

## Модели и методы оперативного мониторинга информационных подсистем перспективных автоматизированных систем управления

### Models and methods for monitoring of information subsystems of prospective automated control systems

#### Легков / Legkov K.

Константин Евгеньевич

(constl@mail.ru)

кандидат технических наук.

ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия

имени А. Ф. Можайского» МО РФ

(ВКА им. А. Ф. Можайского),

начальник кафедры.

г. Санкт-Петербург

#### Буренин / Burenin A.

Андрей Николаевич

(konferencia\_asu\_vka@mail.ru)

доктор технических наук, доцент.

ВКА им. А. Ф. Можайского,

профессор кафедры.

г. Санкт-Петербург

**Ключевые слова:** информационная подсистема – information subsystem, процедуры управления – control procedures, подсистема мониторинга – monitoring subsystem, единое информационное пространство – integral information space, автоматизированная система управления – automated control systems.

Статья посвящена исследованию проблем организации оперативного мониторинга информационных подсистем (ИПС) перспективных автоматизированных систем управления. При организации управления ИПС и инфокоммуникационных систем в целом необходимо создавать оперативные процедуры, предусматривающие получение достоверных данных в реальном масштабе времени о ее состоянии, состоянии всех ее компонент и элементов, а также протекающих в ней и во всех ее элементах процессов.

The paper is dedicated to researching issues in arranging quick and easy monitoring of information subsystems (ISS) of prospective automated control systems. When arranging control of ISS and info communication system in general, operating procedures need to be formed ensuring receipt of valid data in real time scale on its condition, condition of its any component and element, and processes running in it and its components.

#### Введение

Функционирование информационных подсистем (ИПС) инфокоммуникационных систем (ИКС) в сложных условиях меняющейся обстановки (особенно в чрезвычайных ситуациях) предполагает организацию гибкого оперативного управления ею в реальном масштабе времени [1]. При этом необходимые гибкость, масштабируемость, возможность обеспечивать и наращивать

номенклатуру требуемых информационных и специальных услуг обеспечивают реализованные в специальном программном обеспечении комплексы средств автоматизации автоматизированных систем управления (АСУ) ИПС способы и реализующие их алгоритмы управления [1–6].

Несмотря на сложность обеспечения функционирования ИПС в условиях обострения обстановки, требуется (в соответствии с обстановкой) предоставить требуемую номенклатуру информационных услуг, передать требуемый объем информации с гарантированным качеством от пользователей во время интенсивных информационных воздействий на программно-аппаратные комплексы и оборудование как самой ИПС, так и системы управления ею, что предопределяют разработку специальных подходов к организации управления [1].

В настоящее время известно значительное число способов организации управления сетями и услугами [1], которые неприменимы и неэффективны в ИПС органов управления, функционирование которых осуществляется в условиях интенсивных информационных воздействий. Поэтому целесообразен другой подход, основанный на архитектурах современных ИПС, построенных в соответствии с концепцией ГИ. При этом функциональная архитектура ИПС в плоскости управления ею содержит два основных уровня, каждый из которых представлен сетевыми моделями:

– инфраструктурный уровень – совокупностью сетей услуг (каждая сеть представляет собой множество узлов информационных и телекоммуникационных прикладного уровня услуг или серверов услуг, связанных виртуальными каналами с определенной пропускной способностью). При этом спектр услуг, которые предоставляются сетью услуг инфраструктурного уровня, гораздо шире спектра других уровней и может дина-

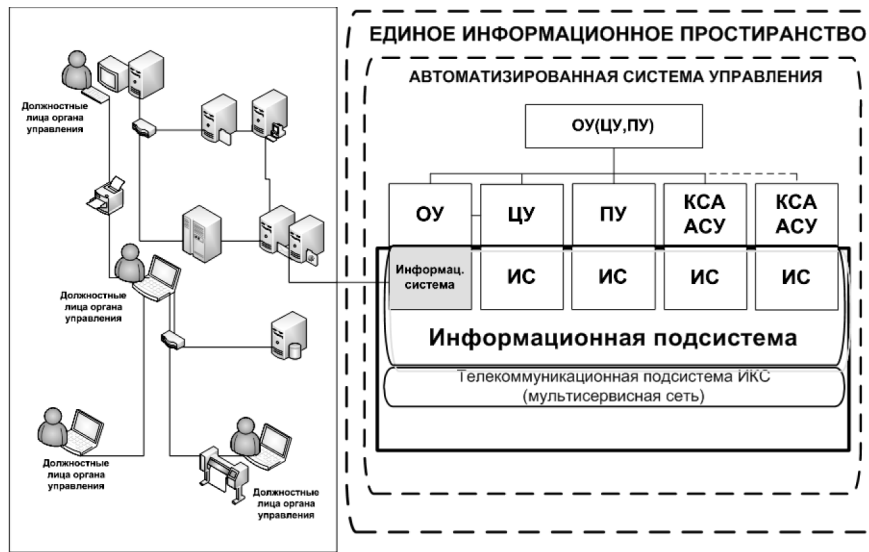


Рис. 1. Роль и место ИПС в АСУ и ЕИП

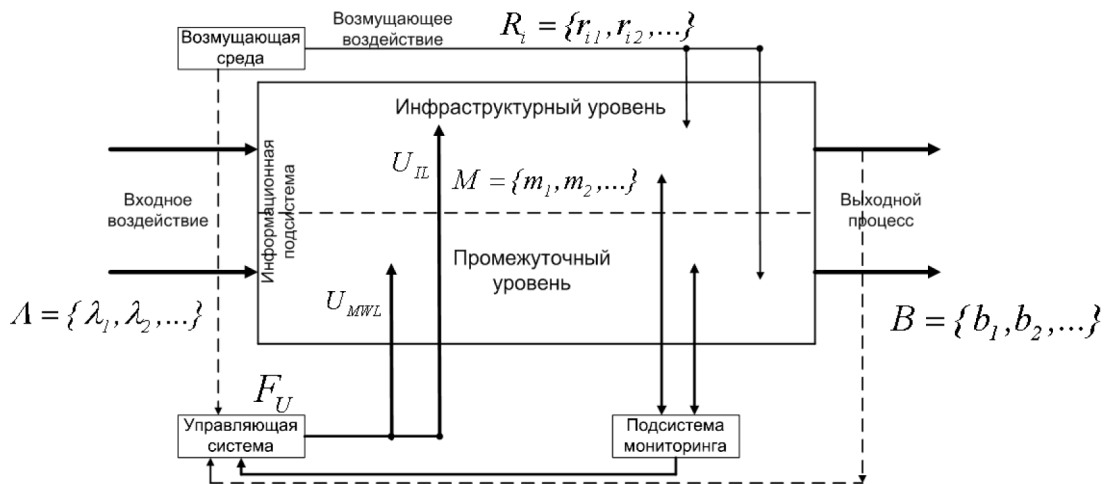


Рис. 2. Формализация управления ИПС

мически меняться вместе с изменением доступных ресурсов и обстановки;

– промежуточный уровень – совокупностью сетей услуг промежуточного уровня, каждая из которых представляет собой множество соответствующих серверов (сервера безопасности, аутентификации и т.д.), связанных виртуальными каналами с определенной пропускной способностью, при этом компоненты услуг уровня используются, прежде всего, для обеспечения межсетевое взаимодействия и совместного функционирования нескольких приложений, позволяя объединять компоненты услуг базового уровня и поддерживать инфраструктуру, которая необходима для предоставления всего набора услуг.

Кроме того, ИПС является информационной основой разрабатываемых перспективных АСУ и соответственно Единого информационного пространства (ЕИП), а также образует информационную инфраструктуру (ИИ) для соответствующих министерств и ведомств (рис. 1).

При таком представлении ИПС управление ею также целесообразно декомпозировать на два уровня управления [1]: управление инфраструктурным уровнем и управление промежуточным уровнем ИПС (рис. 2), на каждом из которых управление, в соответствии с рекомендациями МСТ-Э сер. X.700, М-3\*\*\* и стандартом ISO 7498-4, осуществляется по пяти основным задачам управления, к которым относятся задачи управления качеством обслуживания или производительностью уровня, безопасностью, структурой, ресурсами уровня и сбойными ситуациями.

При реализации основных требований, предъявляемых к современным ИПС, возникает целый ряд актуальных научно-технических проблем, среди которых особое место занимает проблема своевременного получения достоверной исчерпывающей информации, которая необходима для организации качественного управления ими. Разрешить данную проблему можно только

на основе решения вопросов организации процессов оперативного мониторинга ИПС.

В настоящее время в различных работах [1–9] широко используется понятие мониторинга сетей связи, телекоммуникационных сетей и т.д., причем в его содержание авторы вкладывают схожие в главном толкования.

Так, под мониторингом понимают систему сбора/регистрации, хранения и анализа ограниченного количества ключевых (явных или косвенных) признаков/параметров описания сети как объекта управления для вынесения суждения о поведении/состоянии его в целом.

Другое определение: мониторинг – это процесс наблюдения и регистрации данных об объекте управления.

В соответствии с этим, применительно к ИПС под мониторингом событий и параметров будем понимать наблюдение за какими-либо событиями или параметрами ИПС как объектом управления. Результат мониторинга представляет собой совокупность зафиксированных событий и измеренных значений параметров, получаемых и оцениваемых, и оценивание на их основе состояния самой ИПС.

Другими словами, под мониторингом состояния ИПС понимается наблюдение за состоянием системы как объекта управления. Результат мониторинга состояния ИПС представляет собой совокупность диагнозов составляющих ее элементов и компонент.

Следует отметить, что вопросам исследования проблем мониторинга телекоммуникационных сетей посвящено достаточно много публикаций [1–9]. Большинство из них посвящено вопросам мониторинга локальных сетей, терминального и серверного оборудования и лишь незначительная часть – общесетевым вопросам организации мониторинга. Однако даже если в названиях некоторых работ встречается термин «сеть», предметом исследования, как правило, является не

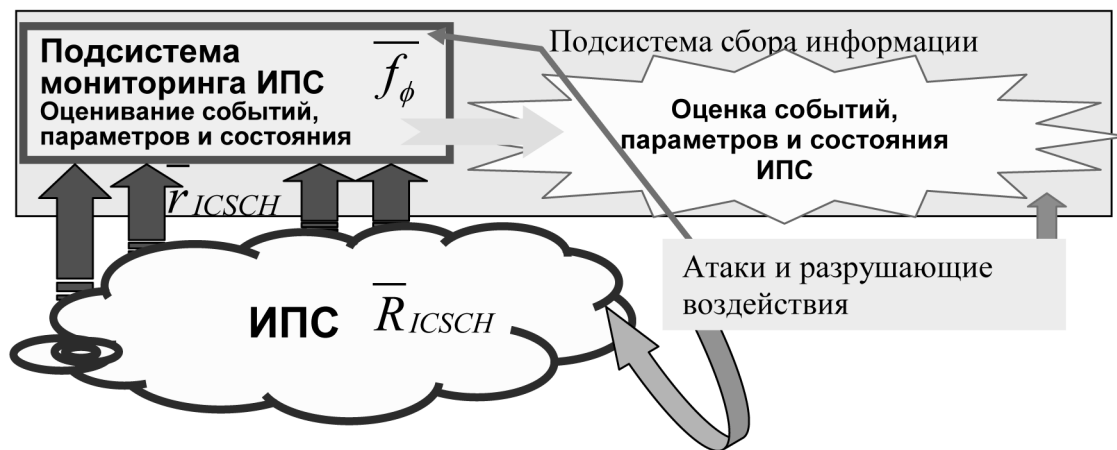


Рис. 3. Концептуальная модель подсистемы мониторинга

сеть в целом, а отдельные ее компоненты: оборудование сетей FR, IP, ЛВС и т.д.

Поэтому при решении проблем, связанных с организацией, моделями и методами мониторинга ИПС, требуется рассмотреть вопросы организации мониторинга с позиций системного подхода.

### Системный подход к мониторингу информационных подсистем

Особенности современных ИПС, связанные с их чрезвычайной сложностью, разнородностью состава, сильной защищенностью и гетогенностью, требуют корректировки понятий мониторинга в сторону более широкого его толкования, которое целесообразно привести после рассмотрения некоторых системных вопросов организации подсистемы, осуществляющей функции мониторинга сетей (рис. 3).

При организации управления ИПС необходимо так организовать процессы мониторинга, чтобы они предусматривали получение достоверных данных в реальном масштабе времени о ее состоянии, состоянии ее компонент, протекающих в ней и во всех ее элементах процессов:

$$P[|Q_{ICSCN} - Q_{ICSCN}^*| \leq \Delta Q_{ICSCN}]_{Pr_{\text{пм}} \leq Pr_{\text{ог}}} \geq P_g, \quad (1)$$

где  $Q_{ICSCN}$  – реальное состояние ИПС;

$Q_{ICSCN}^*$  – оценка состояния ИПС по результатам мониторинга;

$\Delta Q_{ICSCN}$  – допустимое значение отклонения от реального состояния;

$P_g$  – минимально допустимое значение вероятности;

$Pr_{\text{пм}} \leq Pr_{\text{ог}}$  – ограничения на процедуры мониторинга.

С учетом того, что оценивание состояния ИПС в процессе мониторинга осуществляется применением различных процедур опроса, измерения и обработки выбранных событий и параметров, характеризующих ИПС для использования этих данных при организации управления, выражение (1) целесообразно преобразовать к следующему виду:

$$P[|\bar{R}_{ICSCN} - \bar{f}_{\phi}[\bar{r}_{ICSCN}]| \leq \Delta \bar{R}_{ICSCN}]_{t_{\text{пм}} \leq t_{\text{ог}}} \geq P_g, \quad (2)$$

где  $\bar{R}_{ICSCN}$  – вектор реального состояния ИПС;

$\Delta \bar{R}_{ICSCN}$  – вектор допустимого отклонения от вектора реального состояния;

$\bar{f}_{\phi}$  – векторная функция процедур оценивания событий, параметров и состояния ИПС;

$\bar{r}_{ICSCN}$  – многомерный вектор событий и параметров, характеризующих состояние ИПС.

$t_{\text{пм}} \leq t_{\text{ог}}$  – ограничения на процесс мониторинга по времени его проведения.

При этом основной задачей мониторинга является задание  $\Delta \bar{R}_{ICSCN}$  и  $P_g$ , а также выбор такой векторной

функции  $\bar{f}_{\phi}$ , которая обеспечит выполнение условия (2).

В подавляющем своем большинстве основные параметры, характеризующие состояние ИПС, состояние компонент ИПС и ее элементов (серверов служб, центров коммутации и т.д.), будут являться случайными событиями, величинами или случайными процессами [1, 6].

Организация сбора информации о состоянии как самой ИПС, так и различных ее компонент и элементов имеет много общего и реализуется в рамках функциональной подсистемы сбора информации (ПСИ) АСУ ИПС [1–9], элементы которой также размещаются на соответствующих узлах системы и соответствующем оборудовании узлов – так называемые элементы подсистемы сбора информации, обеспечивающие первичную обработку запросов (заявок) на получение информации состояния и последующую выдачу данных в требуемые центры сбора и обработки информации ПСИ по их запросу или организующие периодическую автоматическую выдачу данной информации без запроса последней.

С учетом множества разнородных задач управления как ИПС в целом, так и различными ее компонентами, иерархии построения АСУ ИПС, сама ПСИ также строится по иерархическому принципу, который предполагает целесообразность развертывания ряда промежуточных уровневых центров сбора и обработки информации ПСИ уровня фрагмента ИПС, собирающих, обрабатывающих, обобщающих информацию о состоянии и выдающих интегрированную информацию в соответствующие центры сбора и обработки информации ПСИ верхнего уровня [1].

В подавляющем своем большинстве основные параметры, характеризующие состояние ИПС, состояние компонент ИПС и ее элементов (серверов служб, центров коммутации и т.д.), будут являться случайными событиями, величинами или случайными процессами [1, 6].

Организация сбора информации о состоянии как самой ИПС, так и различных ее компонент и элементов имеет много общего и реализуется в рамках функциональной подсистемы сбора информации (ПСИ) АСУ ИПС [1–9], элементы которой также размещаются на соответствующих узлах системы и соответствующем оборудовании узлов – так называемые элементы подсистемы сбора информации, обеспечивающие первичную обработку запросов (заявок) на получение информации состояния и последующую выдачу данных в требуемые центры сбора и обработки информации ПСИ по их запросу или организующие периодическую автоматическую выдачу данной информации без запроса последней.

С учетом множества разнородных задач управления как ИПС в целом, так и различными ее компонентами иерархии построения АСУ ИПС, сама ПСИ также строится по иерархическому принципу, который предполагает целесообразность развертывания ряда промежуточных уровневых центров сбора и обработки информации ПСИ уровня фрагмента ИПС, собира-

ющих, обрабатывающих, обобщающих информацию о состоянии и выдающих интегрированную информацию в соответствующие центры сбора и обработки информации ПСИ верхнего уровня [1].

В соответствии с вышеизложенным, будем называть модели получения, сбора, обработки, обобщения и оценки событий, параметров и информации состояния ИПС, состояния всех компонент ИПС, всех элементов ИПС, протекающих в них процессов моделями мониторинга ИПС.

Фактически элементы ПСИ являются определенными модулями распределенного мониторинга состояния ИПС, состояния всех компонент ИПС, протекающих в них процессов.

Число модулей мониторинга (источников потока информации о состоянии) вполне определено и является конечным числом. При такой постановке потоки служебной информации о состоянии ИПС, ее компонент, элементов являются стохастическими.

Чрезвычайная сложность современных ИПС, особенности их построения и многообразие условий функционирования, особенно в особых (чрезвычайных) условиях, усложнение организации управления ИПС, приводит к необходимости нового толкования понятия мониторинга.

Будем понимать под мониторингом современной ИПС организацию процессов получения, сбора, обработки, обобщения и оценки информации о событиях, параметрах и состоянии ИПС, параметров и состоянии всех компонент ИПС, всех элементов системы, протекающих в ней процессов, а также возможной организации процессов периодической идентификации ИПС. Что предполагает использование соответствующих моделей и процедур мониторинга (рис. 4).

Основные процессы мониторинга ИПС для обеспечения процессов управления ею должны включать две группы подпроцессов:

- подпроцессы оперативной оценки событий, параметров и состояния ИПС;

- подпроцессы идентификации состояния ИПС. Системный анализ особенностей построения и функционирования ИПС, учитывающий чрезвычайную сложность решаемых задач управления, позволяет представить следующие основные положения, которые должны учитываться при проведении процедур мониторинга:

- апостериорные данные, необходимые для анализа и использования при управлении, могут быть получены только путем измерения параметров и характеристик ИПС;
- всякое измерение всегда осуществляется с ошибками;
- процесс измерения имеет смысл, если он позволяет уменьшить априорную неопределенность;
- во многих случаях измерение необходимых параметров и характеристик ИПС не может быть произведено непосредственно, и процесс измерения в этом случае носит косвенный характер (процессы косвенного мониторинга).

## Модели и процедуры мониторинга параметров и событий, характеризующих состояние информационной подсистемы

Как отмечалось, в процессе управления ИПС необходимо получать текущие оценки различных параметров и событий элементов и компонент сети, которые могут рассматриваться как случайные события, случайные величины (число занятых каналов в ветвях сетей, длины очередей в центрах коммутации, времена задержки или доставки при обмене сообщениями, времена предоставления услуги и т.д.) или как случайные процессы (процессы поступления требований, процессы их обслуживания, процессы функционирования).

Для оценивания событий могут быть применены приемы из теории вероятностей [10, 11], для оценивания значений случайных величин – операции получения значения их математического ожидания и дисперсии.

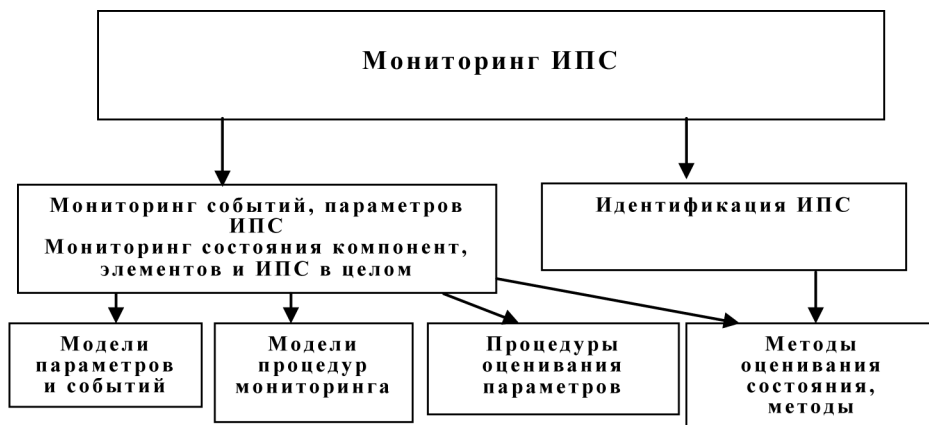


Рис. 4. Основные процессы мониторинга ИПС

При этом процедуры получения эффективных, несмещенных, состоятельных оценок моментов случайных величин, характеризующих работу элементов, фрагментов или всей ИПС в целом включают методы, достаточно хорошо разработанные в рамках математической статистики [11–13], а параметры и характеристики процессов – в теории случайных процессов [14, 15].

Фиксируемые события могут быть простыми и сложными. Простые характеризуются завершенностью результата при появлении одного события. Так, появившийся сбой работы какого-нибудь порта сервера является простым событием. А последовательность сбойных ситуаций портов сервера, следующих одна за другой в определенной последовательности, уже является сложным событием, результат которого может выходить за рамки частных результатов.

Если оценивать происходящие события как случайные, то следует получить определенные значения вероятностей их появления на основе обработки статистики. В качестве оценки вероятности каждого события может быть взята величина, равная частоте его появления за фиксированный промежуток времени  $\Delta t_f$ . При этом весь интервал  $\Delta t_f$  разбивается на подинтервалы  $\Delta t_f(i) \forall i = 1, \dots, k_f$ , число которых определяется заданной точностью получаемых оценок, а в каждом из которых фиксируется или не фиксируется то или иное событие  $\Omega(\zeta) \forall \zeta = 1, \dots, k_\zeta$ . Затем за весь интервал  $\Delta t_f$  подсчитывается число  $n_\zeta = \sum_{i=1}^{k_f} n_\zeta(i)$  произошедших (выявленных, зафиксированных) событий  $\zeta$ -го типа и вычисляется частота их осуществления

$C_{\Omega(\zeta)} = \frac{\sum_{i=1}^{k_f} n_\zeta(i)}{k_f}$ , которая и будет выступать в качестве оценки вероятности события  $\Omega(\zeta) \forall \zeta = 1, \dots, k_\zeta$  в интервале  $\Delta t_f$ , т.е.:

$$P^*[\Omega(\zeta)] = \frac{\sum_{i=1}^{k_f} n_\zeta(i)}{k_f} \quad \forall \zeta = 1, \dots, k_\zeta. \quad (3)$$

Для упрощения процедур получения оценок вероятностей происходящих событий при функционировании ИПС можно задать интервал  $\Delta t_f$  постоянным с фиксированным значением числа подинтервалов  $k_f$  и считать происходящие в нем события однородными. В этом случае можно наряду с текущей оценкой вероятности получать более точные долгосрочные оценки вероятностей и использовать их также для прогнозирования появления событий.

При организации контроля более сложных событий, происходящих в ИПС, в случае непрямого (косвенного) мониторинга целесообразно воспользоваться формулами полной вероятности и Байеса [10, 11].

Так если какое-либо  $\zeta$ -е событие не может быть непосредственно зафиксировано, а может быть обнаружено другое событие  $\sigma_j \forall j = 1, \dots, k$ , для которого известны условные вероятности  $P(\zeta/\sigma_j)$  осуществления события

$\zeta$ , то оценка полной вероятности его осуществления за определенный цикл косвенного мониторинга составит

$$P^*(\zeta) = \sum_{j=1}^k P^*(\sigma_j) P(\zeta/\sigma_j), \quad (4)$$

где  $P^*(\sigma_j)$  – оценки вероятностей появления событий  $\sigma_j \forall j = 1, \dots, k$ , определяемые в соответствии с выражением (3).

Если в процессе мониторинга выявлено только событие  $\sigma_v \forall 1 \leq v \leq k$ , то  $P^*(\zeta) = P(\zeta/\sigma_v)$ .

Если по каким-то причинам в отдельном цикле мониторинга не удастся осуществить оценивание всех событий  $\sigma_j \forall j = 1, \dots, k$  или это нецелесообразно делать, то можно воспользоваться априорными оценками вероятностей  $\bar{P}^*(\sigma_j)$ , полученными на предыдущих циклах мониторинга, при этом вероятность  $P(\zeta)$  проявления события  $\zeta$  в текущем цикле мониторинга можно оценить следующим образом:

$$P(\zeta) = \sum_{j=1}^k \bar{P}^*(\sigma_j) P(\zeta/\sigma_j), \quad (5)$$

где  $\bar{P}^*(\sigma_j)$  – априорные оценки вероятностей появления событий  $\sigma_j \forall j = 1, \dots, k$ , полученные на предыдущих циклах мониторинга.

Представляет интерес вариант, когда текущему контролю не доступны события  $\sigma_j \forall j = 1, \dots, k$ , составляющие полную группу, т.е.  $\sum_{j=1}^k P(\sigma_j) = 1$ . Известны лишь априорные данные о вероятностях  $P^A(\sigma_j) \forall j = 1, \dots, k$ .

В процессе мониторинга ИПС наблюдение осуществляется за появлением события  $\zeta$ , для которого известны условные вероятности  $P(\zeta/\sigma_j) \forall j = 1, \dots, k$ . В случае появления в текущем цикле мониторинга события, априорные данные о вероятностях должны быть уточнены в соответствии с выражением:

$$P^{AM_n}(\sigma_j/\zeta) = \frac{P^{AM_{n-1}}(\sigma_j) P(\zeta/\sigma_j)}{\sum_{j=1}^k P^{AM_{n-1}}(\sigma_j) P(\zeta/\sigma_j)}, \quad (6)$$

где  $P^{AM_n}(\sigma_j/\zeta)$  – оценка вероятностей появления событий  $\sigma_j \forall j = 1, \dots, k$  на  $n$ -м цикле мониторинга ИПС.

Мониторинг параметров ИПС, которые допустимо считать случайными величинами, целесообразно свести к оцениванию их моментов. В соответствии с этим, оценка математического ожидания и дисперсии случайных величин, характеризующих работу элементов, фрагментов или всей ИПС, представленных выборкой  $x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$ , осуществляется следующим образом [11–13]:

$$m_x^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (7)$$

$$D_x^* = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - m_x^*)^2. \quad (8)$$

В процессе управления ИПС часто важным является, что некоторые параметры сети связаны статистически с другими ее параметрами. Выявить или подтвердить связь также относится к задачам мониторинга.

Часто полезным будет факт выявления статистической связи между случайными параметрами, характеризующими работу элементов, фрагментов или всей ИПС, что позволяют методы корреляционного анализа [13, 14]. При этом следует использовать теоретический коэффициент корреляции, определяемый соотношением

$$Q_{xy} = \frac{M[(X - m_x)(Y - m_y)]}{\sigma_x \sigma_y}, \quad (9)$$

где  $Y$  и  $X$  – случайные параметры ИПС;

$\sigma_x$  и  $\sigma_y$  – среднеквадратические отклонения.

Коэффициент корреляции показывает, насколько связь между случайными параметрами ИПС близка к линейной зависимости и определяет как долю случайности, так и криволинейность связи.

Равенство  $Q_{xy} = 0$  означает отсутствие линейной связи, но не вообще отсутствие зависимости между случайными параметрами. Однако, если параметры, характеризующие работу элементов, фрагментов или всей ИПС, распределены по нормальному закону, отсутствие корреляции означает одновременно и отсутствие всякой зависимости.

Наблюдая параметры (выборки  $x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$ ;  $y_1, \dots, y_i, \dots, y_n$ ) в процессе мониторинга ИПС, можно оценить корреляционную зависимость, определив выборочный коэффициент корреляции:

$$r_{xy} = \frac{1}{\sigma_x^* \sigma_y^*} \sum_{i=1}^n (x_i - m_x^*)(y_i - m_y^*), \quad (10)$$

где  $(\sigma_x^*)^2$  и  $(\sigma_y^*)^2$  – оценки дисперсий соответственно параметров  $X$  и  $Y$ .

Как известно [13, 14], выборочный коэффициент корреляции  $r_{xy}$  при больших  $n$  дает оценку, близкую к  $Q_{xy}$ . На практике, в реально функционирующих компонентах ИПС, достаточно иметь выборку величиной  $n \geq 8-10$ .

Однако сама по себе величина выборочного коэффициента корреляции  $r_{xy}$  не определяет силу корреляционной зависимости, поэтому в задачах мониторинга ИПС значимость корреляционной связи, принимаемой во внимание, целесообразно определить неравенством  $r_{xy} \geq r_{krxy}$ , в котором  $r_{krxy}$  определяется соотношением:

$$r_{krxy} = \frac{t_g}{\sqrt{t_g^2 + n - 2}}, \quad (11)$$

где  $t_g$  – критерий Стьюдента для  $g$ -процентной доверительной вероятности.

При этом два наблюдаемых параметра элемента, компонента ИПС или ИПС в целом считаются зависимыми, если выполняется  $r_{xy} \geq r_{krxy}$ .

Вместе с тем, выборочный коэффициент корреляции как показатель силы связи параметров в ИПС не часто используется в контурах управления (а следовательно, не вычисляется в процессе мониторинга), т.к. его целесообразно применять только для проверки предположения о наличии или отсутствии корреляции между случайными параметрами, характеризующими работу элементов, фрагментов или всей ИПС в целом, т.к. наличие корреляции еще не означает наличия причинно-следственной зависимости между параметрами ИПС, т.к. корреляция может возникнуть и в том случае, когда оба параметра являются следствием одной причины [13, 14]. Поэтому для выявления зависимостей между всеми (или многими) параметрами, характеризующих работу элементов, фрагментов или всей ИПС, целесообразно использование многомерного корреляционного анализа. Однако его применение и использование в АСУ ИПС не всегда оправдано в силу большого объема вычислений и сложности самих выводов из анализа зависимостей.

Поэтому в практических случаях реальных ИПС при организации процессов мониторинга, как правило, ограничиваются моделями одномерного корреляционного анализа.

Естественно ошибки оценивания параметров элементов, фрагментов или всей ИПС зависят от многих факторов, но в первую очередь от объема выборки (рис. 5). При этом выбирают такой объем выборки, который, с одной стороны, обеспечивает достаточную точность оценивания того или иного параметра, характеризующего работу элементов, фрагментов или всей ИПС, а с другой – достаточную оперативность контура управления.

Кроме параметров элементов, фрагментов или всей ИПС, являющихся случайными величинами, некоторые характеристики ИПС можно рассматривать только как случайные процессы. Естественно, что в процедурах мониторинга анализ случайных процессов, протекающих в ИПС, оценка их характеристик существенно сложнее, чем для случайных величин [14, 15], даже если есть все основания считать процессы стационарными с известной плотностью распределения (например, пуассоновскими и гауссовскими).

Задача статистической обработки и оценивания случайных процессов в процедурах мониторинга ИПС осложняется еще тем, что в большинстве случаев во время ее функционирования их не удастся представить в виде эргодических стационарных процессов,

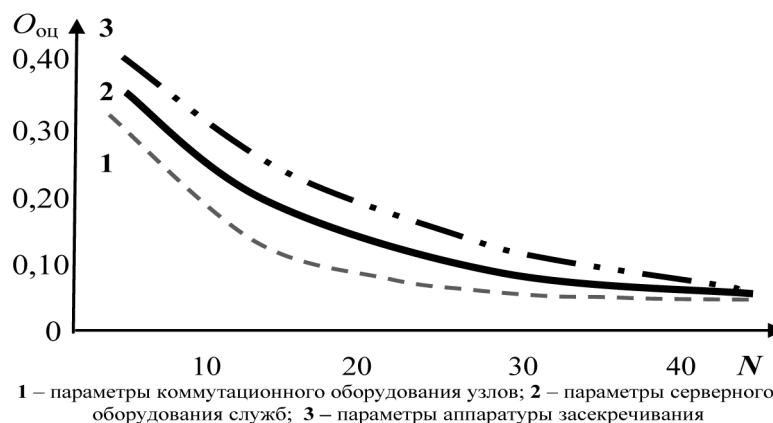


Рис. 5. Относительная ошибка оценивания параметров ИПС в зависимости от числа регистрируемых значений

оценивание которых не представляет собой таких больших сложностей. Поэтому в процессе мониторинга всегда стремятся свести наблюдаемый нестационарный процесс к стационарному, а затем оценить его параметры. Заметим сразу, что это не всегда удается осуществить.

Будем считать, что наблюдаемый случайный процесс, характеризующий работу элементов, фрагментов или всей ИПС, обладает свойством эргодичности, т.е. усреднение по ансамблю реализаций можно заменить усреднением по времени, что позволит оценивать вероятностные характеристики по одной реализации [1, 14, 15].

Предположим далее, что имеется возможность выделить в исследуемом процессе достаточно протяженные интервалы времени, внутри которых процесс ведет себя почти как стационарный и эргодический. Ограничения, накладываемые на интервал времени стационарности связаны с тем, что с одной стороны, он должен значительно превосходить интервал корреляции самого процесса [15], а с другой – быть существенно меньше интервала (цикла) управления элементом, компонентом или всей ИПС в целом.

Хотя математическое ожидание таких случайных процессов, характеризующих работу элементов, фрагментов или всей системы ИПС, и не постоянно во времени, а корреляционная функция зависит не только от разности аргументов, но и от времени  $t$ , изменение этих характеристик на протяжении интервала стационарности сравнительно мало и им обычно пренебрегают.

Рассмотрим задачу оценивания параметров случайных процессов, протекающих в ИПС, которую в общем виде можно сформулировать следующим образом [1, 15]. В течение фиксированного интервала времени  $[0 \leq t \leq T]$  наблюдается реализация  $x(t)$  случай-

ного процесса, описывающего некоторый параметр ИПС. Многомерная плотность вероятностей случайного процесса в общем случае содержит  $\mu$  неизвестных параметров  $L = [l_1, \dots, l_\mu]$ , подлежащих оцениванию. Пусть многомерный параметр  $L$  является непрерывным в определенной области возможных значений  $S$ .

По наблюдаемой реализации  $x(t)$  необходимо решить, какие значения имеют параметры  $L = [l_1, \dots, l_\mu]$ , т.е. на основе обработки реализации  $x(t)$  нужно выработать оценку искомого многомерного параметра  $L$ .

Оценка параметра  $L$  представляет собой некоторым вполне определенным образом выбранную систему функций от наблюдений  $x(t)$ , значения которых оценивают неизвестные параметры случайного процесса.

В зависимости от того, какие требования предъявляются к процессу мониторинга ИПС и оценкам параметров, возможны разные методы оценивания. Каждая оценка характеризуется своим показателем качества, указывающим меру близости (точность) оценки к истинному значению оцениваемого параметра. Показатель качества определяется выбором критерия оценки.

Выбор критерия оценки зависит от цели получения оценки параметров. Часто критерии оценок выбираются на основе интуитивных представлений о целевом назначении оценки.

Конечное время наблюдения случайного процесса, характеризующего работу элементов, фрагментов или всей ИПС, приводит к тому, что любая оценка содержит ошибки, определяемые как критерием качества, так и условиями, при которых происходит процесс оценивания. В процедурах мониторинга ИПС, задача оптимального оценивания параметра  $L$  состоит в том, чтобы найти такую процедуру определения, при которой для заданного критерия, ошибки решения были бы минимальны.



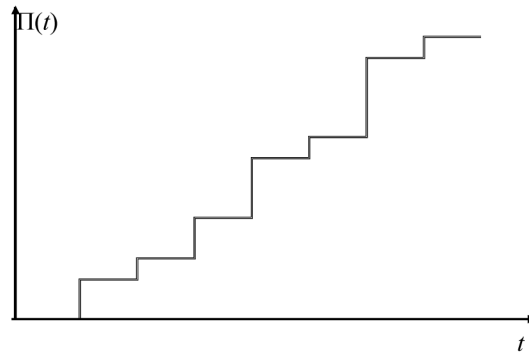


Рис. 6. Функция времени, задающая поток требований в ИПС

Без ущерба для общности рассуждений в дальнейшем будем считать, что неизвестен один параметр случайного процесса  $l$  [1, 15].

Оцениваемый параметр, характеризующий работу элементов, фрагментов или всей ИПС, является для системы мониторинга случайной величиной. При этом наиболее полные сведения о возможных значениях параметра  $l$  даются апостериорной плотностью вероятностей  $f[l|x(t)]$ , которая является условной плотностью вероятностей параметра  $l$  в случае, если принята реализация  $x(t)$ .

Выражение для апостериорной плотности вероятностей может быть получено из теоремы условных вероятностей [11–14]:

$$f[l|x(t)] = \frac{f[l] \cdot f[X|l]}{f[X]}, \quad (12)$$

где  $f[l]$  – априорная плотность параметра  $l$ ;

$f[X]$  – плотность вероятности выборки  $X$  из реализации  $x(t)$ .

Отметим, что как апостериорная плотность параметра  $f[l|X]$ , характеризующего работу элементов, фрагментов или всей ИПС, так и отношение правдоподобия являются случайными функциями, зависящими от реализации [11–14].

При проведении процедур мониторинга в процессе оценивания параметров, характеризующих работу элементов, фрагментов или всей ИПС, можно использовать два вида оценок: интервальные и точечные.

При интервальных оценках указывают интервал, в котором с вероятностью, не меньшей заданной, содержится истинное значение оцениваемого параметра. Заданная вероятность является коэффициентом доверия, а указанный интервал значений параметра – доверительным интервалом. Верхняя и нижняя границы доверительного интервала являются функциями от наблюдаемой реализации  $x(t)$  случайного процесса.

При получении точечной оценки неизвестному параметру приписывают одно значение из интервала возможных значений. Другими словами, на основе

анализа наблюдаемой реализации  $x(t)$  вырабатывается определенное значение, используемое в дальнейшем в качестве истинного значения параметра элементов, фрагментов или всей ИПС.

В качестве примера рассмотрим получение оценки параметров потоков информации в ИПС, которые, очевидно, для целей управления являются наиболее важными.

Так как по определению, любой поток (в том числе и поток требований  $\Pi(t)$  на обслуживание в ИПС) является неубывающей функцией времени (рис. 6), то при оценивании такого его параметра, как интенсивность, возможно два подхода.

Первый состоит в том, что вначале оценивается математическое ожидание самого процесса  $M[\Pi(t)]$ , т.е.  $m_{\Pi}^*(t)$ , а затем путем дифференцирования – получается оценка интенсивности, т.е.:

$$\lambda^*(t) = \frac{dm_{\Pi}^*(t)}{dt} = \frac{dM[\bar{\Pi}(t)]}{dt}. \quad (13)$$

Однако при этом наблюдаемое значение  $\bar{\Pi}(t)$  неограниченно возрастает, что затрудняет проведение процедур мониторинга в реальных контурах системы управления.

Второй подход заключается в том, что весь интервал наблюдения разбивается на короткие временные интервалы  $\Delta t$  и вычисляются точечные оценки

$$\lambda^0(\Delta t) = \frac{\bar{\Pi}(\Delta t)}{\Delta t}. \quad (14)$$

По этим значениям и осуществляется оценивание интенсивности потока требований и получение оценки  $\lambda^*(t)$  в ИПС.

Несмотря на то, что по определению [11–14] интенсивность реального потока требований является детерминированной функцией, точно выявить ее можно, только имея все множество реализаций. Наблюдая процесс (поток) на отдельных интервалах, можно получать оценки только со смещением.

Для получения оценки интенсивности потоков информации в ИПС могут быть использованы различные, в общем равноценные, классические методы оценивания: максимума правдоподобия, статистических решений, наименьших квадратов и т.д. [14, 15]

Рассмотрим получение оценки интенсивности  $\lambda(t)$  с использованием метода наименьших квадратов [14, 15]. Пусть на отрезке  $[t - \Delta t, t]$  наблюдается реализация процесса  $\lambda^0(t)$ , а искомая интенсивность представляется многочленом  $m$ -го порядка:

$$\lambda(t) = \sum_{v=0}^m a_v t^v. \quad (15)$$

Интегральная среднеквадратическая ошибка оценки определяется выражением:

$$\varepsilon^2 = \frac{1}{\Delta t} \int_{t-\frac{\Delta t}{2}}^{t+\frac{\Delta t}{2}} \left[ \lambda^0(\tau) - \sum_{v=0}^m a_v \tau^v \right]^2 d\tau. \quad (16)$$

Обычно предварительно, исходя из анализа процессов в ИПС, задаются вполне определенной величиной порядка  $m$ . В соответствии с методом наименьших квадратов выбирают такие значения коэффициентов  $a_v$ , которые обеспечивают минимум функционала

$$\varepsilon^2 = \sum_{i=1}^n \left[ \lambda_i^0 - \sum_{v=0}^m a_v (t_i - t_0)^v \right]^2, \quad (17)$$

где  $t_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ .

Минимизация функционала (17) приводит к системе линейных алгебраических уравнений

$$\sum_{v=0}^m a_{v+j} a_v = \beta_v, \quad (18)$$

где  $a_{v+j} = \sum_{i=1}^n (t_i - t_0)^{v+j}$ ;  $\beta_v = \sum_{i=1}^n (t_i - t_0)^v \lambda_i^0$ .

Вместе с тем основным недостатком всех классических методов оценивания при применении их для оперативного мониторинга параметров потоков требований является их достаточная сложность. Даже если задаться величиной  $m \geq 2$ , то при использовании для оценки интенсивности метода наименьших квадратов получается достаточно большой объем вычислений. Кроме того, классические методы оценивания являются асимптотически оптимальными и только тогда позволяют получать наилучшую (оптимальную) оценку, если правильно выбран порядок искомого полинома и имеется достаточно длинная реализации процесса.

Следует заметить, что на практике априорный вид изменения интенсивности точно задать невозможно. Являясь детерминированным процессом, интенсивность все же остается неопределенной величиной.

Предположим, что удалось правильно задать порядок многочлена, описывающего изменение интенсивности на данном интервале. Если оценка интенсивности используется при управлении ИПС, то она выступает в качестве прогнозной при управлении на другом интервале. Получение оценки сводится к определению коэффициентов  $a_v$ . На интервале прогноза значение их может измениться, что приведет к изменению модели интенсивности. Поэтому ошибка прогноза кроме случайной составляющей будет содержать ошибку смещения. Следовательно, все методы оценивания должны обладать свойствами адаптации. Так как при оценке интенсивности все составляющие выборки используются с одинаковой степенью влияния, то адаптивные свойства классических методов недостаточно высоки. Существуют, правда, адаптивные разновидности классических методов, но для их реализации в целях практического мониторинга ИПС существуют труднопреодолимые проблемы.

При моделировании различных процессов можно сформулировать правило: если о виде изменения процесса ничего не известно или известно мало, то не следует выбирать слишком сложные модели, описывающие его, т.к. выбор более сложной модели изменения интенсивности, чем она есть на самом деле, как правило, приводит к худшему отрицательному результату, чем выбор более простой модели. Поэтому при организации процессов мониторинга ИПС, в условиях существенной априорной неопределенности вида полинома, применение сложных методов оценки интенсивности требований (или других параметров, рассматриваемых как случайные процессы) нецелесообразно, так как в процессе функционирования ИПС вид изменения интенсивности будет неизвестен, останется неопределенной детерминированной величиной (т.е. порядок полинома или вид функции будут неизвестны).

Вместе с тем, при управлении ИПС (особенно в чрезвычайные периоды эксплуатации) требуется получать текущие оценки интенсивности по достаточно коротким реализациям процесса. Внутри коротких интервалов вид изменения интенсивности обычно не сложнее многочлена первого порядка. При этом достаточно эффективными в применении оказываются различные субоптимальные операторы, например оператор текущего среднего (сглаживания, усреднения) или оператор Бернштейна [15].

Рассмотрим применение для оценивания интенсивности требований в ИПС этих достаточно простых субоптимальных операторов.

Одним из первых субоптимальных операторов появился оператор текущего среднего, который для оценки интенсивности требований принимает следующий вид:

$$\lambda^*(t_0) = \frac{1}{T_c} \int_{t_0}^{t_0+T_c} \lambda^0(u) du. \quad (19)$$

Машинная реализация оператора текущего среднего основана на дискретном усреднении:

$$\lambda^*(t_0) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda^0(t_0 + i\Delta t). \quad (20)$$

Так как  $T_c = n\Delta t$ , то в дальнейшем будем анализировать только интервал сглаживания  $T_c$ .

При оценке интенсивности близких к стационарным потокам требований оператором текущего среднего интервал  $T_c$  нужно выбирать из условия

$$\tau_0 \ll T_c \leq \Delta t_c, \quad (21)$$

где  $\Delta t_c$  – интервал почти стационарности потока;  $\tau_0$  – интервал (время) корреляции процесса  $\lambda^0(t)$ .

Если в ИПС принимается модель примитивного (стационарного пуассоновского) потока, то для него интервал корреляции равен нулю [11–14], поэтому левая часть выражения (21) выполняется всегда и на практике интервал  $T_c$  выбирают из условия

$$\Delta t \ll T_c \leq \Delta t_c. \quad (22)$$

При оценке интенсивности стационарного потока информации в ИПС оператор текущего среднего обеспечит получение несмещенной оценки. Если поток почти стационарен, то при выборе интервала сглаживания из условия (22) оператор текущего среднего для каждого интервала почти стационарности обеспечит также несмещенную оценку интенсивности.

При этом флюктуационную составляющую ошибки оценивания интенсивности потоков, которая, очевидно, уменьшается с увеличением интервала  $T_c$ , можно характеризовать дисперсией текущей оценки

$$D_{\lambda}^T = \frac{2}{T_c} \int_0^{T_c} \left(1 - \frac{\tau}{T_c}\right) R_0(\tau) d\tau. \quad (23)$$

где  $R_0$  – корреляционная функция процесса  $\lambda^0(t)$ .

Для случая дискретизированного процесса при  $\Delta t \gg \tau_0$  дисперсия оценки составит:

$$D_{\lambda}^T = \frac{R_0(0)}{n}. \quad (24)$$

Так как оценка интенсивности в процедурах мониторинга не является самоцелью, а используется при управлении ИПС, то выбирать  $T_c = \Delta t_c$  нельзя, несмотря на минимальность флюктуационной составляющей ошибки. В этом случае интервал сглаживания  $T_c$  следует выбирать из условия:

$$\Delta t \ll T_c \ll \Delta t_c. \quad (25)$$

Сравним оператор текущего среднего с методом наименьших квадратов для модели стационарного (или почти стационарного) потока требований в ИПС. Коэффициенты для такой модели имеют вид

$$\alpha_0 = \frac{\beta_0}{n}; \quad (26)$$

$$\beta_0 = \sum_{i=0}^n \lambda_i^0. \quad (27)$$

Таким образом, для модели стационарного (или почти стационарного) потока требований в ИПС метод наименьших квадратов дает такие же оценки, как оператор текущего среднего.

Адаптивные свойства оператора текущего среднего полностью определяются интервалом сглаживания  $T_c$ : чем меньше величина  $T_c$ , тем они более выражены, тем меньше ошибка смещения, вызванная изменением модели потока, но тем больше флюктуационная составляющая ошибки. Пусть скачкообразно изменился коэффициент  $\alpha_0$  в модели стационарного (или почти стационарного) потока требований в ИПС. Оператор текущего среднего отработает это изменение спустя время  $T_c$ . Величина  $T_c$  должна выбираться такой, чтобы удовлетворить двум противоречивым требованиям.

Если удается приближенно оценить интервал стационарности для почти стационарного потока требований в ИПС, то выбрав интервал  $T_c$  из условия (22), затем его уточняют, чтобы добиться небольшой флюктуационной составляющей ошибки при допустимой ошибке смещения.

В некоторых случаях не удается представить реальные потоки требований в ИПС почти стационарной моделью. Интенсивность лучше аппроксимируется некоторой ломаной линией, т.е. на отдельных интервалах изменение интенсивности подчиняется линейному закону. Применяя оператор текущего среднего для интервала, можно получить оценку параметра для такого потока требований в ИПС, которая будет содержать ошибку смещения, прямо пропорциональную скорости изменения интенсивности.

В том случае, когда ошибка смещения велика, вместо оператора текущего среднего может быть применен более сложный оператор Бернштейна, который позволяет получить несмещенную оценку параметра даже при линейно изменяющейся интенсивности и имеет следующий вид:

$$\lambda_B^* = \frac{1}{T_B} \sum_{i=1}^n \lambda^0(i\Delta t) C_n^i \left(\frac{i\Delta t}{T_B}\right)^i \left(1 - \frac{i\Delta t}{T_B}\right)^{n-i}. \quad (28)$$

Интервал сглаживания  $T_B$  оператора Бернштейна выбирают из условия

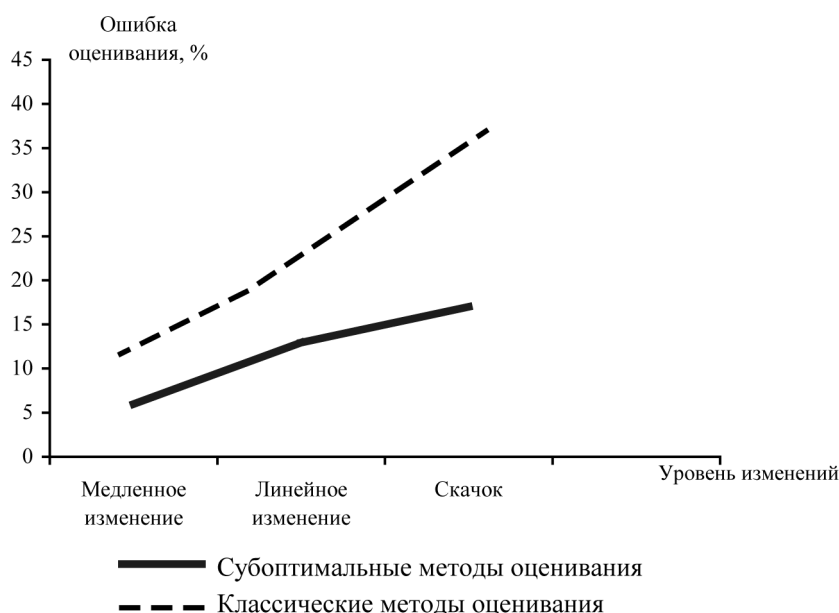


Рис. 7. Уровень ошибок оценивания потоков требований в ИПС при неопределенности вида полинома

$$\Delta t \ll T_B \ll \Delta t_d, \quad (29)$$

где  $\Delta t_d$  – интервал почти линейности модели интенсивности потоков требований в ИПС.

Вместе с тем данный оператор имеет некоторые недостатки [14, 15], основными из которых являются его нестационарность и недостаточная сложность (по сравнению с оператором текущего среднего).

На рис. 7 и рис. 8 приведены сравнительные данные об уровне ошибок применения соответственно классических и субоптимальных методов, операторов текущего усреднения и Бернштейна при оценивании интенсивности потоков требований в ИПС.

Результаты показывают, что в условиях априорной неопределенности вида полинома детерминированной основы процесса применение классических оптимальных методов оценивания нецелесообразно, т.к. приводит к большим значениям ошибки оценивания по сравнению с субоптимальными методами.

Применение для этих целей оператора Бернштейна дает определенный выигрыш по сравнению с оператором текущего сглаживания, однако он не настолько выражен, чтобы компенсировать более сложную процедуру оценивания.

### Модели организации процедур опроса данных при мониторинге ИПС

Рассмотренные выше методы мониторинга позволяют получить оценки событий и параметров ИПС при допущении, что все они доступны для фиксации и измерения. Однако в реальных ИПС для получения

любых данных необходима реализация процедур взаимодействия с базами управляющей информации оборудования ИПС.

Кроме того, в любом компоненте ИПС существуют сегменты с закрытой и открытой информацией, что накладывает определенные ограничения на возможные различные варианты архитектурного построения подсистем мониторинга, связанные как со способом размещения и применения специальных шлюзов передачи данных в элементах импорта данных состояния эксплуатируемого комплекса ИПС, так и организацией взаимодействий источников и потребителей данных мониторинга [1].

При этом целесообразны два возможных варианта размещения и применения специального шлюза передачи данных в элементах импорта данных состояния [1]:

- вариант 1 – шлюз размещается на каждом узле ИПС;
- вариант 2 – шлюз размещается только в центре управления ИПС.

В первом варианте трафик мониторинга на каждом узле ИПС поступает от средств сбора данных открытого сегмента в средства сбора данных закрытого сегмента (создавая для них дополнительную вычислительную нагрузку) и передается в центр управления по защищенной информационной подсети, где общесетевые для ИПС средства сбора получают, обрабатывают весь поступающий трафик и заносят результаты обработки в БД.

Во втором варианте трафик мониторинга передается в центр управления ИПС по открытой и по закрытой подсетям управления – в зависимости от того, в каком секторе узла собраны данные монито-

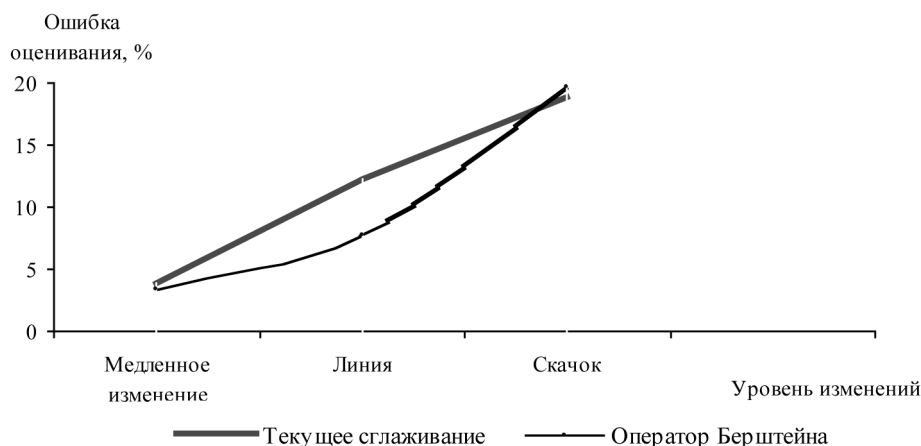


Рис. 8. Уровень ошибок оценивания потоков требований в ИПС субоптимальными операторами при неопределенности вида полинома

ринга, а в центре управления имеются два общесетевых средства сбора данных – по одному в каждом сегменте, и общесетевое средство закрытого сегмента получает через специальный шлюз данные открытого сегмента, затрачивая на их получение определенную долю своего вычислительного ресурса.

Основными факторами, влияние которых подлежит учету в моделях мониторинга в части процедур опроса, являются [1]:

- количество узлов контроля ИПС;
- объем данных мониторинга, получаемых от источника, и интенсивность их получения (случайные величины);
- влияние обработки данных открытого сегмента на производительность средств сбора (узловых и сетевых) в закрытом сегменте (линейно зависит от объема данных);
- значение пропускной способности трактов передачи (тракты к узлам будем считать независимыми друг от друга);
- увеличение объема трафика при передаче данных по закрытому тракту;
- значение производительности всех средств сбора, линейно зависящее от объема обрабатываемых данных.

Пусть имеется  $M$  объектов контроля ИПС. Каждый  $j$ -й объект контроля (объект мониторинга для целей управления и эксплуатации) характеризуется множеством, в общем, случайных параметров  $P_j = \{P_{ji}\}$ , каждый элемент  $P_{ji}$  которого представляет собой случайную величину, задаваемую либо рядом распределения (если параметр  $P_{ji}$  представляет собой дискретную величину), либо плотностью распределения (если параметр  $P_{ji}$  представляет собой непрерывную величину). Для общности будем считать, что известна функция распределения каждого параметра  $P_{ji}$ .

Функция распределения случайного числа своевременно полученных значений параметров в каждом цикле опроса  $j$ -го объектов контроля будет иметь следующий вид [1]:

$$F(m) = 1 / B(m+1, n_{ji} - m) \int_0^1 x_m (1-x_m)^{n_{ji}-m-1} dx, \quad (25)$$

где  $B(m+1, n_{ji}-m)$  – бэта-функция.

В более частных случаях, характерных для подавляющего числа объектов ИПС, для которых число контролируемых параметров  $n$  достаточно велико, возможны два варианта [1].

В первом варианте наряду с большим количеством контролируемых параметров  $n_{ji}$  (в практических случаях достаточно иметь  $n_{ji} = 50-100$ ) и достаточно большом значении вероятности  $P(\tilde{A}) > 0,8$  справедливо нормальное приближение для данного полученного вида распределения.

Во втором варианте наряду с большим количеством контролируемых параметров  $n_{ji}$  ( $n_{ji} = 50-100$ ) и сравнительно небольшим значением  $P(\tilde{A}_{ji})$ , характерным при интенсивных воздействиях противника на контролируемый объект ИПС, модель описывается приближением Пуассона.

Следует признать, что на подсистему мониторинга поступает (в силу влияния множества случайных факторов) случайный поток данных опрашиваемых параметров  $P_1 = \{p_{1i}\}$ ,  $P_2 = \{p_{2i}\}$ , ...,  $P_M = \{p_{Mi}\}$ . Ясно, что в общем случае этот поток данных обладает свойствами, связанными с ординарностью или неординарностью, стационарностью или нестационарностью, отсутствием или наличием последовательности. Так как поток данных, поступающий от  $M$  объектов мониторинга и управления, вызван запросами самой подсистемы, то можно считать его для данного цикла стационарным потоком. Очевидно, что в силу влияния целого ряда случайных факторов, связанных со случайным

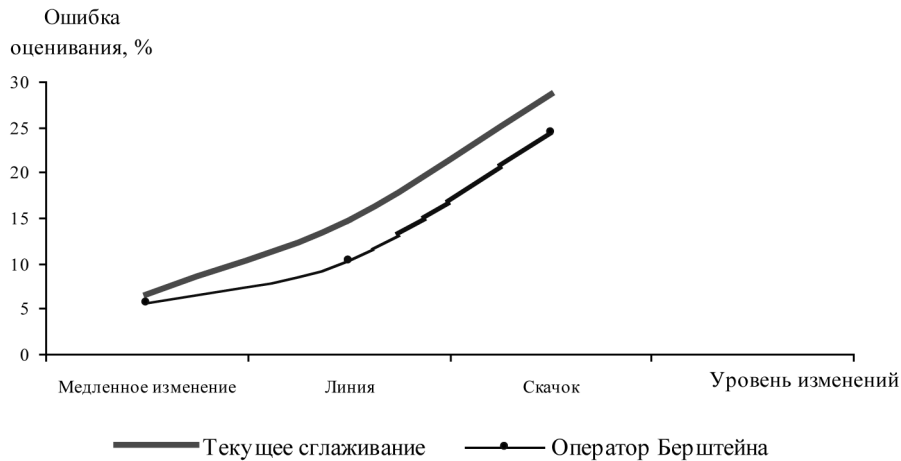


Рис. 9. Уровень ошибок оценивания потоков требований в ИПС субоптимальными операторами при неопределенности вида полинома с учетом процедур опроса данных из MIB стандартным протоколом SNMP

временем передачи запросов и данных параметров по подсети обмена информацией ИПС, возможны случаи практически одновременного поступления данных опроса параметров, т.е. поток строго является неординарным и с ограниченным последствием и в общем виде обладает теми или иными свойствами самоподобия. Тогда вероятность поступления ровно  $\gamma$  ответов на запросы параметров на интервале  $\Delta t$  составит:

$$P(\Delta t) = C_{\gamma}^{M_n} \left(\frac{\Delta \tau}{\Delta t}\right)^{M_n} \left(1 - \frac{\Delta \tau}{\Delta t}\right)^{\gamma - M_n}. \quad (26)$$

В соответствии с данным выражением можно оценить как вероятность получения полных сведений о контролируемых параметрах, так и вероятность потерянных данных. Кроме того, можно оценить требуемую производительность комплексов мониторинга по обработке данных параметров объектов мониторинга и эксплуатации.

Так средняя загрузка подсистемы может быть определена средним числом ответов пришедших за длительность цикла  $\Delta t_{ц} = M \Delta t_{цj}$ , т.е.

$$Z_{collmed} = \sum_{j=1}^{M_n} j P_j(\Delta t_{ц}) = \sum_{j=1}^{M_n} j C_j^{M_n} \left(\frac{\Delta \tau}{\Delta t_{ц}}\right)^{M_n} \left(1 - \frac{\Delta \tau}{\Delta t_{ц}}\right)^{j - M_n}. \quad (27)$$

Необходимая производительность подсистемы (в числе обрабатываемых данных параметров в единицу времени) определится выражением:

$$P_{collmed} = \frac{\sum_{j=1}^{M_n} j C_j^{M_n} \left(\frac{\Delta \tau}{\Delta t_{ц}}\right)^{M_n} \left(1 - \frac{\Delta \tau}{\Delta t_{ц}}\right)^{j - M_n}}{\Delta t_{ц}}. \quad (28)$$

Особенности применяемого протокола SNMP при опросе данных из MIB, накладывают дополнительные ограничения и приводят к смещению получаемых оценок параметров элементов, компонент или ИПС в целом в сторону меньшей точности (рис. 9).

### Заключение

1. При управлении ИПС необходимо организовать оперативные процедуры, предусматривающие получение достоверных данных в реальном масштабе времени о состоянии ИПС, состоянии всех ее компонент и элементов, а также протекающих в ней и во всех ее элементов процессов.

2. В подавляющем своем большинстве основные параметры, характеризующие состояние ИПС, состояние компонент ИПС и ее элементов будут являться случайными событиями, величинами или случайными процессами.

3. Организация сбора информации о состоянии как самой ИПС, так и различных ее компонент и элементов реализуется в рамках функциональной подсистемы сбора информации АСУ ИКС, элементы которой также размещаются на соответствующих узлах ИПС и соответствующем оборудовании узлов.

4. Под мониторингом ИПС понимается организация процессов получения, сбора, обработки, обобщения, оценки и прогнозирования информации о событиях, параметрах и состоянии ИПС, параметров и состоянии всех компонент и элементов ИПС, протекающих в ней процессов, а также организация процессов периодической идентификации ИПС.

5. Анализ результатов показал, что в реальных условиях функционирования ИПС, применение классических методов оценивания при отсутствии априорных сведений о виде изменения параметров как случайных

процессов нецелесообразно, т.к. они проигрывают по уровню ошибок оценивания субоптимальным операторам для всех условий. Применение оператора Бернштейна для оценивания процессов более предпочтительно (по сравнению с оператором текущего усреднения), если изменения процессов ярко выражено. Однако уменьшение ошибок оценивания не столь выражено.

6. При проектировании АСУ ИПС невозможно заранее предсказать вид изменения интенсивности потоков для всех условий функционирования. Поэтому применение сложных операторов оценивания в контурах мониторинга ИПС нецелесообразно.

7. Организация процедур опроса данных из баз управляющей информации (МИВ) вносит существенный вклад в ухудшение характеристик процессов мониторинга ИПС.

## Литература

1. Буренин, А. Н. Современные инфокоммуникационные системы и сети специального назначения. Основы построения и управления / А.Н. Буренин, К.Е. Легков. – М. Изд-во Медиа Паблишер, 2015. – 348 с.
2. Бабошин, В. А. О мониторинге современных мультисервисных сетей связи / В.А. Бабошин, К.Е. Легков // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – 2013. – № 1. – С. 44–46.
3. Бабошин, В. А. Алгоритм мониторинга телекоммуникационной сети специального назначения и методика его выбора / В.А. Бабошин, Ф.Ф. Сиротенко, К.Е. Легков // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – Ростов-на-Дону : ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2011. – С. 23–26.
4. Буренин, А. Н. Модели процессов мониторинга при обеспечении оперативного контроля эксплуатации инфокоммуникационных сетей специального назначения / А.Н. Буренин, К.Е. Легков // Научные технологии в космических исследованиях Земли. – 2011. – Т. 3. – № 2. – С. 19–23.
5. Буренин, А. Н. Модели мониторинга параметров управления инфокоммуникационных сетей специального назначения / А.Н. Буренин, К.Е. Легков, Д.В. Негодин // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, часть I. – Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2015. – С. 71–74.
6. Буренин, А. Н. К вопросу моделирования процессов мониторинга при обеспечении оперативного контроля эксплуатации инфокоммуникационных сетей специального назначения / А.Н. Буренин, К.Е. Легков, О.Е. Нестеренко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 3 (28). – С. 9–15.
7. Легков, К. Е. Проведение экспериментов по сбору трафика и моделированию методики оценки изменения качества информационного обмена в инфокоммуникационной системе специального назначения / К.Е. Легков // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. – 2014. – Т. 8. – № 5. – С. 36–44.
8. Легков, К. Е. Мониторинг современных мультисервисных сетей связи / К.Е. Легков, В.А. Бабошин // Системы управления и связи. – 2012. – № 1. – С. 43–46.
9. Скуратов, А. К. Статистический мониторинг и анализ телекоммуникационных сетей : автореф. дис. ... докт. техн. наук : 05.13.13 / А.К. Скуратов ; ФГУ ГНИИ ИТТ «Информика» – М., 2007. – 41 с.
10. Феллер, В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т. 1 / В. Феллер. – М.: Мир, 1984. – 568 с.
11. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 2002. – 204 с.
12. Ивченко, Г. И. Математическая статистика: учебное пособие / Г.И. Ивченко. – М.: Высшая школа, 1984. – 287 с.
13. Маринеску, Н. Основы математической статистики и ее применение / Н. Маринеску. – М.: Статистика, 1970. – 204 с.
14. Моисеев, Н. Н. Численные методы в теории оптимальных систем / Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 1971. – 307 с.
15. Баруча-Рид, А. Т. Элементы теории марковских процессов и их приложения / А.Т. Баруча-Рид. – М.: Наука, 1969. – 421 с.