



УДК 371.69

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ МАЛОЙ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Г.О. Артемова<sup>а</sup>, Н.Ф. Гусарова<sup>а</sup>, Р.В. Иванов<sup>а</sup><sup>а</sup> Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская ФедерацияАдрес для переписки: [rvivanov@mail.ifmo.ru](mailto:rvivanov@mail.ifmo.ru)

### Информация о статье

Поступила в редакцию 15.07.16, принята к печати 23.08.16

doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-5-963-966

Язык статьи – русский

**Ссылка для цитирования:** Артемова Г.О., Гусарова Н.Ф., Иванов Р.В. Моделирование информационной инфраструктуры малой педагогической системы // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 5. С. 963–966. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-5-963-966

### Аннотация

Представлена модель управления информационной инфраструктурой малой педагогической системы с применением в ее составе виртуальных машин. В рамках модели управления определены частные модели параметров педагогической системы, обосновано применение модели рисков и возможность использования технической модели качества программного продукта. При описании жизненного цикла управления инфраструктурой выделены ключевые события – точки принятия решения. Предложен ряд методов и алгоритмов, поддерживающих принятие решения в рамках малой педагогической системы. Для иллюстрации применимости сформированных решений представлены основные результаты экспериментов.

### Ключевые слова

управление информационной инфраструктурой, малая педагогическая система, оценка рисков, многокритериальная оценка

## SIMULATION OF INFORMATION INFRASTRUCTURE FOR SMALL PEDAGOGICAL SYSTEM

G.O. Artemova<sup>а</sup>, N.F. Gusarova<sup>а</sup>, R.V. Ivanov<sup>а</sup><sup>а</sup> ITMO University, Saint Petersburg, Russian FederationCorresponding author: [rvivanov@mail.ifmo.ru](mailto:rvivanov@mail.ifmo.ru)

### Article info

Received 15.07.16, accepted 23.08.16

doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-5-963-966

Article in Russian

**For citation:** Artemova G.O., Gusarova N.F., Ivanov R.V. Simulation of information infrastructure for small pedagogical system. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2016, vol. 16, no. 5, pp. 963–966. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-5-963-966

### Abstract

The model of information infrastructure control for small pedagogical system including virtual machines is presented. Particular models of pedagogical system parameters are defined within the control model; the usage of risk model and application possibility of software technical quality model are justified. The key events (decision points) are highlighted in describing the life cycle of infrastructure control. The set of methods and algorithms supporting decision-making in the framework of a small pedagogical system is proposed. In order to illustrate the applicability of the generated solutions the main results of the experiments are presented.

### Keywords

information infrastructure control, small pedagogical system, risk assessment, multicriteria assessment

Особенностью современного этапа развития образования является увеличение числа образовательных учреждений, реализующих свою основную деятельность в рамках малых педагогических систем (МПС), например, кружков и секций в дополнительном образовании и НИР в высшем образовании<sup>1</sup>. Для

<sup>1</sup> О готовности системы образования к началу 2015–2016 учебного года. Работа Правительства в цифрах и фактах. Электронный ресурс. – Режим доступа: [http://government.ru/dep\\_news/19334/](http://government.ru/dep_news/19334/)

МПС характерны небольшая численность и высокая динамика состава учащихся, а также параметров образовательного процесса [1]. В этих условиях необходима методическая и техническая поддержка участников образовательного процесса в части их деятельности по созданию и контролю за информационной инфраструктурой (ИИ).

Модель МПС определяется следующим набором параметров [1, 2]:  $T$  – цель малой педагогической системы;  $C$  – содержание обучения;  $P$  – участники малой педагогической системы;  $A$  – средства обучения;  $F$  – форма обучения:

$$\text{МПС} = \langle T, C, P, A, F \rangle. \quad (1)$$

Понимая под средствами обучения  $A$  ИИ, можно в рамках модели (1) определить управление ИИ как изменение ее содержания в зависимости от изменения цели, содержания и состава МПС во времени:

$$A = A(T, C, P, F, t). \quad (2)$$

Для МПС характерна сильная зависимость целей от содержания обучения, состава участников и новых форм обучения, которые можно описать путем введения частных проблемно-ориентированных моделей:

$$C_A = (C_1, C_2, C_3); P_A = (P_1, P_2); F_A = (F_1, F_2). \quad (3)$$

Здесь  $C$  – параметры педагогической задачи ( $C_1$  – длительность выполнения;  $C_2$  – количество участников;  $C_3$  – сфера учебной деятельности);  $P$  – параметры участников ( $P_1, P_2$  – опыт работы в данной сфере учебной деятельности преподавателя и учащегося соответственно);  $F_A$  – форма обучения ( $F_1$  – степень распределенности задания;  $F_2$  – требуемый уровень самостоятельности).

Для учета зависимостей между параметрами (3) в модель (2) предложено внести понятие риска<sup>1</sup> как меры влияния неопределенности на цели [3, 4]. Для определения рисков предложена частная модель рисков  $R$  с объединением рисков недостижения цели МПС в три группы: технические, организационные, человеческого фактора. Тогда модель (2) преобразуется к следующему виду:

$$A = A(T, C_A, P_A, F_A, R, t). \quad (4)$$

Инфраструктура как набор технических средств при организации управления требует учета большого количества параметров и сложных зависимостей как между самими параметрами и компонентами, так и параметров от времени. Здесь можно назвать зависимость оборудования от другого оборудования, влияние оборудования на программное обеспечение, появление ошибок, в том числе плавающих, несовместимость программ. Применение виртуальных машин (ВМ) в составе ИИ МПС позволяет решить многие из этих проблем, в том числе уменьшить вероятность накопления ошибок, стандартизировать физические компоненты, реализуемые гипервизором, уменьшить зависимость отдельных программ при реализации модели «одна программа – одна ВМ». Такой подход позволяет рассматривать модель ИИ с использованием ВМ как

$$A_{\text{ВМ}} = \langle G, OS, S \rangle, \quad (5)$$

где  $OS$  – операционная система;  $G$  – гипервизор;  $S$  – прикладная программа. В рамках модели (5) ВМ рассматривается как прикладное программное средство [5], и для оценки его качества, т.е. соответствия цели МПС, можно использовать критерии качества  $Z$ , сформулированные в соответствующих стандартах<sup>2</sup>.

Таким образом, модель управления ИИ МПС (4) окончательно формулируется в следующем виде:

$$A = A(T, C_A, P_A, F_A, R, Z, t), \quad (6)$$

На рисунке показано, какие компоненты модели (6) определяются в рамках процесса управления ИИ МПС с использованием технологии ВМ. Выделены основные управляющие события, в рамках которых руководитель принимает решения по следующим ключевым вопросам: применять ли ВМ в составе ИИ (этап 1); какую именно ВМ использовать (этап 2); требуется ли модификация прототипа ВМ (этап 3).

В рамках предложенной модели необходимо обеспечить поддержку принятия решения по ключевым вопросам, для чего предложен ряд методов и алгоритмов и указано их место в жизненном цикле процесса управления.

**Алгоритм идентификации** параметров МПС позволяет определить набор параметров  $C_A, P_A, F_A$  из выражения (6), формализовать функции, выполняемые ИИ, и определить необходимый набор ее программных компонентов.

**Метод поддержки принятия решения об использовании ВМ (Метод 1)** подразумевает выполнение процедур «Причинно-следственный анализ» и «Индексы риска». Это позволяет формализовать мно-

<sup>1</sup> ГОСТ Р 51897—2011/Руководство ИСО 73:2009. Менеджмент риска. Термины и определения. Электронный ресурс. Режим доступа: [http://oac.rgotups.ru/misc/files/prof\\_risk/gost\\_R\\_51897-2011.pdf](http://oac.rgotups.ru/misc/files/prof_risk/gost_R_51897-2011.pdf)

ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010–2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://gostexpert.ru/data/files/31010-2011/70918.pdf>

<sup>2</sup> ГОСТ 28806-90. Качество программных средств. Термины и определения. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://gostexpert.ru/data/files/28806-90/0071778f395cfa8af97b4b3359aa32bf.pdf>

ГОСТ 28195-89 "Оценка качества программных средств. Общие положения". Электронный ресурс. Режим доступа: <http://a-podkidyshev.ru/GOST/28195-89.pdf>

жество рисков  $R$ , с учетом особенностей конкретной МПС и сформировать оценку относительной важности выявленных причин в общем риске применения ВМ в ИИ МПС. Метод ориентирован на две ситуации в МПС: в одном случае учитывается незначительное изменение не более одного из параметров  $T, C_A, P_A, F_A$  выражения (6), в другом – существенное изменение одного или группы параметров. В рамках метода на основе статистических данных или экспертных оценок по каждому  $R_i$  для всех параметров  $C_A, P_A, F_A$  производится оценка и суммирование баллов для вариантов ИИ с ВМ и без ВМ. Сумма баллов по всем  $R_i$  определяет общий индекс риска невыполнения педагогической задачи при различных вариантах организации ИИ МПС. Определяются наиболее значимые риски  $R_m \in R \mid \max R_i$ . Полученное множество  $R_m$  позволяет при контроле состояния ИИ выделять наиболее критичные параметры МПС.

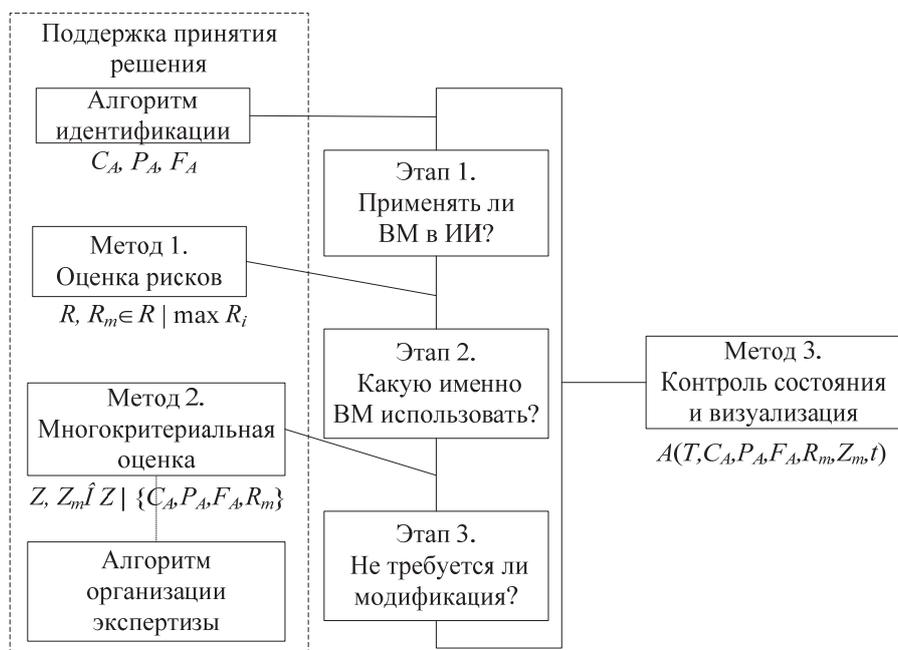


Рисунок. Событийная цепочка управления информационной инфраструктурой с применением виртуальных машин

**Метод поддержки принятия решения об экземпляре ВМ (Метод 2)** призван сократить издержки на выбор экземпляра ВМ и мониторинг состояния ИИ благодаря снижению размерности множества критериев качества  $Z$  из выражения (6). Для получения  $Z_m \in Z \mid \{C_A, P_A, F_A, R_m\}$  использованы адаптированные процедуры метода аналитических сетей (МАС) [6] и метода лабораторной проверки и оценки принятия решений (DEMATEL) [7]. Показано, что оценки, полученные для множества  $Z_m$ , и оценки, полученные для полного множества критериев, сопоставимы. Выбор того или иного набора процедур обусловлен различными зависимостями между параметрами выражения (6), которые объединены в характерные сценарии: в первом, цели МПС не критичны и достижимы в короткие сроки; во втором важность цели МПС высока и требует значительных затрат времени. Для второго сценария характерно не только формирование  $Z_m \mid \{C_A, P_A, F_A, R_m\}$  и выбор экземпляра ВМ, но и прогнозирование эффективности выбранной конфигурации ИИ при изменении параметров МПС.

Для сокращения влияния субъективности оценок экспертов сформирован проблемно-ориентированный **алгоритм оценки результатов экспертизы**, основанный на представлении лингвистических оценок в виде нечетких треугольных чисел и интервальных значений [8–10]. Выбор подхода определяется необходимой формой представления результата для последующего использования в процедурах МАС и DEMATEL, а также при оценке индексов риска.

**Метод контроля и визуализации (Метод 3)** реализован на основе применения единого сервиса, функционал которого обеспечивает:

- поддержку принятия решения при выборе архитектуры ИИ;
- сбор данных о ВМ и участниках МПС;
- единообразное управление ВМ на разных гипервизорах и единое информационное пространство получения информации о ВМ;
- обеспечение коммуникации участников МПС.

Для проверки эффективности полученных методов и алгоритмов в рамках модели управления ИИ МПС были проведены эксперименты. Как прямой показатель эффективности рассматривалось время, затрачиваемое на выбор ВМ, интеграцию ее в существующую ИИ и на мониторинг состояния последней, а как интегральный косвенный показатель – качество изучения дисциплин. Эксперименты проводились в

учебном центре «Институт информатики и вычислительной техники» (Таллин, Эстония) и Университете ИТМО.

Общее сокращение времени на управление ИИ в рамках одной ИИ МПС составило в среднем 55–60%. Кроме того, были отмечены сокращение времени выполнения одного задания в среднем на 10–15%, а также более высокие итоговые оценки учащихся, полученные при выполнении работ с использованием ВМ, что можно оценить как положительное влияние предложенной методики формирования ИИ на общее качество изучения дисциплин.

### Литература

1. Спирин Л.Ф. Теория и технология решения педагогических задач: развивающее профессионально-педагогическое обучение и самообразование. М.: Российское педагогическое агентство, 1997. 174 с.
2. Симонов В.П. Педагогический менеджмент: Ноу-хау в образовании. М.: Высшее образование, 2006. 368 с.
3. Пырлина И.В. Риски и выбор оптимальных проектов: сервис-ориентированная архитектура информационных систем: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2014. 192 с.
4. Криволапов В.Г. Комплексная методика моделирования рисков информационной безопасности открытых систем: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2009. 140 с.
5. Иванцова Н.В. Информационные и коммуникационные технологии в образовании [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dpk-ikt.ucoz.ru>, своб. (дата обращения 12.09.2016).
6. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. М.: ЛКИ, 2008. 360 с.
7. Fontela E., Gabus A. DEMATEL, innovative Methods. Technical Report No 2, Structural analysis of the world problematique. Geneva Research Institute, 1974.
8. Киселев И.С. Модели и алгоритмы анализа различных типов экспертных предпочтений на основе матриц парных сравнений: дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2011. 170 с.
9. Mikhailov L., Singh M. Fuzzy assessment of priorities with application to the competitive bidding // *Journal of Decision Systems*. 1999. N 8. P. 11–28
10. Mikhailov L. Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgments // *Fuzzy Sets and Systems*. 2003. V. 134. N 3. P. 365–385. doi: 10.1016/S0165-0114(02)00383-4

### Авторы

**Артемова Галина Олеговна** – кандидат технических наук, доцент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, [g.o.artemova@gmail.com](mailto:g.o.artemova@gmail.com)

**Гусарова Наталия Федоровна** – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, доцент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, [natfed@list.ru](mailto:natfed@list.ru)

**Иванов Роман Владимирович** – старший преподаватель, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, [rvivanov@mail.ifmo.ru](mailto:rvivanov@mail.ifmo.ru)

### References

1. Spirin L.F. *Theory and Technics of Pedagogical Problems Solutions: Develop Professional Pedagogic Training and Self-Education*. Moscow, Rossiiskoe Pedagogicheskoe Agentstvo Publ., 1997, 174 p. (In Russian)
2. Simonov V.P. *Educational Management: Know How in Education*. Moscow, Vysshee Obrazovanie Publ., 2006, 368 p. (In Russian)
3. Pyrlina I.V. *Service-Oriented Architecture: Operational Risks and Choice of Efficient System*. Dis. Eng. Sci. Moscow, 2014, 192 p. (In Russian)
4. Krivolapov V.G. *Kompleksnaya Metodika Modelirovaniya Riskov Informatsionnoi Bezopasnosti Otkrytykh Siste.: Dis. ... Kand. Tekhn. Nauk* [Complex Technique of Information Security Risk Modeling in Open Systems. Dis. Eng. Sci.]. Moscow, 2009, 140 p.
5. Ivantsova N.V. *Informatsionnye i Kommunikatsionnye Tekhnologii v Obrazovanii*. Available at: <http://dpk-ikt.ucoz.ru> (accessed 12.09.2016).
6. Saaty T.L. *Decision Making with Dependence and Feedback. The Analytic Network Process*. Pittsburgh, RWS Publ., 1996.
7. Fontela E., Gabus A. *DEMATEL, innovative Methods. Technical Report no. 2, Structural analysis of the world problematique*. Geneva Research Institute, 1974.
8. Kiselev I.S. *Modeli i Algoritmy Analiza Razlichnykh Tipov Ekspertnykh Predpochtenii na Osnove Matrits Parnykh Sravnenii. Dis. ... Kand. Tekhn. Nauk* [Models and Algorithms for the Analysis of Various Expert Preferences Based on Pairwise Matrices Comparisons. Dis. Eng. Sci.]. St. Petersburg, 2011, 170 p.
9. Mikhailov L., Singh M. Fuzzy assessment of priorities with application to the competitive bidding. *Journal of Decision Systems*, 1999, no. 8, pp. 11–28
10. Mikhailov L. Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgments. *Fuzzy Sets and Systems*, 2003, vol. 134, no. 3, pp. 365–385. doi: 10.1016/S0165-0114(02)00383-4

### Authors

**Galina O. Artemova** – PhD, Associate Professor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, [g.o.artemova@gmail.com](mailto:g.o.artemova@gmail.com)

**Natalia F. Gusarova** – PhD, Associate Professor, senior scientific researcher, Associate Professor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, [natfed@list.ru](mailto:natfed@list.ru)

**Roman V. Ivanov** – senior lecturer, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, [rvivanov@mail.ifmo.ru](mailto:rvivanov@mail.ifmo.ru)