

УДК 004.942

АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПИСАНИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ МАЛЫМ БИЗНЕСОМ: БАЛАНС МЕЖДУ ЗАГРУЗКОЙ СПЕЦИАЛИСТОВ И ОЖИДАНИЕМ КЛИЕНТА

Цихоня Т.С., Прокопьев Д.А., студент гр. ПИБ–221, IV курс
Научный руководитель: Шидловская Д.С., ассистент
Кузбасский государственный технический университет имени
Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

В статье рассматривается проблема оптимизации расписания в системах управления малым бизнесом на примере сферы услуг. Предлагается комбинированный алгоритм для достижения баланса между максимизацией рабочей нагрузки специалистов и минимизацией времени ожидания клиента. Представлены результаты экспериментального сравнения разработанного алгоритма с традиционными подходами, подтверждающие его эффективность.

Ключевые слова: оптимизация расписания, управление малым бизнесом, алгоритмы планирования, баланс нагрузки, время ожидания клиентов.

В условиях цифровой трансформации малых и средних предприятий задачи автоматизации ключевых бизнес-процессов становятся особенно актуальными. Одной из таких задач является формирование оптимального графика работы специалистов сферы услуг (салоны красоты, массажные кабинеты, медицинские центры и т.д.). Традиционные подходы к планированию, основанные на ручном вводе данных или простейших алгоритмах «первый попавшийся – первый нанятый», не позволяют нам эффективно разрешить противоречие между желанием владельца бизнеса максимизировать нагрузку на сотрудников и необходимостью минимизировать время ожидания клиентов.

Целью данной работы является разработка и изучение алгоритмов оптимизации расписания, обеспечивающих сбалансированное решение этого противоречия.

Задачи исследования:

- анализ существующих подходов к планированию в системах управления малым бизнесом;
- формализация критериев оптимального расписания;
- разработка комбинированного алгоритма оптимизации;
- экспериментальная оценка эффективности предложенного подхода.

Обзор существующих подходов. Анализ современных систем управления малым бизнесом (YCLIENTS, 1C: Салон красоты, сервисы онлайн-записи) показывает, что в большинстве случаев используются либо «жадные» методы планирования (FCFS – первым пришел, первым обслужен), либо простейшие

эвристики, учитывающие только приоритеты специалистов [1]. В то же время научные исследования в области теории расписаний [2] предлагают широкий спектр методов: от точных алгоритмов (ветви и границы, динамическое программирование) до метаэвристики (генетические алгоритмы, имитационный отжиг). Однако применение этих методов в контексте малого бизнеса ограничено требованиями к вычислительной эффективности и необходимостью работы в режиме реального времени.

Формальная постановка задачи. Рассматриваются различные специалисты, каждый из которых характеризуется набором предоставляемых услуг и рабочим интервалом. Существует также множество запросов клиентов, каждый из которых содержит желаемую услугу, ее продолжительность и предпочтительный временной интервал.

Целевая функция представляет собой взвешенную сумму двух показателей: средней загруженности специалистов и среднего времени ожидания клиента. Весовые коэффициенты отражают приоритеты бизнеса. Задача состоит в том, чтобы найти расписание, которое минимизирует целевую функцию, принимая во внимание следующие ограничения: каждый специалист может выполнять только одну услугу за раз; время начала обслуживания не может быть раньше времени готовности специалиста и не может превышать его рабочий интервал; клиент может быть назначен только на специалиста, предоставляющий необходимую услугу.

Предложенный алгоритм. Разработан комбинированный алгоритм, сочетающий преимущества эвристического подхода для первичного распределения и итеративной оптимизации для улучшения графика.

Этап 1. Группировка и определение приоритетов. Все запросы сортируются по типу обслуживания и степени срочности. В качестве показателя срочности используется параметр «критичность ожидания», который рассчитывается как разница между текущим временем и крайним сроком заполнения заявки.

Этап 2. Жадное начальное построение. Для каждого приложения в порядке убывания критичности подходящие специалисты ищут доступное временное окно. Поиск выполняется с использованием модифицированного алгоритма для нахождения наименьшего подходящего временного интервала. В отличие от классического подхода, алгоритм учитывает не только ближайшее доступное время, но и потенциальную возможность «уплотнения» расписания за счет смещения существующих записей в допустимые границы.

Этап 3. Локальная оптимизация. В сгенерированном расписании используется итеративный алгоритм локальных смен: обмен временными интервалами между двумя специалистами, если это улучшает целевую функцию; перенос заявки в течение рабочего дня специалиста на более раннее или более позднее время; объединение близко расположенных приложений с целью сокращения времени простоя.

Этап 4. Балансировка шкал. В зависимости от текущего состояния графика весовые коэффициенты в целевой функции динамически корректируются. Если загруженность специалистов превышает установленный порог (например, девяносто процентов), приоритет смещается в сторону сокращения времени ожидания. Если нагрузка низкая (менее шестидесяти процентов), приоритет отдается ее увеличению.

Экспериментальная оценка. Для проверки эффективности разработанного алгоритма было проведено экспериментальное исследование на синтетических данных, имитирующее работу массажного салона с тремя специалистами и частотой обращений от пяти до двадцати пяти в день. Было проведено сравнение трех подходов: базового алгоритма FCFS; алгоритма, ориентированного только на максимизацию нагрузки (жадный алгоритм с уплотнением); и предложенного комбинированного алгоритма с балансировкой. Результаты экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ эффективности алгоритмов

Интенсивность потока (заявок/день)	Алгоритм	Средняя загрузка, %	Среднее время ожидания, мин
10	FCFS	52,3	18,5
10	Жадный (max load)	78,1	42,7
10	Предложенный	71,4	22,3
20	FCFS	68,7	34,2
20	Жадный (max load)	89,3	78,5
20	Предложенный	82,6	38,9

Анализ результатов показывает, что предложенный комбинированный алгоритм обеспечивает наилучший баланс между показателями. При низкой скорости потока (десять запросов в день) он обеспечивает нагрузку на девятнадцать процентов выше, чем FCFS, в то время как время ожидания увеличивается всего на четыре минуты по сравнению с FCFS и сокращается почти вдвое по сравнению с жадным алгоритмом. При высокой интенсивности (от двух до двенадцати запросов в день) преимущество становится еще более заметным: по сравнению с жадным алгоритмом время ожидания сокращается более чем в два раза (с семидесяти восьми с половиной до тридцати восьми и девяти десятых минут) при незначительном снижении нагрузки (около семи процентов).

Обсуждение результатов. Полученные результаты подтверждают гипотезу о том, что учет обоих критериев в единой целевой функции с возможностью динамического балансирования позволяет находить компромиссные решения, которые на практике оказываются более приемлемыми для владельцев малого бизнеса. Важно отметить, что весовые коэффициенты могут быть скорректированы индивидуально для конкретного бизнеса. Например, для премиума-сегмента, где

качество обслуживания имеет решающее значение, приоритет времени ожидания должен быть выше. На массовом рынке с высокой конкуренцией приоритет может быть отдан максимизации дохода, то есть загрузке.

Дополнительным преимуществом разработанного алгоритма является его вычислительная эффективность. Временная сложность на начальном этапе построения оценивается как произведение количества заявок, количества специалистов и логарифма среднего количества временных окон. Этап локальной оптимизации на каждой итерации имеет сложность, пропорциональную произведению количества операций перемещения на квадрат количества запросов, однако на практике сходимость достигается за пять–десять итераций, что позволяет использовать алгоритм в системах реального времени.

Практическая значимость работы заключается в возможности интеграции разработанных алгоритмов в существующие системы управления малым бизнесом. Предлагаемый подход позволяет автоматизировать процесс планирования, снижая нагрузку на администраторов и повышая удовлетворенность клиентов за счет сокращения времени ожидания.

Вывод. В ходе работы был проведен анализ существующих методов оптимизации расписания, формализована задача сбалансированного планирования в сфере услуг и разработан комбинированный алгоритм, сочетающий жадное первоначальное построение с последующей локальной оптимизацией и динамической балансировкой весовых коэффициентов. Результаты экспериментов подтверждают эффективность предложенного подхода: он позволяет добиться более высокой загрузки специалистов по сравнению с FCFS (в среднем на пятнадцать–двадцать процентов) и значительно сократить время ожидания клиентов по сравнению с алгоритмами, ориентированными только на максимизацию рабочей нагрузки (снижение до пятидесяти процентов при высокой интенсивности потока). Направлениями дальнейших исследований являются адаптация алгоритма для работы с нефиксированной продолжительностью предоставления услуг, интеграция методов прогнозирования спроса и внедрение алгоритмов машинного обучения для автоматической настройки весовых коэффициентов.

Список литературы:

1. Коноплев, В.И. Информационные системы управления предприятием / В.И. Коноплев. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 328 с.
2. Танаев, В.С. Теория расписаний. Групповые технологии / В.С. Танаев, В.А. Гордон, Я.М. Шафранский. – М.: Наука, 2020. – 432 с.
3. Глухов, В.В. Менеджмент: учебник для вузов / В.В. Глухов. – СПб.: Питер, 2019. – 608 с.
4. Смирнов, А.В. Алгоритмы построения расписаний в сервис-ориентированных системах / А.В. Смирнов // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2021. – № 3. – С. 45–58.