

МЕТОД ИЕРАРХИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОРТФЕЛЕМ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ ПАРЕТО-ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ

© 2025 С.М. Бекетов, А.М. Гинцяк

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Статья поступила в редакцию 25.03.2025

Статья посвящена разработке метода иерархического управления портфелем проектов на основе алгоритмов Парето-оптимального распределения трудовых ресурсов. Управление портфелем проектов представляет собой многокритериальную задачу, в которой необходимо учитывать требования верхнего и нижнего уровней управления, ресурсные ограничения, а также дальнейшие динамические изменения при реализации проектов. В статье проводится анализ существующих методов и моделей формирования портфеля проектов и распределения трудовых ресурсов, и описывается метод, который включает в себя три ключевых компонента: Парето-оптимизацию состава проектных команд и оценку сходимости данной оптимизации, статическое формирование портфеля проектов на базе Парето-оптимальных сценариев реализации отдельных проектов, а также динамическое перераспределение трудовых ресурсов между проектами. Использование стохастических алгоритмов оптимизации позволяет учитывать вариабельность при формировании сценариев реализации портфеля проектов. Предложенный метод включает в себя построение сетевого графика проекта, расчет сроков, трудозатрат и вариабельности, Парето-оптимизацию на разных уровнях управления, а также дальнейшее динамическое перераспределение трудовых ресурсов между проектами. Метод иерархического управления портфелем проектов позволяет повысить оптимальность принимаемых решений за счет учета вероятностных факторов и множественности целевых функций. Разработанный подход ориентирован на использование в условиях неопределенности и динамичных изменений, что делает его применимым в современных сложных организационных системах.

Ключевые слова: метод управления, управление портфелем проектов, Парето-оптимизация, оптимальное распределение ресурсов, учет неопределенности, методы и модели управления портфелем проектов.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-3-179-188

EDN: RXENUP

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание № 075-03-2024-004 от 17.01.2024)

ВВЕДЕНИЕ

Управление портфелем проектов является важной задачей для организации, стремящейся обеспечить оптимальное использование ресурсов и максимизировать достижение стратегических целей [1]. Портфель проектов — набор проектов (не обязательно технологически зависимых), реализуемым организацией в условиях ресурсных ограничений и обеспечивающим достижение стратегических целей [2]. Система управления портфелем проектов включает комплекс взаимосвязанных процессов, направленных на эффективное планирование, реализацию и контроль проектов [3]. Первоначально осуществляется исследование потенциальных проектов, которые могут быть включены в портфель, с последующим отбором наиболее приоритетных для реализации. После выбора проектов производится их инициирование и авторизация, что создает официальные основания для их выполнения [4, 5].

На этапе планирования и организации работ разрабатываются детальные схемы выполнения, при необходимости формируется техническое задание, определяющее основные параметры проекта. Важным шагом является формирование бюджета, обеспечивающего финансовую устойчивость и рентабельность портфеля [6, 7]. Обеспечение эффективного управления портфелем проектов требует решения ряда задач. В первую очередь осуществляется определение эффективности проектов, что позволяет оценить их актуальность, экономическую целесообразность и соответствие стратегическим приоритетам организации [8]. Также важной задачей является формирование портфеля проектов, включающего наиболее перспективные инициативы с учетом ресурсных возможностей и стратегической значимости [9].

Бекетов Сальбек Мустафаевич, аспирант Высшей школы проектной деятельности и инноваций в промышленности. E-mail: salbek.beketov@spbpri.com

Гинцяк Алексей Михайлович, кандидат технических наук, доцент Высшей школы проектной деятельности и инноваций в промышленности. E-mail: aleksei.gintciak@spbpri.com

Следующим этапом является планирование процесса реализации проектов портфеля, включающее разработку детализированных планов, графиков выполнения и распределение обязанностей между участниками. Также задачей является рациональное распределение ресурсов между проектами, что позволяет минимизировать затраты и повысить эффективность выполнения работ. Оперативное управление портфелем проектов обеспечивает контроль за их реализацией, анализ отклонений от плановых показателей и своевременную корректировку стратегии в зависимости от изменения внешних условий и внутренних факторов [5, 10].

Таким образом, портфель проектов можно рассматривать как сложную организационную систему, в которой различные проекты могут иметь взаимные зависимости и конкурировать за ограниченные ресурсы [11]. Основной проблемой является необходимость сбалансировать потребности в ресурсах для множества проектов при ограниченных возможностях, что требует применения усовершенствованной методической и инструментальной базы [5, 12-14].

На сегодняшний день существуют множество методов и моделей управления портфелем проектов. В основном они делятся по трем глобальным задачам: формирование портфеля проектов, планирование и реализация проектов и распределения ресурсов [15]. На практике часто используются математические модели для принятия решений. Например, множество методов формирования портфеля проектов включают различные подходы, направленные на оптимальный отбор проектов с учетом ресурсных ограничений и стратегических приоритетов организации [16]. Одним из наиболее простых методов является полный перебор, который обеспечивает точное решение, однако применяется преимущественно при небольшом количестве проектов (до 15), поскольку его вычислительная сложность возрастает экспоненциально [17]. Ключевые задачи оптимизации включают в себя задачу о ранце, распределение ресурсов в сетях и оптимизацию сроков выполнения проектов. Задача о ранце представляет собой фундаментальную комбинаторную задачу, в которой необходимо отобрать наиболее ценные проекты из общего множества, строго учитывая ограниченные ресурсы, чтобы максимизировать их совокупную эффективность. Данный метод позволяет сформировать портфель проектов с наибольшей стратегической и экономической отдачей в рамках заданных ресурсных ограничений [18]. В ряде случаев используются эволюционные алгоритмы, которые, опираясь на специфические особенности задач, обеспечивают гибкость и адаптивность при поиске оптимального набора проектов [19]. Для комплексной оценки проектов применяются многокритериальные методы взвешенного выбора, которые учитывают различные параметры эффективности, риска и стратегической значимости [20].

Использование имитационного моделирования позволяет проводить сценарный анализ и прогнозировать последствия включения того или иного проекта в портфель, что способствует принятию обоснованных управленческих решений [21]. Несмотря на широкие возможности имитационного моделирования в управлении портфелем проектов, его применение сопряжено с рядом ограничений. Одним из существенных недостатков является высокая вычислительная сложность, особенно при анализе сложных систем с большим количеством переменных и сценариев, что требует значительных вычислительных ресурсов. Имитационное моделирование не гарантирует нахождение оптимального решения, поскольку его основная цель заключается в анализе возможных сценариев и оценке их последствий, а не в поиске оптимума [22].

Однако, несмотря на наличие различных методов распределения ресурсов и оперативного управления, существующие алгоритмы часто оказываются недостаточно эффективными для решения задач, связанных с управлением портфелем проектов как сложной организационной системой. Одним из основных ограничений является то, что многие из них сводят практическую задачу к задаче однокритериальной оптимизации, что не позволяет учесть всю многогранность и сложность взаимосвязей между проектами. Более того, они часто ориентированы на локальную оптимизацию распределения ресурсов в рамках отдельных проектов, что не учитывает их взаимодействие в контексте всего портфеля. Кроме того, такие методы и модели, как правило, не учитывают вероятностные факторы, что значительно ограничивает их применимость в условиях неопределённости и динамичных внешних условий.

Таким образом, целью данной работы является разработка метода иерархического управления портфелем проектов на основе Парето-оптимального распределения трудовых ресурсов. В рамках задач исследования необходимо провести анализ существующих моделей и методов управления портфелем проектов, выявить текущий уровень, ключевые тенденции и проблемы, а также разработать метод иерархического управления на основе проведенного анализа и Парето-оптимального распределения трудовых ресурсов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках данного исследования используются два метода: иерархическая оптимизация и Парето-оптимизация, которые в совокупности обеспечивают комплексный подход к управлению портфелем проектов и оптимальному распределению трудовых ресурсов.

Иерархическая оптимизация — это многозадачный метод, основанный на последовательном решении подзадач, организованных в виде структурированных уровней [23]. Подход позволяет сначала определить ключевые стратегические цели и ограничения на одном уровне, затем перейти на другой уровень для оптимизации состава портфеля проектов, а после этого снова спуститься к детальному распределению ресурсов внутри каждого проекта. Такой поэтапный процесс обеспечивает согласованность решений и эффективное использование ресурсов на всех уровнях управления. В контексте управления портфелем проектов это означает возможность последовательного уточнения параметров, что особенно важно в условиях меняющейся внешней среды.

Парето-оптимизация — это метод многокритериальной оптимизации, направленный на поиск решений, при которых невозможно улучшить один из показателей без ухудшения другого. В данном исследовании подход применяется для эффективного распределения трудовых ресурсов, позволяя сбалансировать ключевые параметры управления проектами, такие как сроки выполнения, объем задействованных ресурсов и общие трудозатраты при реализации портфеля. Метод Парето-оптимизации позволяет сформировать фронт Парето, который представляет собой множество решений, не доминируемых друг над другом и обеспечивающих различные возможные компромиссы между оптимизируемыми критериями. Использование данного подхода позволяет принимать обоснованные управленческие решения, учитывающие как набор оптимальных решений, так и ограниченность доступных ресурсов [24].

Также используется метод Монте-Карло, который представляет собой группу стохастических методов, используемых для моделирования неопределённости и анализа рисков при управлении портфелем проектов [25]. В данном исследовании этот метод применяется для учёта вариативности ключевых параметров, таких как сроки и трудозатраты. Использование метода Монте-Карло позволяет многократно моделировать различные сценарии развития событий, что даёт возможность оценить диапазон возможных результатов в условиях неопределённости. Такой подход дополняет иерархическую и Парето-оптимизацию, обеспечивая более реалистичное моделирование динамических факторов, влияющих на эффективность портфеля проектов.

Комбинированное применение данных методов в управлении портфелем проектов позволяет учитывать сложность организационной системы. Иерархический принцип организации процесса принятия решений дает возможность выстраивать логичную структуру оптимизации, а методы Парето-оптимизации позволяют учитывать многокритериальную природу проектного управления, обеспечивая достижение наиболее обоснованных решений. Таким образом, предложенный методологический подход способствует повышению эффективности управления портфелем проектов, позволяя минимизировать риски, связанные с ресурсными ограничениями, и обеспечивать множественность оптимальных решений при управлении.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработанный метод иерархического управления портфелем проектов включает следующие компоненты:

1. Модель Парето-оптимизации состава проектных команд и алгоритм оценки стохастически сформированного фронта Парето;
2. Статическая модель и алгоритм оптимизации формирования портфеля проектов, учитывающая оптимальное распределение трудовых ресурсов на каждый проект;
3. Модель и алгоритм динамического перераспределения трудовых ресурсов в портфеле проектов.

Структура и взаимосвязь компонентов разработанного метода указаны на рис. 1.

Разработанный метод иерархического управления портфелем проектов включает в себя несколько ключевых аспектов, направленных на оптимизацию распределения ресурсов и повышение эффективности реализации проектов. Во-первых, предложена модель Парето-оптимизации состава проектных команд, которая позволяет определить наиболее эффективные комбинации трудовых ресурсов для достижения желаемого результата (минимизация сроков и стоимости проектов [26]) при ограниченных ресурсах с учетом стохастического подхода [27]. Алгоритм оценки стохастически сформированного фронта Парето позволяет оценить сходимость фронта Парето и определить, когда можно завершить процесс оптимизации без потери качества решений [28].

Во-вторых, разрабатывается статическая модель и алгоритм оптимизации формирования портфеля проектов на основе Парето-оптимальных составов команд на каждый проект [29]. Последовательность этапов при модели статического формирования портфеля проектов, учитывающая оптимальное распределение трудовых ресурсов на каждый проект представлена на рис. 2.

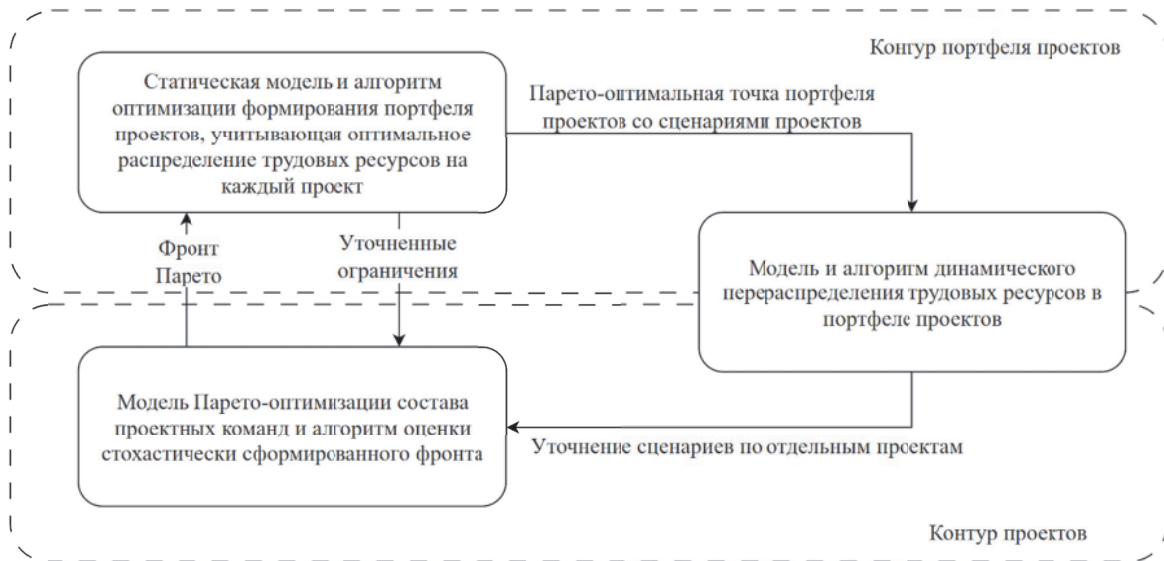


Рис. 1. Структура и взаимосвязь компонентов метода иерархического управления портфелем проектов

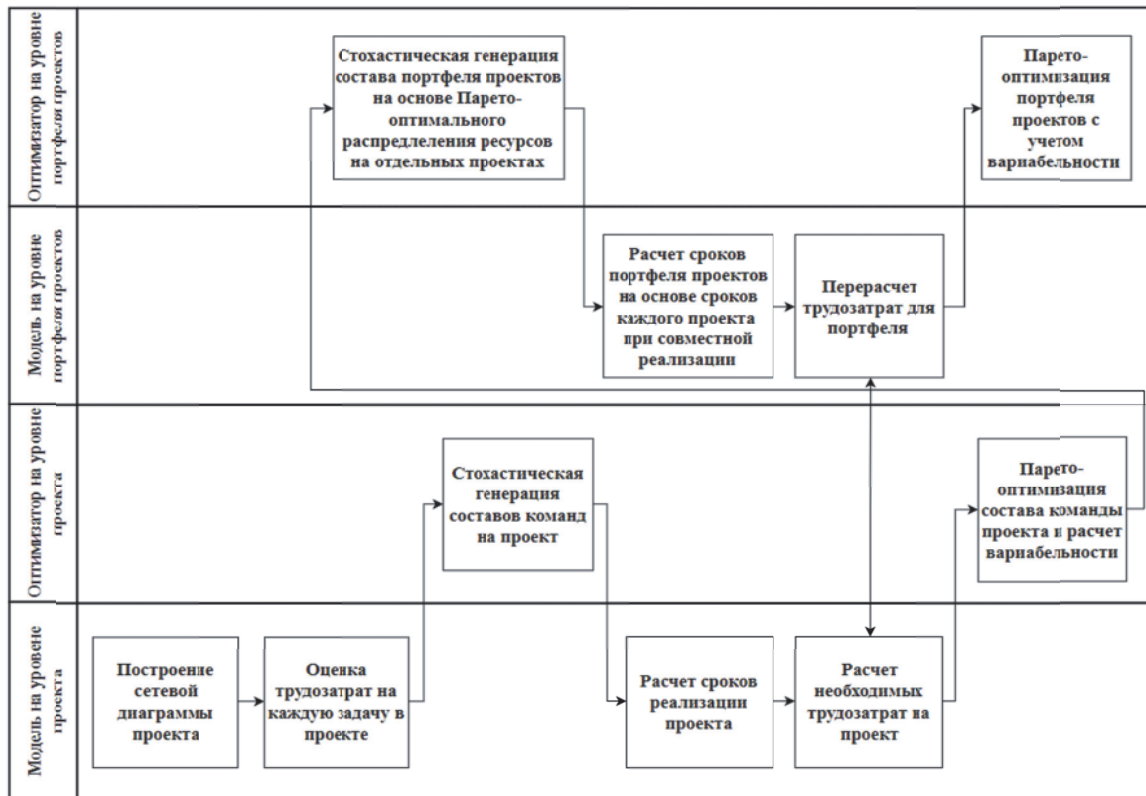


Рис. 2. Последовательность этапов при модели статического формирования портфеля проектов

В-третьих, в рамках разработанного метода предусмотрена модель и алгоритм динамического перераспределения трудовых ресурсов в портфеле проектов. Модель позволяет изменять распределение ресурсов внутри оптимально сформированного портфеля проекта для сглаживания загрузки. На основе точки из фронта Парето по портфелю проектов строится загрузка ресурсов каждого вида. Таким образом, метод иерархического управления портфелем проектов представлен в таблице 1.

Демонстрация представленного метода проводилась на базе портфеля, состоящего из четырех проектов в сфере разработки мобильных приложений. На первом и втором шагах была составлена сетевая диаграмма проекта, далее были определены номинальные трудозатраты на каждую задачу проекта на основе экспертной оценки. На третьем шаге были сгенерированы случайные возможные составы проектных команд для выполнения проекта (с учетом имеющихся сотрудников по каждому типу). Затем, на четвертом шаге, для каждой комбинации состава команды с применением методов

Таблица 1. Метод управления портфелем проектов

Шаги	Действия	Рекомендации, комментарии, пояснения
Шаг 1	Построение сетевого графика проекта	Необходимо определить ключевые задачи, их последовательность, а также взаимосвязи между ними. Детализация необходима до уровня, когда одну задачу выполняет один тип сотрудников.
Шаг 2	Оценка трудозатрат на каждую задачу в проекте	Необходимо оценить трудозатраты, необходимые для выполнения каждой задачи, а также вариабельность этой оценки. Возможно использование исторических данных или экспертных методов.
Шаг 3	Генерация состава команды с учетом ограничения максимального количества сотрудников каждого типа	Необходимо стохастически сгенерировать состав команды на проект, определив число сотрудников каждого типа на проект
Шаг 4	Расчет срока и трудозатрат проекта в зависимости от сгенерированного состава команды	Необходимо рассчитать срок и трудозатраты с учетом их вариабельности для каждой сгенерированной команды
Шаг 5	Парето-оптимизация на уровне проектов с учетом оценки сходимости	Необходимо оптимизировать распределение ресурсов на уровне отдельных проектов, находя набор Парето-оптимальных решений, удовлетворяющих заданным требованиям точности
Шаг 6	Расчет вариабельности срока и трудозатрат на каждый проект	Необходимо учитывать возможные изменения в ресурсах, задержки и неопределённость. Расчет осуществляется на основе группы методов Монте-Карло
Шаг 7	Генерация состава портфеля проектов из Парето-оптимальных сценариев каждого проекта	Необходимо стохастически сгенерировать состав портфеля проектов на основе выбора оптимальных сценариев по каждому проекту
Шаг 8	Расчет срока портфеля и перерасчет трудозатрат на основе сгенерированного состава портфеля проектов	Необходимо рассчитать срок портфеля проектов и перерасчитать трудозатраты на портфель в случае превышения требуемой численности сотрудников по отдельным типам
Шаг 9	Парето-оптимизация на уровне портфеля проектов с учетом оценки её сходимости	Необходимо оптимизировать распределение ресурсов при формировании портфеля проектов. Таким образом, лицу, принимающему решение, предоставляется набор Парето-оптимальных решений, удовлетворяющих заданным требованиям точности
Шаг 10	Расчет вариабельности срока и трудозатрат портфеля проектов	Необходимо проанализировать вероятные сценарии и риски для всего портфеля проектов, оценить возможные задержки и их влияние на конечные сроки и трудозатраты. Расчет осуществляется на основе группы методов Монте-Карло
Шаг 11	Расчет и визуализация загрузки каждого ресурса в портфеле проектов	Необходимо сформировать графики загрузки трудовых ресурсов, чтобы оценить сбалансированность распределения нагрузки и выявить узкие места
Шаг 12	Динамическое перераспределение трудовых ресурсов в портфеле проектов	Необходимо оценить возможность перераспределения трудовых ресурсов в портфеле между проектами для балансировки загрузки (при условии неизменного срока)

сетевого планирования рассчитывался срок выполнения проекта и определены трудовые затраты, необходимые для его реализации. На пятом шаге результирующие показатели расчёта календарно-сетевого графика для каждого сгенерированного состава проектной команды были нанесены на координатную плоскость с осями, соответствующими сроку реализации проекта и требуемым трудовозатратам. Далее по этим измерениям был сформирован фронт Парето, включающий в себя набор составов проектных команд, в которых невозможно улучшение одного из целевых показателей без ухудшения другого. На шестом шаге был произведен расчет вариабельности срока и трудовозатрат на данный проект.

На седьмом шаге были сформированы составы портфеля проектов из ранее прошедших по предыдущим шагам четырех проектов (формирование портфеля производилось на основе Парето-оптимальных сценариев каждого проекта). Фронт Парето для четырех проектов приведен на рисунке 3.

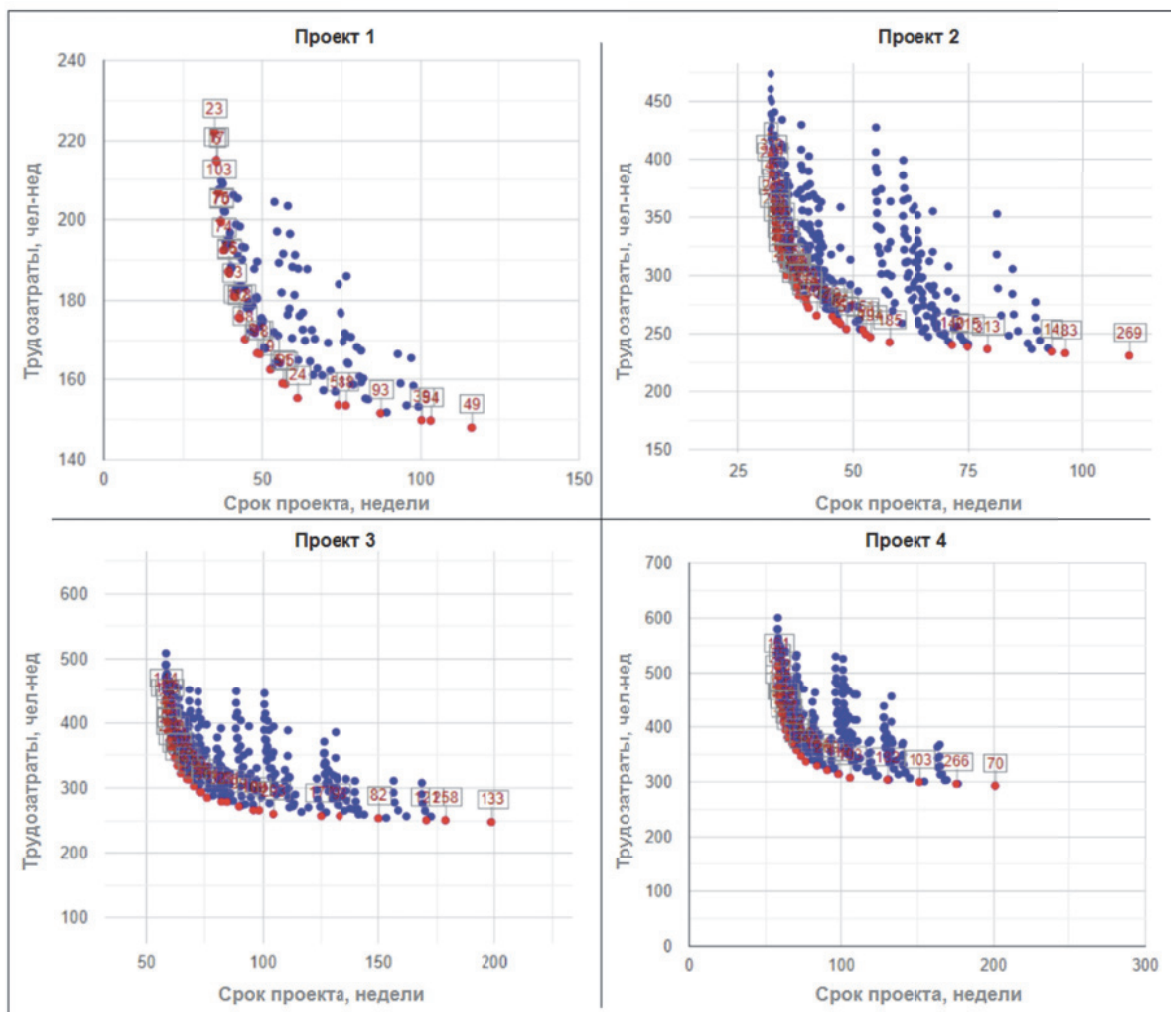


Рис. 3. Фронт Парето для четырех проектов

На восьмом шаге был рассчитан срок портфеля и перерасчет трудовозатрат (в случае превышения требуемой численности сотрудников по каждому типу) на основе сгенерированного состава портфеля проектов. На девятом шаге производилась оптимизация при формировании портфеля проектов (рис. 4). В итоге был сформирован фронт Парето для портфеля проектов (с учетом вариабельности портфеля согласно десятому шагу). Фронт Парето с учетом вариабельности также приведен на рис. 4.

На нижнем рисунке указан сильный фронт Парето с учетом вариабельности. Каждая точка представляет определенный сценарий формирования команд проектов в портфеле. Такой подход позволяет лицу, принимающему решения, выбрать определенную точку (с учетом необходимого срока и/или трудовозатрат) и распределить ресурсы в соответствии с этим сценарием.

На одиннадцатом шаге были построены графики загрузки ресурсов каждого типа на весь портфель, далее на двенадцатом шаге было выполнено динамическое перераспределение ресурсов (распределение производилось на данном этапе вручную). Алгоритм балансировки трудовых ресурсов в портфеле проектов представлен на рис. 5.

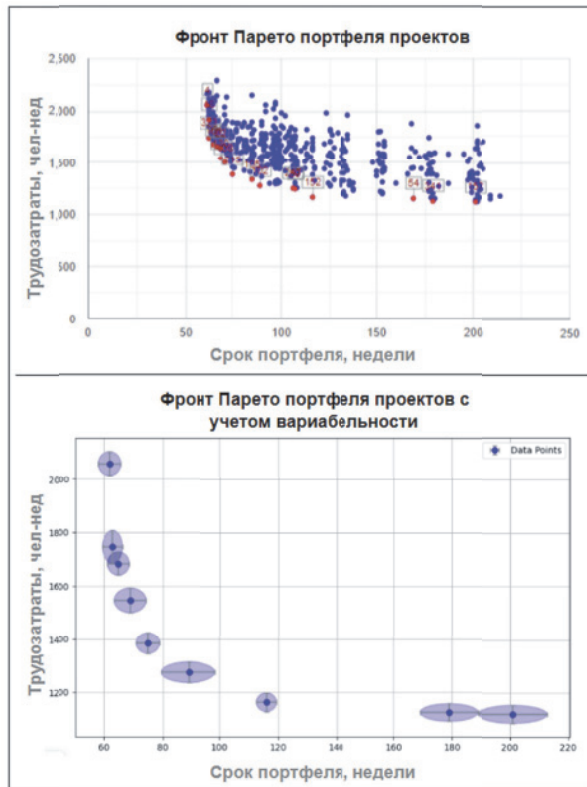


Рис. 4. Фронт Парето для портфеля проектов

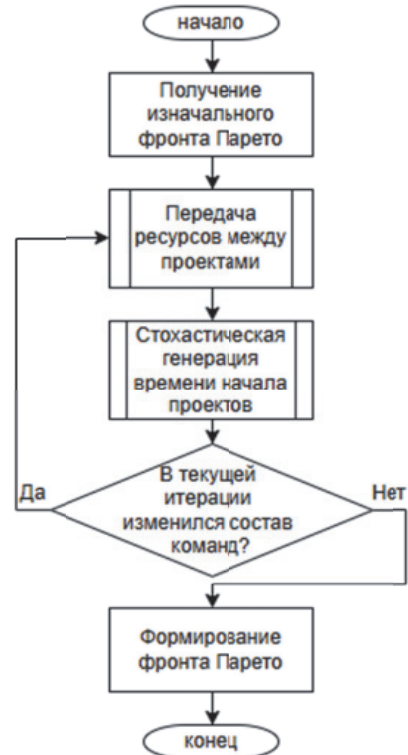


Рис. 5. Алгоритм балансировки трудовых ресурсов в портфеле проектов

После каждой итерации прохождения алгоритма строятся фронты Парето до тех пор, пока дальнейшее перемещение сотрудников будет нецелесообразно. Пример балансировки трудовых ресурсов представлен на рис. 6 (а – загрузка трудовых ресурсов одного типа в разрезе отдельных проектов до балансировки, б – после балансировки).

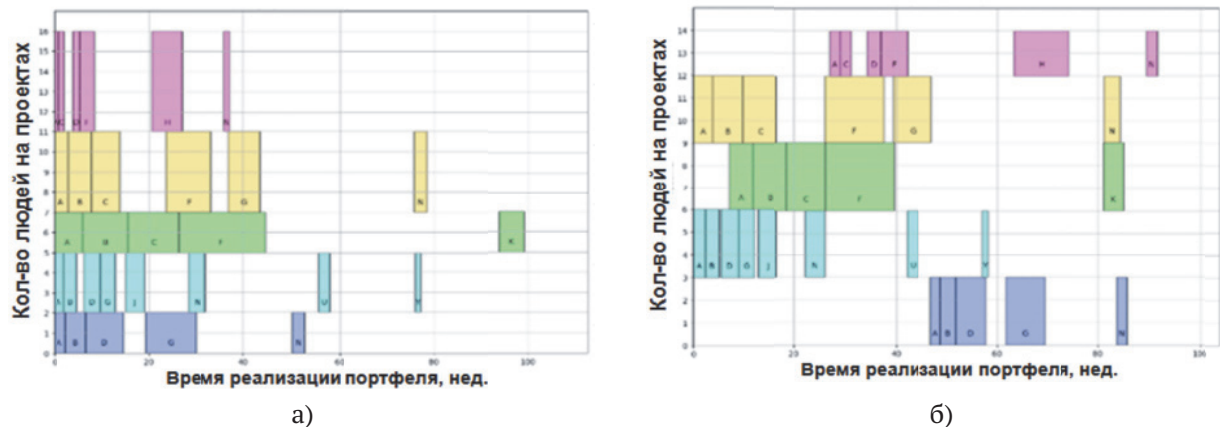


Рис. 6. Сценарии до и после балансировки трудовых ресурсов в портфеле проектов

Таким образом, в рамках демонстрации применения данного метода был сформирован сценарий управления портфелем проектов.

Разработанный метод иерархического управления портфелем проектов на основе алгоритмов Парето-оптимального распределения трудовых ресурсов включает наличие принципиальной сложности учёта нескольких критериев при принятии управленческих решений, обеспечивает принятие обоснованных решений в рамках отдельных проектов с учётом требований к эффективности решений на уровне портфеля проектов, а также позволяет использовать не только точечные оценки, но и вероятностные факторы при прогнозировании результатов реализации портфеля проектов.

ВЫВОДЫ

Предложенный метод иерархического управления портфелем проектов на основе алгоритмов Парето-оптимального распределения трудовых ресурсов представляет собой эффективный инстру-

мент для повышения результативности проектной деятельности в условиях ограниченных ресурсов и неопределённости. Данный подход основан на многокритериальной иерархической оптимизации, позволяющей учитывать разные уровни управления, ограничения по ресурсам, а также дальнейшие динамические перераспределения трудовых ресурсов в процессе реализации проектов. Включение методов Парето-оптимизации на уровне отдельных проектов и всего портфеля в целом позволяет лицу, принимающему решения, набор оптимальных вариантов с разными сроками и трудозатратами, учитывая оптимальное распределение трудовых ресурсов.

Практическая ценность разработанного метода заключается в его применимости к различным типам организаций и отраслей, где проектное управление осуществляется по каскадной модели управления. Метод может быть использован в корпоративных структурах, исследовательских центрах, государственных учреждениях и других организациях, осуществляющих проектную деятельность. Использование данного метода позволяет минимизировать риски, связанные с недостаточным учетом ресурсных ограничений и вероятностных факторов, а также повысить прозрачность и управляемость процессами реализации проектов.

Таким образом, разработанный подход к иерархическому управлению портфелем проектов обеспечивает более эффективное распределение трудовых ресурсов, позволяет учесть вероятности отклонений сроков и трудозатрат при реализации проектов, а также способствует достижению целей отдельных проектов и портфеля в целом. В перспективе возможно дальнейшее совершенствование метода путем интеграции с современными цифровыми технологиями, такими как искусственный интеллект и машинное обучение, что позволит автоматизировать процессы принятия решений и повысить адаптивность управления проектами в условиях быстро меняющейся внешней среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чайковская, Л.А. Стратегический управленческий учет затрат в современных компаниях / Л. А. Чайковская, С. А. Филин // Международный бухгалтерский учет. – 2019. – Т. 22. – № 3. – С. 259-273.
2. Леонтьева Л.С. Определение устойчивости портфеля проектов предприятий нефтегазового сектора экономики к внешним факторам / Л.С. Леонтьева, Е.Б. Макарова // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2021. – №. 1. – С. 32-40.
3. Счисляева Е.Р. Управление портфелем проектов-инновационный подход к повышению эффективности судостроительной промышленности Е.Р. Счисляева, Е.В. Кожина, К.И. Сергеева // Экономический вектор. – 2022. – №. 3 (30). – С. 89-98.
4. Barbat M. et al. A multiple criteria methodology for priority based portfolio selection //Socio-Economic Planning Sciences. – 2023. – Т. 88. – P. 101595.
5. Si H., Kavadias S., Loch C. Managing innovation portfolios: From project selection to portfolio design // Production and Operations Management. 2022. Т. 31. №. 12. P. 4572-4588.
6. Mohagheghi V., Mousavi S. M., Shahabi-Shahmiri R. Sustainable project portfolio selection and optimization with considerations of outsourcing decisions, financing options and staff assignment under interval type-2 fuzzy uncertainty // Neural Computing and Applications. 2022. Т. 34. №. 17. P. 14577-14598.
7. Radhakrishnan A. et al. The impact of project team characteristics and client collaboration on project agility and project success: An empirical study //European Management Journal. 2022. Т. 40. №. 5. P. 758-777.
8. Shaturaev J. Efficiency of investment project evaluation in the development of innovative industrial activities // ASEAN Journal of Science and Engineering. 2023. Т. 3. №. 2. С. 147-162.
9. Kock A., Gemünden H. G. How entrepreneurial orientation can leverage innovation project portfolio management //R&D Management. 2021. Т. 51. №. 1. С. 40-56.
10. Kermanshachi S., Nipa T. J., Dao B. Development of complexity management strategies for construction projects // Journal of Engineering, Design and Technology. 2023. Т. 21. №. 6. С. 1633-1657.
11. Martinsuo M., Geraldi J. Management of project portfolios: Relationships of project portfolios with their contexts //International Journal of Project Management. 2020. Т. 38. №. 7. С. 441-453.
12. Bai L., Bai J., An M. A methodology for strategy-oriented project portfolio selection taking dynamic synergy into considerations //Alexandria Engineering Journal. 2022. Т. 61. №. 8. С. 6357-6369.
13. Матвеев, А.А. Модели и методы управления портфелями проектов / А. А. Матвеев, Д. А. Новиков, А. В. Цветков. – М.: Издательство «ПМСОФТ», 2005. – 206 с. – ISBN 5-9900281-3-X.
14. Beketov, S.M. A human capital simulation model in innovation projects / S. M. Beketov, K. N. Pospelov, S. G. Redko // Control Sciences. 2024. No. 3. P. 16-25. DOI 10.25728/cs.2024.3.2.
15. Муринович, А.А. Особенности управления портфелем межрегиональных проектов и программ / А.А. Муринович, М.П. Логинов // Проблемы управления. – 2017. – №. 3. – С. 26-36.
16. Mahmoudi A., Abbasi M., Deng X. A novel project portfolio selection framework towards organizational resilience: robust ordinal priority approach // Expert systems with applications. 2022. Т. 188. С. 116067.
17. Саяпин, О. В. Об одной тенденции развития алгоритмов, реализуемых в системах поддержки принятия решений / О.В. Саяпин и др. // Программные продукты и системы. – 2023. – Т. 36. №. 3. – С. 388-397.
18. Фетисов, М. Н. Формализация процесса планирования работы проектно-конструкторской организации / М.Н. Фетисов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – №. 12. – С. 74-79.
19. Калевко, В.В. Управление компетентностным потенциалом проектно-ориентированных организационных систем в контексте планирования ИТ-проектов / В. В. Калевко, Д. Г. Лагерева // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2022. – №. 4 (44). – С. 160-180.
20. Kandakoglu M., Walther G., Ben Amor S. The use of multi-criteria decision-making methods in project portfolio

- selection: a literature review and future research directions // *Annals of Operations Research*. 2024. Т. 332. №. 1. С. 807-830.
21. Волощук В. А., Сорокина Л. Б. Концептуальные основы формирования портфеля проектов головного предприятия // *Компетентность*. 2021. №. 6. С. 35-44.
 22. Жаров М. В. Исследование перспектив применения программных сред имитационного моделирования при разработке и оптимизации производств машиностроения // *Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика*. 2021. №. 3 (54). С. 58-67.
 23. Li X. et al. A hierarchical multi-agent allocation-action learning framework for multi-subtask games // *Complex & Intelligent Systems*. 2024. Т. 10. №. 2. С. 1985-1995.
 24. Petchrompo S., Wannakrairot A., Parlikad A.K. Pruning Pareto optimal solutions for multi-objective portfolio asset management // *European Journal of Operational Research*. 2022. Т. 297. №. 1. С. 203-220.
 25. Pospelov K. N. et al. Data Preprocessing for Modeling Socioeconomic Systems in View of Uncertainty // *Understanding the Digital Transformation of Socio-Economic-Technological Systems: Dedicated to the 120th Anniversary of Economic Education at Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University*. Cham : Springer Nature Switzerland, 2024. С. 151-161.
 26. Дергачев, М.В. Алгоритм расчета стоимости проекта с учетом сроков и оптимального состава команды для принятия обоснованных управленческих решений / М.В. Дергачев, С.М. Бекетов // *Управление инновациями в условиях цифровой трансформации : сборник научных трудов III Всероссийской студенческой учебно-научной конференции, Санкт-Петербург, 1213 апреля 2024 года*. – СПб: Политех-Пресс, 2024. – С. 54-58.
 27. Бекетов, С.М. Стохастический подход к многокритериальной оптимизации календарно-сетевых графиков реализации проектов / С.М. Бекетов, М.В. Дергачев, А.М. Гинцяк // *Управление качеством продукции на основе передовых производственных технологий : Сборник тезисов докладов VI Международного форума, Санкт-Петербург, 1516 октября 2024 года*. – СПб: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2024. – С. 50-53.
 28. Бекетов, С.М. Алгоритм оценки сходимости стохастической Парето-оптимизации / С.М. Бекетов, А.М. Гинцяк, М.В. Дергачев // *Информационные технологии и вычислительные системы*. – 2024. – № 4. – С. 91-99. – DOI 10.14357/20718632240409.
 29. Бекетов, С.М. Принципиальный подход к оптимизации распределения трудовых ресурсов при иерархическом управлении портфелем проектов / С.М. Бекетов, М.В. Дергачев, А.М. Гинцяк // *Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 5.0 (ЭКОПРОМ) : сборник трудов международной научно-практической конференции, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 0102 ноября 2024 года*. – СПб: Политех-Пресс, 2024. – С. 557-562. – DOI 10.18720/IEP/2024.4/88.

METHOD OF HIERARCHICAL PROJECT PORTFOLIO MANAGEMENT BASED ON PARETO-OPTIMAL LABOR ALLOCATION ALGORITHMS

© 2025 S.M. Beketov, A.M. Gintciak

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

The article is devoted to the development of a method for hierarchical project portfolio management based on Pareto-optimal algorithms for the allocation of labor resources. Project portfolio management is a multi-criteria task in which it is necessary to take into account the requirements of the upper and lower levels of management, resource constraints, as well as further dynamic changes in the implementation of projects. The article analyzes existing methods and models for forming a project portfolio and allocating labor resources, and describes a method that includes three key components: Pareto optimization of the composition of project teams and an assessment of the convergence of this optimization, static formation of a project portfolio based on Pareto optimal scenarios for the implementation of individual projects, as well as dynamic redistribution of labor resources. between projects. The use of stochastic optimization algorithms makes it possible to take variability into account when forming scenarios for the implementation of a project portfolio. The proposed method includes the construction of a project network schedule, the calculation of deadlines, labor costs and variability, Pareto optimization at different levels of management, as well as further dynamic redistribution of labor resources between projects. The hierarchical project portfolio management method makes it possible to increase the optimality of decisions made by taking into account probabilistic factors and the multiplicity of target functions. The developed approach is focused on use in conditions of uncertainty and dynamic changes, which makes it applicable in modern complex organizational systems.

Keywords: management method, project portfolio management, Pareto optimization, optimal resource allocation, uncertainty accounting, project portfolio management methods and models.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-3-179-188

EDN: RXENUP

REFERENCES

1. Chajkovskaya, L.A. Strategicheskij upravlencheskij uchet zatrat v sovremennyh kompaniyah / L. A. Chajkovskaya, S. A. Filin // *Mezhdunarodnyj buhgalterskij uchet*. – 2019. – Т. 22. – № 3. – С. 259-273.
2. Leont'eva L.S. Opredelenie ustojchivosti portfelya projektov predpriyatij neftegazovogo sektora ekonomiki k vneshnim faktoram / L.S. Leont'eva, E.B. Makarova // *Intellect. Innovacii. Investicii*. – 2021. – №. 1. – С. 32-40.
3. Schislyaeva E.R. Upravlenie portfelem projektov-innovacionnyj podhod k povysheniyu effektivnosti sudostroitel'noj promyshlennosti / E.R. Schislyaeva, E.V. Kozhina, K.I. Sergeeva // *Ekonomicheskij vektor*. – 2022. – №. 3 (30). – С. 89-98.

4. *Barbati M. et al.* A multiple criteria methodology for priority based portfolio selection // *Socio-Economic Planning Sciences*. – 2023. – Т. 88. – P. 101595.
5. *Si H., Kavadias S., Loch C.* Managing innovation portfolios: From project selection to portfolio design // *Production and Operations Management*. 2022. Т. 31. №. 12. P. 4572-4588.
6. *Mohagheghi V., Mousavi S. M., Shahabi-Shahmiri R.* Sustainable project portfolio selection and optimization with considerations of outsourcing decisions, financing options and staff assignment under interval type-2 fuzzy uncertainty // *Neural Computing and Applications*. 2022. Т. 34. №. 17. P. 14577-14598.
7. *Radhakrishnan A. et al.* The impact of project team characteristics and client collaboration on project agility and project success: An empirical study // *European Management Journal*. 2022. Т. 40. №. 5. P. 758-777.
8. *Shaturaev J.* Efficiency of investment project evaluation in the development of innovative industrial activities // *ASEAN Journal of Science and Engineering*. 2023. Т. 3. №. 2. S. 147-162.
9. *Kock A., Gemünden H. G.* How entrepreneurial orientation can leverage innovation project portfolio management // *R&D Management*. 2021. Т. 51. №. 1. S. 40-56.
10. *Kermanshachi S., Nipa T. J., Dao B.* Development of complexity management strategies for construction projects // *Journal of Engineering, Design and Technology*. 2023. Т. 21. №. 6. S. 1633-1657.
11. *Martinsuo M., Gerald J.* Management of project portfolios: Relationships of project portfolios with their contexts // *International Journal of Project Management*. 2020. Т. 38. №. 7. S. 441-453.
12. *Bai L., Bai J., An M.* A methodology for strategy-oriented project portfolio selection taking dynamic synergy into considerations // *Alexandria Engineering Journal*. 2022. Т. 61. №. 8. S. 6357-6369.
13. *Matveev, A.A.* Modeli i metody upravleniya portfelyami proektov / A. A. Matveev, D. A. Novikov, A. V. Cvetkov. – M.: Izdatel'stvo «PMSOFT», 2005. – 206 s. – ISBN 5-9900281-3-X.
14. *Beketov, S.M.* A human capital simulation model in innovation projects / S. M. Beketov, K. N. Pospelov, S. G. Redko // *Control Sciences*. 2024. No. 3. P. 16-25. DOI 10.25728/cs.2024.3.2.
15. *Murinovich, A.A.* Osobennosti upravleniya portfelem mezhregional'nyh proektov i programm / A.A. Murinovich, M.P. Loginov // *Problemy upravleniya*. – 2017. – №. 3. – S. 26-36.
16. *Mahmoudi A., Abbasi M., Deng X.* A novel project portfolio selection framework towards organizational resilience: robust ordinal priority approach // *Expert systems with applications*. 2022. Т. 188. S. 116067.
17. *Sayapin, O. V.* Ob odnoj tendencii razvitiya algoritmov, realizuemym v sistemah podderzhki prinyatiya reshenij / O.V. Sayapin i dr. // *Programmnye produkty i sistemy*. – 2023. – Т. 36. №. 3. – S. 388-397.
18. *Fetisov, M. N.* Formalizatsiya processa planirovaniya raboty proektno-konstruktorskoj organizatsii / M.N. Fetisov // *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. – 2023. – №. 12. – S. 74-79.
19. *Kalevko, V.V.* Upravlenie kompetentnostnym potencialom proektno-orientirovannyh organizatsionnyh sistem v kontekste planirovaniya IT-proektov / V. V. Kalevko, D. G. Lagerev // *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve*. – 2022. – №. 4 (44). – S. 160-180.
20. *Kandakoglu M., Walther G., Ben Amor S.* The use of multi-criteria decision-making methods in project portfolio selection: a literature review and future research directions // *Annals of Operations Research*. 2024. Т. 332. №. 1. S. 807-830.
21. *Volochienko V. A., Sorokina L. B.* Konceptual'nye osnovy formirovaniya portfelya proektov golovnogo predpriyatiya // *Kompetentnost'*. 2021. №. 6. S. 35-44.
22. *Zharov M. V.* Issledovanie perspektiv primeneniya programmnyh sred imitatsionnogo modelirovaniya pri razrabotke i optimizatsii proizvodstv mashinostroeniya // *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Matematika. Mekhanika. Informatika*. 2021. №. 3 (54). S. 58-67.
23. *Li X. et al.* A hierarchical multi-agent allocation-action learning framework for multi-subtask games // *Complex & Intelligent Systems*. 2024. Т. 10. №. 2. S. 1985-1995.
24. *Petchrompo S., Wannakrairot A., Parlikad A.K.* Pruning Pareto optimal solutions for multi-objective portfolio asset management // *European Journal of Operational Research*. 2022. Т. 297. №. 1. S. 203-220.
25. *Pospelov K. N. et al.* Data Preprocessing for Modeling Socioeconomic Systems in View of Uncertainty // *Understanding the Digital Transformation of Socio-Economic-Technological Systems: Dedicated to the 120th Anniversary of Economic Education at Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University*. Cham : Springer Nature Switzerland, 2024. S. 151-161.
26. *Dergachev, M.V.* Algoritmy rascheta stoimosti proekta s uchetom srokov i optimal'nogo sostava komandy dlya prinyatiya obosnovannyh upravlencheskih reshenij / M.V. Dergachev, S.M. Beketov // *Upravlenie innovatsiyami v usloviyah cifrovoj transformatsii : sbornik nauchnyh trudov III Vserossijskoj studencheskoj uchebno-nauchnoj konferentsii, Sankt-Peterburg, 1213 aprelya 2024 goda*. – SPb: Politekh-Press, 2024. – S. 54-58.
27. *Beketov, S.M.* Stokhasticheskij podhod k mnogokriterial'noj optimizatsii kalendarno-setevykh grafikov realizatsii proektov / S.M. Beketov, M.V. Dergachev, A.M. Gincyak // *Upravlenie kachestvom produktsii na osnove peredovykh proizvodstvennykh tekhnologiy : Sbornik tezisov dokladov VI Mezhdunarodnogo foruma, Sankt-Peterburg, 1516 oktyabrya 2024 goda*. – SPb: Sankt-Peterburgskij politekhnicheskij universitet Petra Velikogo, 2024. – S. 50-53.
28. *Beketov, S.M.* Algoritmy ocenki skhodimosti stokhasticheskoy Pareto-optimizatsii / S.M. Beketov, A.M. Gincyak, M.V. Dergachev // *Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy*. – 2024. – №. 4. – S. 91-99. – DOI 10.14357/20718632240409.
29. *Beketov, S.M.* Principial'nyj podhod k optimizatsii raspredeleniya trudovykh resursov pri ierarhicheskom upravlenii portfelem proektov / S.M. Beketov, M.V. Dergachev, A.M. Gincyak // *Intellektual'naya inzhenernaya ekonomika i Industriya 5.0 (EKOPROM) : sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, Sankt-Peterburgskij politekhnicheskij universitet Petra Velikogo, 0102 noyabrya 2024 goda*. – SPb: Politekh-Press, 2024. – S. 557-562. – DOI 10.18720/IEP/2024.4/88.

Salbek Beketov, Postgraduate Student, Higher School of Project Management and Innovation in Industry.

E-mail: salbek.beketov@spbpu.com

Aleksei Gintciak, Candidate of Technics, Associate Professor, Higher School of Project Management and Innovation in Industry. E-mail: aleksei.gintciak@spbpu.com