

УДК 004.4

**Реализация алгоритма мониторинга и анализа эффективности функционирования специализированных дата-центров****Implementation of an algorithm for monitoring and analyzing the effectiveness of specialized data centers****Михайличенко / Mikhailichenko N.**

Николай Валерьевич

(23esn2008@rambler.ru)

кандидат технических наук.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича»

(СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича),

доцент кафедры программной инженерии

и вычислительной техники.

г. Санкт-Петербург

**Бирюков / Biryukov M.**

Михаил Александрович

(urgent.ma@gmail.com)

кандидат технических наук.

СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, доцент кафедры программной инженерии и вычислительной техники.

г. Санкт-Петербург

**Попов / Popov A.**

Андрей Иванович

(Adpopovai@yandex.ru)

кандидат технических наук.

СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,

доцент кафедры программной инженерии

и вычислительной техники.

г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: центр обработки данных – data processing center; эффективность – efficiency; система управления – management system; мониторинг – monitoring; анализ эффективности функционирования – performance analysis; формирующий фильтр – formative filter.

В статье излагаются предложения по реализации алгоритма мониторинга и анализа эффективности функционирования специализированных дата-центров. Достоинством предложений является попытка разработки специализированного инструментария, реализующего ряд возможностей, направленных на непрерывный мониторинг параметров работы пользовательских приложений с возможностью оперативного вмешательства при отклонении уровня качества сервиса от установленных нормативов.

The article presents proposals for the implementation of an algorithm for monitoring and analyzing the effectiveness of the functioning of specialized data centers. The advantage of the proposals is an attempt to develop specialized tools that implement a number of capabilities aimed at continuous monitoring of user application operation parameters with the possibility of prompt intervention in case of deviation of the service quality level from established standards.

**Введение**

Проведенный анализ свидетельствует о том, что действующая система управления центрами специализированных обработки данных (далее – СЦОД) базируется на реактивной методологии [1–4]. В рамках данной системы управленческие решения принимаются исключительно на основании мониторинга актуальных показателей работоспособности компонентов и текущего состояния ресурсной базы.

Основной недостаток указанного подхода заключается в его преимущественно эмпирическом характере: процесс принятия решений основывается главным образом на накопленном операционном опыте, а не на системном анализе. Данная ситуация обусловлена недостаточной изученностью аналитических взаимозависимостей между состоянием отдельных элементов, ресурсным обеспечением и эксплуатационными характеристиками СЦОД. Вследствие этого существующая модель управления не обладает прогностическим потенциалом в отношении поведения системных компонентов в процессе их функционирования, что существенно снижает ее операционную эффективность [5–7].

Выявленные системные ограничения обуславливают объективную необходимость разработки специализированного инструментария, реализующего следующие функциональные возможности:

- непрерывный мониторинг параметров работы пользовательских приложений с возможностью оперативного вмешательства при отклонении уровня качества сервиса от установленных нормативов;
- формирование контролируемой тестовой нагрузки на инфраструктуру СЦОД с последующей регистрацией и анализом результатов воздействий (имитационное моделирование рабочих процессов) с целью идентификации узких мест системы;
- комплексную оценку эффективности функционирования СЦОД с визуализацией результатов анализа.

Средства реализации алгоритмов анализа эффективности функционирования (АЭФ) представляют собой ключевой функциональный компонент системы управления СЦОД (СУ ЦОД СН). Техническая реализация указанных средств может быть осуществлена программными, аппаратными или комбинированными методами. Выбор конкретного способа реализации определяется совокупностью факторов, включая требования к производительности системы, бюджетные ограничения и специфические особенности инфраструктуры конкретного СЦОД [8, 9].

Аппаратная либо программно-аппаратная реализация алгоритмов анализа эффективности функционирования (АЭФ) в рамках СУ ЦОД может быть обеспечена посредством внедрения специализированных устройств прогнозирования эффективности (УПЭФ).

Указанные устройства подлежат интеграции в рабочие станции, что обеспечивает возможность выполнения задач оперативного анализа показателей эффективности компонентов СЦОД на каждом уровне иерархической структуры системы управления. Структурная схема УПЭФ показана на рис. 1.

Предлагаемое устройство состоит из следующих элементов: устройство формализации информации (УФИ); формирующий фильтр (ФФ); фильтр (Ф); устройство качества (УОТЗ ПК); устройство определения частных показателей эффективности (УО ПЭФ); устройство определения обобщенного показателя эффективности (УО ОПЭФ).

устройство определения частных показателей эффективности (УО ПЭФ); устройство определения обобщенного показателя эффективности (УО ОПЭФ).

Текущий анализ показателей качества и эффективности функционирования СЦОД с неполными и недостоверными данными осуществляется следующим образом. Информация о состоянии СЦОД (управляющие воздействия и другие данные) поступает на различные входы УПЭФ. Качественная неформализованная информация обрабатывается в УФИ, где она преобразуется в нечеткие переменные. Количественная информация направляется непосредственно в ФФ. Формирующий фильтр создаёт вектор индикаторов состояния Марковской цепи, используя аналитическую модель процесса смены состояний СЦОД.

Фильтр принимает измеренные значения вектора индикаторов состояния, компенсируя наличие помех в данных. После обработки информация передается в управляющий модуль оценки технического состояния (УОТЗ ПК), который формирует актуальные оценки параметров качества на основе полученных наблюдений. Далее эти данные направляются на рабочую станцию администратора ЦОД и в устройство оценки показателей эффективности (УО ПЭФ). На каждом текущем шаге (итерация «k») работы специализированного ЦОД УО ПЭФ вычисляет вероятности соответствия параметров качества установленным требованиям.

Далее информация передается в УО ОПЭФ, где посредством вероятностных методов вычисляется интегральный показатель эффективности функционирования ЦОД специального назначения. Данный показатель количественно характеризует вероятность выполнения всех нормативных требований к качеству обслуживания на k-м временном шаге. Полученные результаты применяются системой управления СЦОД для оптимизации управляющих воздействий.

Наиболее сложным компонентом системы является фильтрующий фильтр (ФФ), который способен анализировать управляемые полумарковские процессы. Его алгоритмы учитывают неопределённость и неточ-

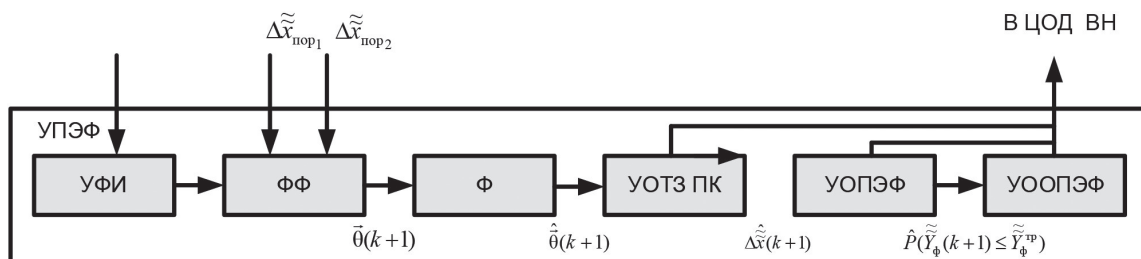


Рис. 1. Структурная схема устройства прогнозирования эффективности

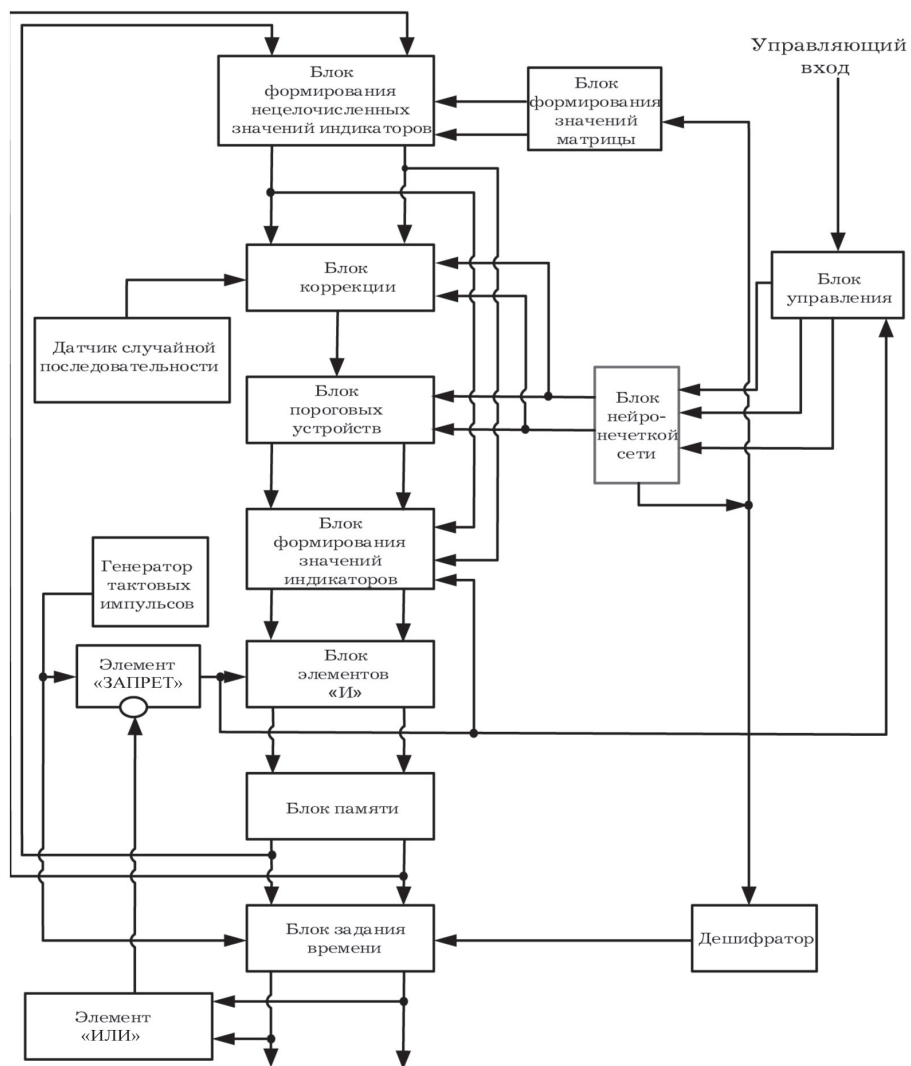


Рис. 2. Структурная схема формирующего фильтра

ность исходных данных, включая пороговые значения, а также вероятностно-временные характеристики смены состояний моделируемых случайных процессов, происходящих в реальном времени в СЦОД. Вариант функциональной схемы такого ФФ представлен на рис. 2.

Формирующий фильтр состоит из следующих элементов: датчик случайной последовательности (ДСП), блок формирования нецелочисленных значений индикаторов (БФНЗИ), блок коррекции (БК), блок формирования значений матрицы (БФЗМ), блок управления (БУ), блок пороговых устройств (БПУ), блок формирования значений индикаторов (БФЗИ), блок элементов «И», блок памяти (БП), блок задания времени (БЗВ), дешифратор (Д), элемент «ЗАПРЕТ», элемент «ИЛИ», генератор тактовых импульсов (ГТИ) и блок нейро-нечёткой сети (БННС).

Формирующий фильтр для моделирования процесса смены состояний СЦОД с неоднозначно (нечётко) и недостоверно (недостаточно, неполно, противоречиво) заданными параметрами работает следующим образом.

С выхода ДСП значения случайной вспомогательной последовательности с нормальной плотностью распределения в двоичном коде поступают на стартовый вход БК. Блок коррекции (БК) обрабатывает последовательность для дальнейшего использования в БФНЗИ. В блоке формирования нецелочисленных значений индикаторов (БФНЗИ) на основе данных из БК, управляющих сигналов, поступающих через блок формирования значений матрицы (БФЗМ), и целочисленных значений индикаторов состояния с предыдущего шага вычисляются значения вектора нецелочисленных индикаторов состояния. Результаты передаются в блок пороговых устройств (БПУ) для проверки на соответствие заданным порогам [10].

Данные с выхода БПУ направляются в блок формирования значений индикаторов (БФЗИ), где осуществ-

ляется окончательное формирование вектора индикаторов состояния. Эти значения, в свою очередь, поступают на блок нейро-нечёткой сети (БННС), который использует их для оценки вероятностей переходов состояний с учётом нечёткой логики и исторических данных.

Для синхронизации работы формирующего фильтра используется генератор тактовых импульсов (ГТИ), сигнал которого управляет блоком задания времени (БЗВ). БЗВ обеспечивает корректную временную привязку данных, которые затем передаются в блок памяти (БП) для хранения промежуточных результатов и последующего использования.

Дешифратор (Д) распределяет управляющие сигналы на элементы схемы, включая элементы «И», «ИЛИ» и «ЗАПРЕТ», которые участвуют в логической обработке сигналов. Эти элементы обеспечивают корректную маршрутизацию данных между функциональными блоками, включая блок управления (БУ), который координирует работу всей системы.

Таким образом, формирующий фильтр интегрирует множество функциональных блоков, обеспечивая моделирование процессов смены состояний СЦОД с учётом их неоднозначных и недостоверных параметров.

Вычисления в фильтре основаны на модификации уравнения Колмогорова – Чепмена, что позволяет получать точные оценки текущего состояния системы:

$$\bar{\theta}^{mp}(k+1) = \tilde{\phi}^T(k+1, k, u) \bar{\theta}(k), \quad (1)$$

является модификацией известного уравнения Колмогорова – Чепмена [4].

Знак « $\approx$ » характеризует одновременно неоднозначность и недостоверность заданных параметров.

В БК по нецелочисленным значениям индикаторов состояния (вероятностям состояний), поступающим в двоичном коде на информационные входы БК, и с учётом пороговой информации, поступающей

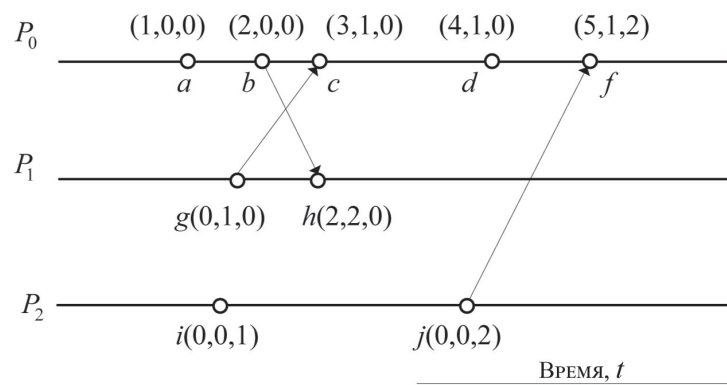


Рис. 3. Векторные часы

в двоичном коде на пороговые входы БК, производится динамическая коррекция математического ожидания (МО) и дисперсии случайной последовательности  $x'$  в соответствии с условиями, определяемыми принятой моделью. В результате на выходе БК в двоичном коде в моменты выхода фильтра из предыдущего состояния (смена такта) имеем выборочное значение случайной величины  $x^*$ , полученное из модифицированной случайной последовательности  $x'$  с МО и дисперсией, соответствующими заданным условиям моделирования.

Выборочное значение случайной величины  $x^*$  с МО и дисперсией, соответствующими заданным условиям моделирования, поступает в двоичном коде на информационный вход БПУ. На пороговые входы БПУ с пороговых выходов БНС поступают в двоичном коде пороговые значения состояний процесса. В результате предварительные значения индикаторов состояний выдаются в двоичном коде на выходы БПУ. Таким образом, на  $m$  выходах БПУ имеем элементы вектора предварительных значений индикаторов состояний моделируемого процесса, которые используются в дальнейшем для формирования значений индикаторов в соответствии с выражениями, описанными в (1).

Вычисление значений индикаторов состояния реализует БФЗИ с учётом поступающих в двоичном коде на вспомогательные входы БФЗИ параметров элементов вектора нецелочисленных значений индикаторов из БФЗИ. Полученные элементы вектора индикаторов состояний через выходы БФЗИ подаются в двоичном коде на входы блока элементов «И».

Используя нейро-нечёткие алгоритмы, блок выполняет точное моделирование полумарковских цепей с управлением, учитывая динамические пороговые значения и управляющие воздействия. Система специально разработана для обработки нечётких и ненадёжных данных через трёхэтапную процедуру: приём двоичных входов, их математическую категоризацию и нейро-нечёткую нормализацию, которая преобразует исходные данные с неопределённостью в форму, пригодную для параметрического анализа.

Таким образом, анализ функционирования формирующего фильтра подтверждает его способность поддерживать моделирование управляемых полумарковских цепей с возможностью динамической адаптации пороговых значений состояний случайных процессов, а также обеспечивать повышенную достоверность моделирования даже в условиях исходных данных с неопределённостью или низкой надёжностью.

### Литература

1. Концепция развития информационных и телекоммуникационных технологий Вооруженных Сил Российской Федерации на период до 2025 года (проект). – Москва : МО РФ, 2015. – 16 с.
2. Михайличенко, Н. В. Вероятностно-временная модель для анализа динамики изменения состояний центров обра-

ботки данных / Н.В. Михайличенко // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 1. – С. 54–66.

3. Прохоров, А. Н. Центры обработки данных: анализ, тренды, мировой опыт : корпоративное издание / А.Н. Прохоров, С.А. Рахматуллин ; научное редактирование : К. Королев, И. Дорофеев. – Москва : АльянсПринт, 2021. – 414 с.

4. Румянцев, Ю. В. Центры обработки данных / Ю.В. Румянцев, С.В. Акулов, В.А. Гурова. – Москва : Русатом – цифровые решения, 2020. – 40 с.

5. Семенов, А. Б. Структурированные кабельные системы для центров обработки данных / А.Б. Семенов. – Москва : ДМК-Пресс, 2019. – 234 с.

6. Докучаев, В. А. Архитектура центров обработки данных / В.А. Докучаев, А.А. Кальфа, В.В. Маклачкова. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2020. – 240 с.

7. ГОСТ Р 7.0.96–2016. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Электронные библиотеки. Основные виды. Структура. Технология формирования. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 13 с.

8. Паращук, И. Б. Показатели качества функционирования современных центров обработки данных / И.Б. Паращук, Н.В. Михайличенко, Е.О. Шестаков // Перспективные направления развития отечественных информационных технологий : материалы V межрегиональной научно-практической конференции (Севастополь, 24–28 сентября 2019). – Севастополь : СевГУ, 2019. – С. 37–38.

9. Паращук, И. Б. Способ контроля и анализа многопараметрических систем хранения данных, дата-центров и электронных библиотек / И.Б. Паращук, Н.В. Михайличенко, Е.С. Крюкова // Региональная информатика и информационная безопасность : сборник трудов конференций. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургское Общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления, 2020. – Вып. 8. – С. 80–83.

10. Патент № RU 7182214С1. Вероятностный автомат : № 2018141771 : заявл. 26.11.2018 : опубл. 31.03.2020 / Н.В. Михайличенко, И.Б. Паращук, П.В. Зияев, В.Д. Жмуров ; патенообладатель ФГКВОУ ВО ВАС им. С.М. Буденного.