

На расстоянии 200–300 метров от остановки будут стоять датчики, которые будут посылать электрокару сигнал о приближающейся остановке, что даст возможность электрокару постепенно уменьшить скорость своего движения. Перед самой остановкой также будет стоять ряд датчиков, посылающих электрокару сигнал остановки.

Для определения количества людей в электромобиль на входе (на дверях) располагаются две пары инфракрасных (ИК) датчиков с номерами 1 и 2. Если пары ИК датчиков будут пересечены в порядке 1–2, то человек вошел в электромобиль, если в порядке 2–1, то человек вышел. Таким образом, можно судить о количестве пассажиров в салоне электромобиля.

Закрытие дверей электромобиля осуществляется при одновременном истечении времени t_{\min} остановки и отсутствия входящих пешеходов в электромобиль от датчиков дверей. Теперь электромобиль готов к движению. Сигнал на начало движения должен поступить с детекторов транспорта, расположенных спереди электрокара.

Система будет гибко реагировать на интенсивность потока пассажиров. Реализовано это будет следующим образом. Если электрокар набирает количество пассажиров выше определенного порога, то он посылает сигнал сзади едущему электрокару о необходимости сократить интервал между рейсами, если же пассажиров меньше определенного порога, сигнал поступает о увеличении интервала между рейсами. Если колебания интенсивности невозможно удовлетворить такими действиями, количество электрокаров на маршруте будет либо увеличиваться, либо уменьшаться.

На протяжении маршрута предусмотрены 2 точки стоянки и зарядки электрокаров. Они будут находиться соответственно возле Национальной библиотеки и возле вокзала. По приезду на место зарядки электрокар будет становиться на зарядку, а вместо него будет выезжать другой электрокар, который простоял на зарядке уже некоторое время. Тем самым маршрут будет иметь 2 точки полной высадки пассажиров.

Данный проект направлен на повышение мобильности и гибкости перевозки пассажиров, а также несет в себе экономические и экологические выгоды.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Врубель, Ю.А. Организация дорожного движения. – Минск, 1996. – Часть 2. – С. 283–287.
2. Шуть, В.Н. Детерминированная модель координированного регулирования движения автотранспорта на магистрали с Т-образными перекрестками / Вестник БНТУ. – 2009. – № 4. – С. 45–48.

УДК 004.051

Гречка А.В.

Научный руководитель: д.т.н. Головкин В.А.

СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ РАСПИСАНИЯ ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ ЦОВ

Система формирования расписания для операторов ЦОВ относится к задачам календарного планирования. Целью решения большинства таких задач является оптимизация выполнения некоторых процессов.

В данном случае речь идет о параметрах функционирования ЦОВ как системы массового обслуживания.

Специфика работы центров обслуживания вызовов в том, что они обрабатывают однотипные вопросы. В таких системах вызовы поступают по входящим линиям и обрабатываются операторами, число которых меньше или равно количеству линий. Если входящий вызов застаёт все линии занятыми, то он отклоняется. Часть вызовов может уйти из очереди, не дождавись обслуживания. Для неуспешных вызовов возможны повторные попытки.

Система формирования расписания включает в себя 2 задачи: составление карты смен, т.е. упорядочивания во времени определенного количества смен с целью оптимизации работы ЦОВ и непосредственного назначения смен операторам.

Справочная служба 109 является круглосуточным сервисом. Карта смен не фиксирована. Время дискретизации начала смен – полчаса. Фиксированными являются ночные и разрывные смены (перерыв равен 4 часа). Расстановка остальных смен является довольно сложной комбинаторной задачей, т.к. необходимо подобрать такую расстановку смен, при которой параметры системы массового обслуживания сводили бы к минимуму среднее время ожидания заявок в сети.

При решении задачи расстановки людей по сменам также необходимо учитывать ряд факторов. Расписание операторов ЦОВ должно удовлетворять положениям трудового кодекса: не больше 35 рабочих часов в неделю, межсменный перерыв не менее 14 часов, ограничения на работу в ночные смены и т.д.

Для решения комбинаторных задач успешно применяются генетические алгоритмы. Но сперва необходимо выяснить, какая именно существует зависимость между картой смен и искомыми параметрами – среднее время ожидания заявок в сети. Т.к. ЦОВ является системой массового обслуживания с накопителем конечной ёмкости (ожиданием и ограничениями), существует нелинейная зависимость между количеством обрабатывающих устройств в единицу времени, интенсивностью входного потока и среднего времени ожидания в сети. Эту зависимость можно описать следующей формулой:

$$L = \beta_0 \frac{(\lambda \bar{T}_{обс})^{K+1}}{K! K \left(1 - \frac{\lambda T_{обс}}{K}\right)^2} \quad (1)$$

- где L – средняя длина очереди в блоке ожидания;
 β_0 – стационарная вероятность того, что в СМО нет заявок;
 $\bar{T}_{обс}$ – среднее время обслуживания;
 K – число каналов;
 λ – интенсивность входного потока.

Подразумевается, что нам известна предполагаемая интенсивность входного потока – количество вызовов в единицу времени. На основании карты смен можно легко вычислить количество обрабатывающих устройств (в данном случае операторов) в единицу времени (см. рис. 1).

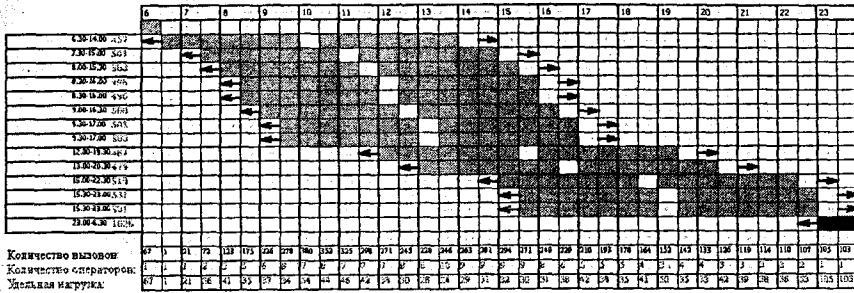


Рисунок 1 – Карта смен на один день

Очевидно, что при использовании формулы (1) неизбежны большие вычислительные затраты и следовательно увеличение времени вычислений. Получить зависимость количества операторов от количества вызовов, при котором время ожидания в сети было бы в рамках допустимого диапазона, можно эмпирическим методом. Проанализируем статистические данные. Так как стоит задача свести к минимуму среднее время ожидания, необходимо выбрать значения количества операторов и количество вызовов в час, при котором среднее время ожидания заявки в очереди находится в пределах заданного диапазона, и выявить функциональную зависимость между этими значениями. Для аппроксимации данных значений можно использовать нейронную сеть, в которой в качестве входного данного будет количество вызовов в час, а выходное значение – требуемое количество операторов в час, чтобы значение среднего времени ожидания было в нужном диапазоне (см. рис. 2).

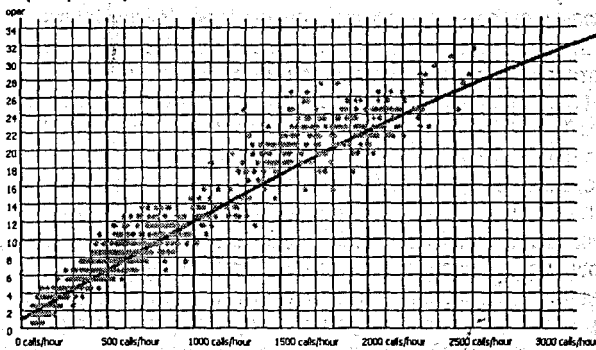


Рисунок 2 – Зависимость количества обрабатывающих узлов (операторов) от нагрузки при среднем времени ожидания заявки в очереди 32–37 сек.

Имея функциональную зависимость, производим перевод одних данных в другие: предполагаемое количество вызовов в количестве операторов. Теперь задача сводится к поиску такого расписания, в котором значение количества операторов, работающих в каждые полчаса приближено к рассчитанному значению.

Для решения этой задачи применяем генетический алгоритм. Особью будет являться карта смен (расписание). Генетический код – массив числовых значений, который однозначно

характеризует данное расписание. Функция приспособленности – дисперсия коэффициентов пропорциональности необходимого и полученного количества операторов.

Полноценное расписание кроме карты смен подразумевает расстановку операторов по сменам. Оптимальное расписание формируется на основании карты смен, информации об операторах и правил. Отдельное внимание стоит уделить так называемым правилам, они играют ключевую роль в формировании расписания. Ими описывается, что представляет из себя оптимальное расписание. Правило – выражение, вычисляющее метрику на основании параметров смены или смен. Выражение состоит из алгебры и переменных. Переменные:

- структура СМЕНА: день, начало, конец, перерыв, длительность, оператор и т.д.;
- структура ОПЕРАТОР: рабочие дни, требуемое количество часов, текущее количество часов, метрика и т.д.;
- текущий день – номер, день недели;
- текущий оператор и т.д.

В массиве смен указание элемента по абсолютному индексу (день) и по относительному (0 - сегодня, -1 - вчера). У каждого оператора свой массив смен. Если смена в данный день отсутствует, храним специальную смену «выходной». Набор правил суммирует метрики для данной смены. Для каждой смены оператора применяем набор правил и суммируем метрики, нормализуем суммарные метрики, т.е. делим на количество часов оператора. Строим такое расписание, которое обладает минимальной дисперсией и минимальной суммой метрик.

Решение такой задачи можно разделить на 2 этапа: расстановку операторов по дням и расстановку операторов по сменам.

1 этап: расстановка людей по дням, т.е. просто определить какие операторы в какие дни будут работать, не указывая конкретные смены. На этом этапе учитываем только правила, в которых не указаны конкретные параметры смены. Ниже приведены примеры правил:

1) $1000 * (\text{hasWeekend} == 0)$ – если у оператора отсутствует хотя бы одна пара выходных суббота, воскресенье, увеличиваем метрику на 1000.

2) $10000 * ((\text{shift}[0].\text{isDayOff} + \text{shift}[-1].\text{isDayOff} + \text{shift}[2].\text{isDayOff} + \text{shift}[-3].\text{isDayOff} + \text{shift}[-4].\text{isDayOff} + \text{shift}[-5].\text{isDayOff}) == 0)$

– если у оператора шесть подряд рабочих дней, увеличиваем метрику на 10000.

3) $1000 * (\text{shift}[0].\text{isNightShift} * (\text{shift}[2].\text{isDayOff} != 1))$

– если у оператора после ночной смены сразу рабочий день, увеличиваем метрику на 10000.

Для того, чтобы начать процесс оптимизации, т.е. минимизации суммы и дисперсии метрик, необходимо сформировать первоначальную расстановку по дням, без учета правил. Иначе можно сказать, формируем бинарную матрицу M с ограничениями размером $n * m$, где n – количество дней в месяце, m – количество операторов. $M_{ij} = 1$ обозначает, что у i -того оператора есть смена в день j . Ограничениями являются – сумма единиц в строке (количество смен в месяц у оператора), сумма единиц в столбце (количество смен в день), маска отпусков (элементы матрицы, которые не могут принимать единичные значения), маска фиксированных смен (смены, заданные пользователем – элементы матрицы, которые не могут принимать нулевое значение), предполагаемые ночные смены (на этом этапе подразумевается, что ночная смена занимает 2 дня) и др. Сам процесс оптимизации основан на заменах рабочих смен операторов, т.е. меняем операторов местами, если это возможно. Замена возможна, если она не меняет заданные параметры матрицы. Примеры таких замен на рисунке 3.

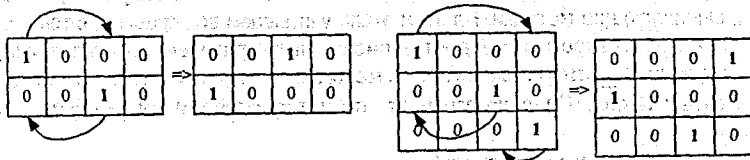


Рисунок 3 – Замена смен

Для того, чтобы ускорить алгоритм поиска оптимальной расстановки по дням подобными заменами, находим для каждого оператора смену (смены) – факторы метрик, т.е. смены, которые максимально влияют на метрику. И подобными свопами (см. рис. 3) меняем ее. Результаты работы алгоритма представлены на рисунках 4, 5.

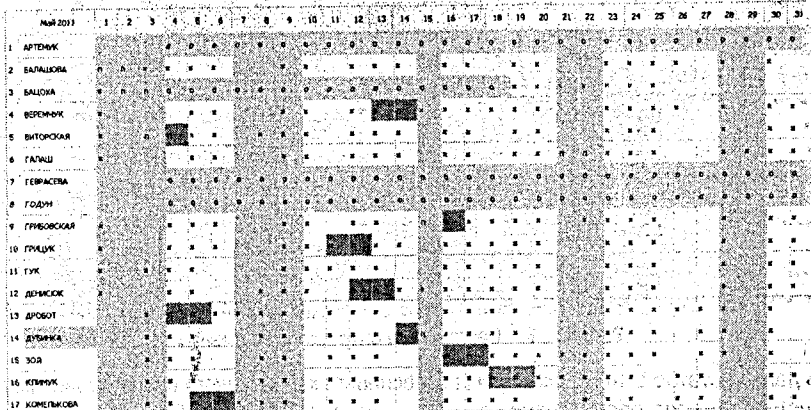


Рисунок 4 – Первоначальная расстановка операторов по дням

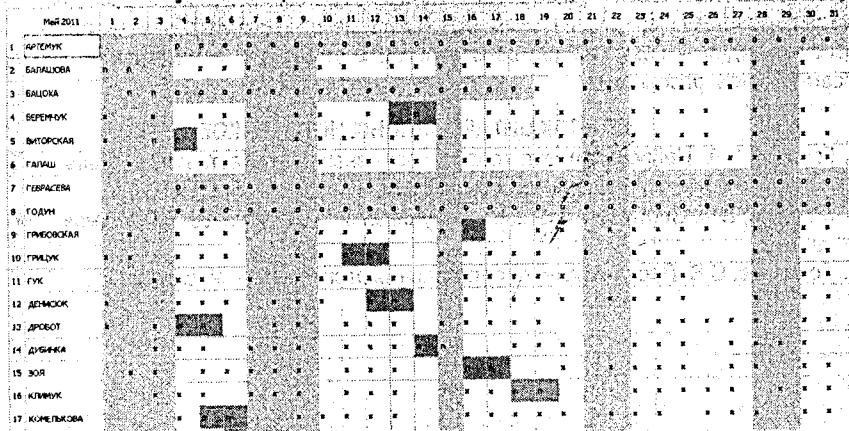


Рисунок 5 – Расстановка операторов по дням, после оптимизации

2 этап: расстановка операторов по сменам. Аналогично первому этапу применяем правила, вычисляющие метрики. На этом этапе учитываем все правила, в том числе те, в которых указаны конкретные параметры смены. Ниже приведен пример правила. $1000 * (\text{текущий_опер. смена} [0] \cdot \text{начало} - \text{текущий_опер. смена} [-1] \cdot \text{конец} < 14)$. Правило означает, что между сменами должно быть не менее 14 часов.

Результаты приведены на рисунке 6.

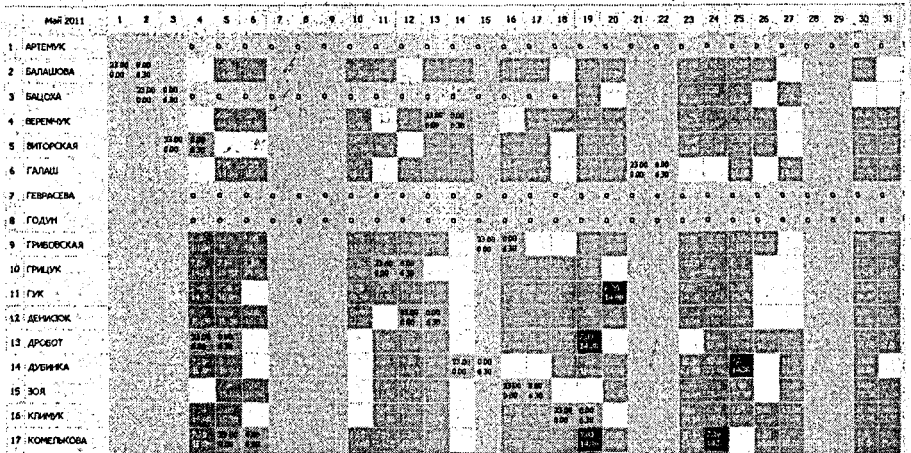


Рисунок 6 – Расстановка операторов по сменам

В данной статье были рассмотрены особенности календарного планирования работы операторов центра обслуживания вызовов справочной службы 109 Брестского филиала РУП «Белтелеком». Были рассмотрены методы решения задач теории расписаний для создания системы автоматического формирования расписания для операторов ЦОВ. Основная идея – создание интеллектуальной системы для автоматизации процесса формирования расписания.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Головкин, В.А. Нейроинтеллект: теория и применение. – Брест, 1999. – Книга 1. Организация и обучение нейронных сетей с прямыми и обратными связями.
2. Матвеев, В.Ф. Системы массового обслуживания / В.Ф. Матвеев, В.Г. Ушаков. – Москва, 1999.
3. Родионов, С.В. Проектирование оптимальных расписаний. – Москва, 2002.