

Для упрощения расчетов будем полагать что  $\Delta_0 = \Delta$ ,  $h_{\Sigma}(nT) = h_{\Sigma_j}(nT)$ . Тогда величина собственного шума определяется как

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \frac{\Delta^2}{12} (K+1) \sum_{n=0}^{K-1} h_{\Sigma}^2(nT) = \\ &= \frac{\Delta_0^2}{12} (K+1) \sum_{n=0}^{K-1} (c^n - c^{n-1})^2. \end{aligned} \quad (9)$$

Но

$$\sum_{n=0}^{K-1} (c^n - c^{n-1})^2 = \sum_{n=0}^{K-1} c^{2n} \left(1 - \frac{1}{c}\right)^2 = \left(1 - \frac{1}{c}\right)^2 \cdot \frac{c^{2K} - 1}{c^2 - 1}.$$

Тогда общая формула расчета величины собственного шума при указанных выше ограничениях будет равна

$$\sigma^2 = \frac{\Delta_0^2}{12} (K+1) \cdot \left(1 - \frac{1}{c}\right)^2 \cdot \frac{c^{2K} - 1}{c^2 - 1}. \quad (10)$$

Таким образом, синтезирован инвариантный асимметричный эхо-компенсатор и найдено аналитическое выражение для расчета собственных шумов.

Синтезированный алгоритм может быть широко применен в телекоммуникационном оборудовании для борьбы с эхо-сигналом.

S. S. Abramov, E. V. Kulyasov, E. V. Malinkin, V. B. Malinkin, V. I. Panarin

## INVARIANT METHOD WITH ASYMMETRIC STRUCTURE OF THE ECHO-COMPENSATOR BUILDING

*The structure of the invariant echo-compensator of the second order with the defensive temporary interval is synthesized. The elements to control such a echo-compensator and calculation of the main technical features are given.*

*Keywords: echo-compensator, parameters modeling, invariant.*

УДК 621.3.063.8 (07)

М. Н. Петров, Д. Г. Михайлов

## АНАЛИЗ НАГРУЗКИ НА СОТОВОЙ СЕТИ СТАНДАРТА GSM В г. КРАСНОЯРСКЕ

*Современное развитие систем телекоммуникации характеризуется переходом на мобильные системы сотовой связи. В г. Красноярске такие системы появились недавно. Услуги сотовой связи представляют компании «ЕТК», «МТС», «Мегафон», «Билайн». Число абонентских номеров значительно превысило число стационарных. Мобильные системы имеют ряд особенностей в отличие от систем стационарных, поэтому результаты теории телетрафика не могут быть в полной мере применены к анализу, проектированию и расчету мобильных систем. Для учета специфических особенностей необходимо проводить анализ статистических данных для выяснения закономерностей изменения нагрузки.*

*Ключевые слова: сотовая, сеть, нагрузка, потери, обслуживание.*

Для повышения эффективности работы сотовой сети необходимо постоянно анализировать интенсивность нагрузки. По результатам анализа должны вноситься коррективы в топологию построения сети с целью адаптации под условия эксплуатации.

Нагрузка, поступающая от абонентов – это основной параметр при работе сети сотовой связи. Данный параметр определяет, в каком объеме необходимо устанавливать ком-

мутационное оборудование (а также линейное и управляющее). Статистическое изучение количества занятых телефонных каналов и направлений на этапе эксплуатации дает возможность определить перспективы по загрузке коммутатора исходящим и входящим трафиком, и, делая из этого выводы, принимать решения о наращивании номерной емкости.

Уменьшение качества и скорости передачи в сотовой сети обусловлено, в основном, двумя факторами:

### Библиографический список

1. Левин, Д. Н. Инвариантный эхо-компенсатор с защитным временным интервалом / Д. Н. Левин, В. Б. Малинкин, С. С. Абрамов // Электросвязь. 2008. № 2. С. 48–49.
2. Малинкин, В. Б. Инвариантный эхо-компенсатор без защитного временного интервала и его характеристики / В. Б. Малинкин, С. С. Абрамов, Д. Н. Левин // Научный вестник НГТУ. 2007. № 2. С. 25–29.
3. Малинкин, В. Б. Инвариантные компенсаторы помех / В. Б. Малинкин, Д. Н. Левин, С. С. Абрамов. Красноярск, 2006.
4. Гольдберг, Л. М. Цифровая обработка сигналов / Л. М. Гольдберг, Б. Д. Матюшкин, М. Н. Поляк. М.: Радио и связь, 1990.
5. Малинкин, В. Б. Повышение помехоустойчивости модифицированных фильтров Калмана в относительных компенсационных методах: дис. ... д-ра техн. наук / В. Б. Малинкин. Омск, 2003.

– недостаточностью производственных мощностей, способных обеспечить передачу поступающих объемов сообщений;

– несоответствием уровня производственной мощности в различные периоды времени уровню поступающей нагрузки вследствие ее неравномерности.

Следовательно, коммутационный узел должен располагать запасом мощности для обслуживания телефонных разговоров в час наибольшей нагрузки (ЧНН), так как ее поступление не является равномерным.

Интенсивность нагрузки коммутационных систем и сетей связи, измеренная 15-минутным или получасовым интервалом, обладает резко выраженной нестационарностью. Она меняется по месяцам года, дням недели и часам суток. Особенно значительны изменения интенсивности нагрузки в пределах суток. Обусловлено это нестационарностью поступающего потока вызовов. Средняя длительность обслуживания одного вызова имеет более стабильный характер и менее подвержена колебаниям.

Неравномерность нагрузки по часам суток и дням недели обусловлена режимом деловой и культурной жизни людей, временем работы госпредприятий, учреждений и организаций, ритмом городской жизни (начало и конец рабочего дня, время обеденного перерыва), программами телевидения (во время трансляции праздничных концертов, кинофильмов и спортивных соревнований нагрузка обычно снижается, часто довольно заметно, и резко повышается по окончании передачи), днями недели и числами месяца (обычно в конце месяца нагрузка несколько выше, чем в начале), а также различными факторами, присущими предприятиям связи, различием поясного времени, изменением потоков обмена по отдельным направлениям и мн. др.

Практически эта работа ведется на всех крупных узлах связи, однако на средних и небольших узлах этими вопросами занимаются недостаточно, что наносит существенный ущерб качеству и ведет к непроизводительным затратам трудовых ресурсов.

Базовая станция № 1

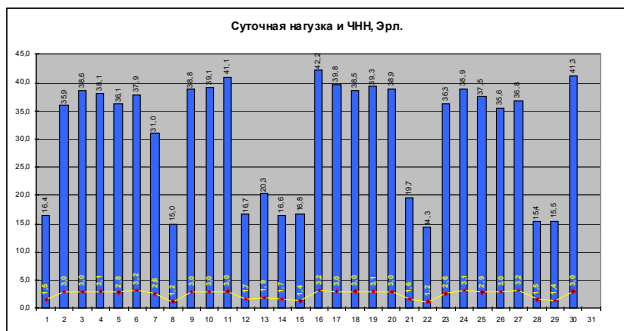


Рис. 1. Изменение нагрузки за сутки в диапазоне 900 МГц, сектор 1

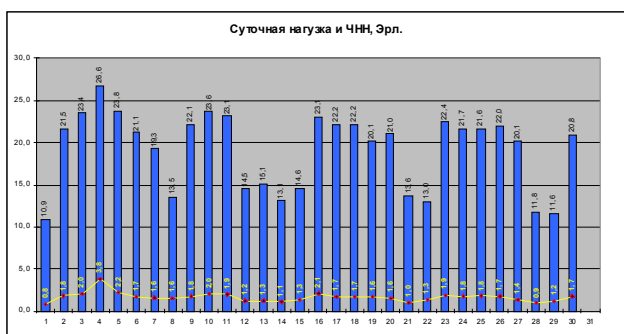


Рис. 2. Изменение нагрузки за сутки в диапазоне 900 МГц, сектор 2

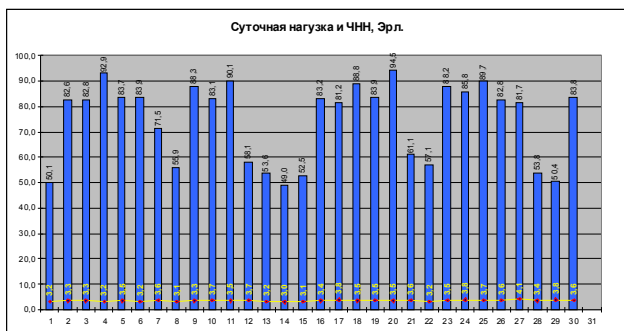


Рис. 3. Изменение нагрузки за сутки в диапазоне 900 МГц, сектор 3

Базовая станция № 2

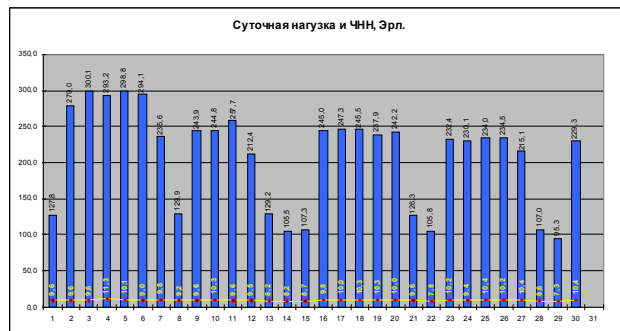


Рис. 4. Изменение нагрузки за сутки в диапазоне 900 МГц, сектор 1

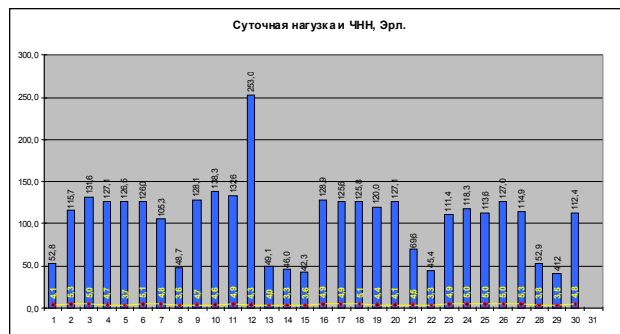


Рис. 5. Изменение нагрузки за сутки в диапазоне 900 МГц, сектор 2

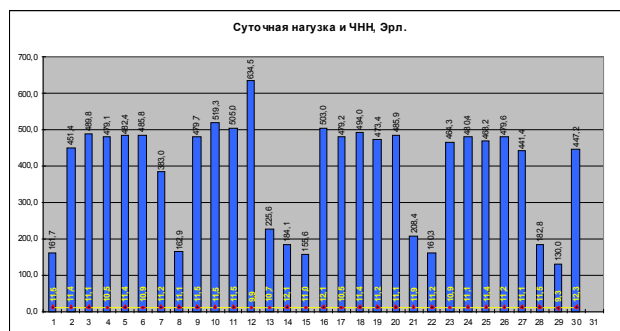


Рис. 6. Изменение нагрузки за сутки в диапазоне 900 МГц, сектор 3

Рассмотрим графики месячного распределения интенсивности нагрузок в Эрлангах (Эрл.), по up-link и down-link на примере двухдиапазонных трехсекторных базовых станций. Результаты за период с 1 июня по 30 июня 2008 г. представлены на рис. 1–12.

Базовая станция № 2 находится в центральном районе города. В данном случае она обеспечивает покрытие в основном коммерческим предприятиям. Базовая станция № 1 расположена ближе к спальному району г. Красноярска, интенсивность нагрузки заметно слабее, чем на БС № 2. Интенсивность входящей и исходящей нагрузки в различные дни месяца неодинакова, причем кроме случайных колебаний имеют место и регулярные колебания. Из графиков видно, что максимальные значения нагрузки приходятся на рабочие дни недели, на пятницу – спад нагрузки, в субботу и воскресенье – минимальные значения. Вполне оправдан спад нагрузки в период с 12 по 15 июня, так как отмечались празднования Дня Независимости Российской Федерации. Стоит обратить внимание на то, что 12 июня, БС № 2 была загружена. Это обус-

ловлено миграцией населения с окраин в центр города на празднования.

Диапазон 900 МГц недогружен (рис. 1–6). Максимальное значение ЧНН для сектора 1 – 900 МГц на БС № 1 – 94,5 Эрл. (20 июня, пятница). Максимальное значение ЧНН для сектора 1 – 900 МГц на БС № 2 – 634,5 Эрл. (12 июня, четверг). Минимальное значение ЧНН для сектора 2 – 900 МГц на БС № 1 – 10,9 Эрл. (1 июня, воскресенье). Минимальное значение ЧНН для сектора 2 – 900 МГц на БС № 2 – 41,2 Эрл.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: анализ нагрузки на базовых станциях сотовой сети показал, что базовая станция вторая загружена в шесть раз больше, чем первая; при высокой загрузке базовой станции большие потери вызовов абонентов; анализ нагрузки необходим для корректировки места расположения базовых станций, с целью создания оптимальных режимов работы абонентов и снижения потерь вызовов.

M. N. Petrov, D. G. Mikhailov

## ANALYSIS OF LOAD ON THE CELLULAR NETWORKS OF STANDARD GSM IN KRASNOYARSK

*The systems of this kind came not long ago and some companies such as «ETK», «MTS», «Megafon», «Beeline» conduct service. The customer number has sizably exceeded the stationary number. Cellular systems have some features in contrast to stationary. That is why the teletraffic results can be used for analysis, design and calculation of cellular systems. It is necessary to carry out statistics analysis for showing up the regularities of modification capacity taking into account the peculiarities.*

*Keywords: the cellular, network, loading, losses, service.*

УДК 519.876

И. М. Митасов, А. Н. Завьялкин

## МЕТОД ПОЛНОГО ПЕРЕБОРА В ЗАДАЧЕ МНОГОФАКТОРНОГО РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

*Рассматривается задача последовательного усложнения многофакторной регрессионной модели с полным перебором всех возможных сочетаний факторов при заданном их количестве. Предлагается программно реализуемый алгоритм полного перебора, для построения наилучшей модели при фиксированном количестве факторов, что позволяет выбрать по известным критериям значимости оптимальную модель из множества наилучших моделей для различного количества факторов.*

*Ключевые слова: алгоритм, факторы, модель, выборка, оптимальная.*

Важной проблемой многофакторного регрессионного анализа является выбор наиболее значимых факторов и построение модели, определяющей значения моделируемого показателя в зависимости от значений этих факторов.

Проблема состоит в выборе количества факторов и состава факторов при заданном количестве.

Обычно рассматривается полный перебор для двух

факторов, а затем дополнение полученных выборок факторов с помощью различных алгоритмов сокращенного перебора.

В работе предлагается метод решения указанной проблемы на основе программно реализуемого алгоритма полного перебора выборок факторов произвольной длины.

**1. Постановка задачи.** Линейная многофакторная модель регрессионного анализа имеет следующий вид: