

3. [Глушань, 2014, а] Глушань В.М., Кажаров А.А., Пономарев В.К., Данильченко В.И. Развитие информационного обеспечения региональных и международных спортивных соревнований // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'14». Научное издание в 4-х т. Т. 1. – М.: Физматлит, 2014. – С. 446-453.
4. [Глушань, 2014, б] Глушань В.М. Критериальные особенности оптимального формирования турнирных таблиц // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «AIS-IT'14». Научное издание в 4-х т. Т. 3. – М.: Физматлит, 2014.
5. [Глушань, 2015] Глушань В.М., Кажаров А.А., Пономарев В.К. Методы оптимального автоматизированного формирования турнирных таблиц // Программные продукты и системы. Международный научно-практический журнал. – 2015. – № 3 (111). – С. 226-232.
6. [Глушань, 2016] Глушань В.М., Зубрицкий А.В. Полнопереборный вариант формирования турнирных таблиц // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'16». Научное издание в 3-х т. Т. II. – Таганрог: Изд-во ЮФУ 2016. – С. 193-199.
7. [Глушань, 2017] Глушань В.М., Зубрицкий А.В. Алгоритм разбиения множества по его номеру на совокупность равномошных подмножеств // Информатизация и связь. – 2018. – № 3. (В печати).

УДК 004

А.Н. Афанасьев<sup>1</sup>, Н.Н. Войт<sup>2</sup>, В.А. Гордеев<sup>3</sup>

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИЙ, МЕТОДОВ И СРЕДСТВ  
ОРГАНИЗАЦИИ МНОГОАГЕНТНЫХ СИСТЕМ  
КОЛЛЕКТИВНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА  
АРХИТЕКТУРЫ РАСПРЕДЕЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ АГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ**

*Статья посвящена исследованию методологий, методов и средств организации многоагентных систем коллективного проектирования. Авторами предложена собственная архитектура распределенного управления потоками работ при проектировании сложных технических объектов.*

*Потоки работ, агенты, проектирование.*

<sup>1</sup> УлГТУ; г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, 32; a.afanasev@ulstu.ru; 88422778846; д.т.н.; профессор.

<sup>2</sup> УлГТУ; г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, 32; n.voit@ulstu.ru; 88422778846; к.т.н.; доцент.

<sup>3</sup> УлГТУ; г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, 32; 88422778846; аспирант.

A.N. Afanasev, N.N. Voit, V.A. Gordeev

## RESEARCH OF METHODOLOGIES, METHODS AND MEANS OF ORGANIZATION OF MULTI-AGENT SYSTEMS OF COLLECTIVE DESIGN AND DEVELOPMENT OF ARCHITECTURE OF DISTRIBUTED MANAGEMENT OF INTELLIGENT AGENT SYSTEM

*The article is devoted to the research of methodologies, methods and means of organization of multi-agent systems of collective design. The authors propose their own architecture of distributed control of work flows in the design of complex technical objects.*

*Workflows, agents, design.*

В работе исследованы методологии, методы и средства по развертыванию промышленных многоагентных систем (МАС) [1], чтобы разработать собственную интеллектуальную агентную систему [2]. МАС применяется обычно в следующих секторах: промышленность [3], логистика, воздушное движение, исследование космоса, обучение [4], автотранспорт, система поставок и организация вычислительной сети. Авторы сфокусировали работу на промышленном секторе, содержащем модели бизнес-процессов и потоки проектных работ, а также рассмотрели методологии построения МАС: убеждение-желание-намерение (Belief-Desire-Intention – BDI), переговоры (negotiation), моделирование (simulation), совместимость (interoperability), координация (coordination), распределен контроль и диагностика (distributed control and diagnostics) [5]. В результате авторы выбрали методологию распределенного контроля и диагностики. Производственная интеллектуальная агентная система содержит следующую методику: контроль (проверка) и диагностика (исправление) [5]. В работе [1] представлены методы, средства и архитектура распределенного управления (APУ), однако они не подходят для контроля и диагностики диаграмм в виду специфики диаграмматики [3], поэтому авторы разработали собственную АРУ (рис. 1).

Каждый блок 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 [6–8]: используют диаграммы при планировании и разработке производственного оборудования.

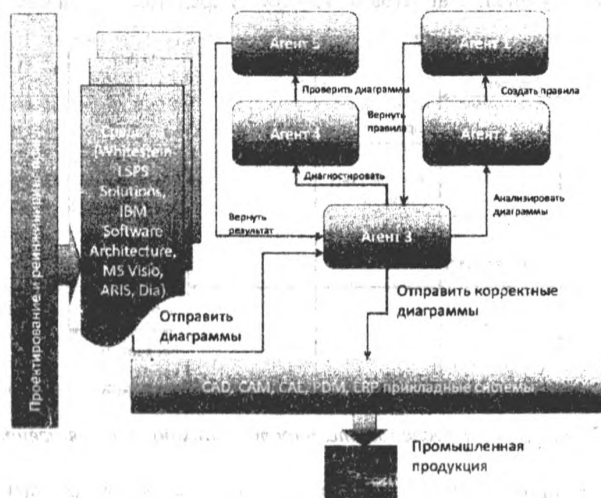


Рис. 1. Архитектура распределенного управления (APU) интеллектуальной агентной системы при проектировании сложных технических объектов

Любой из агентов может проактивно 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.

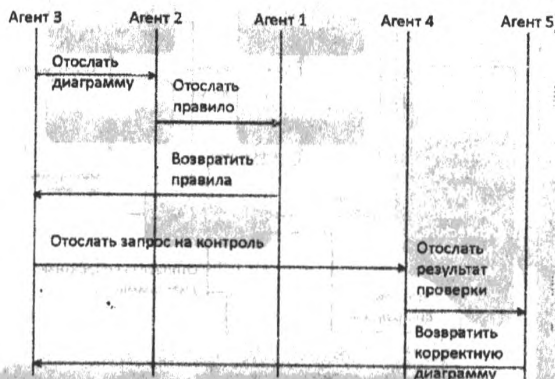


Рис. 2. Диаграмма последовательности взаимодействия агентов

Авторы применили WADE-средство [10], чтобы разработать интеллектуальную агентную систему, плагины которой могут быть интегрированы в MS Visio, Dia. Разработанная интеллектуальная агентная система обеспечит повышение качества диаграмм распределенных бизнес-процессов и потоков проектных работ, сокращение издержек проектной организации и сроков разработки [11].

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.

#### Библиографический список

1. Michal Pechoucek and Vladimir Marik. Industrial deployment of multi-agent technologies: review and selected case studies // *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*. – 2008. – Vol. 17, No. 3. – P. 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. – P. 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. **Seiler S. et al.** Current Trends in Remote and Virtual Lab Engineering. Where are we in 2013? // International Journal of Online Engineering. – 2013. – Vol. 9, No. 6. – P. 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 Balasubramanian S.** Industrial MAS for Planning and Control // In: LNAI. – 2002. – No. 2322. – P. 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. **Belecbeanu R.A., Munroe S., Luck M., Miller T., McBurney P., and M. Pechoucek.** Commercial Applications of Agents: Lessons, Experiences and Challenges // In: Proc. of AAMAS-06– Industry Track, ACM Press. – 2006. – P. 1549-1555.