

На правах рукописи



Лебедев Роман Владимирович

**МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ В КЛИЕНТ-СЕРВЕРНЫХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ДОВЕРИЯ**

05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации
(космические и информационные технологии)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Красноярск – 2021

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологии имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Мурыгин Александр Владимирович

Официальные оппоненты: **Кравец Алла Григорьевна**
доктор технических наук, профессор,
Волгоградский государственный технический
университет, профессор кафедры «Системы
автоматизированного проектирования
и поискового конструирования»

Аршинский Леонид Вадимович
доктор технических наук, доцент,
Иркутский государственный университет
путей сообщения, заведующий кафедрой
«Информационные системы и защита
информации»

Ведущая организация: Институт информатики и математического
моделирования – обособленное подразделение
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Федерального
исследовательского центра «Кольский научный
центр Российской академии наук»
(ИИММ КНЦ РАН)

Защита диссертации состоится «11» июня 2021 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.249.05, созданного на базе ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологии имени академика М.Ф. Решетнева» по адресу: 660037, г. Красноярск, проспект имени газеты «Красноярский рабочий», 31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологии имени академика М.Ф. Решетнева» и на сайте <https://www.sibsau.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

Панфилов
Илья Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность

Клиент-серверная архитектура является основой для большинства корпоративных информационных систем. Концепция сервера как центрального узла обработки информации позволяет эффективно использовать вычислительный ресурс системы за счет консолидации вычислительных мощностей и их распределения на конкурентной основе.

В реально функционирующих корпоративных информационных системах, в частности на предприятиях оборонно-промышленного комплекса (ОПК), обработка информации частично сохраняется и на стороне клиента в силу различных факторов, а с учетом их существенной географической рассредоточенности с точки зрения структуры и модели обработки информации они носят смешанный характер, принимая некоторые свойства распределенных вычислительных систем. Как следствие, такие системы имеют большие возможности горизонтального масштабирования, что выражается в преобладании прироста сегмента клиентских узлов системы перед серверным. Так ежегодный прирост числа персональных компьютеров в корпоративной локальной сети составляет около 10%, в то время как для парка серверов он не превышает 3-5%. Это обстоятельство неизбежно создает условия потенциального дефицита серверных вычислительных мощностей.

Построение эффективной системы управления вычислительными ресурсами современных клиент-серверных системах требует разработки новых методов, не зависящих от размеров системы и позволяющих автоматизировать процессы управления с учетом текущего состояния системы в целом и ее отдельных компонентов.

В современных информационных системах широко применяются методы управления на основе атрибутов или контекста. Эти подходы реализованы во многих международных стандартах, таких как IEEE 802.1p/q/v/x. Их общим недостатком является строгая детерминированность правил управления. Изменение состояния клиентов во времени учитывается в методах управления, основанных на репутационных моделях доверия к клиенту. В таких моделях доверие формируется на основе накопленных данных о прежних состояниях клиента, но слабо учитывается его состояние в момент оценки. В этой связи актуальной является разработка методов управления вычислительными и программными ресурсами сервера на основе моделей доверия к клиентам системы, использующих данные динамических параметров клиентов в определенный момент времени.

Степень разработанности темы исследования

Теоретическую и методологическую основу исследования составили труды отечественных и зарубежных ученых: В.В. Подиновского, П.Н. Девянина, Р.В. Гильмутдинова, А.А. Кононова, А.А. Бешты, S.P. Mash, D.E. Denning. П.Н. Девянин внес существенный вклад в развитие моделей и методов управления доступом и информационными потоками. В.В. Подиновским проведены значительные исследования в теории измерений в части многокритериальных

решений, в том числе на основе оценок качественных критериев. А.А. Бештой предложена репутационная модель доверия к наблюдаемому объекту на основе мнений клиентов системы. D.E. Denning разработал подход к оценке характеристик компьютерных систем на основе оценки их функциональных качеств, не зависящий от архитектуры и технических решений. В работе S.P. Mash формализован подход к понятию доверия и его количественной оценке.

Подходы к оценке уровня доверия также рассмотрены в работах отечественных исследователей: А.П. Дураковского, М.А. Таланова, А.С. Тимоховича, А.В. Потина, Д.С. Комина, а также иностранных: A.Arenas, B. Aziz, S. Namasudra. А.В. Потин и Д.С. Комин провели онтологический анализ предметной области понятия доверия. М.А. Таланов и А.С. Тимохович рассматривают для оценки доверия данные статистики. А.П. Дураковский описывает понятие доверия как оценку соответствия системы определенным параметрам в заданный период времени. В работах A. Arenas, B. Aziz, S. Namasudra рассматриваются методы управления на основе реферальной репутации участников. Репутационные модели управления рассматриваются в работах D. Rosaci, G.C. Silaghi, M. Gupta, B. Yu, G. Zacharia, K. Aberer.

Исследования в области ролевых и контекстных моделей управления ведут С.В. Белим, Н.Ф. Богаченко, Е.С. Грязев, D. Zhang, Y. Zhang, W. Zeng, J. Xin, R.S. Sandhu, Z. Khan, M. Leitner, R.K. Thomas, A. Ouaddah. Проблемы управления доступом в современных клиент-серверных и распределенных системах приведены в работах В.А. Вишняков, В.И. Потапова, И.Б. Саенко, И.С. Ястребова, A. Lawall, Z.A. Zakarnain, Y. Zhang.

В современных подходах к управлению ресурсами информационных систем активно исследуются модели и методы на основе доверия, которое рассматривается в качестве меры ожидания определенных свойств и поведения от клиента системы. Подходы к доверию на основе ролевых и атрибутивных моделей используются в основном в задачах строгого разграничения доступа. Существующие модели доверия на основе репутации учитывают изменения состояний системы, однако строятся, как правило, на реферальной информации о клиентах. Это накладывает дополнительные функциональные требования на компоненты системы и затрудняет их применение в существующих информационных системах предприятий, для которых проблема дефицита вычислительных и программных ресурсов стоит особенно остро.

Целью работы является повышение эффективности управления вычислительными и программными ресурсами клиент-серверных информационных систем в условиях их дефицита.

В соответствии с указанной целью в работе поставлены и решены следующие задачи:

- 1) Аналитический обзор существующих методов и моделей управления ресурсами информационных систем различных архитектур.
- 2) Разработка модели доверия к клиентам информационной системы на основе контекстных данных клиента, которая позволит получать численную

оценку соответствия клиента техническим условиям выполнения целевой функции в данный момент времени.

3) Разработка метода управления ресурсами сервера в клиент-серверной информационной системе на основе доверия к клиентам, позволяющего эффективно использовать ограниченные ресурсы сервера.

4) Разработка системы управления ресурсами клиент-серверной информационной системы, позволяющей внедрять метод управления ресурсами сервера на основе оценки доверия в функционирующие клиент-серверные информационные системы без изменения их состава и режимов работы.

5) Исследование эффективности разработанного метода управления ресурсами клиент-серверной информационной системы.

Методология и методы исследования

Метод исследований строится на системном подходе и сочетании различных методов управления и обработки информации. В работе использованы методы теории множеств, теории массового обслуживания, теории измерений, теории принятия решений, теории вероятностей, теории графов, алгебры логики. При разработке программных решений для системы управления ресурсами применялись технологии объектно-ориентированного программирования, методы логического программирования, парадигма микросервисной архитектуры, чем обеспечена возможность модификации для дальнейшего расширения функционала.

Научная новизна

Предмет защиты составляют следующие результаты, полученные лично автором и содержащие элементы научной новизны:

1) Предложена новая модель доверия к клиенту информационной системы на основе его сходства с эталоном, использующая в отличие от существующих подходов отношения нечеткого предпочтения для оценки важности критериев сходства, которая позволяет получить численное значение степени соответствия клиента условиям, определяемым эталоном.

2) Разработан новый метод управления вычислительными и программными ресурсами сервера в клиент-серверной информационной системе на основе оценки доверия к клиентам, который в отличие от существующих методов применяет управляющее воздействие на канал связи между клиентом и сервером и позволяет повысить эффективность использования ресурсов сервера за счет увеличения вероятности доступа к ресурсам сервера доверенных клиентов.

3) Разработана новая вероятностная модель доступа клиентов к серверу информационной системы на основе математического аппарата многоканальных систем массового обслуживания замкнутого типа с нулевой очередью и отказами, которая в отличие от известных моделей учитывает вероятность доставки запросов на обслуживание от клиентов при описании потока заявок и позволяет оценить вероятности доступа клиента к серверу с учетом изменений состояния канала связи.

Теоретическая значимость работы заключается в исследовании и развитии общего подхода к понятию доверия относительно клиентов информационных систем, который включает разработку и апробацию новой модели доверия на основе контекстной информации, позволяющей получить численное значение степени соответствия клиента заданному эталону, метода управления ресурсами клиент-серверной системы, который на основе информации о доверии к клиентам позволяет повысить эффективность использования вычислительных и программных ресурсов системы.

Практическая значимость работы заключается в разработке системы управления вычислительными и программными ресурсами клиент-серверной информационной системы, основанной на оценке доверия к клиентам, которая позволяет повысить эффективность управления ресурсами в существующих информационных системах без изменения режима их работы и технологии обработки информации. Система внедрена в ряд корпоративных информационных систем АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва»: систему виртуализации графических вычислительных ресурсов и систему управления конкурентными лицензиями на специальное программное обеспечение. Разработанная модель доверия к клиентам используется в системе поддержки принятия решений о допуске персонала к работе со специализированным программным обеспечением.

Получено свидетельство о государственной регистрации и апробации программы «Программа анализа связей между узлами корпоративной вычислительной сети», являющейся компонентом системы управления ресурсами, которая позволяет анализировать состояние каналов связи между клиентами и сервером без имитации подключений.

Получено положительное заключение ФСТЭК России о возможности применения разработанной системы управления ресурсами в информационных системах обработки служебной информации.

Положения, выносимые на защиту

1) Модель доверия к клиентам в информационной системе на основе порядковой шкалы предпочтений позволяет получить численную оценку соответствия клиента заданным критериям в определенный момент времени.

(п. 3 паспорта специальности 05.13.01)

2) Метод управления ресурсами сервера в клиент-серверной информационной системе на основе оценки доверия к клиентам позволяет повысить эффективность управления дефицитными ресурсами сервера путем их распределения между клиентами, наиболее соответствующими заданным техническим условиям для выполнения целевых функций.

(п. 4 паспорта специальности 05.13.01)

3) Вероятностная модель доступа клиентов к ресурсам сервера информационной системы позволяет оценить вероятность получения доступа клиента к серверу с учетом состояний канала связи между ними.

(п. 3 паспорта специальности 05.13.01)

4) Система управления вычислительными и программными ресурсами сервера в клиент-серверной системе позволяет применять разработанный метод управления на основе оценки доверия в функционирующих клиент-серверных системах без изменения их состава и режимов работы.

(п. 9 паспорта специальности 05.13.01)

Достоверность результатов работы обеспечивается корректным применением методов теории массового обслуживания, теории принятия решений, теории вероятности, строгим математическим обоснованием рассуждений, а также соответствием теоретических значений и экспериментальных данных, полученных при внедрении разработанных решений в корпоративные информационные системы. Полученные результаты согласуются с результатами исследований других авторов в этой области.

Публикации

По теме диссертационной работы было опубликовано 10 работ, из которых 4 публикации в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК, 1 публикация в журнале, рецензируемом в системе Web of Science, получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Апробация результатов

Результаты работы докладывались на семинарах кафедры информационно-управляющих систем и следующих конференциях:

- АРИТЕСН-II - 2020: Прикладная физика, информационные технологии и инжиниринг: II Международная конференция (2020 г., Красноярск);
- Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: IX международная научная конференция (2020 г., Казань);
- Актуальные вопросы проектирования автоматических космических аппаратов для фундаментальных и прикладных научных исследований: научно-техническая конференция (2017 г., Анапа);
- Решетневские чтения: Международная научно-практическая конференция (2009, 2011, 2012, 2014, 2020 г., Красноярск);
- Актуальные проблемы авиации и космонавтики: Всероссийская научно-практическая конференция творческой молодежи (2012 г., Красноярск).

Объем и структура работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемых источников (содержит 140 наименований) и 4 приложений. Общий объем диссертации составляет 146 страниц, включающих 16 таблицы (12 из которых вынесены в приложения) и 18 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение

Во введении диссертации отражены актуальность работы, цель и задачи исследования, объект и предмет исследования, основная идея работы, методология и методы исследования, научная новизна, научные положения, выносимые на защиту и их достоверность, практическая значимость полученных результатов, апробация результатов работы.

В первой главе рассмотрены основные типы информационных систем и их архитектур, существующие методы и модели управления ресурсами в информационных системах, наблюдаемые тенденции и актуальные проблемы, определена роль клиент-серверных систем в деятельности предприятий, также рассмотрены современные подходы к эффективному управлению ресурсами в информационных системах. Показано, что современные методы управления ресурсами в клиент-серверных системах в условиях их общего дефицита строятся на общих моделях управления доступом. Отмечено, что традиционные подходы к управлению доступом не учитывают собственные изменения системы во времени, методы управления на основе атрибутов или контекста, реализованные во многих международных стандартах, имеют общий существенный недостаток: строгую детерминированность правил управления. Оценка доверия к клиенту используется в методах управления на основе гибких или нечетких правил, при этом применяются репутационные модели доверия, основанные на реферальной информации о клиентах. Представленные на рынке решения по управлению ресурсами в современных корпоративных информационных системах в основном производятся за рубежом, весьма дорогостоящие и сложные как на этапе внедрения, так и при их эксплуатации, что делает актуальными исследования в области создания новых методов управления на основе доверия, легко интегрируемых в существующие клиент-серверные информационные системы.

Клиент-серверная информационная система рассматривается как совокупность ограниченных ресурсов, сосредоточенных на сервере, их потребителей (клиентов), а также программно-технических средств и систем, обеспечивающих эксплуатацию этих ресурсов, управление доступом к ним и объединенных в вычислительную сеть. Под сервером понимают окончательный узел (совокупность узлов) сети, выполняющий обработку запросов на доступ к его ресурсам, доступ предоставляется на конкурентной основе. Под клиентом понимается окончательный узел, использующий ресурс сервера для выполнения своих функций, клиенты являются субъектами доступа в клиент-серверной информационной системе. В составе вычислительной сети также рассматривается сетевое оборудование, под которым понимаются программно-технические средства, обеспечивающие связь окончательных узлов сети. Технические ресурсы системы, используемые непосредственно для выполнения ее целевых функций, называют вычислительными ресурсами системы. Специальное программное обеспечение, применение которого связано с техническими или организационными (лицензионными) ограничениями

называют программными ресурсами системы. Вычислительные и программные ресурсы являются ограниченными.

Показано, что основной проблемой современных корпоративных информационных систем, построенных на основе архитектуры «клиент-сервер», является сложность администрирования, мониторинга и сбора статистики, технического обслуживания удаленных узлов, аппаратная и программная гетерогенность, что осложняет (или даже исключает) возможность применения стандартных контекстных моделей управления ресурсами. Показана целесообразность подхода к управлению ресурсами на основе рейтинговых моделей доступа и целесообразность разработки методов управления ресурсами на основе оценки доверия к клиентам как меры сходства с заданным эталоном в определенный момент времени.

Вторая глава посвящена построению модели доверия к клиентам и основанному на этой модели методу управления ограниченными ресурсами в клиент-серверной системе.

Под доверием к клиенту понимается численная мера его соответствия заданному эталону, который определяется владельцем информационной системы через набор проверяемых параметров – критериев доверия.

В исходном состоянии владелец информационной системы доверяет клиентам, а в процессе проверки критериев степень доверия снижается.

Ключевые принципы критериев доверия:

- объективность: значение критерия должно интерпретироваться однозначно, оно не может зависеть от выбора клиента или значения других критериев;
- документированность: составляющие критерий сведения о клиенте должны быть зафиксированы в пригодном для их обработки виде;
- универсальность: критерии доверия должны одинаково определяться для всех клиентов.

К критериям доверия может относиться информация о программно-техническом составе хоста клиента, назначенные ему роли, атрибуты, статистика активности и инцидентов.

Обозначим $M = \{m_i | i = \overline{1, n}, n \in \mathbb{N}\}$ множество критериев доверия к клиенту в информационной системе. Определим на M отношение частичного порядка $M_{\leq} \in M \times M$ так, что $\forall m_i, m_j \in M : i < j \Rightarrow m_i < m_j \vee m_i \sim m_j$. Это отношение разделит M на попарно непересекающиеся классы равнозначных критериев $(M/\sim) = \bigcup_{j \leq n} [m_j]$. Будем обозначать $[m_j]$ класс эквивалентности критерия m_j , то есть $[m_j] = \{m \in M | m \sim m_j\}$. Введем на них функцию пересчета φ по правилам (1). Для удобства можно полагать $\varphi_{min} = 1$, $\varphi_{max} = N$.

$$\begin{aligned} \varphi: (M/\sim) &\rightarrow \mathbb{N}, \\ \forall m_i, m_j \in M : m_i < m_j &\Rightarrow \varphi([m_i]) < \varphi([m_j]). \end{aligned} \quad (1)$$

Множество $M_{\leq} \in M \times M$ отношения нестрого порядка может быть представлено в виде матрицы парных сравнений $A = (a_{ij})_{n \times n} = (a_{ij})$, заполненной по правилам (2).

$$\forall i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n} \quad a_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если } m_i < m_j \text{ или } m_i \sim m_j, \\ 0 \text{ в других случаях.} \end{cases} \quad (2)$$

Матрицы задаются экспертным методом, каждый эксперт задает собственную матрицу $A^{(y)}$, где y – идентификатор эксперта. Считается, что число экспертов в системе не ограничено ($y \in \mathbb{N}$), и каждый эксперт высказывается только один раз.

Матрица $\tilde{A}$, составляющая нормированную сумму матриц парных сравнений $A^{(y)}$, считается матрицей компромиссного мнения экспертов, матрица $\tilde{A}$ описывает нечеткое отношение предпочтения на множестве критериев M .

В качестве нормы матрицы $\tilde{A}$ принимается ее наибольший элемент, элементы матрицы находятся по формуле (3).

$$\tilde{A} = \frac{\sum_y A^{(y)}}{\max_{i,j} \left(\sum_y a_{ij}^{(y)} \right)}. \quad (3)$$

Принято обозначать как $W(M) = (W_1, \dots, W_n)$ вектор весовых коэффициентов, где соответствующие W_i определяют вес $m_i \in M$. Компоненты W находятся по формуле (4).

$$W_i = \frac{1}{\sum_{k,j=1}^n a_{kj}} \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \right)_i \quad (4)$$

Клиент X информационной системы задан кортежем бинарных значений $(x_1, \dots, x_n)$, определяющих факт соответствия клиента критериям доверия $m_1, \dots, m_n$ из M .

Модель доверия к клиенту описывается функцией $T(X): M \rightarrow [0; 1]$ следующего вида:

$$T(X) = 1 - \sum_{i=1}^n x_i \cdot W_i. \quad (5)$$

Функцию (5) принято называть оценкой доверия к клиенту X в системе S .

Шагом приращения оценки доверия ΔT называют величину, на которую изменится значение функции оценки доверия $T(X)$ при изменении значения одного критерия доверия для клиента X (6).

$$\Delta T = T(X^1) - T(X^0),$$

$$\exists_1 i \in \{1, \dots, n\}: X^0 = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_n), X^1 = (x_1, \dots, \neg x_i, \dots, x_n). \quad (6)$$

Введены обозначения $\varepsilon = W_{\min}$ величины минимального шага приращения и $E = W_{\max}$ величины максимального шага приращения оценки доверия ΔT .

Порогом доверия Z принято называть минимальное значение функции оценки доверия $T(X)$ к клиенту X , при котором он считается доверенным в системе S . Формальная запись этого условия приведена в (7), где X_T – множество доверенных клиентов системы.

$$T(X) > Z \Rightarrow X \in X_T. \quad (7)$$

Разработанный метод управления ресурсами информационной системы предполагает управляемое воздействие на канал связи между клиентом и сервером. Для клиентов с уровнем доверия ниже установленного порога, канал связи блокируется, и сервер не получает запросы от клиента, таким образом, дефицитный ресурс сервера системы S распределяется между доверенными клиентами X_T на конкурентной основе. Общая схема работы метода приведена на рисунке 1.

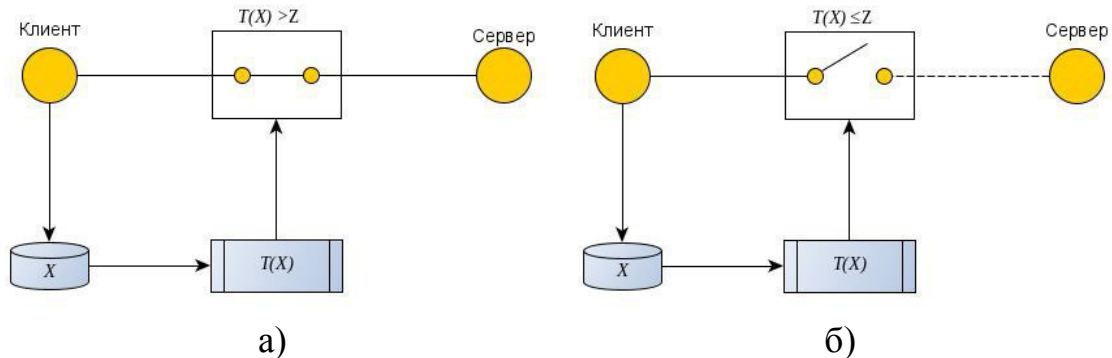


Рисунок 1 – Схема работы метода управления на основе оценки доверия: а) для доверенных клиентов X_T ; б) для недоверенных клиентов

В рамках предлагаемого метода при выборе значения порога доверия Z необходимо опираться на наиболее значимые критерии доверия m_i из M , то есть имеющие в модели доверия наибольший вес: $W_i \mid (E - W_i) < \varepsilon$. Рассмотрено два пограничных варианта выбора порога Z .

1. Лояльный: наиболее мягкий подход, при котором для потери доверия клиент X должен не соответствовать всем наиболее значимым критериям:

$$Z = 1 - E \cdot |w|, \text{ где } w = \{W_i \mid (E - W_i) < \varepsilon\}; \quad (8)$$

2. Строгий: наиболее требовательный подход, при котором для потери доверия к клиенту достаточно не соответствовать хотя бы одному из наиболее значимых критериев:

$$Z = 1 - (E + \varepsilon). \quad (9)$$

В третьей главе описана система управления ресурсами сервера в клиент-серверной системе, реализующая разработанный метод управления на основе оценки доверия, обозначены необходимые технические и технологические условия для применения разработанного метода в функционирующей информационной инфраструктуре предприятия, такие как система сбора и обработки исходной информации для оценки доверия, система анализа сетевой топологии, позволяющая моделировать структуру вычислительной сети предприятия и взаимосвязи ее узлов для проверки исполнения предписаний метода.

В главе сформулированы принципы и механизмы получения информации о компьютерах корпоративной информационной инфраструктуры для последующей оценки доверия, а также логическая модель анализа топологии

сети на основе конфигурационных данных коммутационных устройств, позволяющая проверять состояние канала связи между различными узлами вычислительной сети. Механизм управления в системе представлен как надстройка над существующей инфраструктурой клиент-серверной системы, который управляет конфигурациями соответствующих сетевых устройств; распределение ресурсов реализуется на сетевом уровне стека протоколов TCP/IP без изменения состояния и режимов работы сервера и клиентов исходной системы. Схема модели представлена на рисунке 2.

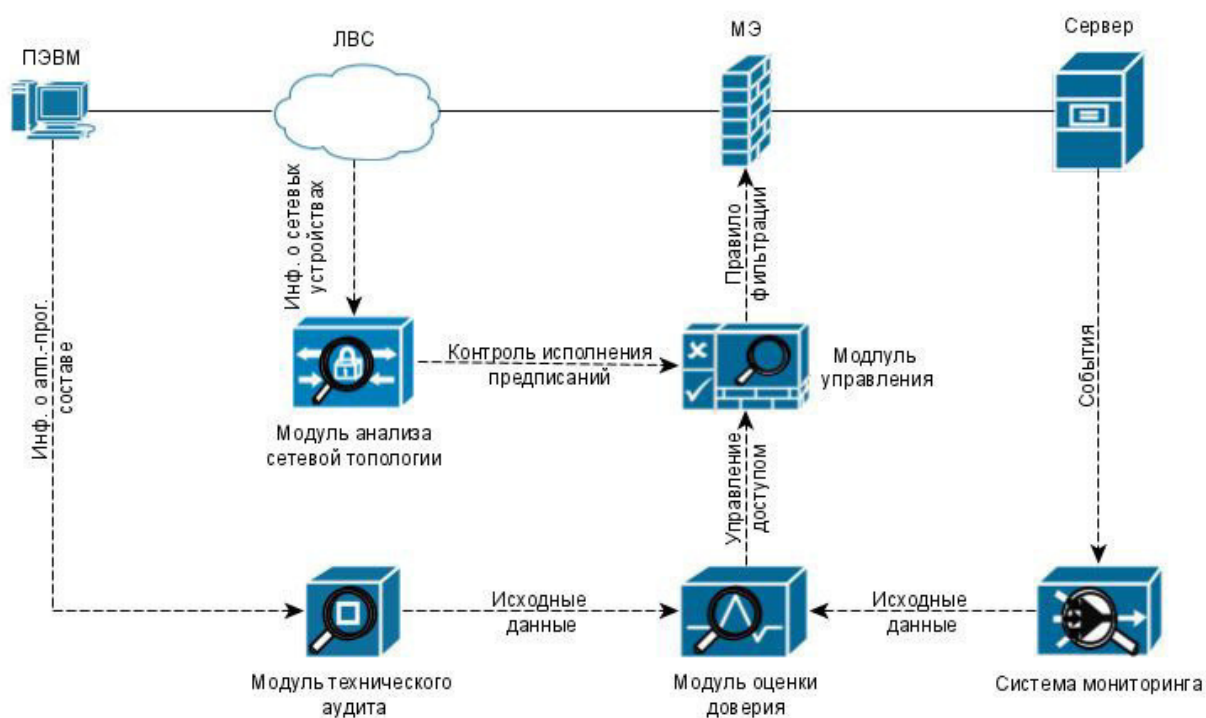


Рисунок 2 – Схема системы управления ресурсами сервера на основе оценки доверия

Модуль оценки доверия использует информацию о программно-техническом составе и инцидентах активности клиента в качестве исходных данных для оценки доверия к клиенту (ПЭВМ). Модуль управления формирует необходимые правила на соответствующем устройстве, корректность настройки контролируется модулем анализа сетевой топологии.

В четвертой главе проведено исследование эффективности разработанного метода управления ресурсами в клиент-серверной системе. Показателем эффективности в работе принято считать вероятность доступа доверенного клиента к серверу в стационарном режиме работы системы.

Для исследования эффективности метода предложена вероятностная модель доступа клиентов к серверу системы с использованием математического аппарата теории массового обслуживания как система массового обслуживания замкнутого типа с нулевой очередью и отказами. Модель учитывает вероятность доставки заявок на обслуживание при описании потока заявок. Критерием эффективности выбрана оценка вероятности обработки сервером очередной заявки от доверенного клиента.

Общие исходные данные. Клиент-серверная информационная система S имеет ограниченный вычислительный ресурс для обслуживания клиентов X и позволяет осуществлять одновременное подключение не более чем $N_S = \omega$ из них. В свою очередь, X состоит из ограниченного и известного числа конечных узлов $N_X = \chi$, каждый из которых создает простейший поток заявок на доступ к S интенсивности λ и освобождает занятый канал с интенсивностью μ . Считаем, что $N_X \geq N_S$, и в случае, когда все N_S каналов заняты, все поступающие заявки на доступ получают отказ и немедленно возвращаются обратно в источник, т.е. $P_{\text{ожид}} = 0$.

Система уравнений (10) описывает вероятность P получения доступа клиента X к серверу системы S в стандартном режиме работы, $\rho = \lambda/\mu$ – коэффициентом загрузки.

$$\begin{cases} P = 1 - \frac{\chi - \omega}{\chi - \bar{\omega}} P_{\omega}, \\ \bar{\omega} = \frac{\rho}{1 + \rho} (\chi - (\chi - \omega) P_{\omega}), \\ P_{\omega} = C_{\chi}^{\omega} \rho^{\omega} \left(\sum_{i=0}^{\omega} C_{\chi}^i \rho^i \right)^{-1}. \end{cases} \quad (10)$$

Применение метода управления ресурсами сервера системы S на основе оценки уровня доверия $T(X)$ к клиентам X ограничивает доставку запросов на обслуживание сервером по условию (7). Учитывая, что при проверке доверия клиент определяется некоторой совокупностью своих изменяемых характеристик $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, не зависящих от других клиентов и состояния системы S , можно считать результат проверки доверия к случайно взятому клиенту в текущий момент времени случайным событием с вероятностью P_T , определяемой порогом доверия Z . При этом для клиента отказ в доступе по результату проверки доверия равнозначен отказу в обслуживании при полной загрузке системы (в состоянии S_{ω}). Граф состояний системы приведен на рисунке 3.

Вероятность $\tilde{P}_k$ состояния системы S_k в режиме использования разработанного метода может быть выведена по формуле (11).

$$\tilde{P}_k = \frac{\chi^{[k]}}{k!} \rho^k P_0 = C_{\chi}^k \rho^k P_T^k P_0 \quad (11)$$

При этом справедливо равенство $\tilde{P}_k = P_T^k P_k$, где P_k – вероятность пребывания системы в k -м состоянии в стандартном режиме работы. Если считать $\tilde{\rho} = \rho P_T$, то общая формула вероятности $\tilde{P}_k$ состояния системы S_k будет иметь вид (12).

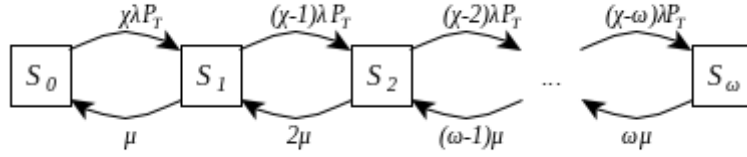


Рисунок 3 – Граф состояний системы с учетом влияния оценки доверия к клиенту на его доступ серверу

$$\tilde{P}_k = P_T^k P_k = C_\chi^k \rho^k P_T^k \left(\sum_{i=0}^{\omega} C_\chi^i \rho^i P_T^i \right)^{-1} = C_\chi^k \tilde{\rho}^k \left(\sum_{i=0}^{\omega} C_\chi^i \tilde{\rho}^i \right)^{-1}. \quad (13)$$

С учетом формулы (13) можно записать систему уравнений (10) для $\tilde{P}$ вероятности доступа доверенного клиента X_T к серверу системы S в условиях применения метода управления на основе оценки доверия в следующем виде.

$$\begin{cases} \tilde{P} = 1 - \frac{\chi - \omega}{\chi - \bar{\omega}} \tilde{P}_\omega, \\ \bar{\omega} = \frac{\tilde{\rho}}{1 + \tilde{\rho}} (\chi - (\chi - \omega) \tilde{P}_\omega), \\ \tilde{P}_\omega = C_\chi^\omega \tilde{\rho}^\omega \left(\sum_{i=0}^{\omega} C_\chi^i \tilde{\rho}^i \right)^{-1}, \\ \tilde{\rho} = \rho P_T. \end{cases} \quad (14)$$

Из системы уравнений (14) видно, что вероятность доступа клиентов X к серверу системы S полностью определяется их количеством $N_X = \chi$, общим числом каналов $N_S = \omega$ и коэффициентом загрузки ρ . Считается, что ресурс системы в процессе ее работы остается постоянным $N_S = \omega = const$, а также $\rho = const$, поскольку интенсивность запросов на доступ ресурсу от клиентов и продолжительность работы с ним определяется спецификой решаемых задач. Исходя из этих соображений можно считать вероятность доступа клиента к ресурсу сервера функцией от числа активных клиентов в системе $P = P(\chi) : \mathbb{N} \rightarrow [0; 1]$.

В свою очередь, вероятность P_T доверия к клиенту зависит от выбора значения порога доверия Z . Оценку вероятности P_T можно непосредственно связать с Z исходя из его определения, и тогда можно полагать $P_T = P_T(Z) [0; 1] \rightarrow [0; 1]$, $\tilde{P} = \tilde{P}(\chi, Z) : \mathbb{N} \times [0; 1] \rightarrow [0; 1]$.

Критерием повышения эффективности управления ресурсами сервера системы от применения разработанного метода принято считать величину (15).

$$\Delta P = \frac{(\tilde{P} - P)}{P} \quad (15)$$

Исследование эффективности ΔP выполнено для корпоративной системы виртуализации графических вычислительных ресурсов. В рамках исследования проведено сравнение разработанного метода с аналогичными методами управления на основе атрибутной модели (ABAC) и технологии приоритезации запросов (QoS).

Исходные данные для расчетов приведены в таблице 1. По итогам ранжирования критериев доверия группой экспертов составлена матрица нечеткого отношения предпочтения критериев $\tilde{A}$, по которой вычисляется вектор весовых коэффициентов $W(M)$, который фактически составляет нормированную шкалу весов для критериев. Результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Исходные данные

Параметр	Обозначение	Значение	Примечание
Общее кол-во клиентов	χ	400	Округленное количество потенциальных клиентов в системе; составляют генеральную совокупность для расчетов
Вычислительный ресурс системы	ω	100	Вычислительный ресурс системы обеспечивает одновременную работу 25% от общего числа потенциальных клиентов
Интенсивность обращений клиентов	ρ	4	Интенсивность обращений клиентов к системе превышает в 4 раза интенсивность освобождения ресурса
Количество критериев доверия	$ M $	16	Общее количество критериев доверия, используемое для оценки доверия к клиентам
Количество экспертов	y	4	Количество экспертов, участвующих в формировании матрицы $\tilde{A}$ нечеткого отношения важности критериев
Порог доверия, вариант 1	Z_1	0,84	Строгий вариант порога доверия к клиенту, определен как $1 - (E + \varepsilon)$; значение получено на основании расчетов таблицы 2
Порог доверия, вариант 2	Z_2	0,61	Лояльный вариант порога доверия к клиенту, определен как $1 - w \cdot E$; значение получено на основании расчетов таблицы 2

Согласно введенным критериям доверия проведена оценка доверия к клиентам системы из заданной выборки. Распределение оценок приведено на рисунке 4, гистограмма показывает, сколько клиентов в выборке имеет соответствующее значения оценки доверия.

Таблица 2 – Ранжирование критериев доверия

Критерий	Содержание критерия	Вес
m_1	Способ управления учетной записью клиента	0,137
m_2	Сведения о допуске клиента к работам класса 1	0,024
m_3	Сведения о допуске клиента к работам класса 2	0,024
m_4	Наличие набора 1 программного обеспечения клиента	0,124
m_5	Наличие набора 2 программного обеспечения клиента	0,134
m_6	Наличие набора 1 технических средств клиента	0,093
m_7	Наличие набора 2 технических средств клиента	0,092
m_8	Наличие набора 3 технических средств клиента	0,049
m_9	Наличие событий типа 1 системы безопасности	0,081
m_{10}	Наличие событий типа 2 системы безопасности	0,054
m_{11}	Наличие событий типа 3 системы безопасности	0,034
m_{12}	Наличие событий типа 1 системы мониторинга	0,066
m_{13}	Наличие событий типа 2 системы мониторинга	0,093

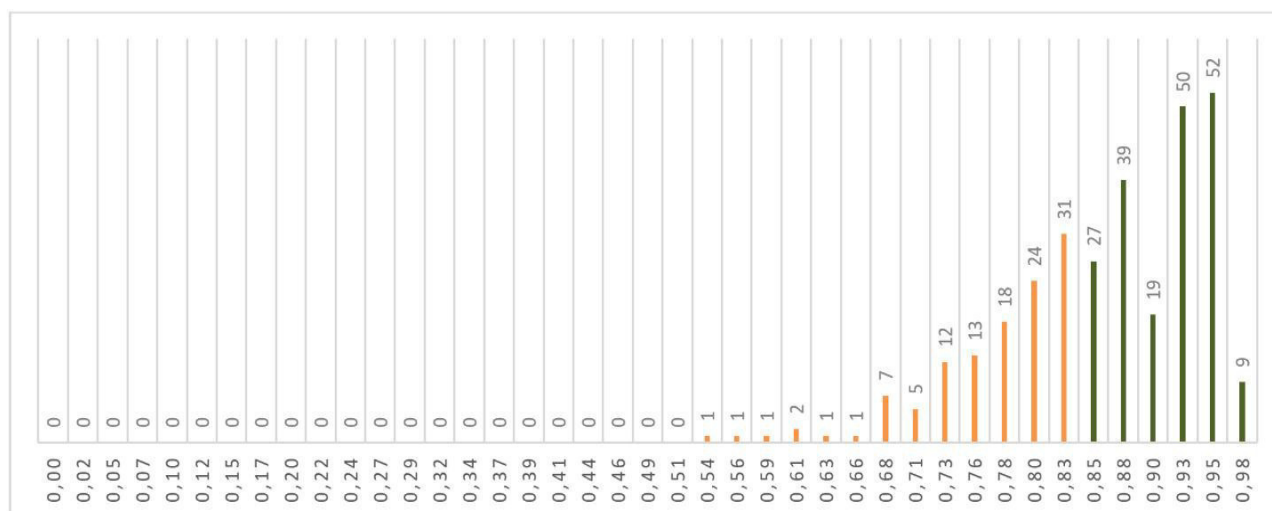


Рисунок 4 – Распределение оценок доверия к клиентам для заданного набора критериев доверия

Выполнен расчет показателя эффективности ΔP метода управления на основе оценки доверия для выбранных порогов доверия, а также аналогичных методов управления на основе ABAC и QoS, результат приведен на рисунке 5. Из графика видно, что разработанный метод со строгим порогом доверия демонстрирует наибольшую эффективность в сравнении с другими методами $\lim_{\chi \rightarrow 400} \Delta P_{Z_1} = 0,47$.

Проведен производственный эксперимент, в ходе которого получены и рассмотрены данные о подключениях клиентов к серверу системы в течение определенного времени. Эксперимент включал два этапа: стандартный режим работы системы (8 суток) и с применением разработанного метода (12 суток). На рисунке 6 приведены соотношения успешных подключений доверенных клиентов к серверу системы в процессе эксперимента.

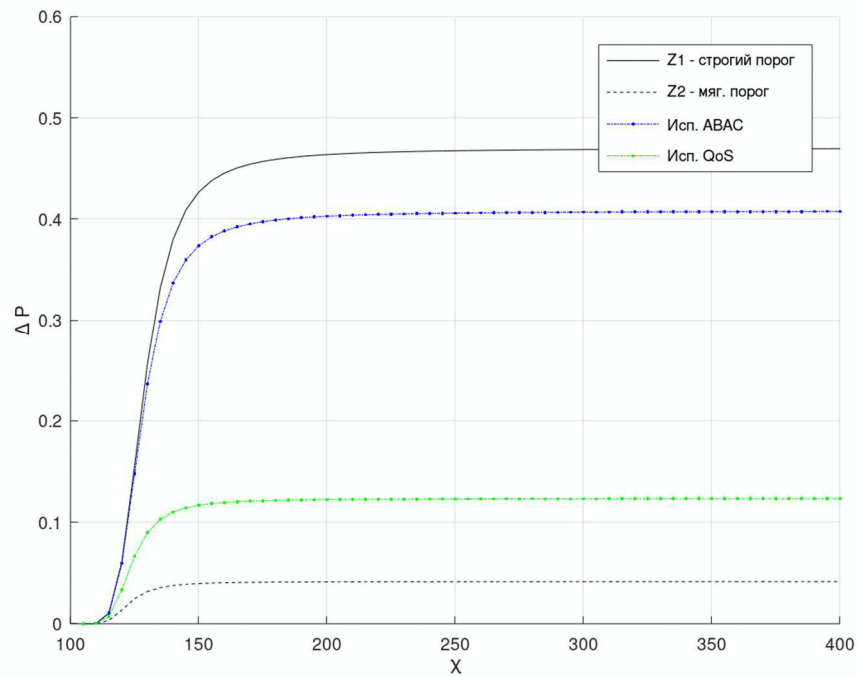


Рисунок 5 – Значения показателя эффективности ΔP для рассмотренных методов управления ресурсами

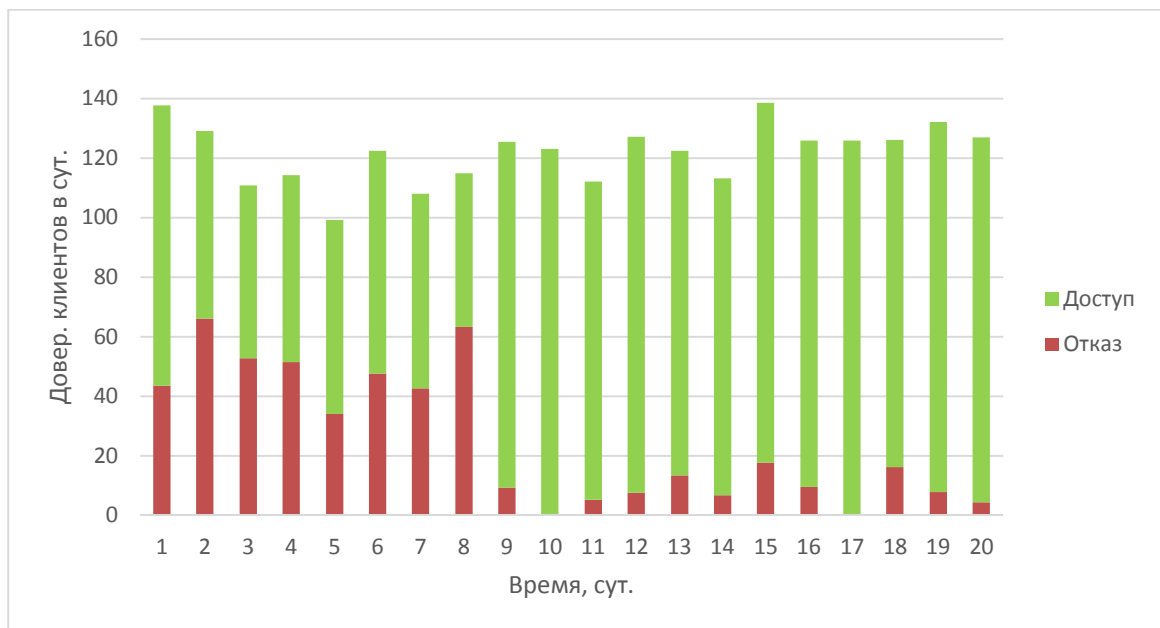


Рисунок 6 – Гистограмма подключения доверенных клиентов к серверу системы

На рисунке 7 приведены значения вероятности доступа доверенных клиентов к серверу системы. Точками показаны значения вероятности для соответствующего периода измерений (дня), а пунктиром изображена линия тренда их изменений в ходе эксперимента.

Значение линии тренда в серединах интервалов, соответствующих этапам эксперимента, соответственно равны $\sim 0,63$ и $\sim 0,9$. Принимая эти значения как средние для оценок вероятности доступа к серверу в стандартном режиме работы P и при использовании метода $\tilde{P}$, рассчитано значение показателя

эффективности: $\Delta P = (\tilde{P} - P)/P \approx 0,43$. Полученное значение соответствует ожидаемому значению ΔP согласно расчетам на разработанной вероятностной модели.

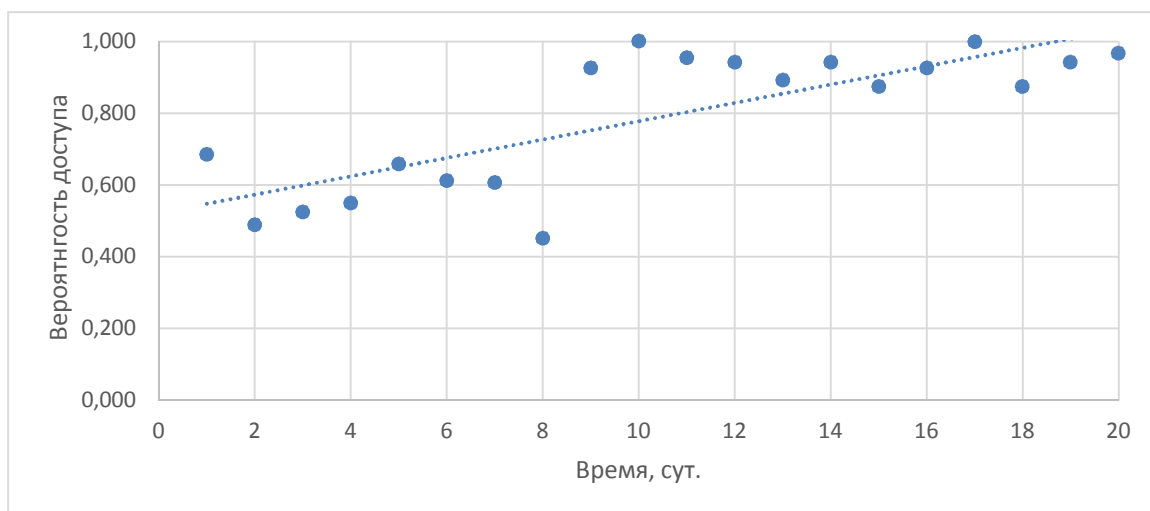


Рисунок 7 – Значения вероятности доступа доверенного клиента к серверу системы

В приложениях представлены: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ, справка о внедрении результатов диссертационной работы, исходные данные вычисления весовых коэффициентов критериев доверия в виде опросных листов экспертов, а также табличные данные расчета функции оценки доверия для выборки компьютеров предприятия.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1) Проведен аналитический обзор существующих моделей и методов управления ресурсами информационных систем, рассмотрены современные подходы к управлению ресурсами на основе контекстной информации об их потребителях (клиентах системы), показана актуальность проведенных исследований.

2) Разработана новая модель доверия к клиентам информационной системы на основе анализа их характеристик и атрибутов. Модель учитывает изменения состояния системы и позволяет оценить степень соответствия клиента заданным техническим условиям в определенный момент времени.

2) Разработан метод управления ресурсами клиент-серверной системы на основе оценки доверия, позволяющий более эффективно управлять дефицитными ресурсами системы за счет повышения вероятности доступа для клиентов, в большей степени соответствующих заданным техническим условиям. Экспериментальные данные показывают увеличение вероятности доступа доверенных клиентов к ресурсам сервера на ~43% для рассмотренной системы в сравнении со стандартным режимом работы.

3) Разработана система управления ресурсами в клиент-серверной системе, реализующая разработанный метод управления ресурсами сервера на основе оценки доверия, которая может быть внедрена в существующие корпоративные

информационные системы клиент-серверной архитектуры без изменения их состава и режимов работы.

4) Разработана вероятностная модель доступа клиентов к серверу системы, с помощью которой исследована эффективность метода управления ресурсами. Исследования показали эффективность разработанного метода в сравнении с аналогичными методами управления ресурсами: значение показателя эффективности ΔP в заданных условиях для разработанного метода составляет ~47%, а для метода на основе атрибутной модели ~41%. Результаты исследования соответствуют экспериментальным данным.

5) Результаты работы внедрены в ряд корпоративных информационных систем АО «ИСС».

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В журналах, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК:

1. Лебедев Р.В. Логическая модель связей между узлами корпоративной вычислительной сети / Р.В. Лебедев, В.Е. Косенко, И.В. Потуремский // Наукоемкие технологии. – М.: Радиотехника, 2015. – Т. 16, № 3. – С. 95-100.

2. Шудрова К.Е. Защищенный доступ к системам видеоконференции / К.Е. Шудрова, Р.В. Лебедев, В.Ю. Почкаенко // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. – Красноярск: СибГАУ, 2013. – № 1 (47). – С. 100-103.

3. Лебедева К.Е. Методика повышения надежности видеоконференцсвязи / К.Е. Лебедева, Р.В. Лебедев, А.В. Мурыгин // Сибирский журнал науки и технологий. – Красноярск: СибГУ, 2017. – № 2 (18). – С. 274-282.

4. Лебедев Р.В. Вычисление весовых коэффициентов в задачах оценки сходства / Р.В. Лебедев, А.В. Мурыгин // Научно-технический вестник Поволжья. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2020. – № 12. – С. 51-56.

В журналах, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий в системе Web of Science:

5. Lebedev R.V. Resource management in client-server computing systems based on trust assessment / R.V. Lebedev, A.V. Murigin, V.S. Tynchenko // Journal of Physics: Conference Series. – UK: Bristol: IOP Publishing, 2020. – Vol. 1679. – DOI:10.1088/1742-6596/1679/3/032030.

В других изданиях:

6. Лебедев Р.В. Подход к оценке сходства объектов компьютерных систем с эталоном // Сборник научных статей по итогам IX международной научной конференции «Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности». – Казань: ООО «Конверт», 2020. – Ч. 2. – С. 25-29.

7. Шипулин П.М. Вариант защищенного доступа к конфиденциальным ресурсам локальной сети / П.М. Шипулин, Р.В. Лебедев, А.В. Хандожко, И.В. Потуремский // В сборнике: Актуальные вопросы проектирования

автоматических космических аппаратов для фундаментальных и прикладных научных исследований. – М.: АО «НПО Лавочкина», 2017. – С. 558-565.

8. Пузиков А.М., Организация автоматизированного контроля состояний компонентов систем информационной безопасности / А.М. Пузиков, Р.В. Лебедев // Решетневские чтения: Материалы XXIV Международной научной конференции. – Красноярск: СибГАУ, 2014. – Т. 2(18). – С. 326-328.

9. Игнатенко В.Н. Контроль установки и функционирования системы аудита программно-аппаратной части рабочих станций корпоративной сети / В.Н. Игнатенко, Р.В. Лебедев, М.Ю. Махонин // Решетневские чтения: материалы XV Международной научной конференции. – Красноярск: СибГАУ, 2011. – Ч. 2. – С. 572-573.

10. Лебедев Р.В. Система контроля программно-аппаратной части рабочих станций корпоративной сети / Р.В. Лебедев, В.Н. Игнатенко, И.В. Потуремский // Решетневские чтения: материалы XV Международной научной конференции. – Красноярск: СибГАУ, 2011. – Ч. 2. – С. 578-579.

Зарегистрированные программные средства:

1. Лебедев Р.В. Программа анализа связей между узлами корпоративной вычислительной сети. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020660233 / Лебедев Р.В. // Правообладатель: АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва». Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 31.08.2020.

Лебедев Роман Владимирович
Метод управления ресурсами в клиент-серверных
информационных системах на основе доверия
Автореферат

Подписано к печати 01.04.2021. Формат 60х84/16
Уч. изд. л. 1.р Тираж 100 экз. Заказ № 285

Отпечатано в АО «ИСС»
662972, г. Железногорск Красноярского края, ул. Ленина, 52