

Лебедева Людмила Николаевна, кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры прикладной математики и экономико-математических методов,
Санкт-Петербургский государственный экономический университет, г. Санкт-
Петербург

Торхова Арина Андреевна, магистрант, Санкт-Петербургский
государственный экономический университет, г. Санкт-Петербург

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛА НА ИТ- ПРОЕКТЫ: ПОСТАНОВКА, РЕАЛИЗАЦИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ

Аннотация. Статья посвящена решению задачи оптимального распределения сотрудников на ИТ-проекты в условиях современных компаний, где эффективное использование человеческих ресурсов становится ключевым фактором успеха. Предложена математическая модель на основе линейного программирования, учитывающая такие параметры, как квалификация сотрудников, бюджетные ограничения проектов, уровень сложности задач и требования к загрузке персонала. Целью формирования модели является автоматизация процесса планирования и минимизация рисков недоиспользования трудовых ресурсов. Модель реализована с использованием библиотеки PuLP на Python. Особое внимание уделено учету реальных ограничений, а также гибкому распределению специалистов разного уровня квалификации при помощи дополнительных алгоритмов. Результаты работы модели представлены в виде матрицы распределения, обеспечивающей максимальную загрузку персонала и соответствие требованиям проектов.

Annotation. The article addresses the challenge of optimal employee allocation to IT projects in modern companies, where efficient human resource utilization becomes a critical success factor. A mathematical model based on linear programming is proposed, incorporating parameters such as employee qualifications, project budget constraints, task complexity levels, and workforce utilization requirements. The model aims to automate planning processes and minimize risks of resource underutilization. The implementation utilizes Python's PuLP library. Particular emphasis is placed on

accommodating real-world constraints and enabling flexible allocation of specialists with varying qualification levels through additional algorithms. The model's output is presented as an allocation matrix that ensures maximum workforce utilization while meeting project requirements.

Ключевые слова: ИТ-проекты, процесс планирования персонала, распределение сотрудников, линейное программирование, оптимизация.

Keywords: IT projects, personnel planning process, employee distribution, linear programming, optimization.

1. Введение и проблематика

В современных компаниях, где ИТ-проекты становятся ключевым элементом развития, особое значение приобретает грамотное планирование распределения сотрудников. Основная сложность здесь — необходимость учитывать множество постоянно меняющихся факторов: квалификацию и ставки сотрудников, бюджеты проектов, срочность задач и внутренние перестановки. В условиях, когда планирование ведётся вручную, руководители сталкиваются с высокой трудоёмкостью процесса и риском появления незадействованных сотрудников, что негативно сказывается на эффективности работы подразделения и может привести к избыточным кадровым ресурсам.

Автоматизация этого процесса с помощью математических методов позволяет не только повысить качество управленческих решений, но и сократить время на подготовку планов, обеспечить максимальную загрузку персонала и гибко реагировать на изменения исходных данных.

2. Постановка задачи

Основная цель, которая стоит в рамках процесса планирования перед руководством ресурсных центров – обеспечение сотрудников в подчинении максимально возможной занятостью, с учетом пожеланий проектных команд. Данная задача нацелена на максимизацию занятых на ИТ-проектах FTE (эквивалент полной занятости). Распределение всех сотрудников в таком случае будет обозначать отсутствие свободных, не утилизированных трудовых единиц. Для решения этой задачи необходимо учесть несколько ограничений:

1. Занятость одного сотрудника как на одном ИТ-проекте, так и на нескольких, не может превышать 1 FTE за период;
2. Затраты на запланированных сотрудников не могут превышать выданное инвестиционное решение (бюджет на планируемый период) с учетом требования софтверности, необходимого для сохранения статуса ИТ-компании. Требование заключается в том, что затраты на разработчиков не должны превышать 40% от бюджета на период планирования, затраты на специалистов-исполнителей (таких как бизнес-аналитики, системные аналитики и т.д.) не должны превышать 30% от бюджета на период планирования;
3. Должно быть соблюдено требование на софтверность, необходимое для сохранения статуса ИТ-компании. Оно заключается в том, что затраты на разработчиков не должны превышать 40% от бюджета на период планирования, затраты на специалистов-исполнителей (таких как бизнес-аналитики, системные аналитики и т.д.) не должны превышать 30% от бюджета на период планирования;
4. Уровень проектной погруженности и экспертности сотрудника должен соответствовать уровню сложности ИТ-проекта.
5. Загрузка конкретного сотрудника на ИТ-проекте является переменной величиной, которую каждый раз в рамках планирования необходимо определить.

Математическая модель имеет следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \leq x_{ij} \leq 1, (i = 1 \dots n), (j = 1 \dots m) \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} \leq 1, \forall j \in [1; m] \\ C_{ij}x_{ij} \leq B_i, \forall i \in [1; n], \forall j \in [1; m] \\ \sum_{j=1}^m C_{ij}x_{ij} \leq S_i, \forall i \in [1; n], (S_i = k * B_i) \\ R_i \leq R_j \end{array} \right. , \quad (1)$$

$$f(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где:

n – количество ИТ-проектов;

m – количество сотрудников;

x_{ij} – переменная, показывающая загрузку в FTE сотрудника j на ИТ-проекте i ;

C_{ij} – затраты на сотрудника j на ИТ-проекте i ;

B_i – бюджет ИТ-проекта i ;

S_i – софтверные затраты;

k – коэффициент, показывающий объем софтверных затрат;

R_j – рейтинговая оценка сотрудника, сформированная на основе его ставки, квалификации и уровня проектной экспертизы;

R_i – рейтинговая оценка ИТ-проекта i , сформированная на основе срока его разработки, бюджета и сложности;

Задача оптимизации распределения сотрудников на проекты решается с позиции управленческого персонала – руководителей подразделений. Однако сформированная модель не учитывает следующие случаи:

- сотрудник не подходит по рейтингу ни на один проект;
- недостаточно сотрудников для удовлетворения запросов проектов;
- отсутствуют сотрудники нужной квалификации.

Эти условия, выходящие за рамки линейного программирования, позволяют выделять проблемные случаи для ручного анализа руководством.

3. Реализация модели на Python

Для практической реализации задачи использовалась библиотека PuLP, позволяющая формулировать и решать задачи линейного программирования. Исходные данные по сотрудникам и проектам были собраны и обработаны, после чего на их основе сформирована матрица возможных назначений с учётом квалификационных ограничений.

Код постановки задачи:

```
# Создаем задачу максимизации
prob = pulp.LpProblem("Employee_Project_Allocation", pulp.LpMaximize)

# Создаем переменные решения
```

```

employees = rating_emp['Сотрудник'].tolist()
x = pulp.LpVariable.dicts("x",
                          ((i, j) for i in projects_with_budget for j in
employees),
                          lowBound=0, upBound=1, cat='Continuous')

# Целевая функция: максимизация общего количества FTE
prob += pulp.lpSum(x[i, j] for i in projects_with_budget for j in employees)

# Ограничения
# 1. Занятость одного сотрудника на всех проектах не может превышать 1 FTE
for j in employees:
    prob += pulp.lpSum(x[i, j] for i in projects_with_budget) <= 1

# 2. Рейтинг сотрудника должен быть не ниже рейтинга проекта
for i in projects_with_budget:
    project_rating = data_project.loc[data_project['Проект'] == i,
'Reйтинг_проекта'].values[0]
    for j in employees:
        employee_rating = rating_emp.loc[rating_emp['Сотрудник'] == j,
'Reйтинг'].values[0]
        if employee_rating < project_rating:
            prob += x[i, j] == 0 # Запрещаем распределение

# 3. Бюджетное ограничение
k = 0.3 # Коэффициент софтверности
for i in projects_with_budget:
    budget = data_project.loc[data_project['Проект'] == i, 'Бюджет'].values[0]
    prob += pulp.lpSum(
        x[i, j] * rating_emp.loc[rating_emp['Сотрудник'] == j,
'Sтавка_год'].values[0]
        for j in employees
    ) <= k * budget

# Решаем задачу
prob.solve()

```

Для учета реальных ограничений сформированы следующие условия:

1. Минимальная загрузка на проект - 0.5 FTE с учетом требуемой экспертности и бюджета. Если это невозможно, проект выделяется для ручного анализа.

2. Неподходящие по квалификации сотрудники распределяются на проекты в качестве младших специалистов.

3. По запросу проектной команды минимального числа требуемых FTE необходимо перераспределение сотрудников с учетом бюджетных ограничений.

4. Минимальная загрузка сотрудника - 0.2 FTE.

Они реализованы в качестве дополнительных алгоритмов на основе полученного начального решения.

Итоговая матрица распределения сотрудников на ИТ-проекты представлена ниже (Таблица 1):

Таблица 1 – Матрица распределения сотрудников на ИТ-проекты

Сотрудник\ Проект	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ФИО1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ФИО2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ФИО3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ФИО4	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ФИО5	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ФИО6	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ФИО7	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ФИО8	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ФИО9	0	0,8	0	0	0	0,2	0	0	0
ФИО10	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ФИО11	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ФИО12	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,2
ФИО13	0	0	0	0	0	0,7	0,3	0	0
ФИО14	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ФИО15	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0
ФИО16	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ФИО17	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0,7
ФИО18	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ФИО19	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ФИО20	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Результатом является оптимальное распределение в виде матрицы, где на пересечении проектов и сотрудников указывается доля загрузки (FTE).

4. Выводы

Результатом реализации модели с дополнительными алгоритмами является распределение сотрудников на проекты с учетом их бюджета, рейтинга, а также запросов проектов на специалистов. Модель гарантирует максимально

возможную с учетом особенности исходных данных комплектацию проектов и загрузку сотрудников на них, с учетом сложности проектов и их потребности в трудовых ресурсах. Важным преимуществом модели является ее способность гибко комбинировать специалистов разного уровня квалификации, что особенно ценно при ограниченных кадровых ресурсах. В случаях, когда исходные данные не позволяют выполнить все условия модели, система автоматически идентифицирует проблемные ситуации, указывая конкретные проекты или сотрудников и условия, которые не могут быть удовлетворены. Такой подход фокусирует внимание руководства на ключевых проблемных зонах, обеспечивая информационную поддержку для принятия обоснованных управленческих решений.

Список литературы

1. Брумштейн Ю.М., Дюдиков И.А. Модели оптимизации подбора ресурсов при управлении совокупностью проектов с учетом зависимости качества результатов, рисков и затрат // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2015. №1. С. 78-89.
2. Васильев М.С., Осенний В.В. Разработка моделей и метода распределения трудовых ресурсов в управлении реализацией портфеля ИТ-проектов // Оригинальные исследования (ОРИС). 2021. №11. С. 57-64.
3. Сотникова А.В. Адаптация модели распределения ресурсов между проектами портфеля при ее использовании в консалтинговых ИТ-компаниях // Статистика и экономика. 2013. №2. С. 176-178.
4. Сотникова А.В. Задача распределения трудовых ресурсов при управлении портфелем ИТ-проектов: состояние и проблемы // Статистика и экономика. 2015. №3. С. 262-267.
5. Математическая оптимизация и моделирование в PuLP: задача о назначениях // habr.com URL: <https://habr.com/ru/articles/731006/> (дата обращения: 05.05.2025).

6. Optimization with PuLP // github URL: <https://coin-or.github.io/pulp/>
(дата обращения: 10.05.2025).

References

1. Brumshteyn Yu.M., Dyudikov I.A. Models of optimization of selection of resources in management of set of projects taking into account dependence of quality of results, risks and costs // Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Management, computing engineering and informatics. 2015. No. 1. P. 78-89.

2. Mathematical optimization and modeling in PuLP: assignment problem // habr.com URL: <https://habr.com/ru/articles/731006/> (accessed: 05.05.2025).

3. Sotnikova A.V. Adaptation of model of distribution of resources between portfolio projects during its use in consulting IT companies // Statistics and economics. 2013. No. 2. P. 176-178.

4. Sotnikova A.V. The problem of labor resource allocation in IT project portfolio management: status and problems // Statistics and Economics. 2015. No. 3. P. 262-267.

5. Vasiliev M.S., Osenniy V.V. Development of models and method of distribution of labor resources in management of implementation of IT projects portfolio // Original research (ORIS). 2021. No. 11. P. 57-64.

6. Optimization with PuLP // github URL: <https://coin-or.github.io/pulp/>
(accessed: 10.05.2025).