

Модель оптимального планирования состава работ по развитию государственных информационных систем в условиях многокритериальности и неопределенности

Кучеренко Д. В.

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Северо-Западный институт управления РАНХиГС), Санкт-Петербург, Российская Федерация; kucherenko.dmitry@gmail.com

РЕФЕРАТ

Информационные технологии стали неотъемлемой частью деятельности органов власти. Одним из основных элементов экосистемы цифровой экономики, в том числе инфраструктуры электронного правительства Российской Федерации, являются федеральные и региональные государственные информационные системы. Только в Санкт-Петербурге, как в субъекте Российской Федерации функционирует 68 ГИС, ограниченный бюджет определяет необходимость рационального их распределения с учетом важности, трудоемкости, влияния на другие системы. Это определяет необходимость планирования распределения затрат городского бюджета на их создание, сопровождение и модернизацию. Задачу определения такого плана можно рассматривать как задачу принятия решений. В статье рассмотрен вопрос разработки обобщенной математической модели оптимального планирования в условиях многокритериальности и неопределенности.

Ключевые слова: государственные информационные системы, экосистема цифровой экономики, модель оптимального планирования, оптимальный план автоматизации

Для цитирования: Кучеренко Д. В. Модель оптимального планирования состава работ по развитию государственных информационных систем в условиях многокритериальности и неопределенности // Управленческое консультирование. 2020. № 5. С. 166–175.

Model of Optimal Planning of Development of State Information Systems in the Face of Multicriteria and Uncertainty

Dmitry V. Kucherenko

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (North-West Institute of Management, Branch of RANEPA), Saint-Petersburg, Russian Federation; kucherenko.dmitry@gmail.com

ABSTRACT

Information technology has become an integral part of the activities of authorities. One of the main elements of the ecosystem of the digital economy, including the infrastructure of the electronic government of the Russian Federation, are federal and regional state information systems. Only in St. Petersburg, as in the subject of the Russian Federation, 68 GISs operate, a limited budget determines the need for their rational distribution, taking into account the importance, complexity, impact on other systems. This determines the need for planning the distribution of costs of the city budget for their creation, maintenance and modernization. The task of defining such a plan can be considered as a decision making task. The article considers the issue of developing a generalized mathematical model of optimal planning under conditions of multicriteria and uncertainty.

Keywords: State information systems, the ecosystem of the digital economy, optimal planning model, optimal automation plan

For citing: Kucherenko D. V. Model of Optimal Planning of Development of State Information Systems in the Face of Multicriteria and Uncertainty // Administrative consulting. 2020. No. 5. P. 166–175.

Введение

Информационные технологии стали неотъемлемой частью деятельности органов власти. В их структурах образуются подразделения, ответственные за формирование планов информатизации, в рамках которых реализуются проекты по разработке и внедрению автоматизированных информационных систем в различных сферах, а также решаются задачи интеграции информационных систем для автоматизации сквозных процессов при оказании электронных государственных и муниципальных услуг, исполнения государственных функций, предоставления сервисов для бизнес-сообщества.

Одним из основных элементов экосистемы цифровой экономики, в том числе инфраструктуры электронного правительства Российской Федерации, являются федеральные и региональные государственные информационные системы (далее — ГИС), информационные ресурсы, а также вычислительные мощности, на базе которых данные системы успешно функционируют.

Только в Санкт-Петербурге, как в субъекте Российской Федерации функционирует 68 ГИС¹, на централизованное сопровождение и развитие которых в 2020 г. из регионального бюджета выделяется 1 275 075,4 тыс. руб. и 1 295 381 тыс. руб.² соответственно. Ограниченный бюджет определяет необходимость рационального их распределения с учетом важности, трудоемкости [5], влияния на другие системы [7]. Это определяет необходимость планирования распределения затрат городского бюджета на их создание, сопровождение и модернизацию. Задачу определения такого плана можно рассматривать как задачу принятия решений. В случае ее количественного обоснования — как задачу математического программирования. Популярность таких задач определило большое число разнообразных инструментальных средств, которые позволяют автоматизировать их решения в условиях большой размерности, большого числа ограничений и допущений.

Несмотря на кажущуюся простоту и распространенность задач математического программирования, в реальной ситуации существуют проблемы, к которым можно отнести следующие:

- 1) отсутствие необходимых исходных данных их большая неопределенность;
- 2) отсутствие универсальных задач стохастического линейного программирования;
- 3) многокритериальность решаемых задач.

Таким образом, существует проблема математической постановки и решения задачи планирования ограниченных ресурсов, выделенных на развитие инфраструктуры электронного правительства [4]. Целью исследования является разработка обобщенной математической модели оптимального планирования в условиях многокритериальности и неопределенности.

Проводимые исследования в данном направлении³, в том числе и исследования авторов [3; 6; 8; 9] приняты при допущении о детерминированном характере математической задачи оптимизации. В данном исследовании задача планирования рассмотрена как задача целочисленного, бинарного математического программирования.

¹ Реестр государственных информационных систем Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. URL: <https://reestr-gis.spb.ru/> (дата обращения: 21.01.2020).

² Закон Санкт-Петербурга от 29 ноября 2019 года № 614-132 «О бюджете Санкт-Петербурга на 2020 год и на плановый период 2021 и 2022 годов» [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2019/12/02/spb-zakon614-132-reg-dok.html> (дата обращения: 19.01.2020).

³ Software Project Risk Assessment and Efforts Contingency Model based on COCOMO Cost Factor COCOMO [Электронный ресурс]. URL: <https://www.researchgate.net/publication/236679817> (дата обращения: 21.01.2020).

Материалы и методы

Для решения поставленной задачи приняты допущения и ограничения.

1. Рассматривается только текущий план работ на один год в предположении, что трудоемкость каждого проекта, входящего в план, позволяет его завершить в течение года.
2. План работ имеет сравнительно небольшую размерность, что позволяет решить задачу традиционными методами исследования операций. План формируется из ранее сформированного списка требуемых для выполнения проектов.
3. Выделенных ресурсов для выполнения всех необходимых работ недостаточно. Поэтому задача планирования рассматривается как задача принятия решений в условиях ограничений.
4. Исходные данные, которые формируются в комитетах и других подразделениях Правительства субъекта Российской Федерации, в силу большой неопределенности, сложности их формирования и верификации следует рассматривать как экспертные оценки. Что определяет их невысокое качество и, следовательно, при решении задач следует использовать простые методы и модели, например, линейные модели.
5. В результате решения должен быть сформирован не один, оптимальный вариант, как это принято в традиционных задачах математического программирования, а множество вариантов. Данное множество является основанием для принятия решения должностным лицом на разработку плана.

Сформулируем цель разработки плана работ — как определение максимальной их полезности для развития инфраструктуры электронного правительства региона. В большой российской энциклопедии полезность в экономической науке понимается как «понятие, связывающее ценность блага с ее способностью удовлетворять потребности индивидов¹».

Общую полезность всего плана будем рассматривать как сумму полезностей каждого проекта, входящего в него. По аналогии с методами менеджмента риска полезность будем оценивать с помощью специальной матрицы «важность-срочность». Считая, что чем важнее для города реализуемый проект и чем актуальней является срок его выполнения, тем он полезней. В силу сложности определения значений показателей данной матрицы будем использовать категориальную шкалу на три градации с кодами для каждой категории 1, 2, 3, как показано в табл. 1.

Таблица 1

Структура матрицы «важность-срочность»
Table 1. Structure of a matrix «importance-urgency»

Важность реализации функции	Срочность реализации функции		
	Очень срочно, 3	Срочно, 2	Не очень срочно, 1
Очень важно, 3	9	6	3
Важно, 2	6	4	2
Не очень важно, 1	3	2	1

Тогда в ячейках матрицы будет храниться значение произведения значений, соответствующих кодам строки и столбца.

¹ Статья Большой российской энциклопедии [Электронный ресурс]. URL: <https://bigenc.ru/economics/text/3152455> (дата обращения: 20.01.2020).

Сформулируем задачу оптимизации. Ее целевая функция имеет следующий вид:

$$\sum_{i=1}^n w_i p_i \rightarrow \max_{\{p_i\}},$$

где w_i — полезность i -го проекта для развития инфраструктуры электронного правительства города; p_i — вероятность того, что проект будет включен в план; n — общее число требуемых для выполнения проектов.

Зададим ограничения данной задачи математического программирования. Первое ограничение связано с диапазоном возможных значений вероятности. Очевидно, что для любого проекта $0 \leq p_i \leq 1$. Нулевое значение вероятности говорит о том, что проект не будет включен в оптимальный план. Напротив, единичное значение свидетельствует о том, что он гарантированно будет в него включен. Таким образом, целевая функция имеет экономическое содержание математического ожидания полезности.

Ограничение на ресурсы определяется законом о бюджете города. Данное ограничение представляет собой линейную форму

$$\sum_{i=1}^n C_i x_i \leq C,$$

где C — затраты на развитие инфраструктуры электронного правительства города; C_i — стоимость i -го проекта, $x_i \in \{0,1\}$ — бинарная переменная, признак включения i -й проекта в план автоматизации на год.

Для ее оценки в программной инженерии используются различные модели регрессии, разработанные Барри Боэмом. Выбор конкретной модели издержек разработки (COCOMO¹) из семейства таких моделей зависит от используемой модели жизненного цикла разработки программных систем, от этапа разработки, типа разрабатываемого программного проекта, характера исходной информации и др. В простейшем случае может быть использована модель COCOMO I, с основными соотношениями модели:

$$EFFORT_i = aSIZE_i^b;$$

$$Schelude_i = cEFFORT_i^d,$$

где $EFFORT_i$ — трудозатраты на разработку i -го программного проекта в человеко-месяцах; $SIZE_i$ — размера программного i -го программного проекта в килостроках (тысячах строк программного кода); $Schelude_i$ — продолжительность выполнения i -го программного проекта в месяцах; a, b, c, d — параметры выбранной модели COCOMO.

Стоимость проекта рассчитывается с учетом принятой стоимости одного человеко-месяца. Следовательно

$$C_i = EFFORT_i \cdot C_{ч-м},$$

где $C_{ч-м}$ — принятый в регионе норматив, определяющий ставку разработчика (программиста).

Сложность решения такой задачи заключается в том, что размер каждого проекта заранее неизвестен. По существующим оценкам точность оценки стоимости проекта на начальном этапе проектирования колеблется от -60 до +100%.

¹ Software_Project_Risk Fuzzy Expert-COCOMO Risk Assessment and Effort Contingency Model in Software Project. — [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://ir.lib.uwo.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=2464&context=etd> (дата обращения 21.01.2020).

Следовательно, величины $SIZE_i$, $EFFORT_i$, C_i являются случайными и для их практического использования необходимо знать их законы распределения или их характеристики.

Как правило, в теории управления проектами¹ в качестве инструментов оценки стоимости и сроков проектирования предусмотрена трехточечная оценка, предусматривающая задание наименьшего, наибольшего и наиболее вероятного значения, а также использование треугольного закона распределения. В силу того, что в дальнейшем над такими случайными величинами выполняются алгебраические и численные преобразования, для построения оптимального плана предлагается использовать метод Монте-Карло [1]. В данном методе формируется синтетическая выборка значений размера $SIZE_i$ и затем для каждого наблюдения такой выборки решается задача оптимизации. Таким образом, задача оптимизации принимает вид

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n w_i p_{ij} &\rightarrow \max; \\ \sum_{i=1}^n C_{ij} p_{ij} &\leq C; \\ 0 &\leq p_{ij} \leq 1, \end{aligned}$$

где j — номер наблюдения в выборке.

Итоговая статистика по всем наблюдениям синтетической выборки позволяет сформировать план. По полученной статистике можно рассчитать оценки вероятности включения в него i -го проекта:

$$\bar{p}_i = 1 / N \sum_{j=1}^N p_{ij},$$

где N — размер сформированной синтетической выборки.

Сформированный вектор вероятности в отличие от традиционного подхода к решению задачи математического планирования предусматривает не однозначный вариант решения, а значения приоритетов включения в план каждого из проектов.

Результаты

Проверка работоспособности предложенной модели произведена применительно к Санкт-Петербургу. Для решения задачи оптимизации плана был определен требуемый перечень выполняемых работ на 2020 г. для трех систем сферы имущественных отношений и землеустройства. Данный перечень состоит из 24 проектов, полезность которых для города представлена гистограммой, которая приведена на рис. 1. Данная гистограмма показывает, что существует сравнительно большое число важных и срочных для реализации городских проектов, есть большое число не очень срочных и важных проектов, что свидетельствует о целесообразности решения рассматриваемой задачи. При увеличении числа градаций на шкалах «важность-полезность», а также увеличении числа необходимых работ, что

¹ Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201805070038.pdf> (дата обращения: 21.01.2020).

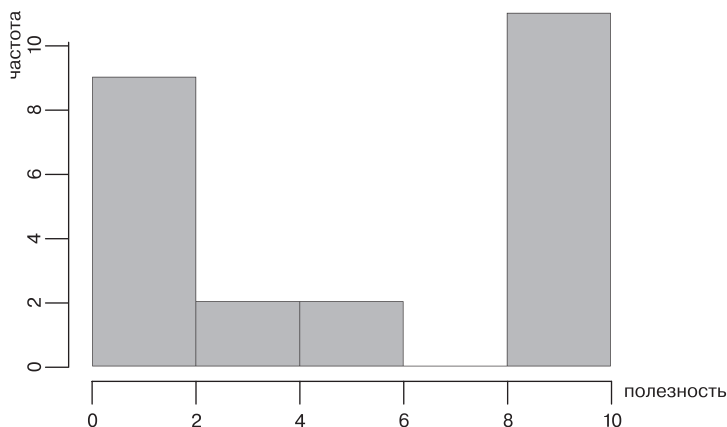


Рис. 1. Гистограмма частот полезности информационных проектов
Fig. 1. Histogram of information projects utility frequencies

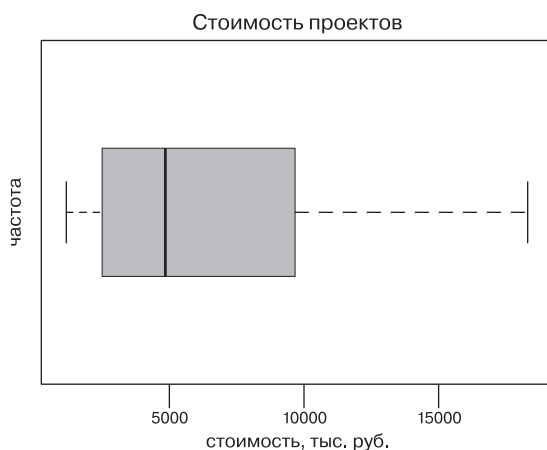


Рис. 2. Ящичная диаграмма стоимости проектов
Fig. 2. Project Cost Drawer Chart

соответствует требованиям программы Цифровой экономики, вариация типов проектов увеличится¹.

С целью дальнейшего анализа исходных данных построим ящичную диаграмму оценки стоимости каждого проекта при допущении, что стоимость каждого проекта представляет собой детерминированную величину. Диаграмма, приведенная на рис. 2, показывает на большой разброс стоимости, большую асимметрию, что говорит не только о разной полезности проектов, но и о разной их стоимости и сложности реализации. Некоторые статистические характеристики стоимости проектов приведены в табл. 2.

¹ Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201805070038.pdf> (дата обращения 21.01.2020).

**Описательная статистика стоимости информационных проектов
(с точностью до целого)**

Table 2. Descriptive statistics of the cost of information projects (with accuracy to the whole)

Характеристика	Среднее, тыс. руб	Дисперсия (тыс. руб.) ²	Стандартное отклонение, тыс. руб.	Минимум, тыс. руб.	Максимум, тыс. руб.	Размах, тыс. руб.
значение	6239	23325349	4830	1031	18516	17485

Приведенная таблица показывает, что существует большая вариативность требуемых работ для информационных проектов. Стандартное отклонение превышает значение среднего. Размах составляет более 17 млн руб. Таким образом, задача формирования плана не является тривиальной и требует автоматизированного решения.

Для проведения дальнейшего исследования сформирована синтетическая выборка для каждого из 24-х информационных проектов. Гистограмма распределения одного из таких проектов приведена на рис. 3.

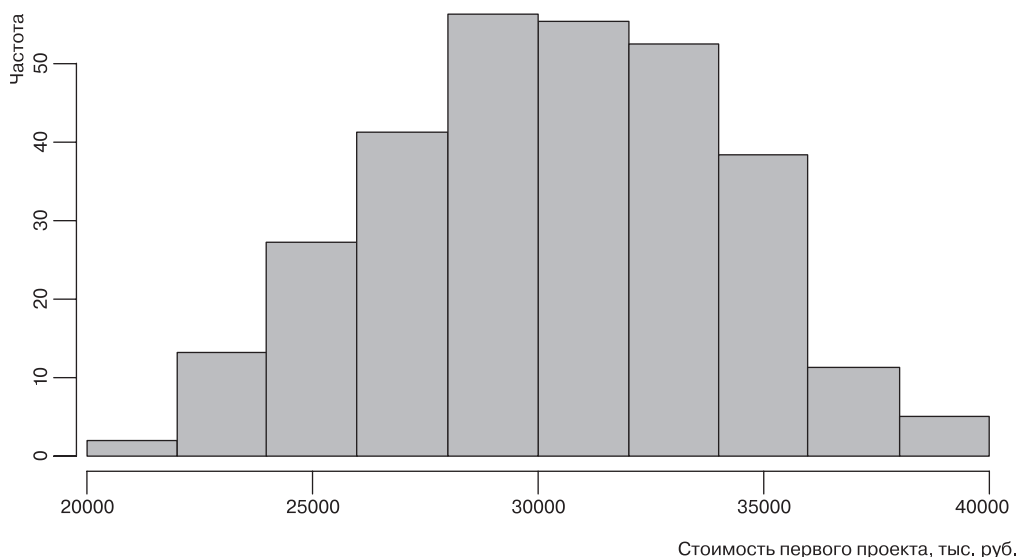


Рис. 3. Гистограмма стоимости выполнения проекта
Fig. 3. Project Execution Cost Histogram

Результаты построения плана развития инфраструктуры электронного правительства города на 2020 г. (в части выбранных инфраструктурных систем) представлены в виде столбиковой диаграммы (рис. 4). Данная диаграмма показывает, что все проекты распределены на три группы. Первую группу составляют проекты, вероятность включения которых в план равна нулю или очень мала. Число таких проектов составляет $10/24 \approx 41\%$. Вторую группу составляют проекты, вероятность включения которых в план немногим превысила 0,5. Число таких проектов невелико. И наконец, третью группу составляют проекты с единичной или близкой к единице вероятностью их включения в план. Их число равно 11, что составляет около 46%. Таким образом, в план целесообразно включить около половины требуемых проектов.

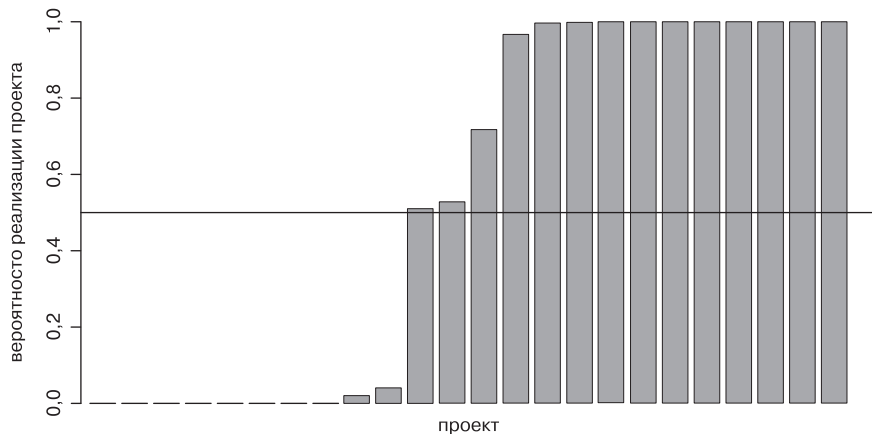


Рис. 4. Результаты построения плана развития инфраструктуры электронного правительства Санкт-Петербурга

Fig. 4. Results of the St. Petersburg e-government infrastructure development plan

На рис. 5 приведены результаты анализа зависимости вероятности включения информационного проекта в план от его важности и стоимости.

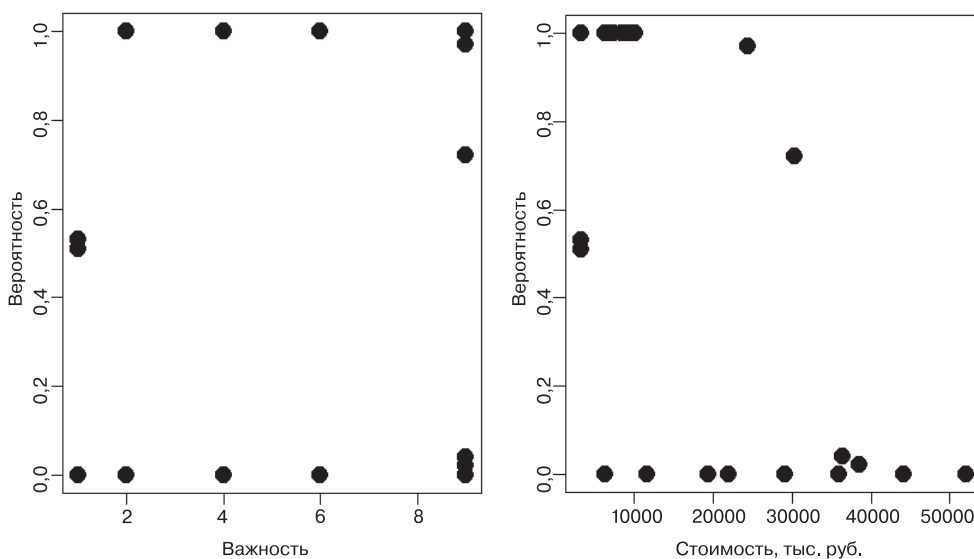


Рис. 5. Результаты анализа зависимости вероятности включения информационного проекта в план от его важности и стоимости

Fig. 5. Results of analysis of probability of information project inclusion in the plan depending on its importance and cost

Приведенные диаграммы рассеяния показывают, что нет однозначной зависимости вероятности включения информационного проекта в план от его важности и стоимости. Тем не менее вероятность включения в план большинства дорогих проектов невелика.

Использование для решения задачи планирования метода линейного программирования позволяет решить задачу оценки устойчивости принятого решения. Результаты ее решения позволяют оценить диапазон варьирования коэффициентов целевой функции (полезности проекта) и правых частей ограничений (в частности выделенного бюджета на совершенствование инфраструктуры). Решение такой задачи для Санкт-Петербурга показало, что диапазон устойчивости бюджета составляет всего 30 млн руб. Этого определяет необходимость продолжения исследования разработанного плана и решения других задач оптимизации, в частности многокритериальной задачи оптимизации, одной из целей в которой является минимизация дисперсии расходов на выполнение плана.

Обсуждение

Для проверки работоспособности методики и доказательства ее адекватности была рассмотрена частная задача определения состава автоматизированных функциональных комплексов трех государственных информационных систем в сфере имущественных и земельных отношений, подготовлен оптимальный план автоматизации функциональных подсистем.

Предложенная модель позволила распределить затраты на развитие информационной инфраструктуры органа государственной власти с учетом ограниченного финансирования.

Также результаты исследования демонстрируют сложность и, в ряде случаев, неочевидность решений, требуемых для принятия должностными лицами ответственными за формирование плана автоматизации как одного отраслевого органа власти, так и в целом годового плана автоматизации всего региона (субъекта Российской Федерации). Вопросы определения полезности автоматизируемых функций требуют дополнительного изучения и должны формироваться для каждого проекта по автоматизации с целью обеспечения подходов управления по результатам [2], что также в дальнейшем позволит в автоматизированном режиме ранжировать проекты при подготовке регионального плана автоматизации.

Тематика учета и анализа, поступающих от органов власти ежегодных, требований на развитие государственных информационных систем требует дальнейшего изучения для проработки математического обеспечения специализированной информационной системы управления развитием ИТ экосистемы региона, которая позволит осуществлять планирование мероприятий по автоматизации, а также оперативно определять работы, возможные для исключения в случае изменения объемов и лимитов финансирования.

Литература

1. *Войтишек А.* Лекции по численным методам Монте-Карло [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nsu.ru/n/mathematics-mechanics-department/documents/Войтишек-лекции-по-ММК.pdf> (дата обращения: 21.01.2020).
2. *Добролюбова Е. И., Южаков В. Н., Ефремов А. А. и др.* Цифровое будущее государственного управления по результатам. М. : Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2019.
3. *Куклина Е. А.* К проблеме выбора проектов инновационного развития предприятий нефтегазового сектора России на основе многокритериального подхода // Проблемы и пути социально-экономического развития: город, регион, страна, мир : IX междунар. науч.-практ. конф.: сб. ст. / отв. ред. Н. М. Космачева. СПб. : ЛГУ им. А. С. Пушкина, 2019. С. 52–57.
4. *Кучеренко Д. В.* Состояние развития государственных информационных систем Санкт-Петербурга // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 11 (ч. 2) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.top-technologies.ru/article/view?id=37302> (дата обращения: 19.01.2020).

5. *Наумов В. Н., Кучеренко Д. В.* Планирование трудозатрат на создание и развитие государственных информационных систем и их функциональных программных комплексов // *Управленческое консультирование*. 2017. № 6. С. 140–154.
6. *Kuklina E. A.* The substantiation for selection of optimal innovation project: setting of the problem and algorithm of its solving / *Знание — традиции, инновации, перспективы* / Научная конференция с международным участием, 14–15 июня 2013, Бургаски Свободен Университет. Бургас. Т. 3. С. 27–32.
7. *Naumov V. N., Kucherenko D. V., Zaharov Y. N.* Tools for expediency assessment of automation of governmental services in social sphere // 3rd International conference on electronic governance and open society: challenges in Eurasia. EGOSE 2016. Association for Computing Machinery. P. 49–53.
8. *Valerdi R., Boehm Barry W.* COSYSMO: A system engineering cjst model [Электронный ресурс]. URL: <http://csse.usc.edu/TECHRPTS/2010/usc-csse-2010-508/usc-csse-2010-508.pdf> (дата обращения: 21.01.2020).
9. *Valerdi R., J. E., Gaffney Jr.* Reducing Risk and Uncertainty in COSYSMO Size and Cost Drivers: Some Techniques for Enhancing Accuracy. 2007 [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/229034929_Reducing_Risk_and_Uncertainty_in_COSYSMO_Size_and_Cost_Drivers_Some_Techniques_for_Enhancing_Accuracy (дата обращения: 21.01.2020).

Об авторе:

Кучеренко Дмитрий Викторович, аспирант Северо-Западного института управления РАНХиГС (Санкт-Петербург, Российская Федерация); kucherenko.dmitry@gmail.com

References

1. *Voitishek A.* Lectures on the numerical methods of Monte Carlo [Electronic Resource]. URL: <https://www.nsu.ru/n/mathematics-mechanics-department/documents/Voitishek-lectures-by-MM.pdf> (accessed: 21.01.2020). (In rus)
2. *Dobrolubova E. I., Yuzhakov V. N., Efremov A. A.* at all. The digital future of public administration according to the results. M. : Publishing House “Delo” RANEPa, 2019 (In rus)
3. *Kuklina E. A.* To the problem of selection of projects of innovative development of enterprises of oil and gas sector of Russia on the basis of multicriteria approach // *Problems and ways of socio-economic development: city, region, country, world: IX international scientific conference*: collection of articles / ex. ed. of N. M. Kosmacheva. SPb. : Pushkin LSU, 2019. P. 52–57. (In rus)
4. *Kucherenko D. V.* State of development of St. Petersburg state information systems // *Modern knowledge-intensive technologies [Sovremennye naukoemkie tehnologii]*. 2018. N 11 (P. 2) [Electronic resource]. URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=37302> (accessed: 19.01.2020). (In rus)
5. *Naumov V. N., Kucherenko D. V.* Labor planning for the creation and development of state information systems and their functional software complexes // *Administrative consulting [Upravlencheskoe konsul'tirovanie]*. 2017. N 6. P. 140–154. (In rus)
6. *Kuklina E. A.* The substantiation for selection of optimal innovation project: setting of the problem and algorithm of its solving / *Knowledge — Traditions, Innovations, Prospects* / Scientific Conference with International Participation, June 14, 2013, Burgas Free University. Burgas. V. 3. P. 27–32.
7. *Naumov V. N., Kucherenko D. V., Zaharov Y. N.* Tools for expediency assessment of automation of governmental services in social sphere // 3rd International conference on electronic governance and open society: challenges in Eurasia. EGOSE 2016. Association for Computing Machinery. P. 49–53.
8. *Valerdi R., Boehm Barry W.* COSYSMO: A system engineering cjst model [Electronic resource]. URL: <http://csse.usc.edu/TECHRPTS/2010/usc-csse-2010-508/usc-csse-2010-508.pdf> (accessed: 21.01.2020).
9. *Valerdi R., J. E., Gaffney Jr.* Reducing Risk and Uncertainty in COSYSMO Size and Cost Drivers: Some Techniques for Enhancing Accuracy. 2007 [Electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/229034929_Reducing_Risk_and_Uncertainty_in_COSYSMO_Size_and_Cost_Drivers_Some_Techniques_for_Enhancing_Accuracy (accessed: 21.01.2020).

About the author:

Dmitry V. Kucherenko, Graduate student of the North-West Institute of Management, Branch of RANEPa (St. Petersburg, Russian Federation); kucherenko.dmitry@gmail.com