

Введение

При современном темпе развития сетей связи на первый план выходит проблема оптимального управления сетью. Наиболее перспективным способом управления телефонной сетью на сегодняшний день является организация сети ОКС №7. Организация управления требует бесперебойной работы сети ОКС №7, для чего необходимы данные о нагрузке и прогнозы её изменения. Было замечено, что трафику различных сетей с пакетной коммутацией, каковой является и сеть ОКС №7, присуще свойство самоподобия [1]. Целью данной работы является попытка доказательства присутствия свойства самоподобия у трафика ОКС №7 и построение прогноза на основе собранных статистических данных о нагрузке.

Самоподобие трафика ОКС №7

Анализируются данные собранные на звене ОКС №7, соединяющим опорно-транзитный пункт связи (ОПТС) и автоматическую междугороднюю станцию (АМТС). В дальнейшем будем называть эти данные исходным процессом. Значения последовательности были получены путём суммирования количества значащих сигнальных единиц за каждые 15 минут в течении 45 суток.

Процесс X называется асимптотически самоподобным [1], если для достаточно больших k :

$$\text{дисперсия: } V[X^{(m)}] = \frac{V[X]}{m^\beta} \quad (1)$$

$$\text{автокорреляция: } R(k, X^{(m)}) \rightarrow R(k, X) \quad (2)$$

при $m \rightarrow \infty$.

В выражениях (1) и (2) процесс $X^{(m)}$ получен усреднением исходного процесса по неперекрывающимся блокам размера m . Число k будем называть лагом автокорреляции.

Самоподобный процесс отличается тем, что у него присутствует медленно убывающая зависимость (МУЗ) [2]. Считается, что процесс обладает МУЗ, если справедливо выражение:

$$R(k) \rightarrow ck^{-\beta}, \text{ где } c > 0, \text{ а } k \rightarrow \infty$$

Зависимость между элементами ряда легко проследить по графику автокорреляции исходного процесса, построенному на рисунке 1.

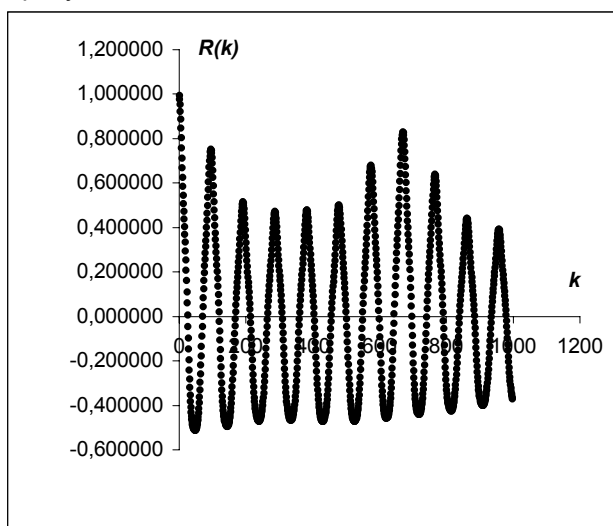
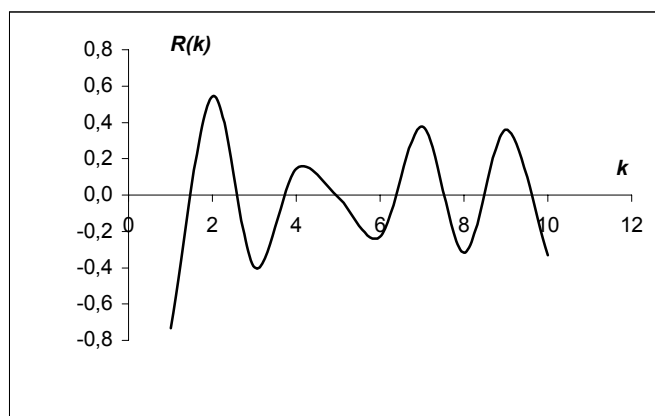


Рис. 1 Значения автокорреляции исходного ряда

Несмотря на колебательный характер графика, который обусловлен свойством исходной последовательности, можно сделать вывод, что связь между первыми элементами ряда и последними, которые отстоят от них примерно на 10 суток, довольно сильная и убывает незначительно. Присутствие МУЗ у процесса косвенно может говорить о самоподобии. Другим свойством самоподобного процесса является то, что процесс, усреднённый по блокам размера m , имеет невырожденную автокорреляцию, при $m \rightarrow \infty$. Рисунок 2 даёт график автокорреляции усреднённого исходного процесса с блоком усреднения $m = 300$, что составляет примерно 3 суток.

Рис. 2 Значения автокорреляции усреднённого ряда с $m=300$

Автокорреляция усреднённого процесса так же убывает незначительно. Это позволяет сделать предположение, что зависимость между величинами ряда убывает медленно, гораздо медленней экспоненциального убывания. Ещё одной характеристикой самоподобия является параметр Хёрста H . Это эмпирический коэффициент, который связан с условиями самоподобия (1) и (2) соотношением:

$$H = 1 - \frac{|\beta|}{2}$$

Его можно определить с помощью графика зависимости логарифма дисперсии процесса, усреднённого по блокам размера m , от величины m .

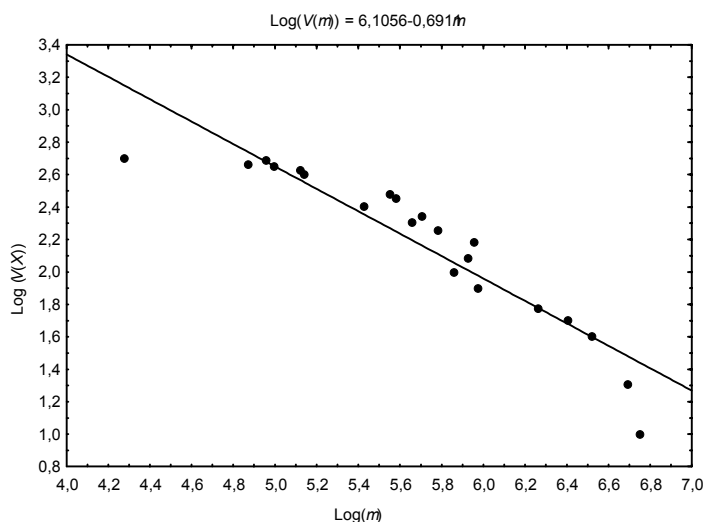


Рис. 3 График зависимости дисперсии усреднённого процесса от размера интервала усреднения

Сплошная прямая соответствует параметру Хёрста $H = 0,66$. Значение H из интервала $0,5 < H < 1$ говорит о том, что анализируемый процесс может обладать свойством самоподобия, и чем ближе H к 1, тем больше степень самоподобия.

Несмотря на присутствие у исходного процесса свойств, говорящих о его самоподобии, условия (1) и (2) для него не выполняются. Возможно, это обусловлено довольно сильными периодическими изменениями значений исходного ряда, что мешает отследить сходимость его значений, к значениям усреднённого ряда.

Результаты прогнозирования

Предположение о самоподобии позволило применить для прогнозирования значений ряда метод авторегрессионного проинтегрированного скользящего среднего (АРПСС) [3]. На рисунке 4 приведены результаты построения прогноза.

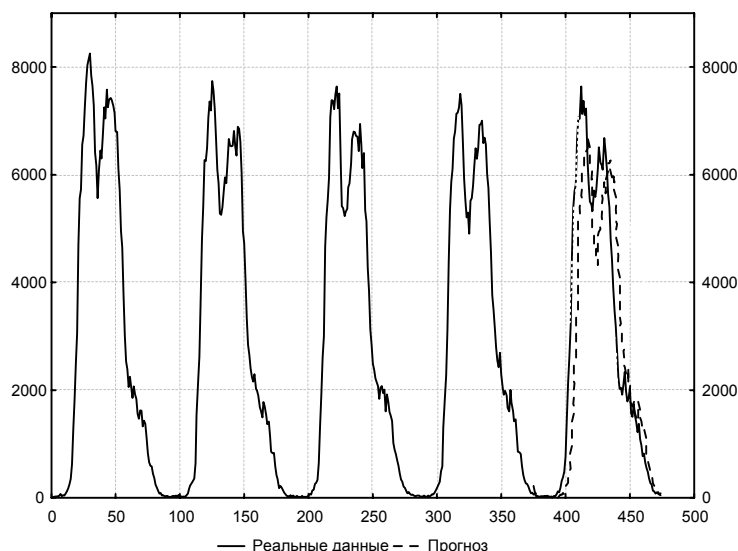


Рис. 4 Результаты прогнозирования

Сплошной линией показаны данные, собранные за неделю. Пунктиром показаны результаты прогноза, основанные на данных за первые 4 дня и наложенные на реальные данные. Для построения прогноза была применена модель АРПСС $(0,0,1)(1,0,1)$, то есть модель имеющая 0 параметров авторегрессии, 1 параметр скользящего среднего и по одному параметру сезонной авторегрессии и сезонного скользящего среднего.

Выводы

При анализе имеющихся данных о нагрузке сети ОКС №7 не удалось показать выполнение условий (1) и (2). Несмотря на это, анализируемая последовательность обладает медленно убывающей зависимостью а так же признаками, свойственными самоподобному процессу.

Результаты моделирования довольно близки к исходному процессу. Модель АРПСС $(0,0,1)(1,0,1)$ позволяет сделать прогноз нагрузки звена ОКС №7 с удовлетворительной точностью.

Литература

1. Adrian Popescu Traffic Self-Similarity. – University of Karlskrona/Ronnerby, Department of Telecommunications and Signal Processing
2. Цыбаков Б.С. Модель телетрафика на основе самоподобного случайного процесса. – Радиотехника №5, 1999
3. Дж. Бокс, Г. Дженкинс. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Выпуск 1. – «Мир», Москва 1974.
4. Anibal D. Angulo Miranda Alessandro Anzaloni LAN/WAN Traffic Modelling – SCI 2001
5. G. Babic, B. Vandalore, R. Jain Analysis and modeling of traffic in modern data communication networks. – Ohio State University, Department of Computer and information Science, 1998