

## УПРАВЛЕНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ В КОНТЕКСТЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ИТ-ПРОЕКТОВ

**В. В. Калевко<sup>1</sup>, Д. Г. Лагереv<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup> Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия  
<sup>1</sup> kalevko\_victor@inbox.ru, <sup>2</sup> LagerevDG@yandex.ru

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Рассматриваются особенности функционирования проектно-ориентированных организационных систем в конкурентной среде. Описывается специфика проектов, в которых основной категорией ресурсов являются специалисты, а не материально-технические средства. При этом достаточно часто определяющим критерием выполнимости проекта является наличие достаточного количества специалистов, имеющих необходимые навыки и знания для выполнения задач планируемого проекта. В свою очередь возможность выполнять проекты с достаточной или более высокой ценностью значительно влияет на эффективность функционирования проектно-ориентированной организационной системы и ее конкурентоспособность. *Материалы и методы.* Используются генетические алгоритмы, вычислительный эксперимент. Введено понятие компетентностного потенциала, раскрыта его роль в функционировании проектно-ориентированной организационной системы. Описан общий метод управления компетентностным потенциалом проектно-ориентированной организационной системы, позволяющий определить целесообразность развития конкретных компетенций сотрудников с учетом портфеля проектов, индивидуальных предпочтений сотрудников и стратегических целей организации. Описан метод определения целевого состояния компетентностного потенциала при анализе проекта для частного случая. *Результаты.* Продемонстрировано применение предложенного метода определения целевого состояния компетентностного потенциала при анализе ИТ-проекта. Сделаны выводы о применимости предложенного метода управления компетентностным потенциалом в контексте управления портфелем ИТ-проектов. *Выводы.* Представлены дальнейшие планы и направления развития общего метода управления компетентностным потенциалом.

**Ключевые слова:** управление знаниями, компетентностный потенциал, планирование проектов, теория расписаний, ограниченные ресурсы, генетические алгоритмы, ИТ-проекты

**Для цитирования:** Калевко В. В., Лагереv Д. Г. Управление компетентностным потенциалом проектно-ориентированных организационных систем в контексте планирования ИТ-проектов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2022. № 4. С. 160–180. doi:10.21685/2227-8486-2022-4-11

## COMPETENCE MANAGEMENT OF PROJECT-ORIENTED ORGANIZATIONAL SYSTEMS IN THE CONTEXT OF IT PROJECT PLANNING

V.V. Kalevko<sup>1</sup>, D.G. Lagerev<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup> Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

<sup>1</sup>kalevko\_victor@inbox.ru, <sup>2</sup>lagerevdg@mail.ru

**Abstract.** *Background.* The article discusses the features of the functioning of project-oriented organizations in a competitive environment. The specifics of projects is described in which the main category of resources is specialists, and not material and technical means. At the same time, quite often the determining criterion for the feasibility of a project is the availability of a sufficient number of specialists with the necessary skills and knowledge to perform the tasks of the planned project. In turn, the ability to carry out projects with sufficient or higher value significantly affects the effectiveness of the functioning of a project-oriented organization and its competitiveness. *Materials and methods.* Genetic algorithms, computational experiment. The article introduces the concept of competence potential and its role in the functioning of a project-oriented organization. A general method for managing the competence potential of a project-oriented organization is described, which makes it possible to determine the feasibility of developing specific competencies of employees, taking into account the portfolio of projects, individual preferences of employees and the strategic goals of the organization. The method for determining the target state of the competence potential in the analysis of the project for a particular case is described. *Results.* The application of the proposed method for determining the target state of the competence potential in the analysis of an IT project is demonstrated. Conclusions are drawn about the applicability of the proposed method of managing the CP in the context of managing a portfolio of IT projects. *Conclusions.* Further plans and directions for the development of the proposed competence management general method are presented.

**Keywords:** knowledge management, competence potential, project planning, scheduling theory, limited resources, genetic algorithms, IT projects

**For citation:** Kalevko V.V., Lagerev D.G. Competence management of project-oriented organizational systems in the context of IT project planning. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve* = *Models, systems, networks in economics, technology, nature and society*. 2022;(4):160–180. (In Russ.). doi:10.21685/2227-8486-2022-4-11

### *Введение*

Достаточно часто целевую деятельность организации можно рассматривать как выполнение проектов, т.е. выполнение комплексов взаимосвязанных мероприятий, направленных на создание уникальных результатов в условиях временных и ресурсных ограничений. Такие проекты могут иметь разную степень формализации – как вполне конкретную, так и менее явную. При этом в конкретный момент времени совокупность таких проектов можно рассматривать как портфель проектов, что позволяет применить соответствующую методологическую базу по управлению портфелем проектов [1–4].

Организации, основная деятельность которых связана с выполнением проектов, принято называть *проектно-ориентированными* [5]. Полноценное управление проектно-ориентированными организационными системами требует учета большого количества аспектов, касающихся как управления непо-

средственно портфелем проектов, так и управления необходимым окружением для обеспечения выполнения проектов (человеческими и материальными ресурсами, бизнес-процессами и др.) [6].

При управлении реальной проектно-ориентированной организационной системой руководству весьма сложно и трудоемко охватить все аспекты управления в равной степени, поэтому на практике управление обычно сосредоточено на направлениях, являющихся наиболее значимыми для организации в данный момент.

При проработке и анализе потенциального проекта оценивается ожидаемая ценность проекта, возможные сроки выполнения, набор задач, риски, а также необходимые ресурсы для выполнения проекта, в том числе человеческие. На раннем этапе работы над проектом этими параметрами в определенной степени можно варьировать – например, скорректировать задачи и цели проекта, увеличить срок проекта, если не удастся обеспечить выполнение проекта имеющимися специалистами. Часто значимым фактором принятия решения об участии в проекте будет наличие достаточного количества специалистов с необходимыми знаниями и навыками для выполнения проекта в условиях указанных ограничений [7]. Отсутствие необходимых знаний, навыков или компетенций в свою очередь может привести к снижению эффективности функционирования и конкурентоспособности проектной организации из-за невозможности выполнять проекты с достаточной или более высокой ценностью, чем раньше.

Таким образом, управление персоналом проектных организаций должно быть организовано с учетом существующих и ожидаемых потребностей в навыках и знаниях специалистов. Это особенно актуально для ИТ-компаний, разрабатывающих большое количество программных проектов, вследствие чего нужно обращать особое внимание на управление компетенциями сотрудников, чтобы была возможность достигать поставленных целей и соответствовать потребностям со стороны заказчиков проектов. Гибкие (agile) подходы к разработке программного обеспечения, которые достаточно распространены в ИТ-компаниях и не требуют жесткого распределения ресурсов перед началом проекта [8], не снимают задачи оценки трудоемкости проекта, стоимости и сроков реализации с учетом имеющихся возможностей. При планировании этапов критичных проектов с большим бюджетом, как правило, используются классические методологии (например, водопад) [9]. При этом в процессе выполнения этапов разработки могут использоваться гибкие методологии.

Это актуально для вузов, осуществляющих подготовку ИТ-специалистов, при разработке образовательных программ, поскольку для обеспечения конкурентоспособности выпускников информационных направлений подготовки необходимо регулярно актуализировать образовательные программы подготовки с учетом изменения трендов развития информационных технологий и прогноза потребности в различных специалистах на рынке труда. Для этого требуется получение и развитие новых компетенций преподавателями. Можно предположить, что эта задача является актуальной и в других предметных областях, имеющих подобные черты.

Для управления персоналом в проектно-ориентированных организационных системах можно использовать методы на базе компетентностного под-

хода [10], однако применение их в чистом виде без учета специфики планирования проектов не позволяет в полной мере решить проблему повышения эффективности функционирования проектно-ориентированной организационной системы.

### ***Компетентностный подход к управлению персоналом***

Для эффективного и конкурентоспособного функционирования таких организационных систем, как, например, организации или предприятия, в условиях рыночной экономики важен кадровый потенциал. Кадровый потенциал – это возможности определенной категории рабочих, специалистов, управленцев, которые могут быть приведены в действие в процессе трудовой деятельности на определенном этапе развития. Кадровый потенциал работника – это совокупность физических и духовных качеств человека, определяющих возможность и границы его участия в трудовой деятельности, способность достигать в заданных условиях определенных результатов, а также совершенствоваться в процессе труда. Кадровый потенциал организации – это знания, умения, способности, реализуемые в процессе трудовой деятельности, работниками, формирующими кадровый состав предприятия, а также те, которыми работники объективно обладают, но пока еще не востребованные процессом производства [10, 11].

Для определения кадрового потенциала необходимо оценивать различные количественные и качественные показатели (численность промышленно-производственного персонала и персонала непромышленных подразделений, физического и психологического потенциала работников предприятия, объема общих и специальных знаний, трудовых навыков, образовательного и квалификационного уровня и др.).

В процессе функционирования предприятия (организации) на кадровый потенциал неизбежно будут оказывать влияние объективные факторы и управленческие решения, такие как:

- изменение кадрового состава организации;
- повышение квалификации или переквалификация сотрудников;
- опыт и знания, полученные сотрудниками в результате выполнения профессиональной деятельности.

При оценке характеристик для управления кадровым потенциалом удобно использовать *компетентностный подход* [12, 13]. Компетенция – это комплексное понятие, и его разные определения дополняют друг друга:

- базовая характеристика человека, которая причинно связана с оцениваемым на основе критериев эффективным и/или наилучшим исполнением в работе или ситуациях вообще;
- типичная и измеряемая модель поведения, знаний и навыков, способствующих наивысшей эффективности работы.

Применение компетентностного подхода при управлении проектами особенно эффективно в случаях, если применяемая в организации модель компетенций позволяет отождествлять компетенции с разными видами ресурсов, которые требуются для решения задач проектов, на которых специализируется организация [14–16]. Так, с помощью модели компетенций сотрудников можно определить пул соответствующих возобновляемых ресурсов и учитывать их при календарном планировании работ проектов.

Данный пул ресурсов будет определять *компетентностный потенциал предприятия (КП) (организации)* – совокупность компетенций, реализуемых в процессе трудовой деятельности работниками, формирующими кадровый состав предприятия (организации), а также те, которыми работники объективно обладают, но пока еще не востребованные процессом производства.

### ***Специфика управления компетентностным потенциалом в проектно-ориентированных организационных системах***

В условиях динамической конкурентной среды проектно-ориентированная организационная система должна оперативно подстраиваться под изменяющиеся условия на рынке, чтобы оставаться конкурентоспособной и устойчивой [17]. Изменяющиеся потребности заказчиков (инициаторов) проектов будут требовать дополнительного состава и объема компетенций сотрудников организации. Иначе выполнение значимых для организации проектов может быть затруднено или даже невозможно, если организация не сможет обеспечить выполнение проекта в надлежащий срок или выполнить ряд проектных задач из-за отсутствия необходимых компетенций сотрудников или их загруженности на других проектах.

В процессе формирования портфеля проектов возникает задача определения целевого состояния компетентностного потенциала, которое позволит выполнить проекты с более высокой ценностью, но повышенными требованиями к исполнителям. Для этого требуется определить, каким сотрудникам какие компетенции необходимо развить до начала выполнения работ по проекту, которые им назначены. Далее требуется запланировать необходимые мероприятия по обучению или развитию имеющихся сотрудников или найму новых, уже обладающих необходимыми компетенциями.

Рассматривая вариант с повышением квалификации для получения необходимых компетенций (например, через обучение) важно отметить, что этот процесс потребует определенного времени, а не произойдет мгновенно. Найм нового сотрудника, особенно обладающего редкими или новыми для ИТ-компании компетенциями является дорогостоящим и слабопрогнозируемым.

Таким образом, эффективное управление КП должно иметь опережающий характер [18, 19]. Данная задача особенно актуальна для организаций, которые управляют большим количеством проектов с участием большого количества специалистов (более нескольких десятков).

Рассмотренные авторами подходы к управлению компетенциями сотрудников не учитывают в достаточной степени проектную специфику [20–22]. Часто управление КП выполняется неявно, вручную, за счет опыта и интуиции руководителя организации и отдела кадров. Однако для эффективного управления КП необходим учет большого количества входных данных, таких как:

- информация о сотрудниках организации, включая текущие уровни компетенции, предпочтения по возможным траекториям развития, пожелания к получению новых компетенций и др;

- доступные варианты повышения квалификации (внутриорганизационное обучение, тренинги, семинары, наставничество, коучинг и пр.) и поддержки, связанные с ними (финансовые, временные, и пр.);

- текущую оценку и прогноз востребованности отдельных компетенций в будущем с учетом ситуации на рынке и прогнозируемого портфеля проектов в организации.

Недостаточный учет вышеперечисленных факторов негативно сказывается на качестве управления компетентностным потенциалом, а при большом количестве сотрудников и проектов без использования специальных моделей и алгоритмов сложно учесть все необходимые факторы и быстро найти оптимальное управленческое решение.

Таким образом, разработка метода управления компетентностным потенциалом с учетом специфики проектно-ориентированной организационной системы представляется актуальной задачей.

### Общий метод управления компетентностным потенциалом в проектно-ориентированных организационных системах

Анализ предметной области показал, что в процессе управления можно выделить два основных контура управления – контур управления КП и контур управления портфелем проектов. На рис. 1 представлены эти контуры управления (зеленым выделены основные исходные данные, желтым – этапы в контуре управления КП).

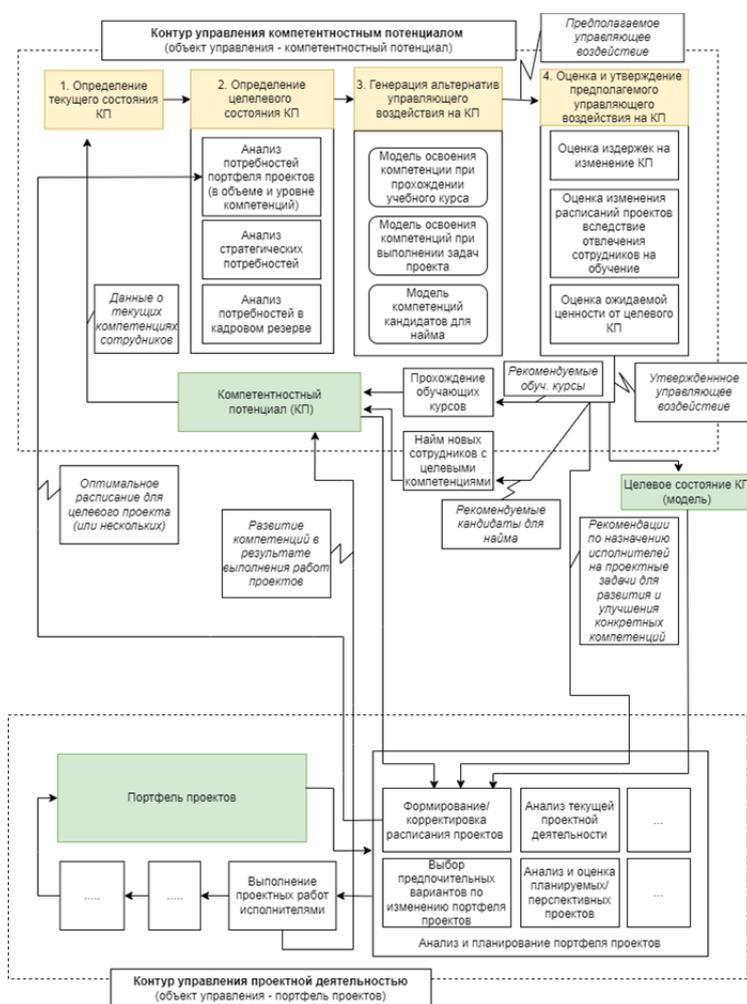


Рис. 1. Модель процесса управления компетентностным потенциалом проектно-ориентированной организационной системы

В контуре управления КП выделены ключевые этапы:

### **1. Определение текущего состояния КП.**

Для идентификации и определения уровней компетенций у сотрудников необходимо разработать соответствующие методики оценки. Для каждой организации могут быть свои критерии оценки компетенций, но можно ожидать, что эти критерии будут опираться на опыт применения и использования определенных знаний и технологий в процессе профессиональной деятельности или прохождения курсов повышения квалификации. Также стоит отметить, что уровень компетенций может снижаться в случае, если сотрудники не будут применять свои профессиональные компетенции в течение некоторого времени.

### **2. Определение целевого состояния КП.**

Ключевой вопрос при управлении КП – это определение целевого состояния КП. Для решения этой задачи предполагается выполнить:

- анализ потребностей в объеме и уровне компетенций для выполнения портфеля проектов;
- анализ стратегических потребностей организации;
- анализ потребностей в кадровом резерве и предпочтений сотрудников.

В результате комплексного анализа можно сформировать целевое состояние КП к конкретному временному моменту.

Рассмотрим подробнее специфику определения потребностей портфеля проектов в объеме и уровне компетенций исполнителей. Как отмечалось ранее, при планировании проекта важной задачей является построение расписания проекта с учетом доступных ресурсов (фактически исполнителей), которые могут быть назначены на конкретный проект с учетом общей занятости сотрудников. При этом в соответствии с этим расписанием проект должен быть выполнен в обозначенный срок. В ряде случаев это может быть неосуществимо из-за отсутствия нужных компетенций у доступных исполнителей как таковых или недостатка необходимого количества исполнителей. В связи с этим целесообразно рассчитать *оптимальное расписание для проекта с учетом необходимого и достаточного состава доступных исполнителей проекта, обладающих необходимым набором и объемом компетенций*. Таким образом для проекта будет определен целевой КП.

### **3. Генерация альтернатив управляющего воздействия на КП.**

Для достижения целевого состояния КП рассматриваются возможные варианты на базе моделей учебных курсов, освоения компетенций при выполнении задач проектов для развития текущих сотрудников, а также найм новых сотрудников с целевыми компетенциями. При оценке развития вариантов предполагается учитывать индивидуальные предпочтения сотрудников. Соответственно, комбинация вариантов отдельных воздействий позволит достичь целевого состояния КП. В случае, если рассматривается несколько проектов одновременно, задача значительно усложнится.

### **4. Оценка и утверждение предполагаемого управляющего воздействия на КП.**

Процесс воздействия на КП может повлечь различные издержки – прямые материальные и временные издержки. Отвлечение сотрудников на обучение может повлечь отставание по текущим проектам. Изменение структуры команды проекта или перераспределение задач с целью развития компетенций у целевых сотрудников может также негативно сказаться на выполнении

текущих проектов – увеличится длительность выполнения и появятся дополнительные связанные с этим риски.

Если лицо, принимающее решения (ЛПР), устраивает предложенное решение, т.е. управляющее воздействие на КП, получаемые издержки и особенности влияния на работу над текущими проектами. При этом предполагаемое целевое состояние КП, которое планируется достичь, уже может учитываться при управлении портфелем. Таким образом, в портфель проекта могут быть включены проекты с достаточно высокой ценностью, но которые не могут быть выполнены с текущим состоянием КП.

Отметим, что на контур управления КП может влиять большее количество данных, чем отражено на рис. 1, однако в контексте текущей проблемы эти параметры намерено опущены.

**Формализуем общий метод управления КП с учетом вышесказанного:**

$$Z = \langle R_{\text{тек}}, R_{\text{стр}}, P_{\text{тек}}, P_{\text{план}}, N \rangle,$$

где  $R_{\text{тек}}$  – текущие компетенции сотрудников;  $R_{\text{стр}}$  – стратегические компетенций;  $P_{\text{тек}}$  – текущие проекты;  $P_{\text{план}}$  – планируемые проекты;  $N$  – предпочтения сотрудников по развитию компетенций.

Планируемые проекты характеризуются

$$P_{\text{план}} = \langle U, T, V, X, Y \rangle,$$

где  $U$  – полезность проекта;  $T$  – сетевой график проекта;  $V$  – временные ограничения проекта;  $X$  – риски проекта;  $Y$  – штрафы проекта. При этом сетевой график характеризуется множеством задач:

$$T = \langle D, K, W_{\text{пред}} \rangle,$$

где  $D$  – оценка длительности задач;  $K$  – необходимые уровни компетенций для решения задачи;  $W_{\text{пред}}$  – предшествующие задачи в соответствии с графиком.

Текущие проекты характеризуются

$$P_{\text{тек}} = \langle P_{\text{план}}, S \rangle,$$

где  $P_{\text{план}}$  – данные планирования проекта;  $S$  – расписание проекта, включающее распределение задач по исполнителям.

Определим процедуру формирования расписания проекта как

$$S = \text{schedule}(T, V, R, P_{\text{тек}}),$$

где  $T$  – сетевой график проекта;  $V$  – временные ограничения проекта;  $R$  – компетенции сотрудников (текущие или целевые, в зависимости от постановки задачи);  $P_{\text{тек}}$  – текущие проекты, обобщенные данные которых позволяют показать текущую (и запланированную) занятость сотрудников.

Расписание проекта определяет порядок исполнения задач и распределение исполнителей между задачами [23]. Такое расписание существует, если  $R$  содержит все необходимые уровни компетенций для выполнения задач проекта, а также удовлетворяет временным ограничениям проекта.

Можно рассматривать различные возможные проекты  $P_{\text{план}}$  и их альтернативные конфигурации  $p_i$ , которые могут отличаться структурой задач и, как следствие, совокупностью требований к команде исполнителей (*варианты проекта*). Для таких вариантов проектов должны быть определены ценность, временные рамки и другие значимые параметры, однако это позволит более гибко подойти к решению.

Если расписание не удастся построить для  $i$  варианта проекта, то возникает задача определения целевого состояния  $R_i'$ , при котором расписание будет существовать.

Для поиска подходящего целевого состояния КП формализуем:

–  $E$  – совокупность возможных мероприятий по развитию компетенций, которые характеризуются ожидаемым вкладом в уровень компетенции сотрудника и издержками (материальными, временными или другими);

–  $A$  – возможных кандидатов для найма с определенными компетенциями;

–  $Q$  – множество текущих проектов, в рамках которых есть возможность скорректировать состав исполнителей так, чтобы целевые сотрудники улучшили свои компетенции в процессе выполнения задач.

Предполагается, что для достижения целевого состояния  $R_i'$  необходимо определить набор конкретных мероприятий  $E_i'$ , кандидатов  $A_i'$  и текущих проектов  $Q_i'$ :

$$R_i' = \text{apply}(R_{\text{мек}}, E_i', A_i', Q_i').$$

При этом целевые параметры оптимизационной задачи будут следующие:

$$\begin{cases} U_i \rightarrow \max, \\ l(E_i') \rightarrow \min, \\ n(E_i') \rightarrow \max, \\ a(A_i') \rightarrow \min, \\ q(Q_i') \rightarrow \min, \end{cases} \quad (1)$$

где  $U_i$  – ожидаемая ценность варианта проекта  $i$ ;  $l$  – совокупные издержки на изменение КП;  $n$  – оценка соответствия изменений компетенций предпочтениям участников;  $a$  – совокупные издержки на найм новых сотрудников;  $q$  – издержки и штрафы, связанные с изменением состава исполнителей текущих проектов. В таком виде задача может быть достаточно сложной, поскольку потребуются предварительная подготовка большого количества данных.

### ***Метод определения целевого состояния КП при анализе проекта для частного случая***

Рассмотрим частный случай поиска целевого состояния, когда не требуется учитывать параметры  $A$  и  $Q$ :

$$R'_i = \text{apply}(R_{\text{мек}}, E'_i).$$

Определим целевые показатели оптимизационной задачи:

$$\begin{cases} U_i \rightarrow \max, \\ l(E'_i) \rightarrow \min, \\ n(E'_i) \rightarrow \max, \end{cases} \quad (2)$$

где  $U_i$  – ожидаемая ценность варианта проекта  $i$  (данный показатель имеет лексикографический приоритет перед группой из следующих двух);  $l$  – совокупные издержки на изменение КП;  $n$  – оценка соответствия изменений компетенций предпочтениям участников

**Задачу поиска целевого состояния КП** можно рассматривать в контексте определения оптимального варианта проекта, так, чтобы среди возможных вариантов и альтернатив проектов выбрать достаточно ценный вариант с учетом (2). Данная задача относится к классу задач многокритериальной оптимизации и является NP-сложной.

Для решения подобных задач можно использовать различные подходы – динамическое программирование, поиск с возвратом, жадные или градиентные методы или эволюционные алгоритмы. В данном случае дополнительную вычислительную сложность создает тот факт, что в процессе поиска будет решаться задача поиска расписания проекта, которая также является NP-полной (это будет указано ниже). В связи с этим выбрано использование генетического алгоритма, который может позволить получить субоптимальные варианты решений за фиксированное количество времени [24]. Применение генетических алгоритмов не гарантировано найти оптимальное решение, но позволяет получить достаточно хороший вариант, который удовлетворяет условиям и ограничениям задачи.

Для поиска целевого состояния КП предложен генетический алгоритм на базе Strong Pareto Evolutionary Algorithm 2 (SPEA 2) [25], особенностями которого являются следующие:

1. **Кодирование гена** выполняется на основе выбранных мероприятий для развития конкретного сотрудника (рис. 2). Совокупность выбранных мероприятий для всех сотрудников  $E'$  как множества таких генов образует хромосому (рис. 3).

Выбранные мероприятия для развития компетенций сотрудника $j$													
	Комп. 1				Комп. 2		Комп. 3			Комп. 4			
	ур. 1	ур. 2	ур. 1	ур. 2	ур. 1	ур. 2	ур. 3	ур. 1	ур. 2	ур. 3	ур. 1	ур. 2	
мероприятия E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Рис. 2. Кодирование выбранных мероприятий для конкретного сотрудника в виде гена: 1 – мероприятие выбрано; 0 – мероприятие не выбрано

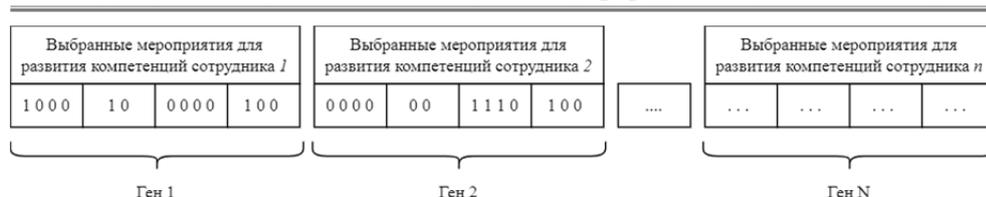


Рис. 3. Кодирование хромосомы особи как множества генов, количество генов соответствует количеству сотрудников

2. **Функция приспособленности** реализована через определение параметров значений общих издержек и общих предпочтений для состояния  $E'$  особи:

$$f(E_j') = \begin{cases} \{l(E_i'), n(E_i')\}, \exists S_i \\ \{l(E_i'), n(E_i'), U_i\}, \exists S_i \end{cases} \quad (3)$$

где  $l$  – общие издержки, которые определяются как сумма издержек, связанных с приобретением новых компетенций;  $n$  – общие предпочтения, которые определяются как среднее значение предпочтений сотрудников к освоению выбранных компетенций;  $S$  – расписание проекта, которое может быть построено после изменения КП с помощью выбранных мероприятий. Важно отметить, что результатом функции является кортеж параметров, к которым можно применить (2), что позволит выполнить сравнение разных значений и выявить лучшие.

3. **Генетические операторы** скрещивания и мутации реализованы следующим образом:

3.1. **Мутация особи** осуществляется с помощью добавления случайного количества мероприятий в  $E'$  (или удаления из  $E'$  добавленных ранее мероприятий), при этом параметром алгоритма задано максимальное количество добавляемых (удаляемых) мероприятий. Вероятность применения – 5 %.

3.2. Для скрещивания особей используется типовой **одноточечный кроссингвер**, когда часть мероприятий берется из первой особи и остальные значения из второй. Вероятность применения – 70 %.

3.3. На формирование генов особи **установлены ограничения**, учитывающие последовательность освоения уровней компетенции. Мероприятия, позволяющие освоить более высокий уровень, могут быть добавлены только если среди выбранных мероприятий уже есть мероприятия, позволяющие освоить предыдущий уровень компетенции (или этот уровень компетенции уже освоен сотрудником). Запрещено исключать мероприятия, позволяющие освоить более низкий уровень компетенции, если среди выбранных мероприятий остаются те, которые позволяют освоить более высокий уровень компетенции. Также запрещено выбирать несколько мероприятий, которые позволяют получить один и тот же уровень компетенции. Перечисленные ограничения формирования особей исключают возможность образования недоступных хромосом.

4. После формирования новой популяции определяются особи, значение  $E'$  которых позволяет получить значение  $R'$ , которое в свою очередь позволяет построить расписание проекта. Такие особи считаются **элитой по-**

пуляции и сохраняются отдельно в ограниченном количестве заданным параметром алгоритма. Для отбора остальных особей используется **турнирная селекция**.

### *Применение метода поиска целевого состояния КП при планировании ИТ-проекта*

Для иллюстрации предложенного метода определения целевого состояния КП рассмотрим задачу анализа и планирования небольшого проекта. Подобная задача анализа реализуемости проекта по своей постановке может считаться достаточно типовой в сфере ИТ-проектов, поскольку требует сопоставления требований к исполнителям задач с компетенциями сотрудников, из которых потенциально можно сформировать команду проекта. В качестве примера возьмем проект по разработке программного сервиса анализа работы системы электронного документооборота (ЭДО) на основе данных, содержащихся в файлах системных журналов. Данный сервис должен предоставлять метрики использования ЭДО: активность пользователей, нагрузку на отдельные подсистемы и др. Взаимодействие с сервисом должно быть организовано через веб-интерфейс – должна быть возможность авторизоваться и просмотреть данные анализа на соответствующей форме.

Рассмотрим этап разработки проекта  $P$ , на который определено ограничение в 35 дней (в табл. 1 приведено множество задач  $T$ , включая оценку длительности  $D$ , необходимые уровни компетенции  $K$  и предшествующие задачи  $W_{\text{пред}}$ ). Компетентностный потенциал  $R_{\text{тек}}$  определен в табл. 2. Отметим, что в табл. 2 указаны сотрудники, которые могут быть задействованы в выполнении проекта с учетом общей занятости в проектной деятельности. Исполнители проекта определены как ресурсы, имеющие определенные компетенции с указанным уровнем, при этом в данную таблицу включены только необходимые для выполнения проекта компетенции.

Таблица 1

Сетевой график проекта и требования к исполнителям задач

Задача	Номера предш. задач	Длительность	Требуемые компетенции (уровень)
1	2	3	4
Разработать модуль обработки log-файлов статистики работы	–	6	Python (уровень компетенции 1)
Разработать модуль авторизации в системе анализа с усиленной защитой	–	8	PHP (уровень компетенции 3)
Разработать модуль для проверки подозрительной авторизации	2	3	Python (уровень компетенции 1)
Реализовать модуль для работы с базой данных для хранения данных аналитики	–	7	Python (уровень компетенции 3)
Разработать веб-форму для работы регистрации в системе	–	4	JavaScript (уровень компетенции 3)
Разработать модуль конфигурации сервиса	–	3	Python (уровень компетенции 2)

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Разработать модуль для REST-API получения данных аналитики	–	8	PHP (уровень компетенции 1)
Разработать модуль анализа ошибок работы сервиса	4	6	Python (уровень компетенции 3)
Разработать форму личного кабинета	–	5	JavaScript (уровень компетенции 2)
Разработать подсистему анализа статистики активности пользователей	1, 7	5	Python (уровень компетенции 3)
Разработать веб-интерфейс для управления панелью анализа статистики	10	8	JavaScript (уровень компетенции 3)
Разработать набор скриптов для развертывания сервиса	–	3	Python (уровень компетенции 3)

Таблица 2

Текущие уровни компетенций исполнителей задач проекта

Сотрудники	Компетенции		
	Знание языка PHP (компетенция 1)	Знание языка JavaScript (компетенция 2)	Знание языка Python (компетенция 3)
Сотрудник 1	2	0	2
Сотрудник 2	3	1	0
Сотрудник 3	0	3	3
Сотрудник 4	0	1	0

Для определения расписания проекта используем алгоритм, решающий задачу планирования проекта с ограниченными ресурсами для нескольких навыков (Multi-Skill Resource Constrained Project Scheduling Problem, MS-RCPSP) [25–28].

Это NP-полная задача построения расписания: для заданного множества сотрудников (рассматриваемых как ресурсы), каждый из которых обладает определенным набором навыков (или компетенций) на определенных уровнях, и для набора задач, для которых определены продолжительности, требования к навыкам исполнителей и зависимости от других задач, требуется определить последовательность выполнения задач конкретными исполнителями, при этом минимизировав общее время выполнения всех задач.

Для получения решения задачи MS-RCPSP использовалось программное обеспечение, реализующее генетический алгоритм [27, 28] с учетом следующих особенностей:

- над каждой задачей может работать только один исполнитель;
- работа над задачей не может быть начата, пока не будут выполнены все предшествующие задачи;
- исполнитель может выполнять только одну задачу одновременно;
- исполнитель должен обладать необходимыми навыками (не ниже необходимого уровня), чтобы выполнить задачу;
- в рамках алгоритма особи – это варианты расписаний, а гены – это распределение исполнителей задач.

В результате было получено решение с длительностью **38 дней** (рис. 4). Данное решение не удовлетворяет ограничению в **35 дней**, поэтому определим, как можно изменить КП для выполнения этого условия.

Сотрудники / длительность проекта в днях	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
Сотрудник 1	Задача 7 (8 дн.)								Задача 6 (3 дн.)																														
Сотрудник 2	Задача 2 (8 дн.)																																						
Сотрудник 3	Задача 5 (4 дн.)		Задача 12 (3 дн.)			Задача 4 (7 дн.)							Задача 8 (6 дн.)						Задача 9 (5 дн.)					Задача 10 (5 дн.)			Задача 11 (8 дн.)												
Сотрудник 4	Задача 1 (6 дн.)							Задача 3 (3 дн.)																															

Рис. 4. Расписание проекта с текущим состоянием КП

В соответствии с рис. 4 в установленный срок не получается успеть выполнить задачу 11 (по расписанию остальные задачи будут выполнены на 30-й день работы над проектом), поэтому менеджер проекта может предложить в качестве альтернативы исключить эту задачу из плана. Такой вариант может оказаться неприемлемым для заказчика (инициатора) проекта, поскольку данное изменение плана может войти в противоречие с целями проекта. Тем не менее рассмотрим такой вариант, в котором задача 11 исключается из задач проекта, при этом снижается ценность проекта (табл. 3).

Таблица 3

Варианты конфигурации проекта с разной ценностью и набором задач

Вариант конфигурации проекта	Ценность варианта ( $U_i$ )	Набор задач
$p_1$	100	1–12
$p_2$	85	1–10, 12

Для того чтобы обеспечить выполнение варианта 1 с большей ценностью, целесообразно рассмотреть возможность улучшения компетентностного потенциала. Определим множество мероприятий  $E$  для получения компетенций сотрудниками. В табл. 4 определены пары значений – нормированная оценка предпочтения (где 0 – не интересно, 1 – средняя заинтересованность, 2 – высокая заинтересованность) и издержки на получение необходимого уровня компетенции.

Таблица 4

Фрагмент множества мероприятий  $E$  для получения новых компетенций с учетом издержек и предпочтений сотрудников

Сотрудники	Мероприятия								
	Изучение языка PHP (компетенция 1)			Изучение языка JavaScript (компетенция 2)			Изучение языка Python (компетенция 3)		
	Ур. 1	Ур. 2	Ур. 3	Ур. 1	Ур. 2	Ур. 3	Ур. 1	Ур. 2	Ур. 3
Сотрудник 1	–	–	{3,10}	{0,4}	{0,6}	{0,10}	–	–	{2,15}
Сотрудник 2	–	–	–	–	{2,6}	{1,10}	{2,4}	{2,8}	–
Сотрудник 3	{3,4}	{2,6}	{2,10}	–	–	–	–	–	–
Сотрудник 4	{2,4}	{2,6}	{2,10}	{2,4}	{2,6}	{2,10}	–	{2,8}	{2,15}

Для решения данной задачи использовался разработанный авторами программный комплекс, реализующий предложенный генетический алгоритм для поиска подходящего управляющего воздействия на компетентностный потенциал. В результате выполнения генетического алгоритма было получено множество решений, часть из которых представлена в табл. 5.

На рис. 5–7 представлены расписания проекта, которые получилось построить в результате изменения компетентностного потенциала в соответствии с указанными в табл. 5 вариантами.

Таблица 5

Пример определения множеств мероприятий для достижения целевого состояния КП, позволяющего выполнить проект в установленный срок

Воздействие на комп. потенциал $E'$	Общие предпочтения ( $n$ )	Общие издержки ( $l$ )	Длительность выполнения проекта
Сотрудник 1: комп. 3 (ур. 3)	2	15	22
Сотрудник 2: комп. 2 (ур. 2)	1	6	33
Сотрудник 4: комп. 2 (ур. 2)	2	6	33

Сотрудники / длительность проекта в днях	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
Сотрудник 1	Задача 4 (7 дн.)						Задача 8 (6 дн.)						Задача 6 (3 дн.)			Задача 3 (3 дн.)			Задача 12 (3 дн.)						
Сотрудник 2	Задача 7 (8 дн.)							Задача 2 (8 дн.)																	
Сотрудник 3	Задача 9 (5 дн.)				Задача 5 (4 дн.)				Задача 10 (5 дн.)				Задача 11 (8 дн.)												
Сотрудник 4	Задача 1 (6 дн.)																								

Рис. 5. Расписание проекта для варианта 1

Сотрудники / длительность проекта в днях	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		
Сотрудник 1	Задача 1 (6 дн.)					Задача 7 (8 дн.)																													
Сотрудник 2	Задача 2 (8 дн.)							Задача 3 (3 дн.)			Задача 6 (3 дн.)																								
Сотрудник 3	Задача 5 (4 дн.)				Задача 4 (7 дн.)				Задача 8 (6 дн.)				Задача 10 (5 дн.)				Задача 12 (3 дн.)			Задача 11 (8 дн.)															
Сотрудник 4	Задача 9 (5 дн.)																																		

Рис. 6. Расписание проекта для варианта 2

Сотрудники / длительность проекта в днях	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		
Сотрудник 1	Задача 6 (3 дн.)			Задача 7 (8 дн.)								Задача 3 (3 дн.)																							
Сотрудник 2	Задача 2 (8 дн.)							Задача 9 (5 дн.)																											
Сотрудник 3	Задача 12 (3 дн.)			Задача 4 (7 дн.)				Задача 8 (6 дн.)				Задача 5 (4 дн.)			Задача 10 (5 дн.)				Задача 11 (8 дн.)																
Сотрудник 4	Задача 1 (6 дн.)																																		

Рис. 7. Расписание проекта для варианта 3

С точки зрения изначального условия, все три варианта изменений КП позволяют выполнить проект быстрее, чем за 35 дней. Однако параметры вариантов отличаются так, что среди них нельзя однозначно выбрать наиболее предпочтительный, для окончательного выбора ЛПР рекомендуется использовать какой-либо из многокритериальных методов принятия решений:

– вариант 1 лучше, чем варианты 2 и 3 с точки зрения длительности, и может быть более предпочтительным, если ЛПР считает необходимым иметь больший запас времени на выполнение проекта в случае дополнительных рисков;

– варианты 2 и 3 лучше варианта 1, поскольку требуют меньшие издержки;

– вариант 3 лучше варианта 2, поскольку учитывает предпочтения сотрудника.

В соответствии с выбранным вариантом 3 целевое состояние компетентностного потенциала представлено в табл. 6.

Таблица 6

## Целевое состояние уровней компетенций сотрудников

Сотрудники	Компетенции		
	Знание языка PHP (компетенция 1)	Знание языка JavaScript (компетенция 2)	Знание языка Python (компетенция 3)
Сотрудник 1	2	0	2
Сотрудник 2	3	1	0
Сотрудник 3	0	3	3
Сотрудник 4	0	2	0

Для небольших проектов подобные задачи обычно решаются на основе опыта и интуиции ЛПР. Например, при решении вышеописанной задачи ЛПР могло бы вручную подобрать вариант воздействия на компетентностный потенциал или предпочел бы менее ценный вариант конфигурации проекта  $p_2$ . Однако при управлении крупными проектами с большим количеством задач и исполнителей это было бы гораздо сложнее сделать без использования специальных методов и подходов. В ряде случаев ЛПР может выбирать между несколькими возможными проектами, отдавая предпочтение тому, который будет можно реализовать текущими силами, либо наоборот – проекту, который принесет более высокую ценность, но для выполнения которого потребуется значительное изменение КП с соответствующими издержками.

**Заключение**

Управление компетентностным потенциалом важно для эффективного функционирования проектно-ориентированных организационных систем. Формализация данной задачи в рамках проектного подхода показала, что для ее решения необходимо оперировать большим количеством разнородной информации.

Предложенный авторами общий метод управления КП позволяет определить направление развития сотрудников с учетом потребностей проектной деятельности организации и при этом учесть основные виды связанных с этим издержек. В свою очередь такое развитие позволит реализовывать

проекты с более высокой ценностью и повысит конкурентоспособность организации. Для определения целевого состояния КП предложен авторский метод, использующий генетический алгоритм.

Представленный общий метод управления КП целесообразно применять в ситуациях, когда есть возможность заранее подготовиться к выполнению проекта, т.е. имеется временное окно, в течение которого можно повысить квалификацию сотрудников за счет обучения, практики или нанять дополнительных сотрудников с необходимыми компетенциями.

Применение предложенного метода определения целевого состояния КП продемонстрировано на примере анализа ИТ-проекта, для которого рассмотрены альтернативные конфигурации с разной ценностью и определение управляющего воздействия на КП.

Отметим, что предложенный общий метод управления КП не представляет в текущем виде формализацию всех требуемых данных (изменение команд исполнителей проекта, изменение длительности выполнения проекта, учет штрафов или рисков проектов и др.) и не позволяет учитывать стратегические планы развития организации [29, 30].

В дальнейшем в рамках развития предложенного метода планируется использовать методики идентификации компетенций у сотрудников организации, что позволит снизить трудоемкость применения метода управления КП. Дополнительно планируется разработать информационную технологию, которая позволит автоматизировать получение всей необходимой информации из существующих информационных систем организации, что существенно повысит удобство использования разработанного программного комплекса. В результате это должно позволить выполнить апробацию на реальном портфеле проектов.

#### *Список литературы*

1. Новиков Д. А. Управление проектами: организационные механизмы. М. : ПМСОФТ, 2007. Т. 140. С. 15.
2. Новиков Д. А., Нижегородцев Р. М., Гонгарева И. В. Управление проектами. М. : URSS, 2018.
3. Матвеев А. А., Новиков Д. А., Цветков А. В. Модели и методы управления портфелями проектов. 2005.
4. Евсеева М. В. Управление портфелем проектов и программ: современные требования // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Экономика. Управление. Право. 2019. Т. 19, № 2. С. 165–171.
5. Добрякова К. В., Ляхович Д. Г. Планирование реализации проектов в проектно-ориентированной организации: система и алгоритм внедрения // Вопросы инновационной экономики. 2020. Т. 10, № 3. С. 1179–1192.
6. Савина А. Г., Малявкина Л. И., Савин Д. А. Теоретико-методологические основы ИТ-обеспечения корпоративной системы управления проектами в проектно-ориентированных организациях // Вестник Орловского государственного университета экономики и торговли. 2020. № 3. С. 26–32. doi:10.36683/2076-5347-2020-3-53-26-32
7. Порядина В. Л., Пшеничникова И. В. Специфика управления человеческими ресурсами в проектно-ориентированных организациях // Управление строительством. 2018. № 4. С. 134–139.
8. Wsocki R. Effective project management: Traditional, agile, extreme. 7th ed. Wiley, 2014.

9. Agile, Waterfall или «гибрид»: какая модель управления проектами самая популярная в мире. URL: <https://probusiness.io/management/3621-agile-waterfall-ili-gibrid-kakaya-model-upravleniya-proektami-samaya-populyarnaya-v-mire.html> (дата обращения: 23.06.2022).
10. Кречетников К. Г. Использование модели компетенций в управлении персоналом // Наука и современность. 2015. № 35.
11. Кречетников К. Г. Смысл и содержание понятия «кадровый потенциал» // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд. 2014. № 27.
12. Кречетников К. Г., Смолякова Ю. А. Управление кадровым потенциалом в интересах развития организации // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. 2013. № 8.
13. Терновский О. А., Шумская Е. Н. Управление человеческими ресурсами как современная концепция управления персоналом на предприятии // Вестник Российского нового университета. Серия: Человек и общество. 2020. № 2. С. 39–44.
14. Сидоренко В. В. Модель компетенций как инструмент повышения эффективности управления персоналом // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2013. № 1 (1).
15. Флек М. Б., Угнич Е. А. Управление трудовыми ресурсами и управление персоналом предприятия: взаимосвязь и отличия // Современные технологии управления. 2020. № 2 (92). С. 19.
16. Лытнева Н. А., Кыштымова Е. А., Парушина Н. В. Современные концепции управления трудовыми ресурсами предприятий // Вестник Орловского государственного университета экономики и торговли. 2015. № 4. С. 49–55.
17. Ананьин В. И., Зимин К. В., Лугачев М. И., Гимранов Р. Д. Статистическая устойчивость цифровой организации // Бизнес-информатика. 2021. Т. 15, № 1. С. 47–58.
18. Cedzich M., Jochem R. Proactive Competence Management for Employees: A Bottom-Up Process Model for Developing Target Competence Profiles Based on the Employees' Tasks // Human Interaction, Emerging Technologies and Future Systems / ed. by T. Ahran, R. Taiar. 2022. Vol. 319. doi:10.1007/978-3-030-85540-6\_144
19. Wikarek J., Sitek P. Proactive and reactive approach to employee competence configuration problem in planning and scheduling processes // Applied Intelligence. 2021. doi:10.1007/s10489-021-02594-x
20. Кибанов А. Я., Митрофанова Е. А., Коновалова В. Г., Чуланова О. Л. Концепция компетентностного подхода в управлении персоналом. 2016.
21. Слободской А. Л. Модели компетенций в системе управления персоналом организаций // Актуальные проблемы социологии и управления. 2018. С. 36–40.
22. Афанасьева Л. А., Коптева К. В. Разработка инвариантной модели компетенций как элемент кадровой политики компании // Auditorium. 2015. № 1 (5). URL: <https://api.semanticscholar.org/v1/paper/CorpusID:107593516> (дата обращения: 23.06.2022).
23. Лазарев А. А., Гафаров Е. Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы. М. : Изд-во МГУ, 2011.
24. Gen M., Cheng R., Lin L. Network models and optimization: Multiobjective genetic algorithm approach. Springer Science & Business Media, 2008.
25. Zitzler E., Laumanns M., Thiele L. SPEA2: Improving the strength Pareto evolutionary algorithm // TIK-report. 2001. Vol. 103.
26. Mendes J. J., Gonçalves J. F., Resende M. G. A random key based genetic algorithm for the resource constrained project scheduling problem // Computers & operations research. 2009. Vol. 36. P. 92–109. doi:10.1016/j.cor.2007.07.001
27. Myszkowski P. B., Skowronski M. Specialized genetic operators for multi skill resource-constrained project scheduling problem // 19th international conference on soft computing mendel. 2013. P. 57–62.

28. Myszkowski P. B., Skowroński M. E., Olech Ł. P. [et al.]. Hybrid ant colony optimization in solving multi-skill resource-constrained project scheduling problem // *Soft Computing*. 2015. Vol. 19. P. 3599–3619. doi:10.1007/s00500-014-1455-x
29. Трейтьякова Е. В. Модель оценки трудовых ресурсов в системе стратегического управления предприятием // *Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого*. 2013. № 3. С. 110–116.
30. Караев Р. А. О. Когнитивный анализ и выбор стратегических целей предприятия // *Бизнес-информатика*. 2019. Т. 13, № 4.

### References

1. Novikov D.A. *Upravlenie proektami: organizatsionnye mekhanizmy = Project management: organizational mechanisms*. Moscow: PMSOFT, 2007;140:15. (In Russ.)
2. Novikov D.A., Nizhegorodtsev R.M., Gontareva I.V. *Upravlenie proektami = Project management*. Moscow: URSS, 2018. (In Russ.)
3. Matveev A.A., Novikov D.A., Tsvetkov A.V. *Modeli i metody upravleniya portfelyami proektov = Models and methods of project portfolio management*. 2005. (In Russ.)
4. Evseeva M.V. Project and program portfolio management: modern requirements. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Ekonomika. Upravlenie. Pravo = News of Saratov University. A new series. Economics series. Management. Right*. 2019;19(2):165–171. (In Russ.)
5. Dobryakova K.V., Lyakhovich D.G. Project implementation planning in a project-oriented organization: system and implementation algorithm. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki = Issues of innovative economy*. 2020;10(3):1179–1192. (In Russ.)
6. Savina A.G., Malyavkina L.I., Savin D.A. Theoretical and methodological foundations of IT support for a corporate project management system in project-oriented organizations. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i trgovli = Bulletin of the Orel State University of Economics and Trade*. 2020;(3):26–32. (In Russ.). doi:10.36683/2076-5347-2020-3-53-26-32
7. Poryadina V.L., Pshenichnikova I.V. Specifics of human resource management in project-oriented organizations. *Upravlenie stroitel'stvom = Construction management*. 2018;(4):134–139. (In Russ.)
8. Wysocki R. *Effective project management: Traditional, agile, extreme. 7th ed.* Wiley, 2014.
9. *Agile, Waterfall ili «gibrid»: kakaya model' upravleniya proektami samaya populyarnaya v mire = Agile, Waterfall or "hybrid": which project management model is the most popular in the world.* (In Russ.). Available at: <https://probusiness.io/management/3621-agile-waterfall-ili-gibrid-kakaya-model-upravleniya-proektami-samaya-populyarnaya-v-mire.html> (accessed 23.06.2022).
10. Krechetnikov K.G. Using the competence model in personnel management. *Nauka i sovremennost' = Science and modernity*. 2015;(35). (In Russ.)
11. Krechetnikov K.G. The meaning and content of the concept of "personnel potential". *Sovremennye tendentsii v ekonomike i upravlenii: novyy vzglyad = Modern trends in economics and management: a new look*. 2014;(27). (In Russ.)
12. Krechetnikov K.G., Smolyakova Yu.A. Human resources management in the interests of the development of the organization. *Ekonomika i upravlenie: analiz tendentsiy i perspektiv razvitiya = Economics and management: analysis of trends and development prospects*. 2013;(8). (In Russ.)
13. Ternovskiy O.A., Shumskaya E.N. Human resource management as a modern concept of personnel management at an enterprise. *Vestnik Rossiyskogo novogo universiteta. Seriya: Chelovek i obshchestvo = Bulletin of the Russian New University. Series: Man and Society*. 2020;(2):39–44. (In Russ.)

14. Sidorenko V.V. Model of competencies as a tool for improving the efficiency of personnel management. *Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya = Innovative economics: prospects for development and improvement*. 2013;(1). (In Russ.)
15. Flek M.B., Ugnich E.A. Human resource management and personnel management of the enterprise: interrelation and differences. *Sovremennye tekhnologii upravleniya = Modern management technologies*. 2020;(2):19. (In Russ.)
16. Lytneva N.A., Kyshtymova E.A., Parushina N.V. Modern concepts of management of labor resources of enterprises. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i trgovli = Bulletin of the Orel State University of Economics and Trade*. 2015;(4):49–55. (In Russ.)
17. Anan'in V.I., Zimin K.V., Lugachev M.I., Gimranov R.D. Statistical stability of a digital organization. *Biznes-informatika = Business Informatics*. 2021;15(1):47–58. (In Russ.)
18. Cedzich M., Jochem R. Proactive Competence Management for Employees: A Bottom-Up Process Model for Developing Target Competence Profiles Based on the Employees' Tasks. *Human Interaction, Emerging Technologies and Future Systems* / ed. by T. Ahram, R. Taiar. 2022;319. doi:10.1007/978-3-030-85540-6\_144
19. Wikarek J., Sitek P. Proactive and reactive approach to employee competence configuration problem in planning and scheduling processes. *Applied Intelligence*. 2021. doi:10.1007/s10489-021-02594-x
20. Kibanov A.Ya., Mitrofanova E.A., Konovalova V.G., Chulanova O.L. *Kontsepsiya kompetentnostnogo podkhoda v upravlenii personalom = The concept of competence approach in personnel management*. 2016. (In Russ.)
21. Slobodskoy A.L. Models of competencies in the personnel management system of organizations. *Aktual'nye problemy sotsiologii i upravleniya = Actual problems of sociology and management*. 2018:36–40. (In Russ.)
22. Afanas'eva L.A., Kopteva, K.V. Development of an invariant model of competencies as an element of the company's personnel policy. *Auditorium*. 2015;(1). (In Russ.). Available at: <https://api.semanticscholar.org/v1/paper/CorpusID:107593516> (accessed 23.06.2022).
23. Lazarev A.A., Gafarov E.R. *Teoriya raspisaniy. Zadachi i algoritmy = Theory of schedules. Tasks and algorithms*. Moscow: Izd-vo MGU, 2011. (In Russ.)
24. Gen M., Cheng R., Lin L. *Network models and optimization: Multiobjective genetic algorithm approach*. Springer Science & Business Media, 2008.
25. Zitzler E., Laumanns M., Thiele L. SPEA2: Improving the strength Pareto evolutionary algorithm. *TIK-report*. 2001;103.
26. Mendes J.J., Gonçalves J.F., Resende M.G. A random key based genetic algorithm for the resource constrained project scheduling problem. *Computers & operations research*. 2009;36:92–109. doi:10.1016/j.cor.2007.07.001
27. Myszkowski P.B., Skowronski M. Specialized genetic operators for multi skill resource-constrained project scheduling problem. *19th international conference on soft computing mendel*. 2013:57–62.
28. Myszkowski P.B., Skowroński M.E., Olech Ł.P. et al. Hybrid ant colony optimization in solving multi-skill resource-constrained project scheduling problem. *Soft Computing*. 2015;19:3599–3619. doi:10.1007/s00500-014-1455-x
29. Treyt'yakova E.V. Model of labor resources assessment in the system of strategic enterprise management. *Vestnik Gomel'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. P.O. Sukhogo = Bulletin of the Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi*. 2013;(3):110–116.
30. Karaev R.A.O. Cognitive analysis and the choice of strategic goals of the enterprise. *Biznes-informatika = Business Informatics*. 2019;13(4). (In Russ.)

***Информация об авторах / Information about the authors***

**Виктор Васильевич Калевко**

ассистент преподавателя  
кафедры информатики  
и программного обеспечения,  
Брянский государственный  
технический университет  
(Россия, г. Брянск, б-р 50 лет Октября, 7)  
E-mail: kalevko\_victor@inbox.ru

**Viktor V. Kalevko**

Teaching assistant of the sub-department  
of computer science and software,  
Bryansk State Technical University  
(7 50 years of October boulevard,  
Bryansk, Russia)

**Дмитрий Григорьевич Лагерев**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры информатики  
и программного обеспечения,  
Брянский государственный  
технический университет  
(Россия, г. Брянск, б-р 50 лет Октября, 7)  
E-mail: LagerevDG@yandex.ru

**Dmitriy G. Lagerev**

Candidate of technical sciences,  
associate professor,  
associate professor of the sub-department  
of computer science and software,  
Bryansk State Technical University  
(7 50 years of October boulevard,  
Bryansk, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /  
The authors declare no conflicts of interests.**

**Поступила в редакцию/Received 14.09.2022**

**Поступила после рецензирования/Revised 06.12.2022**

**Принята к публикации/Accepted 12.12.2022**