

УДК 004.738.52:004.031

**В. И. САЕНКО**, канд. техн. наук, проф., Харьковский национальный университет радиоэлектроники;

**А. И. ГРИЦЕНКО**, аспирант, Харьковский национальный университет радиоэлектроники

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ НАБЛЮДАЕМЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Рассматриваются вопросы теории, методологии и практики мониторинга компьютерных сетей. Акцент сделан на описании характеристик наблюдаемых процессов, обобщаемых в виде информационных моделей. В основе работы лежит идея априорной определенности наблюдаемых процессов, для которых можно сформировать значения некоторых характеристик практически без проведения измерений. В рамках технологии WMI рассмотрен пример оценивания разработанных информационных моделей. Табл.: 3. Из.: 4. Библиогр.: 12 назв.

**Ключевые слова:** компьютерная сеть, мониторинг, WMI, CIM, аппроксимация, случайный процесс, информационная модель

**Введение.** Процесс мониторинга компьютерных сетей неизбежно связан с накоплением данных, соответствующих результатам наблюдений за определенными переменными  $v_i \in V$ , где  $V$  – все множество наблюдаемых переменных. В итоге, для каждой переменной можно получить представление в виде процесса  $\varphi_i(t)$ . В ряде задач мониторинга компьютерных сетей требуется аппроксимация  $\varphi_i(t)$  [1, 2]. Для этого строится соответствующая аппроксимирующая модель  $f_i(t)$ . Построение  $f_i(t)$  состоит из этапов структурной и параметрической идентификации, для которых важна информация о поведении  $\varphi_i(t)$ . От точности, адекватности, экономичности и универсальности  $f_i(t)$  зависит эффективность решения задачи аппроксимации, а следовательно, и задачи мониторинга компьютерной сети в целом.

Наблюдаемые процессы в компьютерных сетях можно рассматривать как случайные процессы с различным характером поведения. Соответственно для их аппроксимации необходимо применять статистический подход. Основная сложность аппроксимации заключается в том, что все процедуры выбора структуры модели основываются на экспертной оценке. В зависимости от исходных условий, эксперт либо выбирает модель на основании своего опыта и знаний, либо применяет метод аппроксимации с заранее выбранной моделью, либо использует методы структурной идентификации. Например, метод авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего (АРПСС) [3] часто используется для анализа временных рядов. В рамках этого метода предложена одноименная параметрическая модель с заранее выбранной структурой.

Невозможность выбора другой модели ограничивает область применения метода. Когда задача аппроксимации требует высокой точности, могут применяться специальные методы выбора модели наблюдаемого процесса [4]: метод полного перебора, метод генетического алгоритма, метод группового учета аргументов и другие. Такие методы позволяют выбрать наиболее подходящую модель, но при этом они являются трудозатратным и предъявляют высокие требования к квалификации эксперта. Еще один способ выбора модели – использование априорной информации об объекте аппроксимации. Метод структурной идентификации нелинейных динамических систем [5] использует метод информационного синтеза для получения вспомогательного подмножества данных и последующего выбора класса моделей.

Выбор того или иного метода идентификации модели может быть осуществлен при наличии достаточной информации о поведении наблюдаемого процесса. Учитывая, что в компьютерной сети для многих наблюдаемых переменных можно сформировать априорные оценки, предлагается эту априорную информацию формализовать для последующего решения задач идентификации.

**Цель работы.** Цель работы состоит в типизации математических и статистических свойств аппроксимирующих функций для наблюдаемых процессов при мониторинге компьютерных сетей.

**Постановка задачи.** Предположим, что планируется проведение мониторинга некоторых процессов в компьютерной сети. Пусть известно, что во время мониторинга накапливаемые данные проходят дополнительную обработку, включающую сглаживание, моделирование, аппроксимацию.

*Задача исследования сводится* к типизации математических и статистических свойств функций, описывающих поведение наблюдаемых процессов, с представлением их в виде некоторых информационных описаний, для последующего использования в задачах аппроксимации.

#### **Концептуальные положения об информационных описаниях.**

Мониторинг компьютерной сети сводится к накоплению и анализу значений выбранных переменных, измеренных через определенные промежутки времени. Накопленные за интервал времени  $[t_a, t_b]$  значения  $\bar{v}_{ij}$  представляются некоторым процессом  $\varphi_i(t)$ . Этому процессу можно поставить в соответствие некоторую аппроксимирующую функцию  $f_i(t)$ . Но для  $f_i(t)$  всегда можно сформировать набор статистических и математических характеристик  $P(f_i(t))$ . Фактически между функцией  $f_i(t)$  и характеристиками  $P(f_i(t))$  можно поставить однозначное соответствие. Учитывая, что  $P(f_i(t))$  формируется для  $f_i(t)$ , которая в свою очередь однозначно строится для  $\varphi_i(t)$ , справедливо утверждение, что для  $\varphi_i(t)$  можно сформировать некоторый набор свойств  $P(\varphi_i(t))$ , считая, что  $P(\varphi_i(t))$  эквивалентно  $P(f_i(t))$ . Это в свою очередь позволяет реализовать следующий этап – формирование аппроксимирующей функции. В практических задачах для аппроксимирующих функций  $f_i(t)$  выбирают ограниченный набор классов функций  $f_i(t) \in F$  (желательно невысокой нелинейности). Следовательно,

задача сводится к формированию  $P(\varphi_i(t))$ , считая, что  $\varphi_i(t) \in F$ .

Так как характеристики наблюдаемого процесса  $P(\varphi_i(t))$  отражают изменения значений определенной переменной  $v_i \in V$ , то предлагается эти характеристики представлять в виде некоторой информационной параметрической модели  $C(\varphi_i(t))$ . Каковы особенности такого представления? Дело в том, что структура такой информационной модели для разных переменных останется одной и той же, но значения ее параметров будут различны. Более того, значения этих параметров будут различны даже для одной и той же (по наименованию) переменной при рассмотрении разных компьютерных сетей. Следовательно, модель  $C(\varphi_i(t))$  будет описывать индивидуальность переменной, отражаемой в виде процесса в конкретной сети.

Учтем, что информационная модель – это модель объекта, представленная в виде информации, описывающей существенные для данного рассмотрения параметры и переменные величины объекта, связи между ними, входы и выходы объекта и позволяющая путём подачи на модель информации об изменениях входных величин моделировать возможные состояния объекта [6]. В контексте программной инженерии информационная модель – это представление *концептов, ограничений, взаимосвязей, правил и операций*, определяющих семантику данных в рамках рассматриваемой предметной области [7].

Определим модель в виде  $C = (a_1, a_2, \dots, a_k)$ , где  $a_1, a_2, \dots, a_k$  – параметры модели, представляющие собой статистические и математические характеристики процесса или *концепты*. *Ограничения* будут заданы в виде множеств допустимых значений параметров модели. *Взаимосвязи* будут определять связь выбранных параметров с поведением наблюдаемого объекта и с описанием аппроксимирующей функции. *Правила* будут описаны в виде алгоритмов расчета значений параметров  $a_1, a_2, \dots, a_k$ . *Операции* будут определены как операции выбора аппроксимирующей функции для описания заданного процесса. Таким образом, принятая структура  $C(\varphi(t)) = (a_1, a_2, \dots, a_k)$  может называться информационной моделью процесса наблюдаемой переменной  $\varphi_i(t)$ .

Схема решения задач мониторинга предполагает прохождение нескольких стадий. Общая структура этой схемы может быть представлена диаграммой, изображенной на рис. 1.



Рис. 1 – Схема реализации задачи мониторинга

Задачи оценивания свойств наблюдаемого процесса актуальны на стадии предварительного анализа и на стадии экспериментального анализа. Отличие в том, что для предварительного анализа мы не располагаем экспериментальными данными и, следовательно, можем проводить расчеты параметров модели на основании только лишь экспертного анализа. А на экспериментальной стадии могут быть проведены измерения и получены представительные выборки значений наблюдаемых переменных. Это позволяет использовать математические алгоритмы для расчета параметров модели. В этой связи предлагается следующее концептуальное решение: для описания свойств наблюдаемого (планируемого для наблюдения) процесса использовать две информационные модели  $C_{-1}$  и  $C_1$ . Модель  $C_{-1}$  будем использовать на этапе предварительного анализа, а модель  $C_1$  на этапе экспериментального анализа. Модель  $C_{-1}$  будем называть *априорной*, а  $C_1$  *апостериорной*.

**Положения об информационных моделях.** На сегодняшний день для менеджмента информационно-технических систем широко используется несколько разновидностей информационных моделей, описывающих наблюдаемые переменные. Организация Internet Engineering Task Force (IETF) разработала информационную модель с иерархической структурой под названием Structure of Management Information (SMI) [8]. Организация Distributed Management Task Force (DMTF) предложила альтернативный вариант информационной модели с объектно-ориентированной структурой под названием Common Information Model (CIM) [9]. Организация TeleManagement Forum (TMF) разработала модель Shared Information/Data model (SID) с акцентом на бизнес задачи [10]. Организация ITU-T в стандарте TMN [11] описала свой вариант информационной модели менеджмента компьютерной сети.

Наиболее перспективным считается стандарт DMTF CIM [9]. CIM – это открытый стандарт, состоящий из спецификации инфраструктуры и описания схемы. Спецификация инфраструктуры описывает архитектуру информационных моделей, язык описания моделей и способ взаимодействия модели CIM с другими информационными моделями (например, SMI). Основанные на UML модели CIM являются объектно-ориентированными. Схема CIM – это реализация информационной модели CIM, состоящей из множества моделей данных. Она охватывает наиболее распространенные на сегодняшний день множества элементов менеджмента, которые распределены по таким группам, как компьютерные системы, операционные системы, компьютерные сети, сервисы, хранилища данных и т. д.

Предлагаемые в данной работе информационные модели ориентированы на применение в задачах аппроксимации наблюдаемых процессов в компьютерной сети. Основные требования к созданию информационных моделей следуют из определений, приведенных в разделе 2. Если задано абстрактное представление типов сущностей, включающее в себя описание их свойств, взаимосвязей и операций, которые могут быть осуществлены над ними, то задана информационная модель.

**Априорная информационная модель для стадии предварительного анализа.** Частичная детерминированность процессов компьютерной сети

позволяет заранее дать некоторую характеристику всем переменным множества  $V$ . Это создает условия построения априорной информационной модели  $S_{-1}$ . Речь идет об ожидаемых изменениях во времени значений выбранных для наблюдения переменных. Предлагается следующий набор априорных характеристик (табл. 1).

Таблица 1 – Априорные характеристики наблюдаемых процессов.

Характеристика	Обозначение	Допустимые значения
Динамичность	$d_{\varphi}$	{0,1}
Линейность	$l_{\varphi}$	{0,1}
Стационарность	$s_{\varphi}$	{0,1}
Время жизни	$t_{\varphi}$	{0,1}

Значения этих характеристик зависят от особенностей контролируемой информационной системы и типа контролируемых объектов. Например, в корпоративных сетях с локальными ресурсами доменной структуры управления переменная «число активных ТСП соединений» может быть низко динамичной для клиентских компьютеров, но высоко динамичной для Web-серверов. Особенность таких характеристик в том, что они могут быть получены априорно, то есть до проведения измерений значений переменных.

Оговорим правила оценивания априорных характеристик. Прежде всего, введем понятие «интервала актуализации данных»  $\Delta T_c$ . Этот интервал определяет величину окна значений наблюдаемого процесса  $\varphi_v(t)$ , на котором оцениваются его априорные и апостериорные характеристики.  $S_{-1}$  описывает статистические характеристики  $\varphi_i(t)$ .

Введем также «интервал значимости»  $\Delta t_c$  – это интервал, на котором выбирается одно усредненное значение. Этот интервал определяет степень дискретизации наблюдаемых значений для последующей обработки.

*Динамичность процесса* будем оценивать как частоту изменения знака первой производной на интервале  $\Delta T_c$ . Эту характеристику будем выражать переменной  $d_{\varphi}$ . Если число изменений знака первой производной на интервале  $\Delta T_c$  больше 3, то считаем процесс высокодинамичным ( $d_{\varphi} = 1$ ), иначе низкодинамичным ( $d_{\varphi} = 0$ ). Оценивание производится экспертом на основе визуального анализа. Фактически оно сводится к оценке «есть или нет» значимые колебания значений наблюдаемого процесса.

*Линейность процесса* будем оценивать на основании наличия изменений знака первой производной на интервале  $\Delta T_c$ . Эту характеристику будем выражать переменной  $l_{\varphi}$ . Если производная не меняет знак, либо частота изменений настолько мала, что ею можно пренебречь, то процесс считаем линейным ( $l_{\varphi} = 1$ ), иначе нелинейным ( $l_{\varphi} = 0$ ). При мониторинге компьютерных сетей практически не встречаются переменные, которым соответствует функция вида  $e^x$ . В большинстве случаев это зависимости, область определений которых

ограничена некоторым интервалом. Поэтому предлагаемая оценка правомерна. Экспертное оценивание сводится к выбору – есть или нет нелинейность. То есть насколько чувствительной будет выбираемая аппроксимирующая функция.

*Стационарность процесса* будем оценивать в общепринятом смысле. Эту характеристику будем выражать переменной  $s_\varphi$ . Если среднее постоянно, а выборочная дисперсия не зависит от времени, то считаем процесс стационарным ( $s_j=1$ ), иначе нестационарным ( $s_j=0$ ).

*Время жизни процесса* можно оценить на основании его существования. Эту характеристику будем выражать переменной  $t_\varphi$ . Если процесс существует только на относительно коротких периодах наблюдений, то считаем его кратковременным ( $t_\varphi = 0$ ), иначе долговременным ( $t_\varphi = 1$ ). Например, процессы «запрос-ответ» относятся к категории короткоживущих или кратко временных.

Особенность такого оценивания в том, что эти оценки можно сформировать без проведения длительных измерений, используя априорную информацию о поведении наблюдаемой переменной.

Предлагается вид информационной модели

$$C_{-1} = \{d_\varphi, l_\varphi, s_\varphi, t_\varphi\}, \quad (1)$$

с ограничениями  $d_\varphi = \{0,1\}$ ;  $l_\varphi = \{0,1\}$ ;  $s_\varphi = \{0,1\}$ ;  $t_\varphi = \{0,1\}$ .

Эта информационная модель будет связана с задачей предварительного оценивания возможного поведения наблюдаемого процесса и выбором плана проведения экспериментов для построения в будущем адекватной аппроксимирующей модели.

К операциям модели  $C_{-1}$  отнесем выбор плана проведения эксперимента для последующего апостериорного оценивания.

**Апостериорная информационная модель для экспериментальной стадии.** Благодаря тому, что процесс мониторинга является непрерывным, мы можем на основании проведенных наблюдений уточнить априорные и получить апостериорные характеристики наблюдаемого процесса, то есть построить апостериорную модель  $C_1$ . Предлагается следующий набор апостериорных характеристик (табл. 2).

Таблица 2 – Апостериорные характеристики наблюдаемых процессов.

Характеристика	Обозначение	Допустимые значения
Степень нелинейности	$l_f$	$\{0,1,2\}$
Непрерывность	$c_f$	$\{0,1,2\}$
Монотонность	$m_f$	$\{-1,0,1\}$
Выпуклость/вогнутость	$u_f$	$\{-1,0,1\}$

Оговорим правила их формирования. При расчете значений параметров модели  $C_1$ , так же как и для параметров модели  $C_{-1}$ , задается «интервал актуализации данных»  $\Delta T_c$ . Параметры  $C_1$  являются математическими

характеристиками функции наблюдаемого процесса  $\varphi_1(t)$ . Введем еще «интервал измерений»  $\Delta\tau_c$  – это интервал, через который производятся измерения наблюдаемой переменной. Для выбранных интервалов справедливо  $\Delta T_c > \Delta t_c > \Delta\tau_c$ . Все данные измеряются с дискретностью соответствующей  $\Delta\tau_c$ . Далее данные усредняются в соответствии с интервалом  $\Delta t_c$ , например с помощью фильтра простого скользящего среднего [12].

*Степень нелинейности.* Действительная функция  $f(t)$  обладает свойством нелинейности  $k$ -го порядка на интервале  $[t_a, t_b]$ , если ее  $k$ -я производная существует и постоянна на всем интервале  $[t_a, t_b]$ :  $\forall t \in [t_a, t_b] \exists (f^{(k)}(t) \in \mathbb{R})$ . Степень нелинейности будем выражать параметром  $l_f$ . Введем упрощенную оценку  $l_f$ , основанную на первой производной функции. Будем рассматривать три типа нелинейности: кусочно-непрерывная функция ( $l_f = 0$ ) при  $f'(t)$  равной нулю, линейная функция ( $l_f = 1$ ) при  $f'(t)$  равной константе отличной от нуля, нелинейная функция ( $l_f = 2$ ) для всех других значений  $f'(t)$ .

*Непрерывность.* Функция  $f(t)$  непрерывна на интервале  $[t_a, t_b]$ , если ее первая производная на этом интервале существует. Это условие можно записать так:  $f(t) \in C[t_a, t_b]$ ,  $\forall t \in [t_a, t_b] \exists f'(t) \in (-\infty, \infty)$ . Оценка данной характеристики будем осуществлять экспертным путем на основании визуального анализа графического представления функции наблюдаемого процесса. То есть эксперт формирует значение этого свойства, как требование. Непрерывность будем выражать параметром  $c_f = \{0, 1, 2\}$ , где 0 – кусочно-непрерывная функция, терпящая разрыв первого рода, 1 – кусочно-непрерывная функция, терпящая разрыв второго рода, 2 – непрерывная функция, не имеющая разрывов. Дополнительно будем оценивать непрерывность путем расчета первой производной через разделенные разности, но основной остается априорная экспертная оценка.

*Монотонность.* Функция  $f(t)$  строго монотонна на интервале  $[t_a, t_b]$ , если она на нем непрерывна и ее первая производная на этом интервале существует и строго больше или меньше нуля. Монотонность функции будем выражать с помощью параметра  $m_f = \{-1, 1, 0\}$ . Строго монотонная функция возрастает на интервале  $[t_a, t_b]$ , если  $f(t) \in C[t_a, t_b]$ ,  $\forall t \in [t_a, t_b] \exists f'(t) > 0$  ( $m_f = 1$ ). Строго монотонная функция убывает на интервале  $[t_a, t_b]$ , если  $f(t) \in C[t_a, t_b]$ ,  $\forall t \in [t_a, t_b] \exists f'(t) < 0$  ( $m_f = -1$ ). Если условие монотонности не выполняется, то  $m_f = 0$ . Из-за наличия шумовых составляющих в реальных данных это свойство также целесообразно оценивать экспертно в рамках визуального анализа на основании априорной и апостериорной информации для реальных данных.

*Выпуклость/вогнутость.* Функция  $f(t)$  строго вогнутая или выпуклая на интервале  $[t_a, t_b]$ , если она на нем непрерывна и ее вторая производная на этом интервале существует и соответственно строго больше или меньше нуля. Выпуклость или вогнутость функции будем выражать с помощью параметра  $u_f = \{-1, 1, 0\}$ . Функция строго вогнутая на интервале  $[t_a, t_b]$ , если  $f(t) \in C[t_a, t_b]$ ,

$\forall t \in [t_a, t_b] \exists f''(t) > 0$  ( $u_f = 1$ ). Функция строго выпуклая на интервале  $[t_a, t_b]$ , если  $f(t) \in C[t_a, t_b]$ ,  $\forall t \in [t_a, t_b] \exists f''(t) < 0$  ( $u_f = -1$ ). Если условие выпуклости или вогнутости не выполняется, то  $u_f = 0$ . По аналогии с оценкой монотонности это свойство также целесообразно оценивать экспертно в рамках визуального анализа на основании априорной информации и реальных данных.

Предлагается вид *информационной модели*

$$C_1 = \{d_\varphi, l_\varphi, s_\varphi, t_\varphi, l_f, c_f, m_f, u_f\}, \quad (2)$$

с ограничениями  $l_f = \{0, 1, 2\}$ ;  $c_f = \{0, 1, 2\}$ ;  $m_f = \{-1, 0, 1\}$ ;  $u_f = \{-1, 0, 1\}$ .

Расчет параметров модели  $C_1$  осуществляется на этапе проведения активных наблюдений процессов в компьютерной сети.

Модель  $C_1$  будет связана с задачей выбора аппроксимирующей функции для построения модели наблюдаемого процесса. Этот этап относится к операциям модели  $C_1$  (это тема отдельной работы).

**Анализ моделей.** Предложенные информационные модели предназначены для использования в задачах аппроксимации наблюдаемых процессов в компьютерной сети. При этом предполагается, что для аппроксимации будут выбираться функции из ограниченного набора их типов: ступенчатые, линейные, квадратичные полиномиальные и кусочные (не выше второго порядка). Предложенные решения должны соответствовать требованиям необходимости и достаточности, а также полноты, точности и непротиворечивости.

*Необходимость.* Для выбора аппроксимирующих функций характеристики должны отражать математические свойства таких функций. Эти требования полностью удовлетворены.

*Достаточность.* Набор предложенных характеристик позволяет однозначно выбрать тип аппроксимирующей функции из ограниченного набора типов таких функций.

*Полнота.* Модели соответствуют реальным наблюдаемым процессам, так как отражают их статистические и математические свойства. При этом выбранные свойства являются наиболее существенными в контексте задачи аппроксимации.

*Точность.* Точность моделей гарантируется тем, что разработанные правила расчета значений параметров моделей, основаны на статистическом и математическом анализе. К тому же непрерывность процесса мониторинга позволяет повышать информативность собираемых данных и уточнять значения параметров апостериорной модели.

*Непротиворечивость.* В качестве параметров моделей выбраны непротиворечивые характеристики наблюдаемого процесса. Любые противоречия, возникающие в ходе оценивания моделей, свидетельствуют о неправильно выбранных параметрах.

**Пример.** Пусть имеется некоторая компьютерная сеть. Предполагается реализация процесса мониторинга с помощью технологии WMI. Пусть будут контролироваться две переменные: DiskTransfersPersec (DT) из класса



Win32\_PerfFormattedData\_PerfDisk\_PhysicalDisk и Connections Established (CE) из класса Win32\_PerfFormattedData\_Tcpip\_TCPv4.

1. *Построение модели  $C_{-1}$* . Исходя из априорной информации о рассматриваемых переменных, можно отметить следующее. Переменная DT характеризует уровень использования физического носителя данных и представляет собой высоко динамичный процесс ( $d_\varphi = 1$ ) с нелинейным характером изменения значений ( $l_\varphi = 0$ ). Переменная CE показывает количество TCP соединений в текущий момент. Во времени представляется низко динамичным процессом ( $d_\varphi = 0$ ) со ступенчатым изменением значений ( $l_\varphi = 1$ ). Оба процесса долгоживущие ( $t_\varphi = 1$ ). DT – нестационарный процесс ( $s_\varphi = 0$ ), а CE – локально стационарный ( $s_\varphi = 1$ ).

Ожидаемый вид представления функций измеряемых переменных приведен на рис. 2 в нормированном виде. Модель  $C_{-1}$  для выбранных переменных будет представлена как  $C_{-1}(CE) = \{0,1,1,1\}$  и  $C_{-1}(DT) = \{1,0,0,1\}$ .

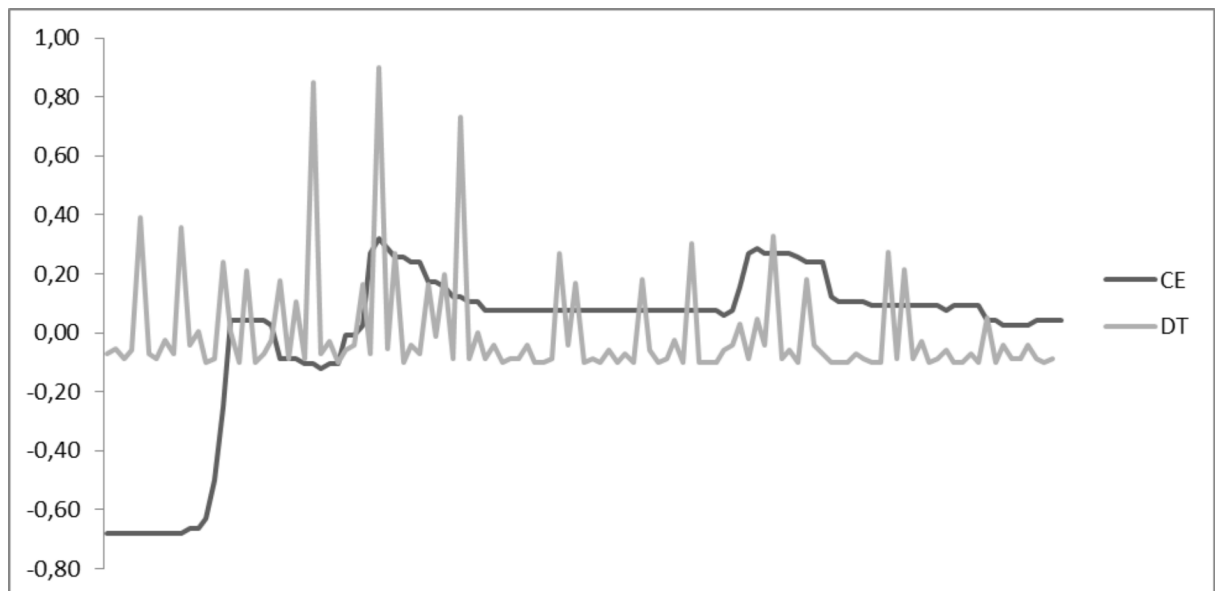


Рис. 2 – Результат предварительных выборочных измерений

Полученные модели можно использовать для выбора условий проведения тестового процесса измерений рассматриваемых переменных с целью получения апостериорных характеристик. Результаты отражают определенные условия эксплуатации сети.

2. *Построение модели  $C_1$* . Пусть в результате проведения эксперимента, состоящего из нескольких испытаний ( $\Delta t_c = 1c$ ), получены выборки значений для наблюдаемых процессов. Пусть  $\Delta T_c$  равен 10, а  $\Delta t_c$  равен 5. В результате сглаживания данных получаем новые представления наблюдаемых процессов. На рис. 3 и 4 представлены нормированные значения наблюдаемых процессов до и после сглаживания соответственно.

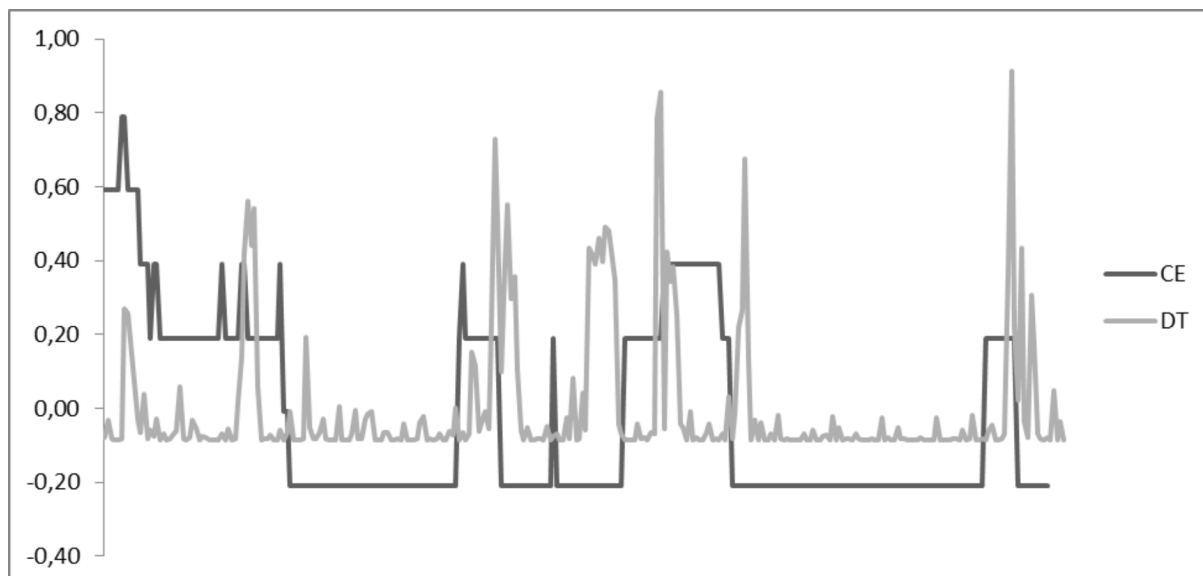


Рис. 3 – Результат измерений на стадии экспериментального оценивания

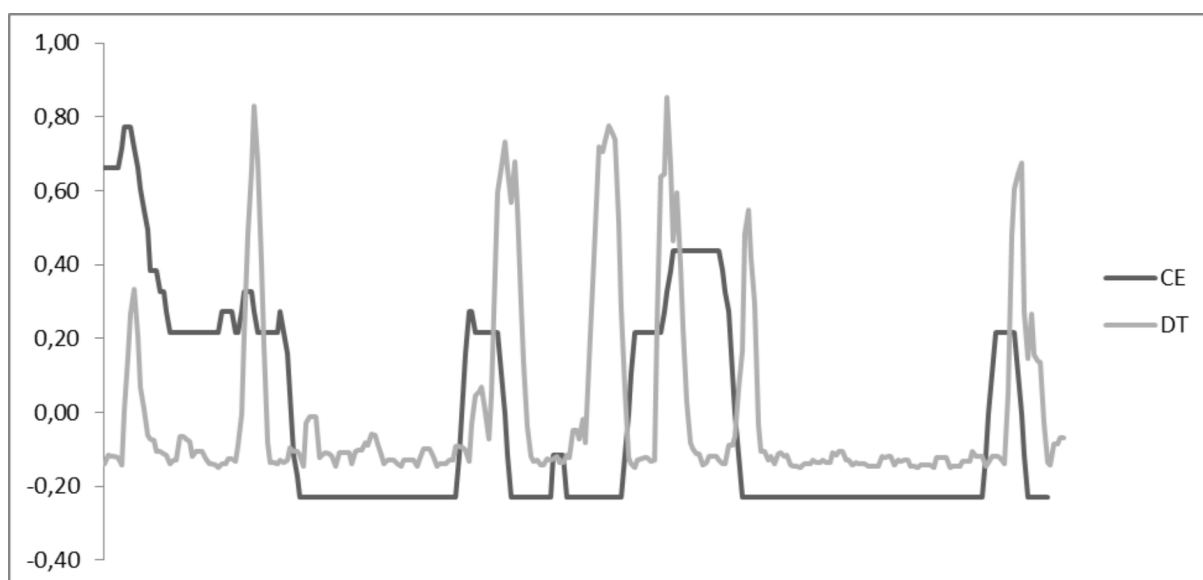


Рис. 4 – Результат сглаживания измеренных значений

В соответствии с правилами, описанными в п.5, уточним априорные и рассчитаем апостериорные характеристики наблюдаемых процессов.

Оценки для динамичности, нелинейности, стационарности, времени жизни остались прежние. Степень нелинейности процесса: *CE* можно аппроксимировать ступенчатой кусочно-линейной функцией, следовательно *CE* – линейный процесс ( $l_f = 0$ ), *DT* характеризуется как высоко нелинейной процесс ( $l_f = 5$ ). Монотонность процесса и выпуклость: для процессов *CE* и *DT* условия монотонности и выпуклости функции не выполняются ( $m_f = 0$ ,  $u_f = 0$ ). Непрерывность: визуальный анализ значений *CE* показывает, что процесс можно аппроксимировать кусочно-непрерывной функцией ( $c_f = 0$ ), а *DT* – функцией с разрывами первого рода ( $c_f = 2$ ). Результаты расчета  $C_1$  представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения апостериорных характеристик.

Название переменной	$\{d_{\varphi}, l_{\varphi}, s_{\varphi}, t_{\varphi}, l_f, c_f, m_f, u_f\}$
ConnectionsEstablished	$\{0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0\}$
DiskTransfersPersec	$\{1, 0, 0, 1, 5, 2, 0, 0\}$

Полученные апостериорные характеристики предполагается в дальнейшем использовать для решения задачи аппроксимации наблюдаемых процессов.

**Выводы.** Предложены априорная и апостериорная информационные модели наблюдаемых процессов для мониторинга компьютерных сетей. Параметры моделей выбраны на основании экспертного анализа ключевых характеристик наблюдаемых процессов. Априорная модель описывает статистические характеристики наблюдаемых процессов, рассчитываемые экспертным путем до проведения измерений. Апостериорная модель описывает статистические и математические характеристики наблюдаемых процессов, полученные на основании проведенных измерений.

*Сравнительный анализ* предложенных моделей показывает возможность их использования в качестве расширения существующих моделей менеджмента компьютерных сетей. Это позволит повысить эффективность проведения мониторинга компьютерных сетей. По сравнению с моделями, описанными в [8 – 11], предложенные модели позволяют описывать динамические абстрактные процессы компьютерной сети. И хотя наблюдаемые процессы не являются объектами с точки зрения классических моделей менеджмента сетей (SMI, CIM), предложенный подход позволяет использовать разработанные модели в качестве расширения существующих моделей менеджмента. В целом предложенная методология позволяет более детально оценить каждый наблюдаемый процесс для задачи аппроксимации. Разработанные правила выбора параметров моделей позволяют максимально автоматизировать процесс принятия решений на этапе построения моделей наблюдаемых процессов при мониторинге компьютерных сетей.

*Дальнейшая работа* будет вестись над разработкой метода мониторинга процессов в компьютерной сети, который будет основываться на разработанных моделях и технологиях WBEM-CIM.

*Научная новизна* состоит в том, что впервые предложены информационные модели, описывающие наблюдаемые процессы для мониторинга компьютерной сети. Особенностью предложенных моделей является их практическая ориентация на использование в процессах мониторинга компьютерных сетей. В процессе верификации моделей, подтверждена их полнота, адекватность и избыточность.

Также к научной новизне относятся предложенные наборы априорных и апостериорных характеристик наблюдаемых переменных, которые позволяют повысить эффективность решения задачи аппроксимации наблюдаемых процессов. Для выбора значений характеристик разработаны соответствующие правила.

*Практическая ценность* предложенных моделей заключается в возможности их использования в задачах мониторинга, обеспечивая снижение стоимости процесса мониторинга компьютерных сетей в целом.

**Список литературы:** 1. Hernandez, E. Adaptive Sampling for Network Management [Text] / E. Hernandez, M. Chidester, A. George // Journal of Network and Systems Management. – 2001. – Vol. 9, № 4. – P. 409-434. 2. Саенко, В. И. Метод выбора моментов измерений для процессов непрерывного мониторинга [Текст] / В. И. Саенко, А. И. Гриценко // Радиоэлектроника и информатика. – 2007. – №4. – С. 119-122. 3. Айвазян, С. А. Прикладная статистика и основы эконометрики [Текст] / С.А. Айвазян, В. С. Мхитарян // Юнити. – 1998. 4. Стрижов, В. В. Методы выбора регрессионных моделей [Текст] / В. В. Стрижов, Е. А. Крымова // Вычислительный центр РАН. – 2010. 5. Карабутов, Н. Н. Выбор структуры модели при обработке результатов измерений в системах управления [Текст] / Н. Н. Карабутов // Измерительная техника. – 2008. – № 9. – С. 29-33. 6. ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения [Текст]. – Введ. 1992-01-01. 7. Lee, Y. Tina. Information Modeling: From Design To Implementation [Text] / Y. Tina Lee // Proceedings of the 2<sup>nd</sup> World Manufacturing Congress, Durham (United Kingdom). – 1999. – Vol. 1. – P. 315-321. 8. IETF Std. 58, RFC 2578. Structure of Management Information Version 2 (SMIv2) [Text]. – April 1999. 9. DMTF Std. DSP0004, Specification Version 2.6.0. Common Information Model (CIM) Infrastructure [Text]. – March 2010. 10. Framework Shared Information/Data Model [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.tmforum.org/InformationFramework/1684/home.html](http://www.tmforum.org/InformationFramework/1684/home.html). 11. ITU-T Std. M.3100. Generic network information model [Text]. – April 2005. 12. Грешилов, А. А. Математические методы построения прогнозов [Текст]. / А. А. Грешилов, В. А. Стакун // Радио и связь. – 1997.

**Bibliography (transliterated):** 1. Hernandez, E., Chidester, M., George, A. (2001). Adaptive Sampling for Network Management. Journal of Network and Systems Management, Vol. 9, № 4, 409-434. 2. Sayenko, V., Grytsenko, O. (2007). A method of choosing observed variables for processes of continuous network monitoring. Radioelectronics and Informatics. Kharkov: KNURE, №4, 119-122. 3. Ayvazyan, S. A., Mkhitaryan, V. S. (1998). Applied statistics and fundamentals of econometrics. Moscow: Uniti. 4. Strijov, V. (2010). Methods of regression model selection. Moscow: Computing Center RAS. 5. Karabutov, N. N. (2008). Selection of the structure of a model in processing the results of measurements in control systems. Measurement Techniques, Vol. 51, № 9, 29-33. 6. GOST 34.003-90. (1992). Information technology. Set of standards for automated systems. Automated systems. Terms and definitions. 7. Lee, Y. T. (1999). Information modeling: from design to implementation. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> world manufacturing congress. Durham, Vol. 1, 315-321. 8. IETF Std. 58, RFC 2578. (1999). Structure of Management Information Version 2 (SMIv2). 9. DMTF Std. DSP0004, Specification Version 2.6.0. (2010). Common Information Model (CIM) Infrastructure. 10. Framework Shared Information/Data Model. URL: [www.tmforum.org/InformationFramework/1684/home.html](http://www.tmforum.org/InformationFramework/1684/home.html). 11. ITU-T Std. M.3100. (2005). Generic network information model. 12. Greshilov, A. A., Stakun, V. A. (1997). Mathematical methods of forecast. Moscow: Radio i sviaz.

*Надійшла (received) 11.06.2014*

**УДК 004.922, УДК 623.438.3.001.85**

**П. А. КАЧАНОВ**, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»;

**А. А. ЗУЕВ**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»;

**К. Н. ЯЦЕНКО**, аспирант, НТУ «ХПИ»

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЕКЦИЙ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ**

В статье приводится обзор проекций применяемых в системах визуализации. Проведен сравнительный анализ прямой перспективы, перцептивной перспективы и проекции Панини. Рассмотрены математические модели проективных преобразований. На основании этого

© П. А. КАЧАНОВ, А. А. ЗУЕВ, К. Н. ЯЦЕНКО 2014