

Еникеев Максим Аделевич, магистрант, Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

Данилов Константин Вадимович, магистрант, Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

Еникеев Рустем Радомирович, к.т.н., доцент кафедры автоматизированных систем управления, Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ
НАЗНАЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА НА ПРОЕКТЫ В УСЛОВИЯХ
НЕПОЛНОТЫ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ**

Аннотация

В статье рассматривается проблема автоматизации процесса назначения ИТ-персонала на проекты в компаниях с распределённой бизнес-логикой. Выявлено, что классические детерминированные алгоритмы, основанные на задаче о назначениях и её расширениях (MS-RCPSP), становятся неприменимы в ситуациях принципиальной неполноты исходных данных: отсутствие утверждённых бюджетов на будущие периоды и производственных календарей. Предложена гибридная система поддержки принятия решений (СППР), математическое ядро которой оперирует интервальными оценками стоимости назначения. Для случаев, когда бюджетный лимит попадает внутрь интервала неопределённости, разработан алгоритм мягкого бронирования, учитывающий историю финансирования проекта, рейтинг руководителя и профиль стадии дорожной карты. Приводится формализация модели и решающего правила СППР.

Annotation

The article addresses the problem of automating the assignment of IT personnel to projects in companies with distributed business logic. It is revealed that classical deterministic algorithms based on the assignment problem and its extensions (MS-RCPSP) become inapplicable in situations of fundamental incompleteness of initial data, such as the absence of approved budgets for future periods and production calendars. A hybrid decision support system (DSS) is proposed, the mathematical core of which operates with interval estimates of assignment costs. For cases where the budget limit falls within the uncertainty interval, a soft booking algorithm has been developed, which takes into account the project's funding history, the manager's rating, and the roadmap stage profile. The formalization of the model and the DSS decision rule is provided.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, назначение персонала, искусственный интеллект, электронный документооборот, автоматизация бизнес-процессов

Keywords: decision support system, staff assignment, artificial intelligence, electronic document management, business process automation

Введение

Процесс назначения сотрудников на проекты в крупных ИТ-компаниях характеризуется высокой степенью распределённости данных. Упрощённо, этот процесс выглядит следующим образом: руководитель проекта (РП) создаёт заявку в ресурсном центре (РЦ), затем ресурсный менеджер (РМ) вручную агрегирует информацию из нескольких учётных систем для проверки её финансовой обеспеченности. Ручная обработка одной заявки может занимать от 20 до 60 минут, требовать дополнительных коммуникаций, при этом при масштабировании РЦ время обработки становится узким местом, что

может привести к простоям в нагруженные периоды, например, в сезон бизнес-планирования.

Классическая теория управления проектами называет семейство подобных задач Resource-Constrained Project Scheduling Problem (RCPSp) и её многочисленные расширения [1]. Однако, классические решения ожидают на входе полностью определённые данные, что неприменимо в этой ситуации.

В статье предлагается решение по автоматизации процесса принятия решения в РЦ. Интеграция и получение данных по сотрудникам становится полностью автоматическим, но принятие решения остаётся за РМ. Для ускорения принятия решения разрабатывается система поддержки принятия решений (СППР), учитывающая особенности планирования в компании в условиях неполноты исходных данных.

1. Описание процесса назначения сотрудников

На рисунке 1 изображена упрощённая схема работы РЦ

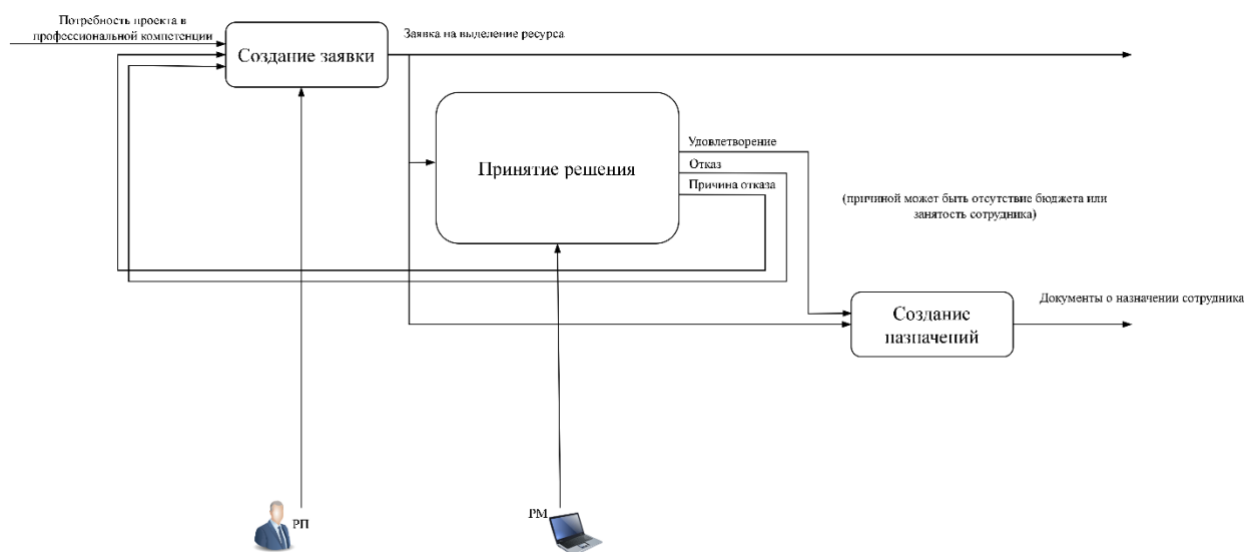


Рисунок 1 – схема процесса назначения сотрудников

2. Формализация постановки задачи

Пусть $D = \{1, 2, \dots, N\}$ – множество порядковых номеров календарных дней на горизонте планирования, где 1 соответствует минимальной дате среди

дат всех рассматриваемых заявок и всех существующих назначений, N соответственно отображается на максимальную дату.

Заявка РП задаётся кортежем

$$R = \langle p, \text{role}, S, F, e_{\text{pref}} \rangle,$$

где $p \in P$ – проект, $\text{role} \in AR$ – запрашиваемая роль, $S, F \in D$ – даты старта и финиша запрашиваемого назначения, $e_{\text{pref}} \in E \cup \{\emptyset\}$ – опциональный предпочтительный сотрудник. P , E и AR – соответственно заранее известные множества проектов, сотрудников и «ролей назначения». Что важно, в этой модели заработная плата (ставка) привязана не к роли назначения, а к сотруднику. Это может вызвать неопределённость денежных расход при назначении без известного предпочтительного сотрудника, которую помогает разрешить предлагаемый метод.

Для каждого сотрудника $e \in E$ определим матрицу-строку календаря $C_e = (c_{e1}, c_{e2}, \dots, c_{eN})$, $c_{ed} \in [0, 24]_{\mathbb{Q}} \cup \{-\infty\}$,

где $-\infty$ означает отсутствие точной информации, является ли день d рабочим. Без утверждённого производственного календаря на следующий год точное количество рабочих часов в периоде $[S, F]$ неизвестно, если $F < d$. Гарантируется, что

$c_{ed'} = -\infty \Rightarrow c_{ek} = -\infty \forall k > d'$, то есть календарь утверждается инкрементально.

Заработная плата s_e известна для каждого сотрудника e . При отсутствии e_{pref} ставка (зарплата) определяется через интервальную оценку: $\hat{s}_{\text{role}} = [s_{\min}, s_{\max}]$, получаемую из исторических данных о ставках сотрудников, когда-либо занимавших данную роль.

Плановая стоимость назначения рассчитывается как:

$$\text{Cost}(R) = s_{e_R} \cdot \sum_{d=S}^F c_{ed}$$

В случае невозможности вычислить часы точно, рассчитывается интервал

$$Cost_{est}(R) = \hat{s}_R \cdot \sum_{d=S}^F \hat{c}_{Rd}$$

где s_{e_R} – ставка сотрудника e , $\hat{c}_{Rd}$ – оценённый интервал часов рабочего времени для дня d у данной заявки R , $\hat{s}_R$ – интервал ставки для заявки.

Если сотрудник не задан, применяется стандартный производственный календарь c_0 .

3. Бюджетный дефицит и мягкое бронирование

Пусть B_p – утверждённый бюджет проекта p на текущий плановый период. Остаток бюджета после учёта всех ранее подтверждённых назначений обозначим ΔB_p . Если верхняя граница интервальной оценки стоимости заявки $\overline{Cost} \leq \Delta B_p$, заявка проходит автоматически. Если же нижняя граница $\underline{Cost} > \Delta B_p$, заявки отклоняется.

Проблемный случай – когда ΔB_p лежит внутри интервала $[\underline{Cost}, \overline{Cost}]$, либо когда сам бюджет B_p на период, содержащий $[S, F]$, ещё не утверждён. Для разрешения такой ситуации вводится прогнозная функция достаточности $\Phi: (P, role, S, F) \rightarrow [0, 1]$, которая агрегирует три группы факторов, не учитываемых в RCPSP-подобных моделях:

Историю финансирования проекта: $H_p = \{(y_1, b_1), \dots (y_m, b_m)\}$ – временной ряд утверждённых бюджетов проекта по годам/кварталам, соотнесённый с дорожной картой.

Рейтинг руководителя проекта: $Rep(RP)$, вычисляемый на основании количества успешно завершённых проектов данного РП, их стоимости и стажа РП.

Профиль финансирования стадии проекта: коэффициенты $\alpha_{stage} \in [0, 1]$ – типичная доля бюджета, выделяемая на фазу проектирования, разработки, внедрения и т.д., полученная усреднением по завершённым фазам.

4. Правила принятия решений

Агрегирующее правило:

$$\Phi(R) = \sigma(\omega_1 \cdot \alpha_p + \omega_2 \cdot \text{Rep}(RP) + \omega_3 \cdot \alpha_{\text{stage}}),$$

где $\sigma(x) = 1/(1 + e^{-x})$ – сигмоида, $\omega_i \geq 0$ – веса, настраиваемые экспертно с учётом ретро-данных, $\sum \omega_i = 1$.

Решающее правило:

Если $\Phi(R) \geq \theta$, где θ – порог, задаваемый РМ, СППР рекомендует мягкое бронирование – создание заявки в статусе «предварительное одобрение», иначе рекомендуется отправить заявку обратно РП на доработку.

Заключение

В статье рассмотрена задача автоматизации назначения ИТ-персонала на проекты в условиях неполноты исходных данных. Предложена формальная модель, расширяющую классическую RCPSP введением маркера «недоступно» для данных по индивидуальным производственным календарям. Разработана СППР, учитывающая пробелы в исходных данных и позволяющая учесть специфику выделения бюджета в выбранной компании. Практическая значимость заключается в уменьшении среднего времени обработки заявок, что сокращает расходы на издержки при долгосрочном планировании.

Литература

1. Bahroun Z., As'ad R., Tanash M., Athamneh R. The Multi-Skilled Resource-Constrained Project Scheduling Problem: A Systematic Review // Management Systems in Production Engineering. — 2024. — Vol. 32, № 1. — С. 108–132.
2. Aghileh M., Tereso A., Alvelos F., Monteiro Lopes M.O. Multi-project scheduling under uncertainty and resource flexibility: a systematic literature review // Production & Manufacturing Research. — 2024. — Vol. 12, № 1. — С. 1.

3. Wang P., Lim Y.F., Loke G.G. Joint Capacity Allocation and Job Assignment Under Uncertainty // Operations Research. — 2025 (online). — C. 7
4. Jian Lin, Lei Zhu, Kaizhou Gao, A genetic programming hyper-heuristic approach for the multi-skill resource constrained project scheduling problem, Expert Systems with Applications, Volume 140, 2020, – C. 1
5. Adjashvili, D. Robust Assignments with Vulnerable Nodes [Текст] – / D. Adjashvili, V. Bindewald, D. Michaels // arXiv.org. – 2017. – C. 2-3, 10, 21.

Literature

1. Bahroun Z., As'ad R., Tanash M., Athamneh R. The Multi-Skilled Resource-Constrained Project Scheduling Problem: A Systematic Review // Management Systems in Production Engineering. — 2024. — Vol. 32, № 1. — P. 108–132.
2. Aghileh M., Tereso A., Alvelos F., Monteiro Lopes M.O. Multi-project scheduling under uncertainty and resource flexibility: a systematic literature review // Production & Manufacturing Research. — 2024. — Vol. 12, № 1. — P. 1.
3. Wang P., Lim Y.F., Loke G.G. Joint Capacity Allocation and Job Assignment Under Uncertainty // Operations Research. — 2025 — P. 7
4. Jian Lin, Lei Zhu, Kaizhou Gao, A genetic programming hyper-heuristic approach for the multi-skill resource constrained project scheduling problem, Expert Systems with Applications, Volume 140, 2020, – P. 1
5. Adjashvili, D. Robust Assignments with Vulnerable Nodes – / D. Adjashvili, V. Bindewald, D. Michaels // arXiv.org. – 2017. – P. 2-3, 10, 21.