

иначе перемещаем на другую строку, пока не пройдем с текущим элементом  $(i, j)$  все строки в столбце  $j$ .

5. Решение задачи заканчивается, если нет лучших вариантов для перемещения, иначе переходим к п.2.

Легко заметить, что алгоритм можно выполнять не только сначала по столбцам, а потом по строкам, но и наоборот.

В общем случае при полном переборе всех возможных вариантов может быть  $(n!)^2$ .

**Доказательство.** Имеется  $n$  элементов плана, конкретный элемент может занять  $n^2$  возможных положений. Воспользуемся известным правилом комбинаторики – правилом произведения. Поэтому

$$\underbrace{n^2(n-1)^2(n-2)^2(n-3)^2 \dots 1}_{n \text{ множителей}} = (n(n-1)(n-2)(n-3) \dots 1)(n(n-1)(n-2)(n-3) \dots 1) = (n!)^2. \quad (1)$$

Для оценки алгоритмов используем такие критерии: трудоемкость и объем памяти, характеристики которых представлены в табл.4.

Таблица 4 Сравнительный анализ алгоритмов решения задачи о назначении

Наименование алгоритма	Трудоёмкость	Память
Венгерский алгоритм	$\sim (n/2)^3$	$\sim n^2$
Дельта-метод	$\sim (n^2/4)$	$\sim n^2$
Метод потенциалов	$\sim (n^2 + 2n)$	$\sim n^2$
Алгоритм рычага	$\sim ((n^2 - n)/4)$	$\sim n^2$

При оценке алгоритмов по взаимоисключающим критериям очевидным является то, что проигрывая в одном, можно выиграть в другом и наоборот.

### Литература

- Новиков Ф. А., Дискретная математика для программистов. - СПб.: Питер, 2000.–304 с.:ил.
- Кристофидес Н., "Теория графов. Алгоритмический подход". - М.: Мир, 1978.
- Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. - М.: Мир, 1985.
- Гэри М., Джонсон Д., "Вычислительные машины и труднорешаемые задачи" :пер. с англ. – М.:Мир, 1982. – 416 с; ил.

## НОВЫЙ МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ РАСХОДОВ НА УСЛУГИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Родич М. Б., БГЭУ, Минск

На данный момент три оператора сотовой связи, работающие в стандартах GSM и cdma2000, предлагают в общей сложности 22 тарифных плана (ТП). Разобраться в том, какой из них (или их комбинация) самый выгодный, нелегко. Поэтому предпринимаются попытки помочь потребителю определиться с оптимальным для него тарифным планом. Однако всем им присущ анализ только частного случая: просчитываются расходы по каждому тарифному плану и выбирается тот, на котором расходы минимальны.

Впервые предлагается решение данной задачи в общем случае. Графическая модель дает представление об изменении оптимального плана при изменении исходных параметров. При этом самих исходных параметров вводить не нужно, так как модель наглядно ото-

бражает все возможные их комбинации. В качестве таких исходных параметров берутся: 1) ежемесячная сумма расходов; 2) доля разговоров внутри сети в общей длительности разговоров. В качестве дополнительных параметров учитывается соотношение между направлениями трафика – на фиксированную сеть и на других сотовых операторов, а также доля звонков на «Любимый номер» в общей длительности разговоров внутри сети. Количество дополнительных параметров в модели, в принципе, не ограничено.

Суть предлагаемого подхода заключается в том, чтобы найти такие сочетания исходных параметров, при которых абонент платит одинаковую сумму в месяц, будучи подключенным на любом из двух конкурирующих тарифных планов. Например, для ТП «Оптима+10» и «Джинс-Классик» эти точки находятся по следующим условиям:

$$\begin{cases} A_{+10} + T_{MTC}^{+10} \cdot MTC + T_{др}^{+10} \cdot Др = A_{Джс} + T_{MTC}^{Джс} \cdot MTC + T_{др}^{Джс} \cdot Др, \\ MTC = (MTC + Др) \cdot \% MTC / 100\%. \end{cases}$$

Откуда после равносильных преобразований находим:

$$\begin{cases} A_{+10} - A_{Джс} = MTC \cdot (T_{MTC}^{Джс} - T_{MTC}^{+10}) + Др \cdot (T_{др}^{Джс} - T_{др}^{+10}), \\ MTC = Др \cdot \frac{\% MTC}{100\% - \% MTC}. \end{cases}$$

Здесь:

- +10 – ТП «Оптима+10»; Джс – ТП «Джинс-Классик», А – абонентская плата;
- Т<sub>мтс</sub> – средневзвешенный тариф на исходящие внутрисетевые звонки;
- Т<sub>др</sub> – средневзвешенный тариф на исходящие звонки за пределы сети;
- МТС – количество исходящих минут внутри сети;
- Др – количество исходящих минут за пределы сети.

Данная простая система линейных уравнений с двумя неизвестными имеет бесконечное множество решений. Это множество можно представить в виде линии на графике. В экономике такие линии известны как кривые безразличия. Построив кривые безразличия для каждой пары конкурирующих тарифов данного оператора, мы получим карту оптимальности. Вся карта разделится на зоны, в каждой из которых оптимален только один тарифный план из предлагаемых оператором. Для каждого оператора (МТС, VELCOM и Dialog) составляется отдельная карта оптимальности (рис. 1 – рис. 3).

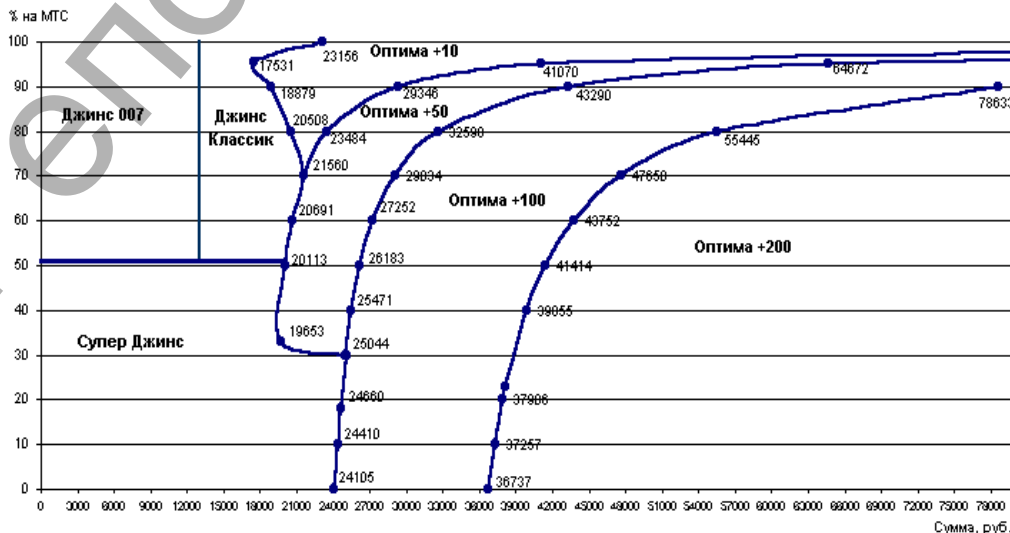


Рис. 1 Карта оптимальности тарифных планов МТС

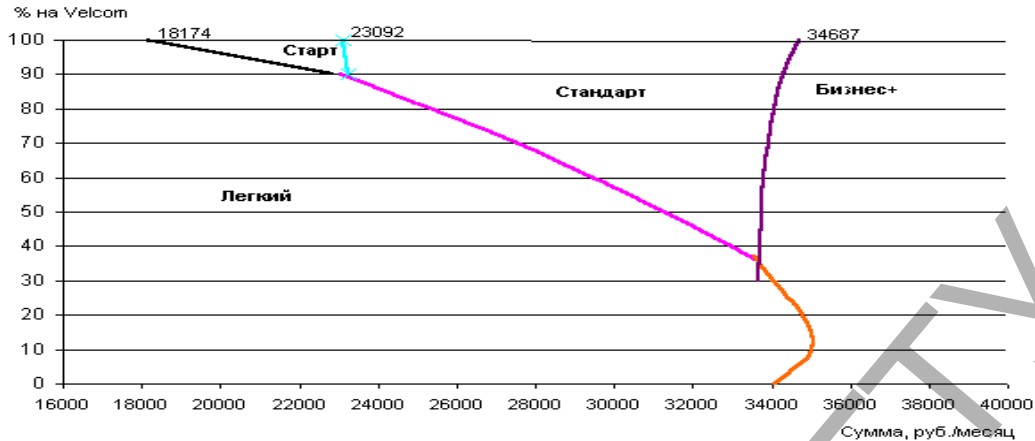


Рис.2 Карта оптимальности тарифных планов VELCOM

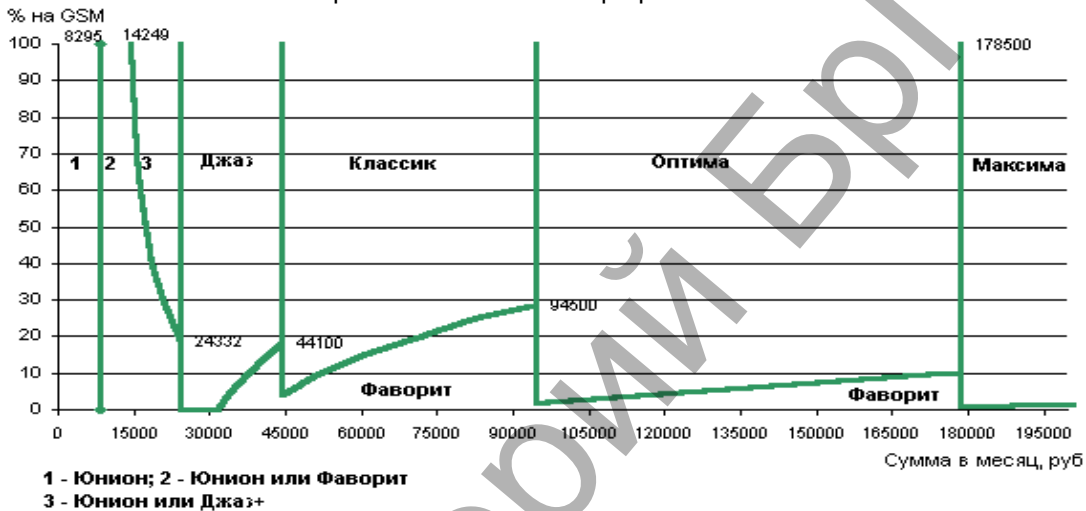


Рис.3 Карта оптимальности тарифных планов Dialog

Актуальной задачей является сравнение операторов GSM между собой. Точки на пограничной кривой (рис. 4) означают одинаковую стоимость услуг МТС и VELCOM. Данный график предусматривает, что объем звонков на фиксированную сеть равен 0, но модель позволяет учесть и это направление при условии, что количество минут для него будет указываться отдельно как константа.

Наконец, представляет интерес проблема оптимальности двойственного подключения, когда абонент одновременно обслуживается в двух сетях. Наиболее востребован случай для операторов МТС и VELCOM. Задача решается построением модели промежуточных выигрышей (проигрышей) в стоимости исходящего трафика на сеть каждого оператора. Сравнив промежуточные выигрыши получим итоговый выигрыш. Вывод заключается в том, что при трафике на VELCOM до 213 мин. выигрыш от подключения к сети VELCOM незначителен, отсутствует или даже наблюдается проигрыш. Так что двойственное подключение (МТС и VELCOM) имеет смысл только при трафике на VELCOM свыше 213 мин. в месяц.

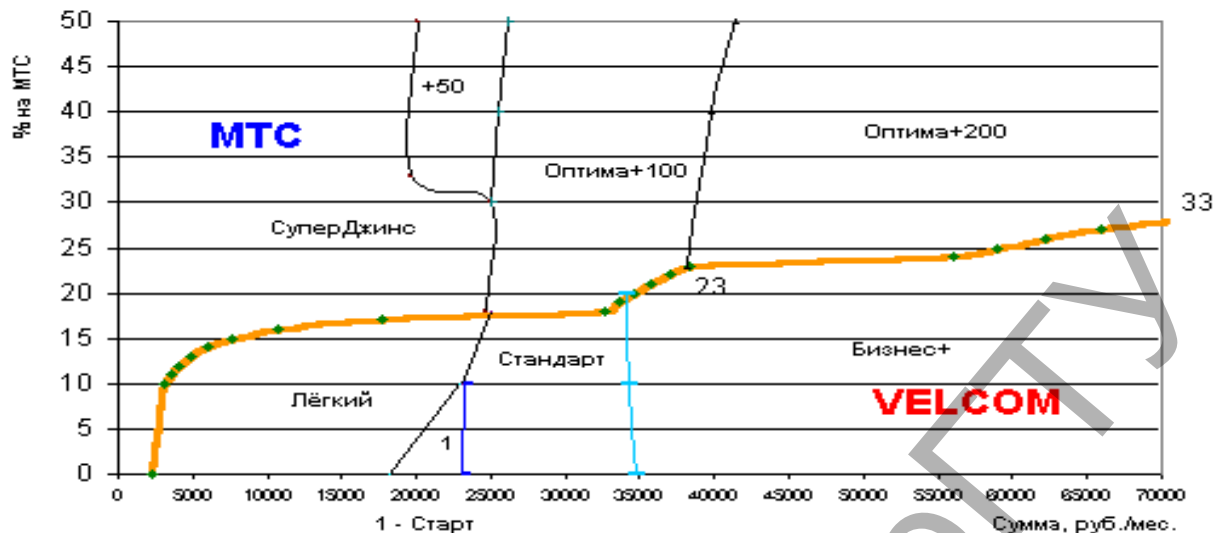


Рис. 4 Выбор между MTC и VELCOM

Несколько слов о недостатках модели. Учитывается распределение звонков по направлениям, но не учитываются различия в интервалах тарификации (частично компенсируется за счет различной продолжительности разговоров) и времени совершения звонков. Исправление этих недостатков потребует введения двух дополнительных исходных параметров: распределение количества исходящих звонков по длительности соединения (или средняя длительность исходящего соединения) и распределение длительности исходящих звонков по времени их совершения (рабочее время, нерабочее время, ночь).

Сегодня аналогов подобной модели не существует. Визуализация процесса оптимизации для общего случая выгодно отличает модель от имеющихся калькуляторов тарифов, не дающих наглядного представления о влиянии исходных параметров на результат оптимизации.

## К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТОВ МАТЕРИАЛЬНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТОКОВ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА ШТУЧНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КУРСОВОМ И ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

*Сидоренко Ю.В., Самарский государственный архитектурно-строительный университет, Самара, Россия*

В системном плане строительно-технологическая производственная система (СТПС):

- может быть разделена на подсистемы, которые, в свою очередь, подразделяются на подсистемы более низкого уровня иерархии;
- взаимодействует с внешней средой через входные, выходные, управляющие параметры;
- имеет совокупность целевых функций (как для всей системы в целом, так и для отдельных ее подсистем).

Сложность изучения СТПС связана с многообразием параметров и сложностью их взаимодействия, работой отдельных агрегатов в различных режимах, наличием в системе обратных связей; материальные потоки в системе являются многокомпонентными и представляют собой сложные гетерогенные процессы, в которых происходят химические реакции, фазовые переходы и т.п. Кроме того, сказывается влияние возмущений,