



УДК 519.816

## РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР ИСПОЛНИТЕЛЕЙ НА ПРОЕКТАХ ПО СОЗДАНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А.А. Зайцев<sup>a,b</sup>, А.Е. Куренных<sup>a,b</sup>, В.А. Судаков<sup>a,c</sup>, О.Т. Романов<sup>a</sup><sup>a</sup> Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, 125993, Российская Федерация<sup>b</sup> АО «Галактика ПРО», Москва, 125167, Российская Федерация<sup>c</sup> Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, 125047, Российская ФедерацияАдрес для переписки: [kurennykh@galaktika.ru](mailto:kurennykh@galaktika.ru)

### Информация о статье

Поступила в редакцию 17.01.19, принята к печати 15.02.19

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-2-292-298

Язык статьи – русский

**Ссылка для цитирования:** Зайцев А.А., Куренных А.Е., Судаков В.А., Романов О.Т. Рациональный выбор исполнителей на проектах по созданию информационных систем // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 2. С. 292–298. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-2-292-298

### Аннотация

Рассмотрен процесс выбора исполнителей для разработки и внедрения корпоративных информационных систем на производственных предприятиях оборонно-промышленного комплекса и общегражданского назначения. Представлен подход к разработке методического, алгоритмического и программного обеспечения для сбора и анализа статистических данных о доступных исполнителях определенных задач с целью последующей поддержки принятия решений руководителем проекта разработки и внедрения. Для целей анализа и обработки данных об исполнителях используется система RedMine как одно из наиболее популярных и распространенных средств для управления проектами и задачами. На основании собранной из базы данных RedMine информации по каждому доступному исполнителю строится векторный критерий, на основании которого руководитель проекта на основании собственной функции предпочтений может судить о пригодности исполнителя для выполнения очередной задачи. Данный подход может быть применен в мультиагентной модели процесса разработки и внедрения информационных систем, которая служит для оптимального планирования и руководства проектной деятельностью. Практическая значимость состоит в автоматизации деятельности лица, отвечающего за распределение задач между исполнителями на основе формализованного математического подхода, обеспечивающего получение рационального плана загрузки исполнителей, что ведет к экономическим выгодам.

### Ключевые слова

поддержка принятия решений, функция предпочтений, мультиагентное моделирование, анализ и обработка данных, информационная система

### Благодарности

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 18-00-00011 КОМФИ.

## RATIONAL SELECTION OF WORK PERFORMERS FOR INFORMATION SYSTEM DESIGN PROJECTS

А.А. Zaytsev<sup>a,b</sup>, А.Е. Kurennykh<sup>a,b</sup>, В.А. Sudakov<sup>a,c</sup>, О.Т. Romanov<sup>a</sup><sup>a</sup>Moscow Aviation Institute (MAI), Moscow, 125993, Russian Federation<sup>b</sup>Galaktika PRO, JSC, Moscow, 125167, Russian Federation<sup>c</sup>Keldysh Institute of Applied Mathematics Russian Academy of Sciences, Moscow, 125047, Russian FederationCorresponding author: [kurennykh@galaktika.ru](mailto:kurennykh@galaktika.ru)

### Article info

Received 17.01.19, accepted 15.02.19

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-2-292-298

Article in Russian

**For citation:** Zaytsev A.A., Kurennykh A.E., Sudakov V.A., Romanov O.T. Rational selection of work performers for information system design projects. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2019, vol. 19, no. 2, pp. 292–298 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-2-292-298

### Abstract

The paper deals with the process of rational selection of a work performer for development and implementation tasks on IT projects with corporate information systems of military-industrial and civil enterprises. The subject of this work is the development of methods, algorithms and software for collecting and analyzing statistical data about available work

performers for certain tasks in behalf of the further decision support for a project manager. For the purpose of analyzing and processing data about developers and other employees we use information from RedMine project management system, as one of the most popular and common tool. Based on the information collected from the RedMine database for each available performer, a vector criterion is constructed. It becomes the basis for the project manager to estimate one's suitability for the next task based on his own preference function, some versions of which are considered in this work. The scientific significance of this study lies in the fact that this approach can be applied in a multi-agent model for the process of development and implementation of information systems, which serves for optimal planning and control in the project management activities. Practical relevance consists in automatic performance of the person responsible for the distribution of tasks among the performers via formalized mathematical approach that provides a rational loading plan for available employees that leads to economic benefit.

#### **Keywords**

decision support, preference function, multi-agent modeling, data science, information system

#### **Acknowledgements**

This research is supported by the RFBR, project 18-00-00011 CIFR.

### **Введение**

В настоящее время отечественные предприятия оборонно-промышленного комплекса (ОПК) и производственные предприятия общегосударственного назначения переходят от бумажного документооборота и слабой, с использованием разнородных систем, автоматизации бизнес-процессов к комплексной автоматизации, сопровождающейся внедрением крупных корпоративных информационных систем (ИС). Проекты по созданию и внедрению информационных систем сейчас особенно актуальны в связи с импортозамещением зарубежных ИС, таких как SAP, Oracle, отечественными, например, продуктами корпорации «Галактика» или 1С. К таким системам относятся системы управления ресурсами (ERP), системы управления производством (АММ), системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM), средства интеллектуального анализа данных (BI), системы управления качеством. Таким образом, текущие тенденции обеспечили достаточно большой поток заказчиков разработки и внедрения ИС, что требует от поставщиков и разработчиков программного обеспечения оптимального планирования деятельности своих сотрудников для того, чтобы обеспечить необходимое качество ИС, а также для получения максимальной выгоды от выполнения практически неограниченного количества проектов в максимально короткие сроки.

Общей целью проводимого исследования является построение мультиагентной модели процесса разработки и внедрения ИС в парадигме имитационного моделирования [1], где каждый участник процесса выступает интеллектуальным агентом определенного типа со своей функцией предпочтений и системой ценностей, а целью настоящей работы является разработка одной из частей данной модели. Эта часть отвечает за взаимодействие агента типа руководитель проекта с агентами типа исполнитель (аналитики, разработчики, тестировщики, консультанты и др.). Задачами руководителя проекта являются выбор конкретного исполнителя для решения определенной задачи в данный момент времени, а зачастую – и планирование деятельности множества исполнителей в рамках решения множества задач. От принимаемых им решений зависит не только качество и сроки решения одной конкретной задачи, но и успех всего проекта в целом, поэтому особенно важно использовать максимально понятный, доступный и эффективный математический аппарат, обеспечивающий оптимальное или рациональное планирование проектной деятельности.

Способы организации деятельности, ориентированной на управление IT-проектами, формировались долгие годы и непрерывно адаптируются под меняющиеся требования рынка [2, 3]. В настоящее время для оптимизации проектной деятельности разработаны различные методологии организации взаимодействия отдельных исполнителей и групп исполнителей [4]. Однако эти методологии не позволяют определить наиболее надежного и подходящего для выполнения очередной задачи исполнителя. Хорошо известны постановки оптимизационных задач о назначениях [5] и методы их решений [6], применение соответствующих алгоритмов на практике может обеспечить требуемый результат, однако в таких задачах используется матрица потерь или выгод, происхождение которой не всегда прозрачно и отражает, а также учитывает субъективные суждения руководителя проекта, а также исполнителя. Кроме того, особое место в проектной деятельности играет управление рисками [7, 8], минимизация которых может быть достигнута благодаря строгому формализованному подходу к назначению исполнителя для определенной задачи.

Основная идея исследования заключается в том, что обеспечить наиболее выгодное развитие проекта возможно за счет использования моделей и их оптимизации на стадии подготовки, планирования и формирования оперативных планов работ. Подходы к использованию имитационных моделей и их рационализации по векторному критерию рассмотрены в работе [9], а пример применения мультиагентной модели для процесса разработки ИС приведен в [10], однако специфика реализации данной модели не позволяет всесторонне рассмотреть проблемы создания и внедрения ИС. Таким образом, исследуемая авторами проблема и разрабатываемое методическое, алгоритмическое и

программное обеспечение являются научно и практически значимыми.

### Постановка задачи

В представленной работе рассматривается следующая постановка задачи. Пусть Заказчик дал задание Исполнителю (руководитель проекта, РП) на разработку и внедрение в заданные сроки информационной системы с установленным объемом работ на предприятии ОПК. Таким образом, РП необходимо составить генеральный план работ, который соответствует стратегическим целям проекта, определить очередность и сроки выполнения основных задач, а также регулярно составлять и обновлять оперативные планы работ, в которых учитываются локальные задачи и их исполнители. Любая ошибка в выборе локального исполнителя может привести к потерям глобального характера, связанным со срывом сроков, и на устранение этой проблемы направлен подход, представленный в данной работе.

Итак, в рамках проекта РП необходимо решить определенное число разнородных задач, при этом у него имеется выделенное число сотрудников ( $C$ ) с разными опытом и уровнем квалификации, как правило, число сотрудников много меньше числа задач. Необходимо сформировать рекомендации для РП, руководствуясь которыми он смог бы рационально распределить исполнителей по задачам.

### Выбор и обоснование метода решения задачи

Для решения данной задачи следует выполнить свертку векторного интегрального критерия, который позволил бы РП всесторонне оценить выгоду от решения определенной задачи конкретным исполнителем. Интегральный критерий верхнего уровня  $S$  состоит из двух частей:  $S_1$  характеризует эффективность решения задачи, минимизацию рисков и максимизацию прочих выгод, в том числе финансовых, для РП;  $S_2$  – для конкретного исполнителя. Использование  $S_2$  обусловлено тем, что  $C$  может выбрать наиболее подходящую задачу исходя из своих интересов, опыта и возможности профессионального роста.

Каждый из этих двух критериев складывается из своего ряда показателей. Векторный критерий  $S_1$  учитывает исключительно количественные характеристики исполнителя, получаемые по истории его работы из системы RedMine. К этим характеристикам относятся:

- оценка математического ожидания соотношения планового и фактического времени  $S_{1,1}$ ;
- соблюдение сроков  $S_{1,2}$ ;
- число возвратов задач на доработку  $S_{1,3}$ ;
- число решенных задач  $S_{1,4}$ .

Далее этот векторный критерий необходимо скаляризовать с помощью метода взвешенной суммы на основе парных сравнений:

$$S_1 = \sum_{i=1}^4 \alpha_i \times S_{1,i},$$

где  $\alpha_i$  – вес каждого критерия, задаваемый экспертом с применением метода парного сравнения.

Численное значение каждого критерия определяется следующим образом.

$$S_{1,1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{T_{ni}}{T_{\phi i}} \right),$$

где  $n$  – число задач, решенных данным исполнителем за все время работы;  $T_{ni}$  – запланированное время на решение  $i$ -й задачи;  $T_{\phi i}$  – фактическое время решения задачи;

$$S_{1,2} = \sum_{i=1}^n a_i, a_i = 0, \text{ если разработчик не успел выполнить задачу в срок, } a_i = 1 \text{ – в противном случае;}$$

$$S_{1,3} = \frac{n}{k}, \text{ при этом } k = \sum (i | R(T_i) \neq 0) \text{ – общее число задач, отправленных на доработку,}$$

где  $i = \overline{1, n}$ ,  $R(T_i)$  – показатель того, что задача  $T_i$  не была принята заказчиком с первого раза;

$$S_{1,4} = n.$$

С точки зрения РП, которому в самые короткие сроки необходимо получить максимально качественное решение задачи при наибольшей экономической выгоде, естественно предположить, что критерий  $S_1$  оптимизируется по максимальному значению.

Векторный критерий  $S_2$  складывается в рассматриваемой модели из качественных характеристик очередной задачи, которая переводится в статус «Открыта». Для получения числовой оценки этих характеристик удобно применить аппарат нечетких вычислений. В качестве характеристик задачи рассматриваются параметры, заданные функциями принадлежности  $\mu$ :

- опыт работы в предметной области  $x$ , к которой относится задача, а также интерес к предметной области  $\mu_1(x)$  (рис. 1, *a*);
- уровень сложности  $y$  поставленной задачи  $\mu_2(y)$  (рис. 1, *б*);
- трудозатраты  $z$  (в нормочасах), которые отводятся РП на выполнение данной задачи  $\mu_3(z)$  (рис. 1, *в*).

Самый простой способ наглядно представить эти предпочтения – в виде функций принадлежности, для построения которых может привлекаться эксперт, или непосредственно С в случае промышленной эксплуатации подхода.

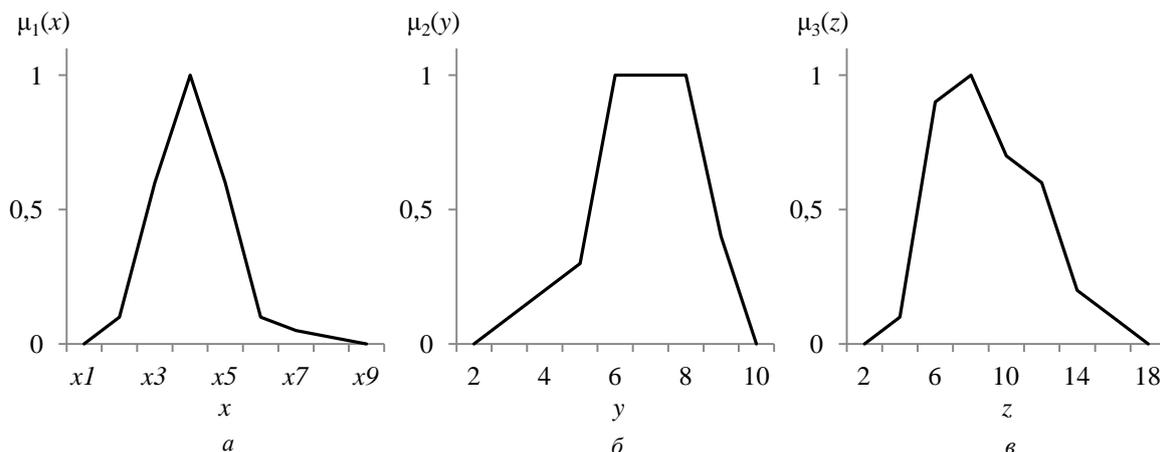


Рис. 1. Функции принадлежности: опыт в предметной области (*a*); сложность задачи (*б*); время выполнения задачи (*в*)

С точки зрения С, которому также хочется решить задачу максимально быстро (в общем случае это необязательно) с наибольшей выгодой для себя, критерий  $S_2$  оптимизируется по максимальному значению, а сверткой данного критерия также выступает взвешенная сумма.

Таким образом, получается векторный критерий  $\{S_1, S_2\}$ , который также необходимо скаляризовать, чтобы получить интегральное значение выгоды для всех участников процесса. Для его свертки также используется метод взвешенной суммы. Полученное значение критерия  $S$  отражает выгоду от решения одной определенной задачи конкретным исполнителем. Далее вычисляется  $S$  по всем доступным для выполнения данной задачи исполнителям, полученные значения ранжируются, а исполнитель (агент) с наибольшим рангом назначается на выполнение данной задачи.

Этот подход может быть обобщен на все запланированные задачи проекта и всех участников процесса, при этом получается известная задача о назначениях в классической постановке [5], матрица стоимостей при этом будет заполнена скаляризованными значениями критериев  $S$ , решив которую, можно получить бинарную матрицу распределений исполнителей по задачам.

### Реализация метода

Описанный подход является частью мультиагентной модели процесса разработки и внедрения корпоративной ИС. Алгоритмы обработки модельных событий написаны на языке C# с использованием платформы .Net Core. Ниже представлена соответствующая часть диаграммы классов данной модели (рис. 2).

Методы поддержки принятия решений реализованы в виде открытых и доступных широкому кругу исследователей веб-сервисов для поддержки принятия решений WS-DSS.com, имеющей большой набор методов [11, 12], а также механизмы интеграции с моделями [13]. Взаимодействие агентов модели и веб-сервисов реализовано посредством RESTful API с использованием протокола HTTP и обмена данными в формате JSON. Подход к использованию математического аппарата в виде независимых веб-сервисов имеет такие преимущества, как инвариантность к предметной области, легкая масштабируемость и др. [14].

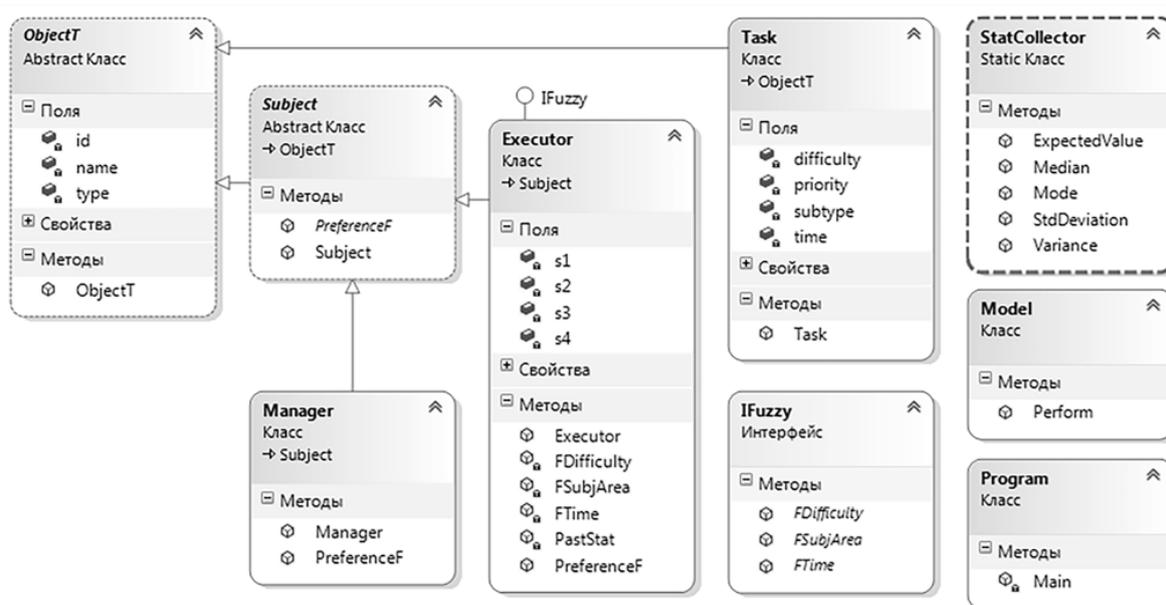


Рис. 2. Диаграмма классов мультиагентной модели

### Пример использования

В качестве примера использования предложенного подхода предлагается мультиагентная модель процесса разработки корпоративной ИС, в которой рассматриваются агенты указанных типов, а их предпочтения в части выбора доступных задач основаны на вышеописанных подходах. Процедура ранжирования исполнителей (рис. 3) позволяет выбрать одного из шести агентов для решения задачи на основе пяти критериев.

WS
Задачи   Модели   Об авторе
👤 🔄

Метод: weighted\_sum  
 Пользователь: alex71321@yandex.ru  
 Входные данные:

```

{
  "criteria_weight": [2,5,2,2,3],
  "criteria_dir": ["max","max","max","max","max"],
  "criteria_values": [[1.0152,0.9831,1.5379,0.8648,0.9571,1.1292], [114,67,45,24,58,99],
[2.5641,3.7083,1.1195,3.2173,4.1304,3.7735],
[141,89,103,74,95,200],
[0.8672,1.0000,0.5137,0.7623,0.9318,1.000]]
}

```

Выходные данные:

```

{
  "alternative_rank": [
    0.689,
    0.55,
    0.259,
    0.209,
    0.505,
    0.837
  ],
  "trace": {
    "Число альтернатив: 6",
    "Число критериев: 5",
    "Нижние границы значений: [0.8648, 24, 1.1195, 74, 0.5137]",
    "Верхние границы значений: [1.5379, 114, 4.1304, 200, 1.0]",
    "Нормированные значения весов:[0.1429, 0.3571, 0.1429, 0.1429, 0.2143]",
    "Нормированные значения критериев:[[0.2234, 0.1758, 1.0, 0.0, 0.1371, 0.3928], [1.0, 0.4778, 0.2333, 0.0, 0.3778, 0.8333], [0.4798, 0.8598,
  ]
}

```

Рис. 3. Пример обработки тестовых данных

В примере визуализированы входные и выходные данные, которые формируются в специальных JSON-файлах. В первом файле содержатся исходные данные, которые получаются в результате сбора статистики по исполнителям, а также по их функциям предпочтений, эти данные доступны по ключу "criteria\_values". По ключам "criteria\_weight" и "criteria\_dir" доступны веса критериев, а также направления оптимизации, которые задаются экспертом. Во втором файле приведены выходные данные. По ключу "alternative\_rank" доступно итоговое ранжирование альтернатив: исполнитель с наибольшим

рангом является наиболее подходящим при заданных условиях, а по ключу "trace" доступна промежуточная информация с нормированными, минимальными и максимальными значениями использованных данных.

### Заключение

В работе предложен подход к оцениванию пригодности исполнителей для разработки и внедрения информационных систем на предприятиях оборонно-промышленного комплекса и общегражданского назначения. Новизна подхода заключается в использовании модели интеллектуальных агентов, которые обладают собственной функцией предпочтений на базе нечетких вычислений. Интегральный критерий получаемой от решения определенной задачи выгоды учитывает предпочтения агентов всех типов, а благодаря гибко настраиваемой системе ценностей агентов можно изменять удельный вес отдельно взятых и агрегированных показателей. Математическая модель может легко масштабироваться под большее число критериев оценивания как агентов, так и задач. Научная ценность данного подхода заключается в создании детализированной модели процесса создания и внедрения информационной системы с использованием нечетких суждений, которая может быть обработана с применением алгоритмов эвристической оптимизации с целью оптимального планирования проектной деятельности.

Дальнейшим направлением развития этой работы авторы предполагают модификацию мультиагентной модели так, чтобы алгоритмы обработки модельных событий строились на подходе «доски объявлений» (blackboard), а для максимальной корректности суждений применять алгоритмы повышения согласованности экспертных оценок, что особенно важно при получении весовых коэффициентов методом парных сравнений [15]. Еще одним важным этапом является разработка специфичных алгоритмов оптимизации такой модели – перспективным подходом является модифицированный метод муравьиной колонии.

### Литература

1. Кутузов О.И., Татарникова Т.М. К анализу парадигм имитационного моделирования // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 3. С. 552–558. doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-3-552-558
2. Marcinkowski B., Gawin B. Project management in international IT ventures - does the practice go hand in hand with theory? // Lecture Notes in Business Information Processing. 2016. P. 144–152. doi: 10.1007/978-3-319-46642-2\_10
3. Nguyen T.D., V.T. Luc K. Information systems success: empirical evidence on cloud-based ERP // Lecture Notes in Computer Science. 2018. P. 471–485. doi: 10.1007/978-3-030-03192-3\_36
4. Mihaela-Dima A., Maassen M.A. From waterfall to Agile software: development models in the IT sector, 2006 to 2018. Impacts on company management // Journal of International Studies. 2018. V. 11. N 2. P. 315–326. doi: 10.14254/2071-8330.2018/11-2/21
5. Хахулин Г.Ф., Красовская М.А., Булыгин В.С. Теоретические основы автоматизированного управления (задачи, методы, алгоритмы теории оптимального планирования и управления). М.: МАИ, 2005. 395 с.
6. Бродецкий Г.Л., Гусев Д.А. Экономико-математические методы и модели в логистике. Процедуры оптимизации. М: Издательский центр «Академия», 2012. 195 с.
7. Belas J., Bartos P., Kljucnikov A., Dolezal J. Risk perception differences between micro-, small and medium enterprises // Journal of International Studies. 2015. V. 8. N 3. P. 20–30. doi: 10.14254/2071-8330.2015/8-3/2
8. Tavares B., da Silva C.E.S., de Souza A.D. Risk management analysis in software projects which use the scrum framework // International Transactions in Operational Research. 2016. doi: 10.1111/itor.12401
9. Куренных А.Е., Судаков В.А. Поддержка принятия решений на основе имитационного моделирования // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 2. С. 348–353. doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-2-348-353
10. Huin S.F. Managing deployment of ERP systems in SMEs using multiagents // International Journal of Project Management. 2004. V. 22. N 6. P. 511–517. doi: 10.1016/s0263-7863(03)00140-6
11. Осипов В.П., Судаков В.А. Многокритериальный анализ решений при нечетких областях предпочтений //

### References

1. Kutuzov O.I., Tatamikova T.M. On the simulation paradigm analysis. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2017, vol. 17, no. 3, pp. 552–558. (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-3-552-558
2. Marcinkowski B., Gawin B. Project management in international IT ventures - does the practice go hand in hand with theory? *Lecture Notes in Business Information Processing*, 2016, pp. 144–152. doi: 10.1007/978-3-319-46642-2\_10
3. Nguyen T.D., V.T. Luc K. Information systems success: empirical evidence on cloud-based ERP. *Lecture Notes in Computer Science*, 2018, pp. 471–485. doi: 10.1007/978-3-030-03192-3\_36
4. Mihaela-Dima A., Maassen M.A. From waterfall to Agile software: development models in the IT sector, 2006 to 2018. Impacts on company management. *Journal of International Studies*, 2018, vol. 11, no. 2, pp. 315–326. doi: 10.14254/2071-8330.2018/11-2/21
5. Khakhulin G.F., Krasovskaya M.A., Bulygin V.S. *Theoretical Foundations of Automated Control (Tasks, Methods, Algorithms for Optimal Planning and Control Theory)*. Moscow, MAI Publ., 2005, 395 p. (in Russian)
6. Brodetskii G.L., Gusev D.A. *Economic-Mathematical Methods and Models in Logistics. Optimization Procedures*. Moscow, Academy Publ., 2012, 195 p. (in Russian)
7. Belas J., Bartos P., Kljucnikov A., Dolezal J. Risk perception differences between micro-, small and medium enterprises. *Journal of International Studies*, 2015, vol. 8, no. 3, pp. 20–30. doi: 10.14254/2071-8330.2015/8-3/2
8. Tavares B., da Silva C.E.S., de Souza A.D. Risk management analysis in software projects which use the scrum framework. *International Transactions in Operational Research*, 2016. doi: 10.1111/itor.12401
9. Kurennykh A.E., Sudakov V.A. Decision support based on simulation. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2017, vol. 17, no. 2, pp. 348–353. (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-2-348-353
10. Huin S.F. Managing deployment of ERP systems in SMEs using multiagents. *International Journal of Project Management*, 2004, vol. 22, no. 6, pp. 511–517. doi: 10.1016/s0263-7863(03)00140-6
11. Osipov V.P., Sudakov V.A. Multi-criteria decision analysis with fuzzy preference areas. *Keldysh Institute Preprints*, 2017, no. 6, 16 p. (in Russian) doi:10.20948/prepr-2017-6
12. Sudakov V.A., Posadskiy A.I. WS-DSS decision support web services for fuzzy multi-criteria analysis of alternatives. *Proc.*

- Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2017. № 6. 16 с. doi:10.20948/prepr-2017-6
12. Судаков В.А., Посадский А.И. Веб-сервисы поддержки принятия решений WS-DSS для нечеткого многокритериального анализа альтернатив // Сборник статей Международной научно-практической конференции Научный и интеллектуальный потенциал. Самара, 2017. С. 87–89.
  13. Sudakov V., Nesterov V., Kurennykh A. Integration of decision support systems «Kosmos» and WS-DSS with computer models // 2017 10<sup>th</sup> Int. Conf. Management of Large-Scale System Development (MLSD). Moscow, 2017. P. 1–4. doi: 10.1109/MLSD.2017.8109690
  14. Филоков Н.Е. Архитектура веб-ориентированной автоматизированной системы технологической подготовки производства // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. № 5 (93). С. 133–138.
  15. Kurennykh A.E., Osipov V.P., Sudakov V.A. Increase of consistency index in paired comparisons // Proc. 9<sup>th</sup> Moscow Int. Conf. on Operations Research (ORM2018). Moscow, 2018. V. 1. P. 108–111.
  16. *Int. Conf. on Scientific and Intellectual Potential*. Samara, Russia, 2017, pp. 87–89. (in Russian)
  17. Sudakov V., Nesterov V., Kurennykh A. Integration of decision support systems «Kosmos» and WS-DSS with computer models. *Proc. 2017 10<sup>th</sup> Int. Conf. Management of Large-Scale System Development, MLSD*. Moscow, 2017, pp. 1–4. doi: 10.1109/MLSD.2017.8109690
  18. Filyukov N.E. Architecture of web based computer-aided manufacturing system. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2014, no. 5, pp. 133–138. (in Russian)
  19. Kurennykh A.E., Osipov V.P., Sudakov V.A. Increase of consistency index in paired comparisons. *Proc. 9<sup>th</sup> Moscow Int. Conf. on Operations Research, ORM2018*. Moscow, 2018, vol. 1, pp. 108–111.

### Авторы

**Зайцев Алексей Александрович** – студент, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет, Москва, 125993, Российская Федерация; специалист по внедрению ERP систем, АО «Галактика ПРО», Москва, 125167, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0001-6968-6440, zaytsev@galaktika.ru

**Куренных Алексей Евгеньевич** – аспирант, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет, Москва, 125993, Российская Федерация; специалист по внедрению ERP систем, АО «Галактика ПРО», Москва, 125167, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0001-5200-1775, kurennykh@galaktika.ru

**Судаков Владимир Анатольевич** – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, 125047, Российская Федерация; профессор, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет, Москва, 125993, Российская Федерация, Scopus ID: 7006296922, ORCID ID: 0000-0002-1658-1941, sudakov@ws-dss.com

**Романов Олег Тимофеевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет, Москва, 125993, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0002-8109-8606, R860909@yandex.ru

### Authors

**Alexey A. Zaytsev** – student, Moscow Aviation Institute (MAI), Moscow, 125993, Russian Federation; ERP business consultant, Galaktika PRO, JSC, Moscow, 125167, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0001-6968-6440, zaytsev@galaktika.ru

**Alexey E. Kurennykh** – postgraduate, Moscow Aviation Institute (MAI), Moscow, 125993, Russian Federation; ERP business consultant, Galaktika PRO, JSC, Moscow, 125167, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0001-5200-1775, kurennykh@galaktika.ru

**Vladimir A. Sudakov** – D.Sc., Professor, Leading scientific researcher, Keldysh Institute of Applied Mathematics Russian Academy of Sciences, Moscow, 125047, Russian Federation; Professor, Moscow Aviation Institute (MAI), Moscow, 125993, Russian Federation, Scopus ID: 7006296922, ORCID ID: 0000-0002-1658-1941, sudakov@ws-dss.com

**Oleg T. Romanov** – PhD, Associate Professor, Associate Professor, Moscow Aviation Institute (MAI), Moscow, 125993, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0002-8109-8606, R860909@yandex.ru