Challenges. In: Proc. of AAMAS-06– Industry Track, ACM Press, pp. 1549–1555.

12.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.

13.Afanasyev A., Voit N. Intelligent agent system to analysis manufacturing process models // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2016. Т. 451. С. 395-403.

14.Afanasyev A.N., Voit N.N., Kirillov S.Y. Development of RYT-grammar for analysis and control dynamic workflows // В сборнике: Proceedings of the IEEE International Conference on Computing, Networking and Informatics, ICCNI 2017 Evolution of Grid to Revolution in Cloud. 2017. С. 1-4.

*Войт Николай Николаевич*, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Вычислительная техника», УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, e-mail: [n.voit@ulstu.ru](mailto:n.voit@ulstu.ru)

*Кириллов Сергей Юрьевич*, аспирант кафедры «Вычислительная техника», УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, e-mail: [kirillovsyu@gmail.com](mailto:kirillovsyu@gmail.com)

*Бочков Семен Игоревич*, аспирант кафедры «Вычислительная техника», УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32, e-mail: [bochkovsi@ido.ulstu.ru](mailto:bochkovsi@ido.ulstu.ru)

**УДК 004.896**

## **МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ БИБЛИОТЕК ЭКЗЕМПЛЯРОВ ПОТОКОВ РАБОТ**

Н. Н. Войт<sup>1</sup>, С. Ю. Кириллов<sup>2</sup>, С. И. Бочков<sup>3</sup>, М. Е. Уханова<sup>4</sup>,  
С. И. Бригаднов<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,5</sup>Ульяновский государственный технический университет

<sup>4</sup>Ульяновский механический завод

**Аннотация.** Предложен новый метод формирования библиотек экземпляров потоков работ, позволяющий многократно использовать проектные решения или модифицировать их с учетом новых задач, применяя концепцию повторного использования – Reuse.

**Ключевые слова:** диаграмматика, потоки работ, проектирование