

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский государственный университет путей сообщения»
МГУПС (МИИТ)

На правах рукописи

Сунгатуллина Алина Тальгатовна

Метод повышения эффективности обработки запросов в автоматизированной
системе управления пассажирскими перевозками на железнодорожном
транспорте

Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка
информации (транспорт)

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
кандидат технических наук, доцент
Березка Михаил Павлович

Москва – 2014

Оглавление

Введение.....	6
Глава 1. Обзор методов и средств повышения эффективности обработки запросов в информационно-аналитических системах.....	15
1.1 Информационно-аналитические системы в управлении пассажирскими перевозками	15
1.1.1 Система бронирования Sabre	16
1.1.2 Система бронирования Galileo	18
1.1.3 Система бронирования Amadeus	18
1.1.5 Автоматизированная система управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте «Экспресс-3»	20
1.2 Обзор технических средств АСУ «Экспресс-3»	23
1.3 Классификация возможных причин обработки запросов в течение максимальной нормы времени.....	29
1.4 Возможные подходы повышения эффективности обработки запросов на основе их оптимизации.....	35
1.4.1 Классификация подходов оптимизации SQL-запросов	36
1.4.2 Развитые возможности семейства продуктов Oracle	38
1.4.3 Развитые возможности семейства продуктов DB2.....	41
1.4.4 Развитые возможности семейства продуктов Microsoft SQL Server ..	43
1.5 Формализация цели, критерия и задачи повышения эффективности обработки запросов	45
Глава 2. Определение весовых коэффициентов для показателей критерия и разработка средства мониторинга функционирования веб-приложений в среде АБД АСУ «Экспресс-3»	48
2.1 Формирование критерия эффективности обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками	49

2.1.1 Расчет весовых коэффициентов для показателей критерия эффективности обработки запросов.....	49
2.1.2 Вычисление коэффициентов важности представленных вариантов..	51
2.1.3 Вычисление весовых коэффициентов двух частных показателей введенного критерия эффективности.....	52
2.2 Разработка АРМ «Мониторинг работы веб-приложений»	56
2.2.1 Выбор источника данных	56
2.2.2 Выделение исходных данных	56
2.2.3 Модель вариантов использования АРМ «Мониторинг работы веб-приложений».....	58
2.2.4 Описание вариантов использования АРМ «Мониторинг работы веб-приложений».....	60
2.2.5 Модель вариантов использования механизма анализа информации о запросах в АРМ «Мониторинг работы веб-приложений»	68
2.3 Среда разработки и язык программирования.....	75
2.4 Заключение	76
Глава 3. Предлагаемая технология обработки запросов на основе метода классификации запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками.....	78
3.1 Выявление временных задержек при обработке запросов в АСУ «Экспресс-3».....	79
3.2 Технология сортировки запросов на основе входных параметров.....	90
3.3 Метод классификации запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте. 92	
3.3.1 Классифицирующее правило запросов в АСУ «Экспресс-3»	93
3.3.2 Применение классифицирующего правила для запросов к АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты».....	96

3.3.3 Применение классифицирующего правила для запросов к АРМ «Отчеты по поездам»	99
3.4 Математическая модель существующей обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками	101
3.4.1 Распределение периода безаварийной работы и характеристики производительности системы	103
3.4.2 Расчет периода безаварийной работы и характеристик производительности системы	106
3.5 Исследование времени реакции системы при обработке запросов в АСУ «Экспресс-3»	109
3.6 Исследование интервала времени между поступлениями запросов в АСУ «Экспресс-3»	118
3.7 Заключение	122
Глава 4. Анализ результатов исследований и выработка рекомендаций по повышению эффективности обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками	123
4.1 Имитационное моделирование обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками	124
4.1.1 Имитационная модель существующей обработки запросов в АСУ «Экспресс-3»	126
4.1.2 Имитационная модель обработки запросов с применением технологии сортировки в АСУ «Экспресс-3»	133
4.2 Оценка эффективности обработки запросов в АСУ «Экспресс-3» с применением технологии сортировки на основе аналитической модели	138
4.3 Оценка эффективности обработки запросов с применением технологии сортировки на основе имитационных моделей	143
4.4 Реализация технологии сортировки запросов в обработке запросов в АСУ «Экспресс-3»	145

4.5 Результаты внедрения технологии сортировки в обработку запросов в АСУ «Экспресс-3»	149
4.6 Заключение	151
Заключение	153
Список сокращений и условных обозначений.....	157
Список литературы	158
Приложения	167
Приложение 1. Результаты исследований длительностей обработки запросов к веб-приложениям NEWSPN, RMEST	167
Приложение 2. Результаты исследований интервала времени между поступлениями запросов к веб-приложениям NEWSPN, RMEST.....	170
Приложение 3. Результаты работы технологии сортировки для АРМ «Отчеты по поездам» (ОТСРЗД).....	173
Приложение 4. Документ, подтверждающий использование результатов кандидатской диссертационной работы	175

Введение

Актуальность темы. Автоматизированная система управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте «Экспресс-3» (головной разработчик ОАО «ВНИИЖТ»), являясь базой информатизации, обеспечивает решение основных стратегических задач по увеличению объемов перевозок пассажиров и сокращению транспортных расходов. Помимо продажи железнодорожных билетов с помощью системы «Экспресс-3» осуществляется сбор и обработка информации, необходимой для принятия оперативных решений по регулированию перевозок, снижению затрат и получению дополнительных доходов.

Важной составной частью автоматизированной системы управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте является аналитическая база данных (АБД). В АБД поступают данные обо всех проездных документах, рейсах поездов и перевозках ОАО «РЖД» из всех действующих систем «Экспресс-3». Применение АБД в практической деятельности железных дорог позволяет на качественно новом уровне планировать работу пассажирского комплекса и осуществлять контроль над эффективностью использования подвижного состава. Доступ к информации, содержащейся в АБД, реализован с помощью специализированных автоматизированных рабочих мест (АРМ) по веб-технологии через сеть передачи данных (СПД) ОАО «РЖД».

Пользователями АРМ являются работники железнодорожных дирекций, финансовых служб, ИВЦ железных дорог, подразделений РЖД. Используя АРМ, пользователи в реальном времени могут получить:

- отчеты по внутригосударственному и международному железнодорожным сообщениям (суточные, месячные, квартальные, годовые);
- информацию о корреспонденциях пассажиропотоков (в разрезе поездов и направлений);
- отчеты по пассажирским перевозкам;
- информацию о маршрутах и времени следования поездов и т.д.

В связи с существенным увеличением количества запросов пользователей к АРМ (Рисунок 1) в настоящее время наблюдается рост количества жалоб от пользователей, вызванных отказами обработки их запросов в системе после длительного времени ожидания результата.

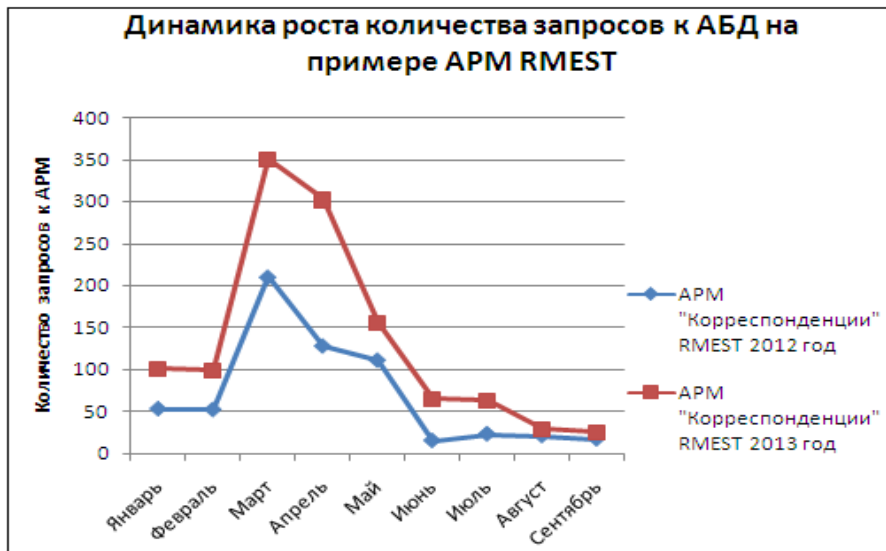


Рисунок 1 – Динамика роста количества запросов к АБД

В общем виде данная проблема связана с технологической константой максимальной нормы времени T_{max} обработки запроса. Значение технологической константы неизменно, оно устанавливается в настройках веб-сервера системы. Обработка одного запроса в течение времени T_{max} инициирует перезагрузку веб-сервера системы и аварийное прекращение обработки всех текущих запросов, вследствие чего пользователи не получают ответов на запросы, поступающие на обработку и находящиеся в системе в момент перезагрузки веб-сервера.

В диссертационной работе предлагается решение проблемы повышения эффективности обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте, где технологическая константа максимальной нормы времени обработки запроса равна 30 минутам.

Степень разработанности. Запросы пользователей представляют собой SQL-запросы к БД системы. В настоящий момент для повышения

эффективности обработки запросов исследовательские работы идут по двум направлениям: применение структур, позволяющих уменьшить количество обращений к БД при выполнении запроса (индексы, хэш-функции, секционированные представления, статистики данных), и повышение эффективности оптимизатора запросов в СУБД (разработка алгоритмов выборы наилучшего плана выполнения SQL-запроса по затратам ресурсов и времени обработки из возможных планов выполнения).

В современных СУБД имеются собственные прикладные средства для контроля функционирования сервера и просмотра списка возможных планов выполнения SQL-запроса:

- в СУБД ORACLE используются программы мониторинга работы сервера Oracle Spotlight on Oracle и SQL Expert,
- в СУБД DB2 используются утилиты и команды AIX (ps, topas и др.), которые помогают выявлять и решать проблемы повышенной загрузки процессора,
- в СУБД SQL Server программа Activity Monitor позволяет просматривать информацию об установленных подключениях и блокировках, которые применены к объектам баз данных определенным процессом.

Существенный вклад в изучение проблемы повышения эффективности обработки SQL-запросов внесли зарубежные авторы Г. Грейф (G. Graefe), К. Дейт (C. Date), М. Т. Оцсу (M. Ozsu). Обзоры методов оптимизации запросов содержатся в тематических главах работ отечественных авторов Н. А. Мендкович, С. Д. Кузнецов. Множества рассмотренных исследований перечисленных авторов частично пересекаются и дают лишь общее представление о проблеме повышения эффективности обработки запросов. Прикладные средства современных СУБД позволяют контролировать функционирование сервера и предлагают варианты повышения эффективности обработки только отдельных запросов путем анализа возможных планов выполнения.

В среде АБД АСУ «Экспресс-3» временные задержки выполнения запросов связаны с обработкой большого объема хранимых данных. Поэтому в диссертационной работе предлагается не исследование отдельных запросов, а технология обработки запросов пользователей, отличающаяся от существующей включением процедуры выявления класса запроса и выбора режима обработки запроса по его классу (диалоговый или пакетный режим).

Объектом исследования является обработка запросов пользователей. В качестве **предмета исследования** рассматриваются технологии обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте «Экспресс-3».

Цель диссертационной работы. Повышение эффективности обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте

Эффективность обработки запросов пользователей АРМ определяется по предложенному в работе критерию, который представляет собой взвешенную сумму двух показателей: среднее время обработки запроса и среднее число необработанных запросов в результате аварийной перезагрузки веб-сервера системы.

В соответствии с поставленной целью **задачами диссертации** являются:

- 1) провести обзор технических характеристик АСУ «Экспресс-3» с целью выявления причины возникновения аварийных перезагрузок веб-сервера системы;
- 2) разработать технологию обработки запросов, выделив 2 класса:
класс А – совокупность запросов пользователей, которые будут обрабатываться в диалоговом режиме (режим обработки запросов «online»);
класс В – совокупность запросов пользователей, которые будут обрабатываться в пакетном режиме (режим обработки запросов «offline» без ограничения на время обработки);
- 3) предложить метод классификации запросов пользователей;

4) оценить эффективность предлагаемой технологии обработки запросов по введенному критерию.

Научная новизна работы:

- Введен новый критерий оценки эффективности обработки запросов в среде АБД АСУ «Экспресс-3», учитывающий среднее время обработки запроса и среднее число необработанных запросов в результате аварийной перезагрузки веб-сервера системы;
- Предложена технология, отличающаяся от существующей технологии обработки запросов включением процедуры выявления класса запроса и выбора режима обработки запроса по его классу (диалоговый или пакетный режим);
- Предложен метод определения классов запросов к АРМ путем классификации в пространстве индексных переменных запроса.

Практическая значимость исследования. Предлагаемая в диссертации технология позволяет повысить эффективность обработки запросов с точки зрения введенного критерия.

Теоретическая значимость исследования заключается в научном обосновании предлагаемой технологии обработки запросов, основанной на предварительной классификации запросов пользователей и применении различных режимов обработки для запросов, отнесенных к разным классам.

Методологии и методы исследования. В работе использовались методы теории вероятностей, математической статистики, имитационного моделирования и планирования имитационных экспериментов. Моделирование вариантов использования АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» проводилось с помощью объектно-ориентированного подхода, методологии Rational Unified Process (RUP) и нотации Unified Modeling Language (UML).

Научные положения, выносимые на защиту:

- критерий для оценки эффективности обработки запросов;

- технология обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте, отличающаяся от существующей включением процедуры выявления класса запроса и выбора режима обработки запроса по его классу;
- метод выявления основных классов запросов к АРМ путем классификации в пространстве индексных переменных запроса;
- выражение для оценки эффективности обработки запросов по введенному критерию.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается корректным использованием математического аппарата, а также результатами имитационного моделирования предлагаемой технологии обработки запросов.

Реализация результатов работы. Разработанная технология внедрена в Московском ИВЦ ОАО «РЖД». Работы по модернизации обработки запросов проводились с 2011-2014 гг. в ОАО «ВНИИЖТ» в отделении «Пассажирские перевозки и АСУ «Экспресс».

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на ежегодных научно-практических конференциях МИИТа («Наука МИИТа - транспорту» в 2012-2013 гг.); на научно-технических семинарах и заседаниях кафедры «Автоматизированные системы управления» МИИТа в 2012-2014 гг.; на 17-ой международной конференции «Распределенные компьютерные и коммуникационные сети: управление, вычисление, связь» (с 7 по 10 октября 2013 г.) в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН; на XII Всероссийском совещании по проблемам управления (с 16 по 19 июня 2014 г.) в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН; на XVI Всероссийской выставке научно-технического творчества молодежи «НТТМ» (с 24 по 27 июня 2014 г.) во Всероссийском выставочном центре.

В первой главе подробно проведен анализ эффективности функционирования АСУ «Экспресс-3», которая представляет собой

современный программно-аппаратный комплекс, построенный на базе высокопроизводительных ЭВМ IBM zEnterprise EC12 и IBM zEnterprise z196, с широко развитой сетью терминалов для продажи билетов.

Проведен обзор подходов к повышению эффективности обработки запросов, основанных на оптимизации отдельно взятых запросов:

- лексическая оптимизация запроса: единственным источником информации является сам текст SQL-запроса как лексическая конструкция, и иные сведения о базе данных и ее структуре в анализе не используются. Процесс лексической оптимизации включает в себя анализ ограничения запроса, сравнение и анализ содержащихся в нем условий с целью выявления избыточности;

- семантическая оптимизация: включает в себя анализ хранимых данных с целью генерации оптимальных планов доступа к данным.

В результате анализа применяемых в настоящее время подходов повышения эффективности обработки SQL-запросов сделан вывод, что они ориентированы на оптимизацию отдельно взятых запросов. Помимо оптимизации отдельно взятых запросов, возможна модификация самого процесса обработки запросов пользователей. Для этого в диссертационной работе была предложена технология, отличающаяся от существующей технологии обработки запросов включением процедуры выявления класса запроса и выбора режима обработки по его классу (диалоговый или пакетный режим).

Вторая глава посвящена формированию критерия, учитывающего как среднее время обработки запроса пользователя, так и среднее число необработанных запросов пользователей в результате аварийной перезагрузки веб-сервера системы. В данной работе многокритериальная задача сведена к однокритериальной задаче путем введения обобщенного критерия, представляющего собой взвешенную сумму двух частных показателей. Для расчета весовых коэффициентов показателей $t_{cp.}$ и $k_{cp.}$

введенного критерия оценки эффективности обработки запросов использовались методы экспертного оценивания и множителей Лагранжа. Для построения системы весов по показателям введенного критерия в качестве экспертов были выбраны 5 сотрудников отделения «Пассажирские перевозки и АСУ «Экспресс» ОАО «ВНИИЖТ». Перед ними стояла задача проранжировать представленные варианты значений показателей по убыванию их значимости.

Во второй главе также представлены результаты моделирования вариантов использования АРМ «Мониторинг работы веб-приложений», разрабатываемый для анализа информации о запросах в среде АБД АСУ «Экспресс-3».

В третьей главе описана предлагаемая технология обработки запросов в среде АБД АСУ «Экспресс-3», обращающихся к АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN), «Корреспонденции» (RMEST), «Отчеты по поездкам» (OTCPZD) и «Результаты работы поездов по дорогам» (NEWSPN). Данная технология основана на методе классификации запросов пользователей.

В среде АБД АСУ «Экспресс-3» предлагается выделить 2 класса запросов:

класс *A* – совокупность запросов пользователей, которые будут обрабатываться в диалоговом режиме (режим обработки запросов «online»);

класс *B* – совокупность запросов пользователей, которые будут обрабатываться в пакетном режиме (режим обработки запросов «offline» без ограничения на время обработки).

Предлагается метод определения классов запросов к АРМ путем классификации в пространстве индексных переменных запроса.

Четвертая глава посвящена оценке эффективности обработки запросов с применением предлагаемой технологии сортировки по аналитической и имитационной моделям. В среде Anylogic составляются имитационные модели существующей обработки запросов в среде АБД АСУ «Экспресс-3»,

а также обработки запросов с применением предлагаемой технологии сортировки. В ходе экспериментов вычисляются эффект и относительный эффект, характеризующие величину достигнутого результата относительно существующей системы.

В результате анализа вырабатываются рекомендации по повышению эффективности обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте с учетом введенного критерия.

Глава 1. Обзор методов и средств повышения эффективности обработки запросов в информационно-аналитических системах

1.1 Информационно-аналитические системы в управлении пассажирскими перевозками

Безотказное функционирование информационных систем, уровень обслуживания их пользователей напрямую влияют на жизнеспособность, непрерывность и качество деятельности любой современной организации. Сбои в работе информационных систем, систем управления базами данных или в системе аутентификации и авторизации пользователей автоматизированных информационных систем железнодорожного транспорта могут отрицательно отразиться на качестве обслуживания пассажиров и пользователей.

Поэтому, наряду с важными задачами выбора и внедрения высокотехнологичных решений, для отделов информационных технологий особую актуальность приобретает вопрос организации и поддержания бесперебойного функционирования, минимизации рисков от сбоев в работе и уменьшение времени в обслуживании пользователей инфраструктурных и информационных систем железнодорожного транспорта.

В настоящее время происходит рост транспортной инфраструктуры: по маршрутам курсируют множества поездов и автобусов дальнего следования, несколько сотен авиакомпаний обладают тысячами воздушных судов. Перед транспортниками встает серьезная задача по распределению свободных мест на транспортных средствах с минимальными затратами времени, то есть разгрузить потоки очередей в билетных кассах. Для железнодорожного транспорта решение такой задачи стоит особенно остро, так как непроданные вовремя билеты означают наличие свободных мест в поездах и большое упущение прибыли компании.

Основным назначением международных автоматизированных систем бронирования (GDS – Global Distribution Systems) является резервирование

услуг авиакомпаний, гостиничных комплексов, железнодорожного транспорта и круизных компаний. Для этого системы снабжаются информацией о наличии свободных мест по желаемой стоимости и на выбранную дату.

Международные автоматизированные системы бронирования отличаются друг от друга [1]:

- надежностью аппаратного обеспечения и средств связи между агентством и центром обработки данных (ЦОД);
- развернутостью и оперативностью результирующей информации;
- легкостью и удобством составления запросов на резервирование;
- дружелюбностью программного обеспечения, используемого в GDS;
- суммой оплаты за пользование информационными услугами бронирования.

В сфере автоматизированного резервирования мест главными лидерами являются компания American Airlines и система Sabre. В Европе известны консорциумы, использующие системы Galileo и Amadeus. В состав консорциума Galileo входят такие компании, как Alitalia, British Airways, KLM, Covia и Swiss Air. Система Amadeus состоит из Air France, Iberia и Lufthansa.

1.1.1 Система бронирования Sabre

В 1964 году программисты корпорации IBM и авиакомпании American Airlines разработали систему Sabre, что ознаменовало собой важнейший технологический прорыв в отрасли авиаперевозок. В последующие годы были автоматизированы такие области как управление доходом, ценообразование, расписания рейсов, грузоперевозки, выполнение рейсов и управление экипажами.

В автоматизированной базе данных Sabre содержится информация о рейсах перевозчика и наличии свободных мест на них. При резервировании мест, несмотря на высокую интерактивность, система характеризуется

низкой вероятностью ошибки, не превышающей 1-го процента

В настоящее время порядка 30% железнодорожных и комбинированных транспортных туристических услуг обслуживаются с помощью системы Sabre, а также более 80% всех услуг авиакомпаний по резервированию мест и продажи билетов.

Информация, формируемая внутри системы, является основным источником для следующих систем:

- управления полетами (Air Flite) – совмещает в себе основные функции планирования полета, прогнозирования и анализа рентабельности, назначения борта;
- управления доходами (Air Max) – принимает решения по управлению доходами, учитывая влияние конкуренции, конкурентные тарифы, конкурентные расписания и доли рынка;
- управления ценообразованием (Air Price) – позволяет увеличивать прибыльность за счет тактического и стратегического анализа и управления тарифами и правилами;
- управления грузоперевозками (Cargo Max) – составляет точный грузовой план загрузки для максимальной прибыли путем прогнозирования грузоподъемности в зависимости от рынка, сегмента, типа самолета, дня недели и времени суток;
- управления лояльностью (Loyalty) – позволяет авиакомпаниям увеличивать доходы, повышать эффективность и максимально удовлетворять клиентов за счет предоставления дополнительного высокого уровня сервиса для часто летающих пассажиров при минимально возможных затратах;
- управления экипажем (Rocade) – предлагает комплексные решения для контроля над производственными процессами планирования полета и управляющими экипажами;
- управления инвентаризацией (Smart Flow toolkit) – обеспечивает контроль над запасами авиакомпаний, а также над общим числом билетов в пунктах продажи.

На сегодняшний день система Sabre продолжает развиваться, предлагая всесторонний набор инструментов поддержки процесса в принятии решений [2,3].

1.1.2 Система бронирования Galileo

Услуги бронирования авиаперевозок и гостиниц, аренды автомобилей и резервирования сопутствующих услуг доступны туристическим агентствам благодаря системе Galileo, которая обеспечивает их информацией о расписании, наличии свободных мест и тарификации компаний-поставщиков. Услугами компании Galileo International с 30-ти летним опытом работы в индустрии путешествий пользуются более 45 000 турагентств в 116 странах мира.

Система Galileo в настоящее время состоит из следующих подсистем:

- Room Master — подсистема, позволяющая быстро найти и забронировать гостиничные номера в выбранных городах мира;
- Galileo availability — подсистема, представляющая доступ к информации о наличии свободных мест на рейсы различных авиакомпаний;
- Car Master — подсистема предоставления информации о возможности аренды автомобилей в прокатных компаниях;
- Anywhere — подсистема самообслуживания туристов, позволяющая путешественнику контролировать сделанное ранее резервирование через свой мобильный телефон;
- Product Directory — подсистема, позволяющая бронировать у туроператоров широкий спектр сопутствующих услуг (например, билеты в кино, в театр, аренда лимузинов);
- Leisure Shopper — подсистема, осуществляющая соединение с компьютерами крупнейших туроператоров для предоставления информации о наличии свободных мест и для продажи услуг.

1.1.3 Система бронирования Amadeus

В создании системы бронирования Amadeus в 1987 г. в Германии принимали участие крупнейшие европейские авиакомпании Air France,

Iberia, Lufthansa, SAS. На сегодняшний день система предлагает своим клиентам возможность просматривать расписание и бронировать билеты в режиме реального времени на рейсы более чем 600 авиакомпаний, в том числе российских, таких как: Аэрофлот, Уральские авиалинии, Трансаэро, Пулковские авиалинии, Самарские авиалинии и других.

Система бронирования Amadeus состоит из ряда подсистем [4]:

- Amadeus Car – подсистема бронирования автомобилей в более 100 странах мира;
- Amadeus Air – подсистема бронирования билетов на авиарейсы более 700 авиакомпаний;
- Amadeus tickets – подсистема бронирования билетов на спортивные и культурные мероприятия;
- Amadeus Hotel – подсистема бронирования номеров в более 50 000 отелях по всему миру;
- Amadeus Videotext – подсистема, соединяющая турагентов и клиентов посредством электронной связи;
- Amadeus Ferry – подсистема, предоставляющая информацию об услугах парома;
- Amadeus Pro Tempo – подсистема предоставления информации о гостиницах по выбранным достопримечательностям;
- Hotel Mapping – подсистема для обеспечения картой интересующей местности на экран монитора.

1.1.4 Система бронирования Kurs-90

Компания CFR Passengers в 1997 году подписала договор о сотрудничестве с компанией Немецкие железные дороги (DB AG) для модернизации и развития услуг, предоставляемых пассажирам дальнего следования автоматизированной системой бронирования мест Kurs-90.

До внедрения этой системы для бронирования мест на поезда дальнего следования необходимо было отправлять заявку по факсу в другие администрации железных дорог. Процесс бронирования продолжался в

течение 3-7 дней, в то время как пассажир должен был несколько раз приходить в головной офис агентства железных дорог для получения билета на поезд.

На сегодняшний день Kurs-90 является крупнейшей в Европе системой бронирования железнодорожных билетов, которая позволяет спланировать маршрут на современных скоростных поездах с удобными пересадками и минимальными тарифами. Также с помощью этой системы пассажиры, путешествующие по Центральной и Западной Европе (Венгрия, Австрия, Германия, Бельгии, Нидерландов, Люксембурга, Норвегии, Швеции, Дании, Чехии, Словакии, Хорватии, Словении, Швейцарии, Франции), могут зарезервировать места в вагонах высшего класса, спальных вагонах и вагонах плацкарта.

Использование автоматизированной системы резервирования мест на железных дорогах Германии имеет следующие преимущества:

- быстрый процесс резервирования мест (2-3 минуты). Практически, статус забронированного места выдается сразу после выполнения специальных операций в системе;
- с пассажира взимается только стоимость забронированного билета (расходы на подтверждение брони и факс не включаются);
- возможность немедленного и подробного уведомления пассажира о выбранной поездке (расписание поезда, продолжительность пути, услуги, предоставляемые в поезде и т.д.). Такого рода информацию можно получить бесплатно через систему Курс-90 и по желанию распечатать или выдать на экран монитора.

1.1.5 Автоматизированная система управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте «Экспресс-3»

Железнодорожный комплекс является основой транспортной системы Российской Федерации и имеет особое стратегическое значение, поскольку обеспечивает стабильную деятельность промышленных предприятий,

своевременный подвоз важных грузов в различные регионы страны, массовую перевозку пассажиров.

В пассажирском хозяйстве сети железных дорог система «Экспресс-3» (головной разработчик ОАО «ВНИИЖТ»), являясь базой информатизации, обеспечивает решение основных стратегических задач по увеличению объемов перевозок пассажиров и сокращению транспортных расходов [5].

Система «Экспресс-3»:

- осуществляет продажу железнодорожных билетов по всем видам сообщений в режиме реального времени;
- используя линии связи, охватывает всю территорию сети железных дорог;
- обеспечивает сбор первичной информации о пассажирских перевозках, проездных документах, багажа и т.д.
- осуществляет автоматизацию технологических процессов всего пассажирского хозяйства.

Многофункциональный комплекс АСУ «Экспресс-3» взаимодействует с системами других видов транспорта, обеспечивая при этом централизованное управление пассажирскими перевозками на уровне дорог и министерства. Таким образом, «Экспресс-3» в пассажирском хозяйстве является не только системой продажи билетов и резервирования мест, но и многофункциональным комплексом, с помощью которого можно решать разнообразные задачи в области управления пассажирскими перевозками.

АСУ «Экспресс-3» обеспечивает:

- эффективный процесс оперативного управления перевозочным процессом;
- высокий уровень обслуживания и предоставления различных сервисных услуг пассажирам;
- рост рентабельности пассажирских перевозок и производительности труда работников на железной дороге;

- реализацию механизма автоматизации взаиморасчетов за перевозки;
- информационную базу для маркетинговой деятельности и гибкой тарифной политики в целях увеличения доходов от пассажирских перевозок и автоматизированного получения основных показателей по перевозкам.

Система «Экспресс-3» использует современные аппаратно-вычислительный комплекс, технологии телекоммуникаций и передачи данных. Используя СУБД DB2 и базы данных пассажирских перевозок, обеспечивает применение перспективных средств разработки программного обеспечения. Вся информация в АСУ «Экспресс-3» имеет защиту от несанкционированного доступа.

АСУ «Экспресс-3» является многофункциональным комплексом с широко развитой сферой взаимодействия с системами других видов транспорта [6]:

- подсистема «ЭКАСИС» (комплексная автоматизированная информационно-справочная подсистема) – предназначена для информационного обслуживания пассажиров во всех видах железнодорожных сообщений;
- подсистема «БКО» (билетно-кассовых операций) – подсистема, в которой по действующим правилам и тарифам производится учет и оформление проездных документов во всех видах железнодорожных сообщений;
- подсистема «АСУ ПВ» (автоматизированная подсистема по управлению парком пассажирских вагонов) – подсистема контроля эксплуатации и ремонта вагонов;
- подсистема «ЭСУБР» (управление багажной работой) – подсистема, в которой осуществляется оформление и учет багажа, грузобагажа, его погрузка, выгрузка, хранение и розыск;
- подсистема «ЭФИС» (подсистема финансового и статистического учета и взаиморасчетов за пассажирские перевозки) – подсистема, в которой

можно получить необходимую отчетность по внутригосударственному и международному железнодорожным сообщениям;

- подсистема «Архив» – подсистема архивирования исходных данных в течение 12 лет с целью их дальнейшего использования при управлении пассажирскими перевозками и контролем над функционированием региональных систем «Экспресс»;

- подсистема «Расписание» – в данной подсистеме проводится подготовка и ввод нормативно-справочной информации в период смены расписания поездов;

- подсистема «АСУ-Л» – подсистема, осуществляющая оценку эффективности назначения, регулирования составов и отмены пассажирских поездов по фактическим данным об использовании мест в поездах, использовании коммерческих скидок и доплат за повышенный уровень сервиса;

- подсистема «Сервис» – подсистема управления сервисными услугами, которые предоставляются для пассажиров по их требованиям;

- подсистема «ДУТИСС» (подсистема динамического управления тарифами) – подсистема регулирования тарифов в процессе продажи проездных документов на поезда дальнего следования в зависимости от процента проданных мест и даты продаж [7].

1.2 Обзор технических средств АСУ «Экспресс-3»

В состав технических средств АСУ «Экспресс-3» входят:

- 2 центра обработки данных в Москве и Санкт-Петербурге – используются современные сервера IBM zEnterprise EC12 и IBM zEnterprise z196;

- специализированные кассовые терминалы, объединенные в отдельные технологические пункты продаж;

- принтеры для печати железнодорожных билетов, купонов электронных билетов на бланках строгой отчетности и багажных ярлыков;

- сканеры считывания штриховых кодов с проездных документов;
- визуальные программные системы, предназначенные для коллективного доступа;
- сетевая инфраструктура на базе сети TCP;
- специализированные технические и программные средства обеспечения информационной безопасности серверов системы на основе технологии VipNet.

Технические характеристики АСУ «Экспресс-3» приведены в таблице 1[8].

Таблица 1 – Основные технические характеристики АСУ «Экспресс-3»

№ п/п	Показатель	Величина
1.	Надежность работы ВК (вычислительного комплекса)	99,98 - 99,99 %
2.	Протоколы обмена: - для связи с терминалами - для связи с системами	IBM-3270 (BSC-3)X-25, SDLC IBM-2780 (BSC-1)X-25, SDLC,X-75
3.	Максимальное время реакции системы на АРМ	30 минут
4.	Продолжительность работы	Круглосуточно, безостановочно
5.	Электропитание	Бесперебойное по нескольким фидерам
6.	Срок резервирования мест	60 дней
7.	Региональных центров в РЖД	6
8.	Максимальная фактическая нагрузка	380 транзакций в секунду
9.	Максимальное число обслуживаемых касс	27648 шт. (Фактически сейчас около 10000)
10.	Количество абонентов АБД	3000
11.	Операционная система ВК	z/OS v1.11
12.	СУБД	DB/2 v9
13.	Программное обеспечение	MQ Series, WEB Sphere

№ п/п	Показатель	Величина
14.	Прикладное ПО	1) специализированный структурный макроАссемблер 2) JAVA

АСУ «Экспресс-3» построена на базе центральных вычислительных комплексов IBM zEnterprise EC12 и zEnterprise z196. Использование мэйнфреймов в среде АСУ «Экспресс-3» имеет ряд особенностей:

- 1) высокая пропускная способность системы (около 200 GB/s):
 - для каждого запроса в среде АБД АСУ «Экспресс-3» выделяется отдельный канал обслуживания;
 - не создается очередь на обслуживание;
- 2) менеджер автоматической перезагрузки (Automatic Restart Manager, ARM):
 - контролирует время занятости канала обслуживания (канал обслуживания не должен быть занят больше времени T_{max});
 - в случае занятости канала обслуживания больше времени T_{max} выполняет аварийную перезагрузку веб-сервера в течение времени τ ;
 - во время перезагрузки веб-сервера АСУ «Экспресс-3» прекращает обработку всех текущих запросов и не принимает поступающие запросы;
- 3) использование технологии IBM WebSphere MQ
 - в среде АБД АСУ «Экспресс-3» для запросов устанавливается по умолчанию тип «неустойчивый». Это означает, что в ситуациях непредвиденного отключения или перезагрузки сервера, запрос не сохранится на канале обработки, а значит пользователи не получат результирующей информации.

Информационное обеспечение системы АСУ «Экспресс-3»

Для обеспечения функционирования комплекса задач в интерактивном режиме в АСУ «Экспресс-3» формируется информационная среда. Ее основой является совокупность систем баз данных управления перевозочным

процессом и пассажирскими перевозками. Здесь содержится исходная информация для функционирования системы управления резервированием мест и продажей железнодорожных билетов «Экспресс-3».

Использование систем баз данных, перечисленных выше, обеспечивает:

- оперативную обработку запросов пользователей в режиме реального времени;
- сбор и обработку первичной информации для справочно-аналитической работы;
- обновление данных, отражающих текущее состояние управления пассажирскими перевозками;
- получение отчетов при выполнении ряда аналитических запросов над таблицами баз данных;

В АСУ «Экспресс-3» организованы 2 базы данных, отличающиеся информационной и технологической специализацией:

- КОЗРВ (Комплекс обработки заказов реального времени) – оперативная база данных, содержащая информацию о продаже билетов при обслуживании пассажиров в режиме реального времени;
- АБД (Аналитическая база данных) – единая аналитическая база данных ОАО «РЖД», в которую поступают все проездные документы и информация об исполненных рейсах поездов и вагонов. В АБД поступают данные о перевозках ОАО «РЖД» из всех действующих систем «Экспресс-3». АБД обеспечивает хранение исходной информации не менее 3-х лет [9].

Общая структура системы «Экспресс-3» представлена на рисунке 2 и рисунке 3.

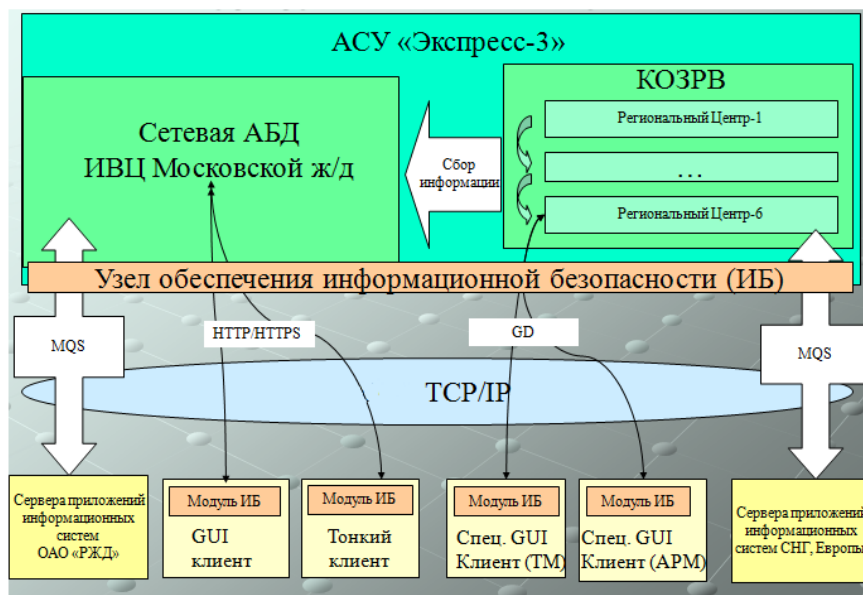


Рисунок 2 – Общая структура системы «Экспресс-3»

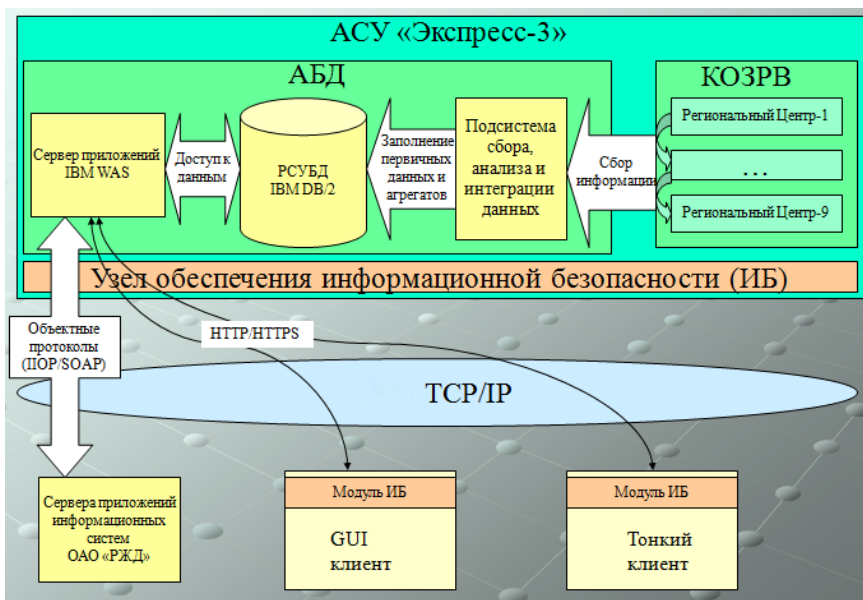


Рисунок 3 – Структура аналитической базы данных
АСУ «Экспресс-3»

Использование АБД в практической деятельности железных дорог позволяет на качественно новом уровне планировать работу пассажирского комплекса и осуществлять контроль над эффективностью использования подвижного состава.

На основе АБД разработаны и внедрены в ОАО «РЖД» программно-аналитические комплексы, обеспечивающие проведение:

- маркетинговых исследований рынка пассажирских перевозок;

- оперативного отслеживания финансовых результатов работы пассажирского подвижного состава;
- контроля качества использования пассажирских вагонов;
- прогноза объемов перевозок.

Первичная информация о проездных документах хранится в течение 8 месяцев после отправления поезда, агрегированная информация и информация о рейсах поездов и вагонов – в течение нескольких лет, обобщенная информация о пассажиропотоках будет храниться более длительный период времени. Комплекс АБД является принципиально новой разработкой, так как до этого база данных проездных документов, как в масштабах сети, так и в масштабах отдельной дороги, отсутствовала.

Доступ к информации АБД реализован с помощью специализированных АРМ по веб-технологии со всех российских железных дорог через сеть передачи данных (СПД) ОАО «РЖД» [10]. База данных хранит большое число таблиц, содержащих информацию о резервировании мест, корреспонденциях пассажиров и результатах работы по вагонам.

На основе аналитической базы данных АСУ «Экспресс-3» осуществляется сбор, группировка и обработка первичной информации для формирования статистической выборки и получения информации о фактическом использовании подвижного состава [11].

Пользователями АРМ являются работники железнодорожных дирекций, финансовых служб, ИВЦ железных дорог, подразделений РЖД. Используя АРМ и статистические данные АБД, пользователи в реальном времени могут получить:

- отчеты по внутригосударственному и международному железнодорожным сообщениям (суточные, месячные, квартальные, годовые);
- информацию о корреспонденциях пассажиропотоков (в разрезе по поездам и направлениям);
- отчеты по пассажирским перевозкам;
- информацию о маршрутах и времени следования поездов;

- отчетные справки о заказах, проводимых в системе;
- отчетные справки по электронным билетам, оформленным с использованием веб-ресурсов (количество и стоимость проданных электронных билетов, количество возвращенных билетов);
- информацию о загруженности работы по каждому пункту продажи, каждой кассе и т.д.

В общем виде проблема обработки запросов пользователей в среде АБД АСУ «Экспресс-3» связана с технологической константой максимальной нормы времени T_{max} обработки SQL-запроса. Значение технологической константы неизменно, оно устанавливается в настройках веб-сервера системы. Обработка одного запроса в течение времени T_{max} инициирует перезагрузку веб-сервера системы и аварийное прекращение обработки всех текущих запросов пользователей, вследствие чего пользователи не получают ответов на запросы, поступающие на обработку и находящиеся в системе в момент перезагрузки веб-сервера.

В диссертационной работе предлагается решение проблемы повышения эффективности обработки запросов пользователей в среде АБД АСУ «Экспресс-3», где технологическая константа максимальной нормы времени обработки запроса равна 30 минутам [8].

1.3 Классификация возможных причин обработки запросов в течение максимальной нормы времени

АСУ «Экспресс-3» предназначена для работы в среде ОАО «РЖД» и использует ее стратегические данные, поэтому требования к временным характеристикам следует рассматривать более внимательно. Одна из основных задач АСУ «Экспресс-3» заключается в том, чтобы на момент запуска веб-приложений и в течение всего времени их эксплуатации можно было обеспечить требуемое время реакции системы на запросы пользователей, обращающихся к ресурсу АБД одновременно.

Возможные причины, по которым не обеспечивается требуемое время реакции системы на запросы:

- 1) время реакции системы зависит от количества одновременно обрабатываемых запросов,
- 2) при обработке запроса СУБД DB2 обращается к массивным наборам данных, осуществляет выборку большого объема записей и выбирает неоптимальный план запроса по затратам ресурсов и времени обработки.

Основываясь на особенностях использования веб-сервера IBM zEnterprise в среде АБД АСУ «Экспресс-3», а конкретнее на том, что для каждого запроса выделяется отдельный канал обслуживания, за счет чего в системе не создается очередь на обслуживание, нам пришлось отвергнуть зависимость времени реакции системы от количества одновременно обрабатываемых запросов. Поэтому были рассмотрены классификации проблем, по которым СУБД DB2 при обработке большого объема записей выбирает неоптимальный план запроса по затратам ресурсов и времени выполнения.

Получение результирующей информации на мониторе компьютера осуществляется обработкой на стороне интегрированного веб-сервера SQL запросов с введенными параметрами на стартовой странице АРМ. При этом каждый запрос представляет собой инструкцию, которую, несмотря на большой объем данных, сервер БД должен выполнить за очень короткое время – в пределах нескольких секунд.

Основные требования, предъявляемые к БД: технически отлаженное строение реляционной структуры баз данных, эффективное хранение информации, индексация данных. Все эти меры помогают найти необходимые данные немедленно.

Использование индексных столбцов в запросах

В настоящее время пользователи, обращающиеся к некоторым АРМ, создают запросы, на которые сервер БД не может ответить в пределах

короткого времени. В среде АБД АСУ «Экспресс-3» обработка запроса в течение 30 минут считается максимальной нормой [8].

В таблицах АБД АСУ «Экспресс-3» хранится множество строк в произвольном порядке, поэтому поиск необходимой информации по параметрам, заданным пользователем через АРМ, путем последовательного просмотра таблицы строка за строкой может занимать много времени. Для повышения производительности базы данных для каждой таблицы создаются индексы с определенной структурой. В данной работе под индексом понимается вектор, содержащий в качестве своих элементов наименования столбцов таблиц, к которым идет обращение через АРМ с использованием запросов. Важным моментом в использовании индексных полей в запросе является их последовательность. Основываясь на опытные данные, можно утверждать, что время получения набора данных по запросу, затрагивающему только первый из проиндексированных столбцов, будет больше, чем по запросу, затрагивающему все индексные столбцы. Также неэффективно получение данных без использования первого столбца индекса (только по второму и далее проиндексированным столбцам). Правильное использование индексов уменьшить количество просмотренных строк и, тем самым, сокращает время обработки запроса.

Для каждого запроса в среде АБД АСУ «Экспресс-3» фиксируются параметры:

- 1) время выполнения запроса – общее время, которое затратил сервер базы данных на исполнение запроса, проделывая определенные операции (время между окончанием обработки запроса и запуском запроса);
- 2) время блокировок – время, которое сервер БД потратил на исполнение запроса, но, во время которого никаких действий не производилось, так как сервер БД ожидал готовности других объектов или завершения предыдущих либо конфликтующих операций;
- 3) количество просмотренных строк – количество строк таблицы, которое пришлось считать с диска в процессе обработки SQL запроса;

Медленный запрос случайного характера

Любой запрос может иногда медленно работать по случайным причинам.

Запросы на редактирование таблиц (INSERT, UPDATE) могут выполняться в течение долгого времени по причине ожидания окончания обработки других запросов, либо по причине занятости дисковой системы сервера в данный момент времени.

Запросы на выборку информации из таблиц (SELECT) могут также обрабатываться долго из-за локальной нагрузки сервера системы.

Случайный характер устанавливается фактом однократного повторения явления и небольшого количества используемых строк таблицы (обычно десятки, максимум – в пределах нескольких тысяч).

Медленные запросы случайного характера не являются признаком проблем со стороны запросов или структуры БД.

Медленный запрос неслучайного характера

Запрос считается медленным запросом неслучайного характера, когда возникают проблемы с сервером БД. Для ответов на такого рода запросов требуется большое количество дисковых либо процессорных ресурсов сервера. При этом исполнение запроса вызывает заметное замедление в работе других клиентов того же сервера БД.

Ниже перечислены некоторые наиболее распространенные причины медленного выполнения запросов:

- медленная передача данных в сети;
- недостаточно памяти на серверном компьютере;
- недостаточно полезных индексов;
- недостаточно полезной статистики;
- недостаточно полезных индексированных представлений;
- недостаточно полезного расслоения данных;
- недостаточно полезного секционирования.

При таких условиях для ответа на запрос сервер вынужден использовать обращение к диску, количество просмотренных строк, общий объем данных и объем данных в таблицах, к которым происходит обращение.

Суть сообщения о превышении нагрузки заключается в том, что десятки тысяч обращений к диску либо десятки мегабайт считанной информации – огромная избыточная нагрузка на сервер, которая на виртуальном хостинге просто неприемлема.

Оптимизатор запросов СУБД

Для одного SQL-запроса строится множество планов выполнения. Планы SQL-запросов представляют собой детальную последовательность операций. Они отличаются друг от друга объемами затраченных ресурсов и временем обработки. Задача выбора наиболее оптимального плана выполнения запроса лежит на оптимизаторе запросов СУБД. При этом производится сравнение оценочной стоимости всех возможных планов выполнения и выбор наименее дорогостоящего плана [12].

Факторы, влияющие на оценочную стоимость плана выполнения запроса:

- количество строк, извлекаемых из каждой таблицы, к которой идет обращение через запрос;
- совокупность индексных столбцов таблицы;
- слияние нескольких таблиц с использованием операции merge-join.

Основная причина медленной обработки запросов — неоптимальный план выполнения запроса.

Причины, по которым СУБД может выбирать неоптимальный план (наиболее известные):

- несоответствие индексов и условий запросов;
- соединения с вложенными подзапросами и большая вложенность подзапросов;
- получение данных через точку от полей составного типа;

- использование функций при составлении условий соединения и в выражениях WHERE.

Несоответствие индексов и условий запросов

Индексы применяются [13]:

- при выдаче небольшого количества результирующих строк;
- при использовании запросов, указывающих «узкие» критерии поиска;
- при использовании запросов, указывающих диапазон значений;
- при соединении нескольких таблиц по ключевым столбцам;
- при считывании данных в определенном порядке.

Для того чтобы при обработке запроса затрачивались меньший объем вычислительных ресурсов и меньшее число операций считывания данных из таблиц, необходимо использовать эффективный индекс.

Соединения с вложенными подзапросами и большая вложенность подзапросов

Сегодня в SQL используются вложенные подзапросы, при этом вложенные подзапросы выступают в роли одной из логических частей предиката. Стандарт языка SQL не ограничивает глубину вложенных подзапросов, что позволяет предполагать о теоретической неограниченности их числа.

Сервер СУБД с трудом оптимизирует такие конструкции как:

```
ВЫБРАТЬ ИЗ <запрос1>
ЛЕВОЕ СОЕДИНЕНИЕ (
    ВЫБРАТЬ ИЗ <подзапрос1>
) ПО ...
```

особенно, если <запрос1> или <подзапрос1> содержат не физические таблицы, а также вложенные запросы, потому что:

- неизвестно, сколько записей вернет подзапрос;
- неизвестно, какой способ соединения лучше использовать;
- это приводит к сильному падению производительности.

Важным преобразованием для оптимизации запросов в СУБД является устранение вложенности подзапросов [14, 15]. Соединение с вложенными подзапросами и большая вложенность подзапросов приводит к неоднократному вычислению с использованием семантики покортежной итерации (tuple iteration semantics). При этом не учитываются эффективные пути доступа, порядки соединений и методы соединения.

Получение данных через точку от полей составного типа

Если в запросе используется получение значения через точку от поля составного ссылочного типа, то при выполнении этого запроса будет выполняться соединение со всеми таблицами объектов, входящими в этот составной тип. В результате SQL текст запроса чрезвычайно усложняется, и при его выполнении оптимизатор СУБД может выбрать неоптимальный план. Это может привести к увеличению времени, затрачиваемого на обработку запроса, и серьезным проблемам производительности системы в целом.

Использование функций при составлении условий соединения и в выражениях WHERE

Большинство из функций, использующихся в условиях соединения или выражениях WHERE, которым в качестве аргумента передаются столбцы, мешают правильному использованию индексов. В выражениях WHERE или условиях поиска необходимо использовать только те функции, которые могут быть использованы в условиях поиска по индексу. Это позволяет избежать крайне медленного выполнения запроса при слабой загрузке серверного оборудования.

1.4 Возможные подходы повышения эффективности обработки запросов на основе их оптимизации

В настоящее время сложность информации постоянно возрастает. Для автоматизации хранения и поиска необходимой информации в информационно-аналитических системах создаются и используются системы управления базой данных.

В предыдущем разделе описаны основные проблемы медленной обработки запросов. В данном разделе описаны основные подходы к оптимизации SQL-запросов, используемые в настоящее время различными СУБД, а также их достоинства и недостатки.

1.4.1 Классификация подходов оптимизации SQL-запросов

При анализе SQL-запросов выделяют 2 вида подходов к оптимизации SQL-запросов:

- лексическая оптимизация запроса: единственным источником информации является сам текст SQL-запроса как лексическая конструкция, и иные сведения о базе данных и ее структуре в анализе не используются. Процесс лексической оптимизации включает в себя анализ ограничения запроса, сравнение и анализ содержащихся в нем условий с целью выявления избыточности;
- семантическая оптимизация: включает в себя анализ хранимых данных с целью генерации оптимальных планов доступа к данным.

Лексическая оптимизация SQL-запросов путем их преобразования

К данному подходу относят алгоритмы, приводящие запросы к универсальной стандартной форме в целях дальнейшей обработки. Такие преобразования используются как для упрощения текста запроса, так и для сравнения обрабатываемых запросов с ограничениями целостности базы данных.

В качестве преобразования запроса считается также и перемещение логических условий вниз в дереве запроса. Такие действия приводят к уменьшению размера считываемых промежуточных результатов. Авторы статей [16, 17] указывают о необходимости выполнения селективных операций как можно раньше. Это означает, что операции ограничения и проекции должны находиться ниже операций соединения и декартово произведений. При этом в настоящее время перемещение селективных операций не повышает стоимость обработки запроса, но и не оптимизирует запрос. Такие действия автоматически применяются ко всем запросам.

К данному подходу относятся алгоритмы устранения вложенных подзапросов. Путем удаления или слияния с текстом основного запроса исключаются из блока SELECT-FROM-WHERE вложенные в него аналогичные блоки [14, 15]. В работе [18] автор впервые выявил 5 типов вложенных запросов и предложил различные алгоритмы их устранения.

При преобразовании запроса необходимо учитывать, что предикаты обрабатываются по порядку, соответствующему следующему списку:

- предикаты, вычисления которых выдают результат FALSE;
- предикаты, при вычислении которых идет сравнение на равенство (предикат IS NULL относится к этому типу);
- предикаты, при вычислении которых проверяется вхождение в диапазон;
- предикаты, при вычислении которых используют подзапросы (предикаты вычисляются по тому порядку, как они указаны в списке SELECT).

Время обработки запроса пользователя увеличивается за счет использования временных таблиц и операции сортировки. Такие запросы задерживают доставку первых строк пользователю и приводят к накоплению содержимого временных таблиц в основной памяти. Сбрасывание информации производится только при исчерпании вычислительных ресурсов или доступной буферной памяти.

Замена некоторых операций на более эффективные приводит к сокращению времени обработки. Примером может служить вычисление подзапросов с EXISTS. В этом случае обработка запроса прекращается сразу после обнаружения первой результирующей строки [19].

Лексическая оптимизация SQL-запросов путем их улучшения

В основе лексической оптимизации SQL-запроса путем улучшения лежит усложнение структуры текста запроса. Для этого в запрос добавляются новые табличные выражения. В случае правильного улучшения запроса сокращаются расходы на его обработку. Большинство алгоритмов,

решающих эту задачу используют понятие «магическое правило». В случае использования «магического правила» и вычисления промежуточных таблиц, содержащих связывания для ограничения таблиц, исключается генерация нерелевантных кортежей. Более подробно данная технология описана в [20].

Лексическая оптимизация SQL-запросов путем сокращения

Лексическая оптимизация SQL-запросов путем сокращения означает сокращение числа условий при сохранении семантики запроса. Исключение избыточных условий, которые дублируют информацию в запросе, приводит к ускорению его обработки. Любые избыточные условия в составе SQL-запроса приводят к увеличению времени на его обработку, поскольку на выполнение каждого условия выделяются определенные ресурсы. По этой причине выполнение тождественно ложных или истинных условий также занимает время на исполнение запроса. Сокращением числа избыточных условий в запросе следует заниматься до момента его выполнения [21].

1.4.2 Развитые возможности семейства продуктов Oracle

В Oracle выделяют два критерия оптимизации запроса:

- 1) оптимизация по правилам (RULE BASED). Основным критерием данного правила является способ доступа к данным. Учитываются приоритеты доступа.
- 2) Оптимизация по стоимости (COST BASED). Основным критерием данного правила является использование статистики по распределению вычислительных ресурсов.

Статистика. Назначение, способы формирования

Основной причиной выбора оптимизатором неоптимального плана выполнения запроса является отсутствие статистики оптимизатора или устаревшие статистические данные. Статистические данные используются при определении стоимости плана выполнения. На стоимость плана влияют объем памяти, объем ресурсов и количество каналов обслуживания, требуемых для обработки запроса. Для этого необходимо собрать статистику распределения данных для каждой таблицы и всех индексов. Данная

процедура производится чтением всех строк или оценкой небольшой выборки строк [22].

В СУБД ORACLE используется программа мониторинга работы сервера Oracle под названием Spotlight on Oracle фирмы Quest Software (<http://www.quest.com>). Данный инструмент предназначен для контроля функционирования сервера. После запуска программы необходимо создать учетную запись пользователя, для чего потребуется учетная запись SYS или запись с системными привилегиями DBA.

После создания учетной записи пользователя и соединения с сервером Oracle представляется визуальная картинка, которая отображает компоненты и процессы работы сервера. В зависимости от степени перегрузки компоненты приобретают цвета от зеленого до красного. Пример мониторинга показан на рисунке 4.

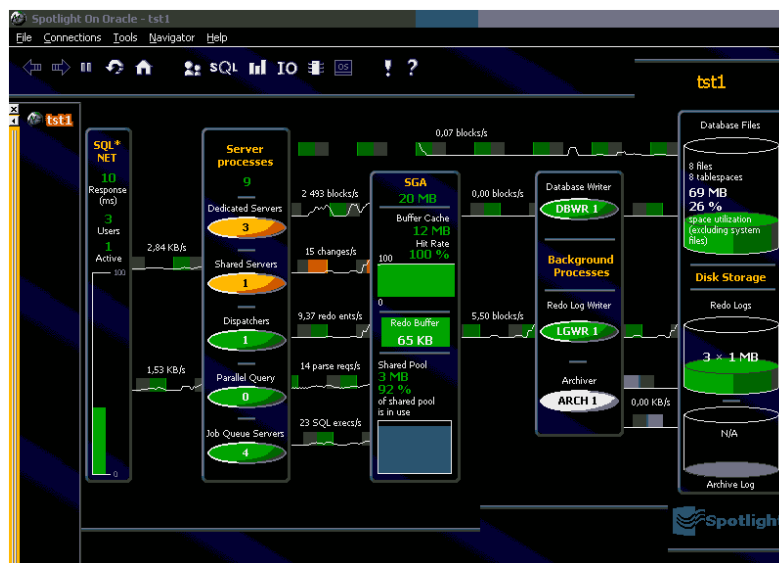


Рисунок 4 – Скриншот программы мониторинга работы сервера Oracle под названием Spotlight on Oracle

В данной программе имеется возможность выявления медленных запросов (пункт меню Navigator–Top Sessions). После заполнения параметров фильтра отбора данных будет показан список текущих запросов к серверу БД. В этом же окне имеется возможность просмотра плана выполнения запроса, пример которого показан на рисунке 5.

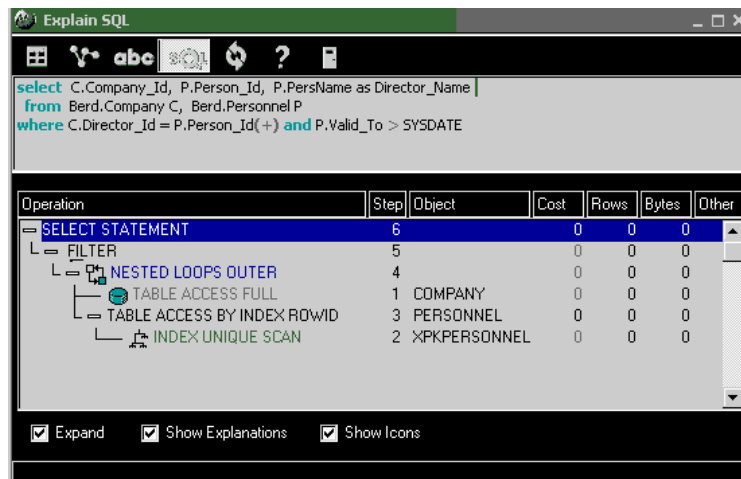


Рисунок 5 – Просмотр плана выполнения запроса в программе Spotlight on Oracle

Для автоматизации процесса оптимизации проблемных SQL-запросов используется программа SQL Expert фирмы LECCO (<http://www.leccotech.com>). Использование функции меню SQL-Optimize позволяет просматривать сгенерированный список альтернативных вариантов планов выполнения заданного запроса. А функция SQL-Butch Run позволяет проанализировать время выполнения всех запросов на опытных данных и вывести результирующую таблицу, которую можно отсортировать по требуемому параметру. Таким образом, с помощью программы SQL Expert можно сравнить с оригиналом SQL-запрос и принять решение о возможности дальнейшего его использования в своем приложении. Пример работы по оптимизации запроса показан на рисунке 6.

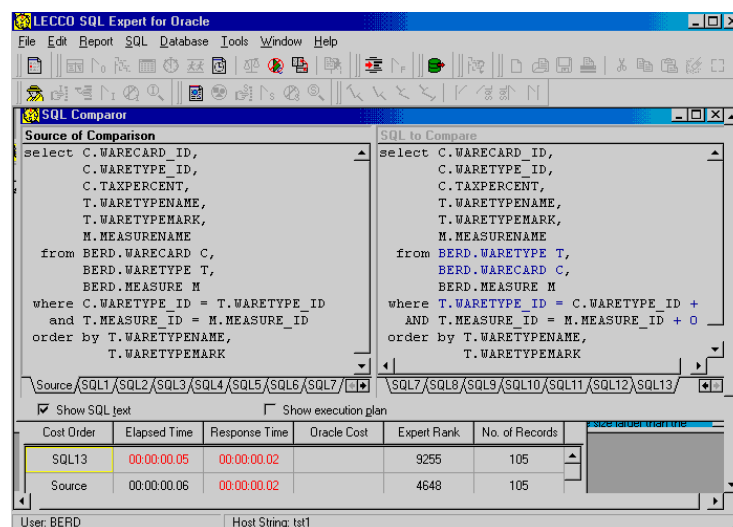


Рисунок 6 – Скриншот работы программы SQL Expert

1.4.3 Развитые возможности семейства продуктов DB2

Эффективное выполнение больших запросов является ключевым фактором повышения производительности в среде АБД АСУ «Экспресс-3». Существует множество сценариев, при которых для диагностики работы DB2 и более полного понимания проблемы может понадобиться сбор и анализ данных операционной системы. В DB2 используются утилиты и команды AIX, которые помогают выявлять и решать следующие проблемы: повышенная загрузка процессора, зависания и сбои в работе приложений.

Мониторинг загрузки процессора

В некоторых ситуациях какой-то процесс DB2 загружает процессор больше обычного. Для просмотра загрузки сервера БД используется утилита ps.

ps. Команда ps отображает текущее состояние активных процессов. Используя команду `ps -auxw | sort -r +3 | head 10`, можно получить список из 10 процессов, наиболее активно использующих процессор. На рисунке 7 показана выдача результата команды ps:

```
root@bagpuss $ ps auxw|sort -r +3|head -10
USER      PID     %CPU   %MEM    SZ   RSS   TTY STAT   STIME   TIME   COMMAND
sharon    1658958 0.1    9.0    218016 214804 - A      Sep 13 38:16 db2agent (idle) 0
dpf       1036486 0.0    1.0    14376  14068 - A      Sep 17 3:10 db2hmon 0
sharon    1822932 0.0    1.0    12196  11608 - A      Sep 12 6:41 db2hmon 0
dpf       1011760 0.0    0.0    9264   9060 - A      Sep 17 3:03 db2hmon 3
dpf       1532116 0.0    0.0    9264   9020 - A      Sep 17 3:04 db2hmon 2
dpf       786672 0.0    0.0    9264   8984 - A      Sep 17 3:02 db2hmon 5
dpf       1077470 0.0    0.0    9264   8968 - A      Sep 17 3:03 db2hmon 1
dpf       1269798 0.0    0.0    9248   9044 - A      Sep 17 2:50 db2hmon 4
db2inst1  454756 0.0    0.0    9012   7120 - A      Jul 19 0:52 db2sysc 0
```

Рисунок 7 – Пример выдачи результата команды ps

topas. При выполнении команды `ps -ef` выдается информация о загрузке процессора каждым текущим процессом. Для получения дополнительных данных можно использовать команду `topas`. Подобно команде ps, команда `topas` запрашивает избранную статистику об активности локальной системы. На рисунке 8 приведен пример выдачи результата команды `topas`, указывающий на то, что процесс DB2 использует 33% загрузки процессора [23].

Name	PID	CPU%	PgSp	Owner
db2sysc	105428	33.3	11.7	udbtest
db2sysc	38994	14.0	11.9	udbtest
test	14480	1.4	0.0	root
db2sysc	36348	0.8	1.6	udbtest
db2sysc	116978	0.5	1.6	udbtest
db2sysc	120548	0.5	1.5	udbtest
sharon	30318	0.3	0.5	root
lrud	9030	0.3	0.0	root
db2sysc	130252	0.3	1.6	udbtest
db2sysc	130936	0.3	1.6	udbtest
topas	120598	0.3	3.0	udbtest
db2sysc	62248	0.2	1.6	udbtest
db2sysc	83970	0.2	1.6	udbtest
db2sysc	113870	0.2	1.7	root

Рисунок 8 – Пример выдачи результата команды topas Spotlight on DB2 LUW

Мониторинг и диагностика баз данных DB2 в режиме реального времени

«Spotlight on DB2» (продукт компании Quest Software <http://www.quest-software.ru/>) находит ошибки производительности DB2 в операционных средах Linux, Unix и Windows в режиме реального времени, что помогает быстро определять причины неисправностей и решать возникающие технические сложности. Программа графически отображает все операции баз данных в интуитивном пользовательском интерфейсе, который наглядно представляет точную архитектуру среды DB2. Экран обзора отображает операции всего экземпляра DB2, предоставляя возможность легко анализировать подключения, события ожидания, блокировки, память и дисковые вводы/выводы.

«EMS SQL query» (разработчик «EMS Software Development, LLC» www.sqlmanager.net) – это программа для быстрого построения SQL запросов к базам данных. Программа выходит в редакциях для каждой из наиболее распространенных СУБД (ORACLE, DB2, SQLServer, MySQL и др.) и имеет весь необходимый функционал для выполнения операций, связанных с запросами к базам данных.

Программа обеспечивает возможность создания запросов визуальнo с помощью встроенного редактора SQL для написания текста вручную, позволяет работать с несколькими запросами одновременно, просматривать результаты выполнения в различных режимах просматривать план выполнения запросов и множество других операций.

1.4.4 Развитые возможности семейства продуктов Microsoft SQL Server

Microsoft SQL Server и операционная система Microsoft Windows обладают программами, которые контролируют текущее состояние сервера БД и измеряют производительность при изменении текущего состояния.

Основные задачи, решаемые средствами мониторинга SQL Server:

- определение возможности увеличения производительности;
- оценивание активности пользователей;
- отлаживание компонент приложений.

Activity Monitor в SQL Server Management Studio

Activity Monitor встроена в SQL Server Management Studio и находится в контейнере Management (Управление) в Object Explorer (Рисунок 9). Имеет 3 вкладки:

- вкладка Process Info (Информация о процессах) – позволяет просматривать информацию об установленных к SQL Server подключениях. Для каждого из процессов можно просмотреть последнюю выполненную команду (пункт Details контекстного меню) и принудительно закрыть это подключение (команда KILL).

- На вкладке Locks by Process (Блокировки по процессам) показаны все блокировки, которые применены к объектам баз данных определенным процессом.

- На вкладке Locks by Object (Блокировки по объектам) вы можете просмотреть блокировки, которые применены к конкретному объекту [24].

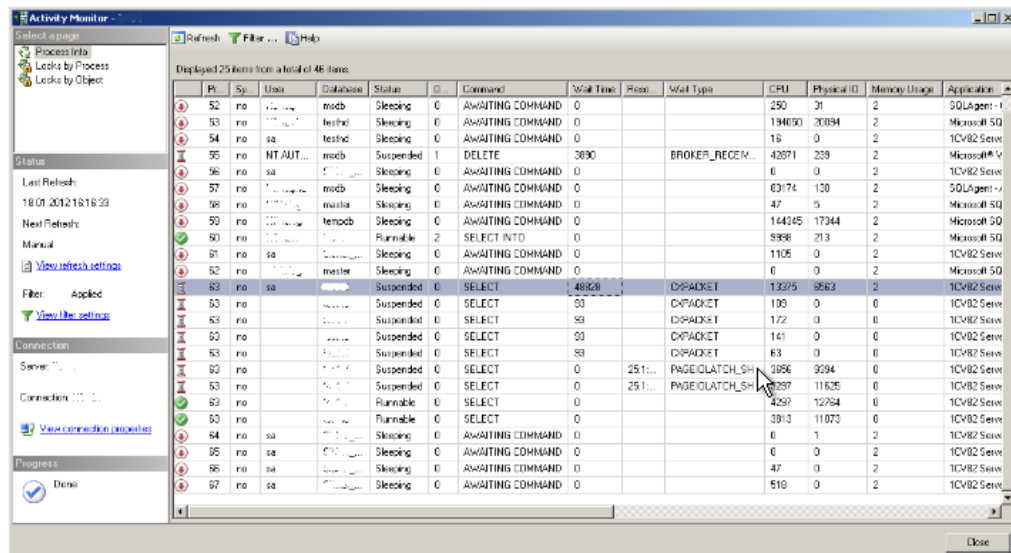


Рисунок 9 – Пример выдачи информации Activity Monitor

Хранимые процедуры sp_who и sp_who2, sp_lock

Хранимая процедура `sp_who` позволяет получить информацию о текущих соединениях с SQL Server (Рисунок 10). Данную процедуру можно запускать двумя вариантами. Если выполнить ее без параметров, то она вернет информацию обо всех процессах. Если передать ей идентификатор процесса (spid), например, `execsp_who 55`, то она вернет информацию только по этому процессу.

	spid	e...	status	loginame	hostname	b...	dbname	cmd	request_id
30	60	0	sleeping	sa	TESTS...	0	master	AWAITING COMMAND	0
31	62	0	sleeping	sa	TESTS...	0	master	AWAITING COMMAND	0
32	63	0	suspended	sa	TESTS...	0	master	SELECT	0
33	63	5	suspended	sa	TESTS...	0	master	SELECT	0
34	63	6	suspended	sa	TESTS...	0	master	SELECT	0
35	63	7	suspended	sa	TESTS...	0	master	SELECT	0
36	63	8	suspended	sa	TESTS...	0	master	SELECT	0
37	63	6	suspended	sa	TESTS...	0	master	SELECT	0
38	63	5	suspended	sa	TESTS...	0	master	SELECT	0
39	63	8	suspended	sa	TESTS...	0	master	SELECT	0
40	63	7	suspended	sa	TESTS...	0	master	SELECT	0

Рисунок 10 – Пример выдачи информации хранимой процедуры `sp_show`

Хранимая процедура `sp_who2` – недокументированный вариант процедуры `sp_who`. Эта хранимая процедура показывает процессорное время, затраченное сессией, имя базы данных, в которой все выполняется, и количество операций ввода-вывода (Рисунок 11).

	SPID	Status	Login	HostName	BlockBy	DBName	Command	CPUTime	DiskIO	LastBatch	ProgramName	SPID	REQUESTID
29	59	RUNNABLE	sa	TESTS...		tempdb	SELECT	147408	17743	01/18 16:17:41	Microsoft S...	59	0
30	60	sleeping	sa	TESTS...		tempdb	AWAITING COMMAND	10873	298	01/18 16:16:36	Microsoft S...	60	0
31	62	sleeping	sa	TESTS...		master	AWAITING COMMAND	0	0	01/18 16:16:06	Microsoft S...	62	0
32	63	SUSPENDED	sa	TESTS...		tempdb	SELECT	49813	110092	01/18 16:17:29	1CV82 Server	63	0
33	63	SUSPENDED	sa	TESTS...		tempdb	SELECT	31	0	01/18 16:17:29	1CV82 Server	63	0
34	63	SUSPENDED	sa	TESTS...		tempdb	SELECT	31	0	01/18 16:17:29	1CV82 Server	63	0
35	63	SUSPENDED	sa	TESTS...		tempdb	SELECT	62	0	01/18 16:17:29	1CV82 Server	63	0
36	63	SUSPENDED	sa	TESTS...		tempdb	SELECT	31	0	01/18 16:17:29	1CV82 Server	63	0
37	63	SUSPENDED	sa	TESTS...		tempdb	SELECT	172	597	01/18 16:17:29	1CV82 Server	63	0
38	63	SUSPENDED	sa	TESTS...		tempdb	SELECT	250	469	01/18 16:17:29	1CV82 Server	63	0
39	63	SUSPENDED	sa	TESTS...		tempdb	SELECT	219	466	01/18 16:17:29	1CV82 Server	63	0
40	63	SUSPENDED	sa	TESTS...		tempdb	SELECT	297	406	01/18 16:17:29	1CV82 Server	63	0

Рисунок 11 – Пример выдачи информации хранимой процедуры sp_show2

Хранимая процедура sp_lock позволяет просматривать информацию о блокировках, которые применены к объектам определенным процессом. Если запустить ее без параметров, она вернет информацию о блокировках для всех процессов. Если передать ей идентификатор процесса, то будет предоставлена информация о блокировках только для этого процесса [25].

1.5 Формализация цели, критерия и задачи повышения эффективности обработки запросов

В первой главе приведен обзор применяемых в настоящее время методов повышения эффективности обработки запросов путем оптимизации SQL-запросов в различных информационно-аналитических системах управления и СУБД. Данная тематика исследована достаточно хорошо. Предложено много эффективных технологий для выявления проблемных SQL-запросов и построения альтернативных планов выполнения. Разработанные программы под конкретные СУБД контролируют и отслеживают работу сервера БД, не решая при этом проблему повышения эффективности обработки запросов.

В результате анализа применяемых в настоящее время подходов повышения эффективности обработки SQL-запросов сделан вывод, что они ориентированы на оптимизацию отдельно взятых запросов. Помимо оптимизации отдельно взятых запросов, возможна модификация самого процесса обработки запросов пользователей. Для этого в диссертационной работе была предложена технология, отличающаяся от существующей технологии обработки запросов включением процедуры выявления класса

запроса и выбора режима обработки по его классу (диалоговый или пакетный режим).

Запросы пользователей к таблицам АБД АСУ «Экспресс-3» определяются вектором. Этот вектор состоит из вводимых пользователями параметров в АРМ и, тем самым, идентифицирует запрос. Необходимо выделить вектора параметров тех запросов, при вводе которых время обработки запроса будет больше максимальной нормы T_{max} ($T_{max} = 30$ минут). Сформированные на основе этих параметров классы запросов будут использоваться в технологии сортировки. С помощью нее можно будет отделить основные типы запросов пользователей, время обработки которых не превышает максимальную норму T_{max} , от запросов, приводящих к аварийным перезагрузкам. Это позволит достичь улучшения результатов в случае занятости веб-ресурса одновременно многими пользователями, а именно уменьшатся значения среднего времени обработки запроса и среднего числа необработанных запросов пользователей в результате аварийной перезагрузки.

Эффективность обработки запросов АРМ определяется по предложенному в работе критерию, который представляет собой взвешенную сумму двух показателей: среднее время обработки запроса пользователя и среднее число необработанных запросов пользователей в результате аварийную перезагрузки.

Для достижения поставленной цели необходимо:

1) разработать технологию обработки запросов, выделив 2 класса:

класс А – совокупность запросов пользователей, которые будут обрабатываться в диалоговом режиме (режим обработки запросов «online»);

класс В – совокупность запросов пользователей, которые будут обрабатываться в пакетном режиме (режим обработки запросов «offline» без ограничения на время обработки);

2) предложить метод классификации запросов;

3) оценить эффективность предлагаемой технологии обработки запросов по введенному критерию.

Объектом исследования является обработка запросов пользователей. В качестве предмета исследования рассматриваются технологии обработки запросов пользователей, обращающихся в АСУ «Экспресс-3» к АРМ: «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN), «Корреспонденции» (RMEST), «Отчеты по поездкам» (OTCPZD) и «Результаты работы поездов по дорогам» (NEWSPN).

Глава 2. Определение весовых коэффициентов для показателей критерия и разработка средства мониторинга функционирования веб-приложений в среде АБД АСУ «Экспресс-3»

Вторая глава посвящена формированию критерия, учитывающего как среднее время обработки запроса пользователя, так и среднее число необработанных запросов в результате аварийной перезагрузки веб-сервера системы. Производится расчет весовых коэффициентов двух частных показателей $t_{\text{ср.}}$ и $k_{\text{ср.}}$ введенного критерия оценки эффективности обработки запросов, и предлагаются модели вариантов использования АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» с помощью объектно-ориентированного подхода, методологии Rational Unified Process (RUP) и нотации Unified Modeling Language (UML).

В первой части главы для определения весовых коэффициентов двух частных показателей $t_{\text{ср.}}$ и $k_{\text{ср.}}$ использовались методы экспертного оценивания и множителей Лагранжа. Для построения системы весов по показателям введенного критерия в качестве экспертов были выбраны 5 сотрудников отделения «Пассажирские перевозки и АСУ «Экспресс» ОАО «ВНИИЖТ». Перед ними стояла задача проранжировать представленные варианты значений показателей по убыванию их значимости.

Во второй части главы на основе объектно-ориентированного подхода и технологии RUP предложены и описаны UML модели АРМ «Мониторинг работы веб-приложений», разрабатываемого для анализа информации о запросах пользователей в среде АБД АСУ «Экспресс-3».

Третья часть посвящена обоснованию выбора среды разработки и языка программирования. Разработанное на основе UML моделей АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» – это целый комплекс программ и программных модулей, которые обеспечивают просмотр и анализ информации о запросах.

2.1 Формирование критерия эффективности обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками

В диссертационной работе формулируется критерий эффективности обработки запросов, учитывающий как среднее время обработки запроса, так и среднее число необработанных запросов в результате аварийной перезагрузки веб-сервера системы. В данной работе многокритериальная задача сведена к однокритериальной задаче путем введения обобщенного критерия, представляющего собой взвешенную сумму двух частных показателей. Введенный обобщенный критерий определяется по формуле:

$$F = t_{\text{ср.}} \cdot \alpha_1 + k_{\text{ср.}} \cdot \alpha_2, \quad (1)$$

где $t_{\text{ср.}}$ – среднее время обработки запроса;

$k_{\text{ср.}}$ – среднее число необработанных запросов в результате аварийной перезагрузки веб-сервера системы;

α_1, α_2 – весовые коэффициенты.

2.1.1 Расчет весовых коэффициентов для показателей критерия эффективности обработки запросов

Результаты экспертного оценивания

Для определения весовых коэффициентов показателей введенного критерия используется метод экспертного оценивания [26, 27, 28, 29, 30]. Для построения системы весов по показателям введенного критерия ($N=2$) в качестве экспертов выступили 5 сотрудников отделения «Пассажирские перевозки и АСУ «Экспресс» ОАО «ВНИИЖТ» ($M=5$). Перед ними стояла задача проранжировать представленные варианты значений двух частных показателей по убыванию их значимости ($K=11$). Результаты опроса сведены в таблицу 2.

С целью получения коэффициентов важности представленных вариантов вычисляются суммарные ранги вариантов по формуле:

$$X_i = \sum_{j=1}^M X_{ij}, \quad (2)$$

где i — порядковый номер варианта;

M — количество экспертов;

x_{ij} — ранг, присвоенный экспертом для варианта.

Таблица 2 – Результаты экспертного оценивания

Номер варианта (i)	Значения показателей ($x_1^{(i)}, x_2^{(i)}$)		Нормированные значения параметров ($x_1^{*(i)} = x_1^{(i)} / x_{1\max}$ $x_2^{*(i)} = x_2^{(i)} / x_{2\max}$)		Ранги экспертов (x_{ij})				
	$t_{\text{ср.}}(c)$	$k_{\text{ср.}}$	$t_{\text{ср.}}^*(\text{сек.})$	$k_{\text{ср.}}^*$	1	2	3	4	5
1	9,38	109,11	0,0020	0,52	4	3	4	3	4
2	9,54	109,324	0,0020	0,52	5	4	5	4	5
3	9,61	109,94	0,0020	0,52	6	5	6	5	6
4	9,85	109,96	0,0020	0,52	7	6	7	6	7
5	4806,80	0,00	1,0000	0,00	11	10	11	10	11
6	130,99	0	0,0273	0,00	1	1	1	1	1
7	136,79	0	0,0285	0,00	2	2	2	1	2
8	137,74	211,2	0,0287	1,00	3	2	3	2	3
9	139,58	206,21	0,0290	0,98	8	7	8	7	8
10	139,89	202,38	0,0291	0,96	9	8	9	8	9
11	140,29	191,73	0,0292	0,91	10	9	10	9	10

2-ой эксперт поставил одинаковые значения рангов для вариантов 7 и 8. 4-ый эксперт поставил одинаковые значения рангов для вариантов 6 и 7. Следовательно, результаты экспертного оценивания необходимо привести к нормализованному виду. При этом вариантам, имеющим одинаковые ранги, приписывается ранг, равный среднему значению номеров мест, занимаемых этими вариантами в ранжировке (Таблица 3).

Таблица 3 – Результаты экспертного оценивания в нормализованном виде

Номер варианта (i)	Значения показателей ($x_1^{(i)}, x_2^{(i)}$)		Пронормированные ранги экспертов (x_{ij})					Сумма рангов(x_j) $x_i = \sum_{j=1}^M x_{ij}$
	$t_{cp.}(c)$	$k_{cp.}$	1	2	3	4	5	
1	9,38	109,11	4	4	4	4	4	20
2	9,54	109,324	5	5	5	5	5	25
3	9,61	109,94	6	6	6	6	6	30
4	9,85	109,96	7	7	7	7	7	35
5	4806,80	0,00	11	11	11	11	11	55
6	130,99	0	1	1	1	1,5	1	5,5
7	136,79	0	2	2,5	2	1,5	2	10
8	137,74	211,2	3	2,5	3	3	3	14,5
9	139,58	206,21	8	8	8	8	8	40
10	139,89	202,38	9	9	9	9	9	45
11	140,29	191,73	10	10	10	10	10	50

2.1.2 Вычисление коэффициентов важности представленных вариантов

О важности предлагаемых вариантов содержится информация в суммарных рангах x_i . Чем выше важность варианта, тем большее число экспертов будут ставить его на первые места в ранжировках, влияя тем самым на суммарный ранг. Коэффициенты важности вариантов рассчитываются по формуле:

$$y^{(i)} = \frac{M \cdot (K+1) - x_j}{0,5 \cdot M \cdot K \cdot (K+1)} \quad (3)$$

Коэффициент важности $y^{(i)}$ меняется от 0 до 1, большие значения свидетельствуют о большей важности варианта.

Используя формулу (3), определим коэффициенты важности для вариантов, а результаты сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – Коэффициенты важности предлагаемых вариантов

Номер варианта (i)	Значения показателей ($x_1^{(i)}, x_2^{(i)}$)		Нормированные ранги экспертов (x_{ij})					Сумма рангов(x_j) $x_i = \sum_{j=1}^M x_{ij}$	Коэф. важности ($y^{(i)}$)
	$t_{cp.}(c)$	$k_{cp.}$	1	2	3	4	5		
1	9,38	109,11	4	4	4	4	4	20	0,12
2	9,54	109,324	5	5	5	5	5	25	0,1
3	9,61	109,94	6	6	6	6	6	30	0,09
4	9,85	109,96	7	7	7	7	7	35	0,08
5	4806,80	0,00	11	11	11	11	11	55	0,015
6	130,99	0	1	1	1	1,5	1	5,5	0,165
7	136,79	0	2	2,5	2	1,5	2	10	0,15
8	137,74	211,2	3	2,5	3	3	3	14,5	0,14
9	139,58	206,21	8	8	8	8	8	40	0,06
10	139,89	202,38	9	9	9	9	9	45	0,05
11	140,29	191,73	10	10	10	10	10	50	0,03

2.1.3 Вычисление весовых коэффициентов двух частных показателей введенного критерия эффективности

Весовые коэффициенты α_1, α_2 для показателей $t_{cp.}$ и $k_{cp.}$ соответственно определяются методом наименьших квадратов с заданным ограничением $\sum_{p=1}^N \alpha_p = 1$ по формуле [31, 32]:

$$\min_{\alpha_1, \alpha_2} \sum_{i=1}^K (y^{(i)} - \sum_{p=1}^N \alpha_p \cdot x_p^{(i)})^2 \quad (4)$$

Для решения поставленной математической задачи (4) используется метод множителей Лагранжа [33]:

$$\min L = \sum_{i=1}^K (y^{(i)} - \alpha_1 \cdot \sum_{i=1}^K x_1^{(i)} - \alpha_2 \cdot \sum_{i=1}^K x_2^{(i)})^2 + \lambda \cdot (1 - \alpha_1 - \alpha_2), \quad (5)$$

где L – функция Лагранжа,

λ – множитель Лагранжа.

Далее представлено решение поставленной математической задачи (4) в общем виде, которое заключается в нахождении частных производных функции Лагранжа:

$$\begin{cases} \frac{\min L}{\partial \alpha_1} = 2 \cdot \alpha_1 \cdot \sum_{i=1}^K x_1^{(i)2} - 2 \cdot \sum_{i=1}^K y^{(i)} \cdot x_1^{(i)} + 2 \cdot \alpha_2 \cdot \sum_{i=1}^K x_1^{(i)} \cdot x_2^{(i)} - \lambda = 0, \\ \frac{\min L}{\partial \alpha_2} = 2 \cdot \alpha_2 \cdot \sum_{i=1}^K x_2^{(i)2} - 2 \cdot \sum_{i=1}^K y^{(i)} \cdot x_2^{(i)} + 2 \cdot \alpha_1 \cdot \sum_{i=1}^K x_1^{(i)} \cdot x_2^{(i)} - \lambda = 0, \\ \frac{\min L}{\partial \lambda} = (1 - \alpha_1 - \alpha_2) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} \alpha_1 \cdot \sum_{i=1}^K x_1^{(i)2} + \alpha_2 \cdot \sum_{i=1}^K x_1^{(i)} \cdot x_2^{(i)} = \sum_{i=1}^K y^{(i)} \cdot x_1^{(i)} - \lambda, \\ \alpha_2 \cdot \sum_{i=1}^K x_2^{(i)2} + \alpha_1 \cdot \sum_{i=1}^K x_1^{(i)} \cdot x_2^{(i)} = \sum_{i=1}^K y^{(i)} \cdot x_2^{(i)} - \lambda, \\ \alpha_1 + \alpha_2 = 1. \end{cases} \quad (7)$$

Решение поставленной математической задачи в матричном виде примет вид:

$$(X^T \cdot X) \cdot \vec{\hat{\alpha}} = (X^T \cdot Y) - \lambda \cdot I_{\text{столбец}}, \quad (8)$$

где X – матрица значений показателей $t_{\text{ср.}}$ и $k_{\text{ср.}}$ в предлагаемых вариантах,
 X^T – транспонированная матрица значений показателей $t_{\text{ср.}}$ и $k_{\text{ср.}}$ в предлагаемых вариантах,

$\vec{\hat{\alpha}}$ – матрица весовых коэффициентов показателей $t_{\text{ср.}}$ и $k_{\text{ср.}}$ введенного критерия,

Y – матрица коэффициентов важностей предлагаемых вариантов,

$I_{\text{столбец}}$ – единичный вектор столбец.

$$\vec{\hat{\alpha}} = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot Y) - (X^T \cdot X)^{-1} \cdot \lambda \cdot I_{\text{столбец}} \quad (9)$$

$$\vec{\hat{\alpha}} = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot Y - \lambda \cdot I_{\text{столбец}}) \quad (10)$$

Транспонируя обе части выражения и умножая на $I_{\text{столбец}}$ выражение (10) примет вид:

$$\vec{\hat{\alpha}}^T \cdot I_{\text{столбец}} = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot Y - \lambda \cdot I_{\text{столбец}})^T \cdot I_{\text{столбец}} \quad (11)$$

$$\vec{\hat{\alpha}}^T \cdot I_{\text{столбец}} = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (Y^T \cdot X - \lambda \cdot I_{\text{строка}}) \cdot I_{\text{столбец}} \quad (12)$$

где $I_{\text{строка}}$ – единичный вектор строка,

$\vec{\hat{\alpha}}^T$ – транспонированная матрица весовых коэффициентов показателей $t_{\text{ср.}}$ и $k_{\text{ср.}}$ введенного критерия,

$$\vec{\hat{\alpha}}^T \cdot I_{\text{столбец}} = [(Y^T \cdot X) \cdot (X^T \cdot X)^{-1} - \lambda \cdot I_{\text{строка}} \cdot (X^T \cdot X)^{-1}] \cdot I_{\text{столбец}} \quad (13)$$

Введем:

$$\vec{\hat{\alpha}}^{*T} = (Y^T \cdot X) \cdot (X^T \cdot X)^{-1} \rightarrow \vec{\hat{\alpha}}^* = (X^T \cdot Y) \cdot (X^T \cdot X)^{-1} \quad (14)$$

$$I_{\text{строка}}^* = I_{\text{строка}} \cdot (X^T \cdot X)^{-1} \quad (15)$$

$$I_{\text{столбец}}^* = I_{\text{столбец}} \cdot (X^T \cdot X)^{-1} \quad (16)$$

$$\vec{\hat{\alpha}}^T \cdot I_{\text{столбец}} = 1 \quad (17)$$

$$\vec{\hat{\alpha}} \cdot I_{\text{строка}} = \vec{\hat{\alpha}} \quad (18)$$

Используя введенные выражения (14)-(18), выражение (13) примет вид:

$$1 = [\vec{\hat{\alpha}}^{*T} - \lambda \cdot I_{\text{строка}}^*] \cdot I_{\text{столбец}} \quad (19)$$

Транспонируем обе части выражения (18):

$$1 = [\vec{\hat{\alpha}}^* - \lambda \cdot I_{\text{столбец}}^*] \cdot I_{\text{строка}} \quad (20)$$

$$1 - I_{\text{строка}} \cdot \vec{\hat{\alpha}}^* + \lambda \cdot I_{\text{столбец}}^* \cdot I_{\text{строка}} = 0 \quad (21)$$

$$1 - \vec{\hat{\alpha}}^* + \lambda \cdot I_{\text{столбец}}^* \cdot I_{\text{строка}} = 0 \quad (22)$$

Из выражения (22) определим значения множителя Лагранжа λ по следующей формуле:

$$\lambda = \frac{\sum_{p=1}^N \alpha_p^* - 1}{I_{\text{столбец}}^* \cdot I_{\text{строка}}} \quad (23)$$

Подставляя выражения (23) в выражение (9), определяются весовые коэффициенты показателей α_1 и α_2 введенного критерия.

Основываясь на результатах таблицы 4, матрица X значений показателей $t_{\text{ср.}}$ и $k_{\text{ср.}}$ в предлагаемых вариантах принимает следующий вид:

$$X = \begin{pmatrix} 9,38 & 109,11 \\ 9,54 & 109,32 \\ 9,61 & 109,94 \\ 9,85 & 109,96 \\ 4806,8 & 0 \\ 130,99 & 0 \\ 136,79 & 0 \\ 137,74 & 211,2 \\ 139,58 & 206,21 \\ 139,89 & 202,38 \\ 140,29 & 191,73 \end{pmatrix} \quad (24)$$

Транспонированная матрица X^T значений показателей $t_{\text{ср.}}$ и $k_{\text{ср.}}$ в предлагаемых вариантах принимает следующий вид:

$$X^T =$$

9,38	9,54	9,61	9,85	4806,80	130,99	136,79	137,74	139,58	139,89	140,29
109,11	109,324	109,94	109,96	0,00	0	0	211,2	206,21	202,38	191,73

Обозначим переменной C произведение матриц X и X^T :

$$C = X^T \cdot X = \begin{pmatrix} 23219269,88 & 117288,3 \\ 117288,3 & 212880,80 \end{pmatrix} \quad (25)$$

Тогда обратная матрица C^{-1} примет вид:

$$C^{-1} = (X^T \cdot X)^{-1} = \begin{pmatrix} 4,31879E-08 & -2,4E-08 \\ -2,4E-08 & 4,71E-06 \end{pmatrix} \quad (26)$$

Для вычисления $\vec{\alpha}^*$ по формуле (14) определим произведение транспонированной матрицы X^T и матрицы Y :

$$X^T \cdot Y = \begin{pmatrix} 157,0186 \\ 99,77194 \end{pmatrix} \quad (27)$$

Используя (26) и (27) вычислим $\vec{\alpha}^*$:

$$\vec{\alpha}^* = (X^T \cdot Y) \cdot (X^T \cdot X)^{-1} = \begin{pmatrix} 4,41E-06 \\ 0,000466 \end{pmatrix} \quad (28)$$

Используя (16) определим значение $I_{\text{столбец}}^*$:

$$\begin{aligned} I_{\text{столбец}}^* &= I_{\text{столбец}} \cdot (X^T \cdot X)^{-1} = \begin{pmatrix} 4,31879E-08 & -2,4E-08 \\ -2,4E-08 & 4,71E-06 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} 1,93E-08 \\ 4,68E-06 \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (29)$$

Тогда для вычисления множителя Лагранжа необходимо определить произведение $I_{\text{столбец}}^* \cdot I_{\text{строка}}$:

$$I_{\text{столбец}}^* \cdot I_{\text{строка}} = \begin{pmatrix} 1,93E-08 \\ 4,68E-06 \end{pmatrix} \cdot (1 \ 1) = 4,71E-06 \quad (30)$$

Используя (23) определим значение множителя Лагранжа λ :

$$\lambda = \frac{\sum_{p=1}^N \alpha_p^* - 1}{I_{\text{столбец}}^* \cdot I_{\text{строка}}} = -212387 \quad (31)$$

Зная значение множителя Лагранжа λ , можно определить весовые коэффициенты показателей $t_{\text{ср.}}$ и $k_{\text{ср.}}$ введенного критерия по формуле (10):

$$\vec{\alpha} = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot (X^T \cdot Y - \lambda \cdot I_{\text{столбец}}^*) = \begin{pmatrix} 0,004 \\ 0,996 \end{pmatrix} \quad (32)$$

Таким образом, весовые коэффициенты показателей $t_{\text{ср.}}$ и $k_{\text{ср.}}$ введенного критерия имеют значения $\alpha_1 = 0,004$ и $\alpha_2 = 0,996$ соответственно.

Данный метод удобен тем, что весовые коэффициенты показателей $t_{\text{ср.}}$ и $k_{\text{ср.}}$ введенного критерия удовлетворяют требованию равенства единице [34].

В результате получаем достаточно надежные и полные итоговые весовые коэффициенты для каждого показателя введенного критерия, которые будут участвовать в оценке эффективности обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками «Экспресс-3».

2.2 Разработка АРМ «Мониторинг работы веб-приложений»

2.2.1 Выбор источника данных

Для функционирования АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» будут использоваться:

- отчет о работе автоматизированных рабочих мест АБД АСУ «Экспресс-3»;
- данные, фиксирующие запуск каждого исследуемых АРМ и хранящиеся в log-файлах на сервере АСУ «Экспресс-3» по адресу <ftp://10.17.226.192/u/exp/write/log/>;
- данные, фиксирующие входные параметры запросов к исследуемым АРМ и хранящиеся в log-файлах на сервере АСУ «Экспресс-3» по адресу <ftp://10.17.226.192/u/exp/write/monitoring/>.

2.2.2 Выделение исходных данных

Определение входных данных

Основываясь на требованиях к системе мониторинга работы веб-приложений, был выделен перечень входных данных, необходимых для получения результирующей информации по запросам (Таблица 5).

Таблица 5 – Перечень входных данных

Название показателя	Обозначение	Тип данных	Описание показателя
дата начала			
день	dayb	String	Нижняя граница даты запуска

Название показателя	Обозначение	Тип данных	Описание показателя
месяц	monthb	String	веб-приложения
год	yearb	String	
дата окончания			
день	daye	String	Верхняя граница даты запуска веб-приложения
месяц	monthe	String	
год	yeare	String	
время начала			
час	hourb	String	Нижняя граница запуска веб-приложений
минута	minutb	String	
секунда	secundb	String	
время окончания			
час	houre	String	Верхняя граница запуска веб-приложений
минута	minute	String	
секунда	secunde	String	
веб-приложение	projects	Collection	Перечень всех веб-приложений АБД АСУ «Экспресс-3»
время обработки	minute_proc	String	Интервал времени обработки веб-приложений
статус процессов	status	Collection	Перечень статусов процессов (START, STOP, Неважно)

Определение выходных данных

Для исследования обработки запросов в среде АБД АСУ «Экспресс-3» был выделен перечень выходных данных (Таблица 6).

Таблица 6 – Перечень выходных данных

Название показателя	Обозначение	Тип данных	Описание показателя
Статус	status	String	Статус процесса на момент исследования
Id-процесса	id_proc	String	Идентификационный номер процесса
Дата начала	dateb	Date	Дата запуска процесса
Время начала	timeb	Date	Время запуска процесса
Дата окончания	datee	Date	Дата окончания работы процесса
Время окончания	timee	Date	Время окончания работы процесса
Время работы	timew	Date	Время работы процесса
Пользователь	polzovatel	String	Логин пользователя,

Название показателя	Обозначение	Тип данных	Описание показателя
			запустившего процесс
IP-адрес	ip_adres	String	IP-адрес пользователя, запустившего процесс
Приложение	pril	String	Код задачи
WAR	war	String	веб-модуль задачи
Сервлет	servlet_p	String	Класс обработки веб-модуля

2.2.3 Модель вариантов использования АРМ «Мониторинг работы веб-приложений»

Для моделирования функциональных возможностей АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» использовались:

- технология Rational Unified Process (RUP),
- нотация Unified Modeling Language (UML),
- средство Rational Rose Enterprise Edition.

Данный набор средств и технологий позволяет реализовывать объектно-ориентированный подход к проектированию ИС и контролировать любые изменения в ходе реализации ИС [35, 36, 37].

Выделение актеров

Исходя из требований к системе, выделены следующие действующие лица, представленные на рисунке 12:

- администратор – пользователь, обладающий правами доступа к АРМ «Мониторинг работы веб-приложений»;
- АСУ «Экспресс-3» – система, служащая для хранения и обработки информации о процессах, запущенных пользователями при использовании АРМ.



Рисунок 12 – Актеры системы мониторинга работы веб-приложений

Выделение вариантов использования

Исходя из потребностей актеров, выделяются следующие варианты использования системы, представленные на рисунке 13:

- хранение log-файлов – в процессе работы с АРМ АБД АСУ «Экспресс-3» данные о процессах записываются на сервер АСУ «Экспресс-3» и хранятся в течение 30 дней по адресу `ftp://10.17.226.192/u/exp/write/log/`;
- запуск приложения – вызов АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» по адресу <http://10.17.226.192:8000/monitor>;
- формирование запроса к системе – ввод администратором входных данных, необходимых для получения информации по процессам, исследуемого веб-приложения;
- обработка запросов пользователей – по параметрам запросов система мониторинга проводит поиск необходимой информации на сервере АСУ «Экспресс-3»;
- получение информации о запусках процессов – на экран администратору выводится информация с выходными данными по запросам к выбранному веб-приложению;
- просмотр информации по конкретному процессу – просмотр входным параметров, с которыми был запущен конкретный запрос к выбранному веб-приложению;
- анализ информации о запусках процессов – модуль анализа информации о запросах.

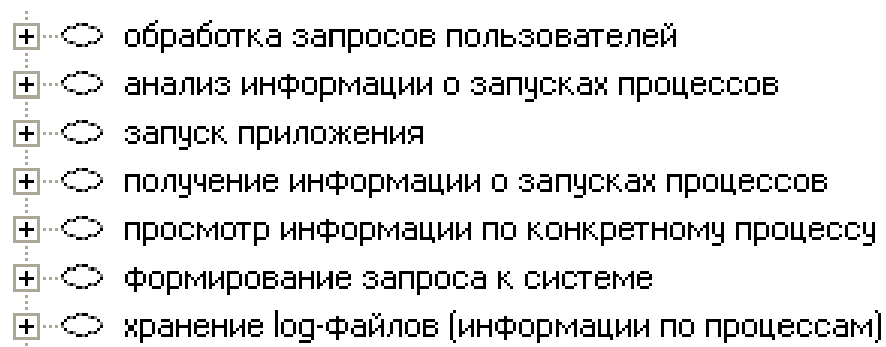


Рисунок 13 – Варианты использования АРМ «Мониторинг работы веб-приложений»

Варианты использования АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» представлены на общей диаграмме (Рисунок 14).

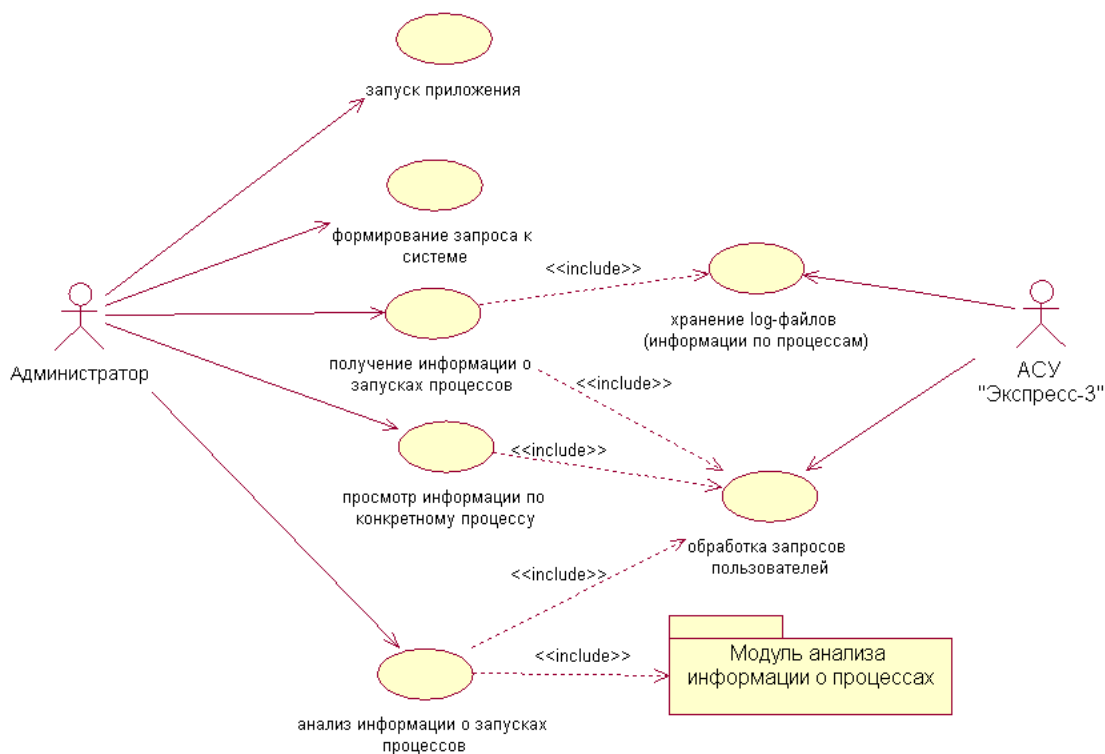


Рисунок 14 – Диаграмма вариантов использования АРМ «Мониторинг работы веб-приложений»

2.2.4 Описание вариантов использования АРМ «Мониторинг работы веб-приложений»

Для подробного документирования процессов взаимодействия действующего лица с АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» предоставляется описание вариантов использования.

Вариант использования «Хранение log-файлов»

Краткое описание

Этот UC (use case – вариант использования) описывает процесс записи информации о запросах во время работы пользователей с АРМ в среде АБД АСУ «Экспресс-3»

Основной поток

Этот UC начинает выполняться, когда пользователь запускает конкретный АРМ АСУ «Экспресс-3»:

1) Запускается класс `ActivityData()`, который определяет имя запускаемого веб-приложения и дату запуска веб-приложения;

2) в соответствии с именем и датой производится запись в log-файл по адресу ftp://10.17.226.192/u/exp/write/log/Имя_веб-приложения/дата_запуска информации о процессе в формате

- если процесс начал работу:

Статус (START) Id-процесса Дата начала Время начала Пользователь IP-адрес Приложение WAR Сервлет.

- если процесс закончил обработку:

Статус (STOP) Id-процесса Дата окончания Время окончания.

3) по адресу <ftp://10.17.226.192/u/exp/write/monitoring> созданы вручную папки с названиями исследуемых веб-приложений;

4) каждая папка содержит файлы в формате dYYYYMMDD.log, где YYYY-год запуска, MM – месяц запуска, DD – день запуска;

5) во время запуска система мониторинга проверяет наличие файла с датой запуска в папке с названием исследуемого веб-приложения;

6) за каждый запуск веб-приложения в файл записываются параметры, введенные пользователем на стартовой странице АРМ в формате:

ID_процесса&параметр1=значение1&параметр2=значение2&параметр3=значение3&...&параметрN=значениеN

7) каждая новая запись в журнале начинается с новой строки;

8) log-файлы с информацией о процессах хранятся на сервере АСУ «Экспресс-3» в течение 30 дней.

Альтернативные потоки

Если файл с датой запуска не существует, проводится ее автоматическое создание системой мониторинга работы веб-приложений.

Предисловие

Перед началом выполнения данного УС пользователь должен начать работу с любым АРМ АСУ «Экспресс-3».

Поступление

В случае успешного завершения УС соответствующий log-файл будет обновлен. В ином случае состояние не изменится.

Пример log-файла для АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты», располагающийся по адресу `ftp://10.17.226.192/u/exp/write/log/pzdfinn/d20130211` и содержащий информацию о запросах, представлен на рисунке 15.

Пример log-файла для АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты», располагающийся по адресу `ftp://10.17.226.192/u/exp/write/monitoring/pzdfinn/d20130211` и содержащий список входных параметров запросов, представлен на рисунке 16.

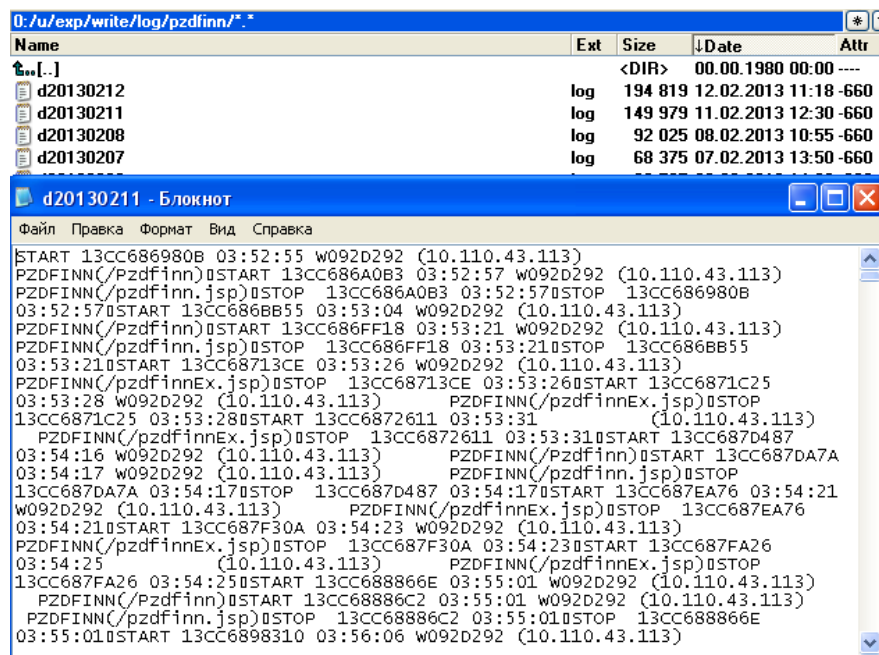


Рисунок 15 – Фрагмент log-файла запросов для АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты»

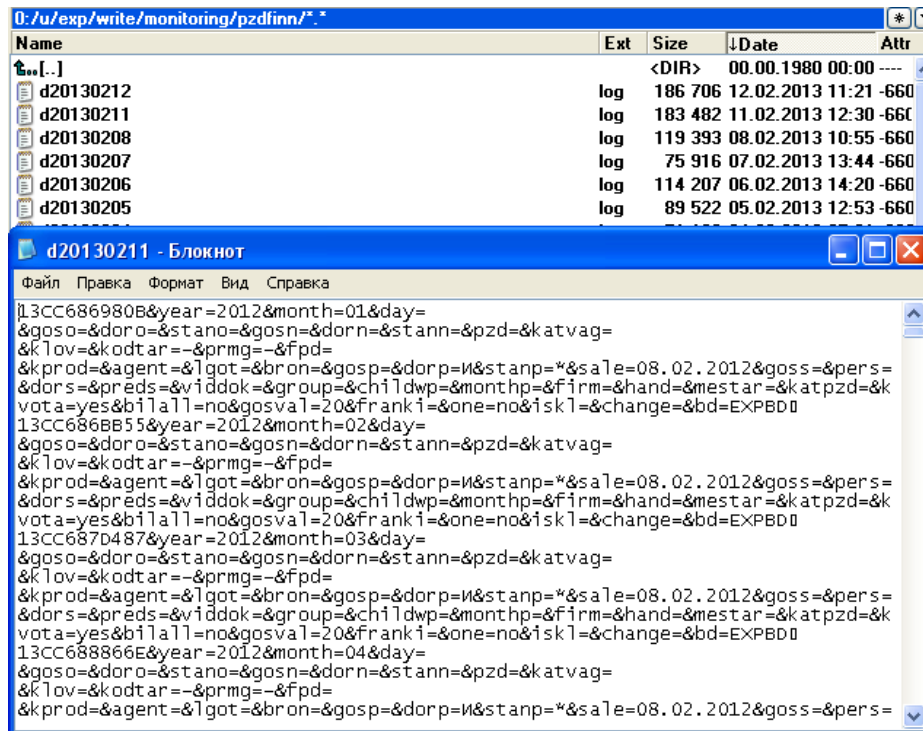


Рисунок 16 – Фрагмент log-файла параметров запросов для АРМ
«Корреспонденции и финансовые результаты»

Вариант использования «Запуск приложения»

Краткое описание

Этот УС описывает вход пользователя в систему мониторинга работы веб-приложений.

Основной поток

Этот УС начинает выполняться, когда пользователь хочет войти в АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» по адресу <http://10.17.226.192:8000/monitor:>

- 1) система запрашивает логин и пароль пользователя;
- 2) пользователь вводит логин и пароль;
- 3) запускается процедура `usercheck()` по проверке введенных данных, после чего пользователю предоставляется право доступа к системе.

Альтернативные потоки

- 1) неверный логин и/или пароль.

Если во время выполнения основного потока обнаруживается, что пользователь ввел неверный логин или пароль, система выводит сообщение,

что данный пользователь не зарегистрирован и отказывает в доступе. Пользователь может вернуться к началу основного потока, либо отказаться от входа в систему, при этом УС завершается.

Предисловие

Отсутствуют

Постусловие

Если УС выполнен успешно, пользователь входит в систему. В противном случае состояние не изменяется.

Вариант использования «Формирование запроса к системе»

Краткое описание

Этот УС позволяет пользователю ввести параметры, необходимые для получения информации о запусках веб-приложений

Основной поток

Этот УС начинает выполняться, когда пользователь прошел авторизацию:

- 1) устанавливается связь с сервером АСУ «Экспресс-3»;
- 2) считываем список всех веб-приложений АБД АСУ «Экспресс-3» по адресу ftp://10.17.226.192/u/exp/write/log;
- 3) на стартовую страницу передаем список веб-приложений;
- 4) пользователь вводит входные параметры.

Полями, обязательными для заполнения, являются:

- а) дата начала,
- б) дата окончания,
- в) время начала,
- г) время окончания,
- д) наименование веб-приложения,
- е) время обработки,
- ж) статус.

При вводе статуса предоставлены 3 возможности:

- а) выбрать процессы, которые еще не закончились (START);

б) выбрать процессы, которые закончились (STOP);

в) выбрать все процессы (Неважно).

5) после ввода параметров пользователь нажимает на кнопку «Получить данные». Одновременно с данным событием входные параметры передаются в сессию для дальнейшей обработки.

Альтернативные потоки

Альтернативные потоки для данного варианта использования отсутствуют.

Предисловие

Перед началом выполнения данного УС пользователь должен войти в систему.

Постусловие

В случае успешного завершения УС набор входных параметров будет обновлен. В ином случае состояние не изменится.

Вариант использования «Обработка запросов пользователей»

Краткое описание

Этот УС описывает процесс поиска необходимой информации на сервере АСУ «Экспресс-3» по входным данным администратора.

Основной поток

Этот УС начинает выполняться, когда пользователь прошел авторизацию и ввел входные параметры, по которым ему необходимо получить информацию о процессах выбранного веб-приложения.

- 1) устанавливается связь с сервером АСУ «Экспресс-3»;
- 2) из сессии считываются входные параметры;
- 3) в соответствии с входными данными проводится считывание информации о процессах;
- 4) для расчета времени обработки запроса, проводится сопоставления id-процесса со статусом START с id-процессом со статусом STOP;
- 5) формируются строки с данными, характеризующие выходной набор данных;

- 6) результирующие строки отправляются в сессию;
- 7) на странице вывода информации о процессах строки считываются из сессии;
- 8) результирующие строки преобразовываются в табличный вид, удобный для чтения администратору;

Альтернативные потоки

- 1) Неверно заданы входные параметры;

Если администратор неверно задал интервал дат или времени, то выводится соответствующее сообщение об ошибке, и УС завершается.

- 2) Отсутствует запись об окончании процесса

При отсутствии в log-файле записи об окончании процесса не рассчитывается время обработки, а выводится информация о процессе со статусом START.

Предисловие

Перед началом выполнения данного УС администратор должен ввести входные параметры и нажать на кнопку «Получить данные».

Постусловие

В случае успешного завершения УС в соответствии с входными параметрами формируется информация по процессам.

В случае неуспешного завершения УС формируется соответствующее сообщение.

Вариант использования «Получение информации о запусках процессов»

Краткое описание

Этот УС выводит на экран администратору информацию с выходными данными по процессам выбранного веб-приложения.

Основной поток

Этот УС начинает выполняться, когда пользователь прошел авторизацию и ввел входные параметры, по которым ему необходимо получить информацию о процессах выбранного веб-приложения:

1) после обработки считанной информации из сервера АСУ «Экспресс-3» результирующие строки преобразовываются в табличный вид, удобный для чтения администратору;

2) значения поля «id-процесса» обозначаются в виде ссылки для дальнейшего детализированного просмотра информации по процессу.

Альтернативные потоки

Альтернативные потоки для данного варианта использования отсутствуют.

Предисловие

Перед началом выполнения данного УС администратор должен ввести входные параметры и нажать на кнопку «Получить данные».

Постусловие

В случае успешного завершения УС в соответствии с входными параметрами формируется информация по процессам.

Вариант использования «Просмотр информации по конкретному процессу»

Краткое описание

Этот УС выводит на экран администратору информацию о входных параметрах, с которыми был запущен конкретный процесс выбранного веб-приложения.

Основной поток

Этот УС начинает выполняться, когда администратор переходит по ссылке при нажатии на выбранный id-процесс:

1) устанавливается связь с сервером АСУ «Экспресс-3»;

2) в соответствии с именем и датой устанавливается адрес log-файла для чтения `ftp://10.17.226.192/u/exp/write/monitoring/Имя_веб-приложения/дата запуска;`

3) в данном файле производится поиск строки процесса, у которой id_процесса соответствует выбранному администратором идентификационному номеру процесса из списка всех процессов;

- 4) формируется строка с параметрами, введенными пользователем на стартовой странице АРМ;
- 5) результирующая строка отправляется в сессию;
- 6) на странице вывода параметров процесса строка считывается из сессии;
- 7) результирующая строка преобразовывается в табличный вид, удобный для чтения администратору;

Альтернативные потоки

- 1) Информация по процессу отсутствует

При отсутствии записи параметров процесса в log-файле на сервере выводится соответствующее сообщение.

Предисловие

Перед началом выполнения данного УС должен сработать УС «Получение информации о запусках процессов».

Постусловие

В случае успешного завершения УС в соответствии с входными параметрами и идентификационному номеру процесса формируется список входных параметров, с которыми был запущен конкретный процесс.

2.2.5 Модель вариантов использования механизма анализа информации о запросах в АРМ «Мониторинг работы веб-приложений»

Модуль анализа информации о запросах содержит в себе варианты использования, представленные на рисунке 17:

- разбить на группы – разделение полученных эмпирических данных о запусках веб-приложений на группы, характеризующие занятость ресурса только 1-м пользователем, только 2-мя пользователями, только 3-мя пользователями и т.д.;
- расчет статистического ряда времени обработки – составление статистического ряда и гистограммы относительных частот по полученным эмпирическим данным, характеризующим время обработки запросов исследуемого веб-приложения;

- расчет статистического ряда времени прибытия – составление статистического ряда и гистограммы относительных частот по полученным эмпирическим данным, характеризующим частоту прибытия запросов исследуемого веб-приложения;
- расчет статистики параметров – механизм, позволяющий анализировать частоту ввода параметров на стартовых страницах исследуемых АРМ.

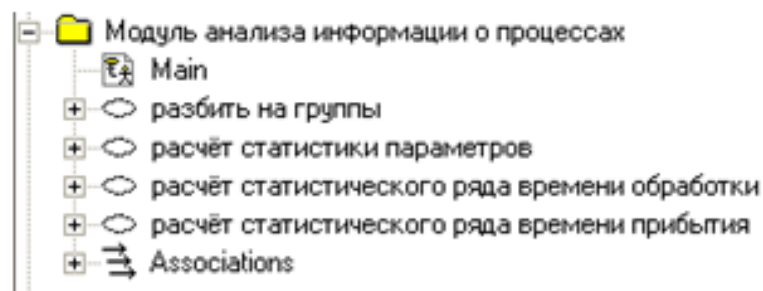


Рисунок 17 – Варианты использования «Модуля анализа информации о процессах»

Функциональные возможности «Модуля анализа информации о процессах» представлены на диаграмме вариантов использования на рисунке 18.

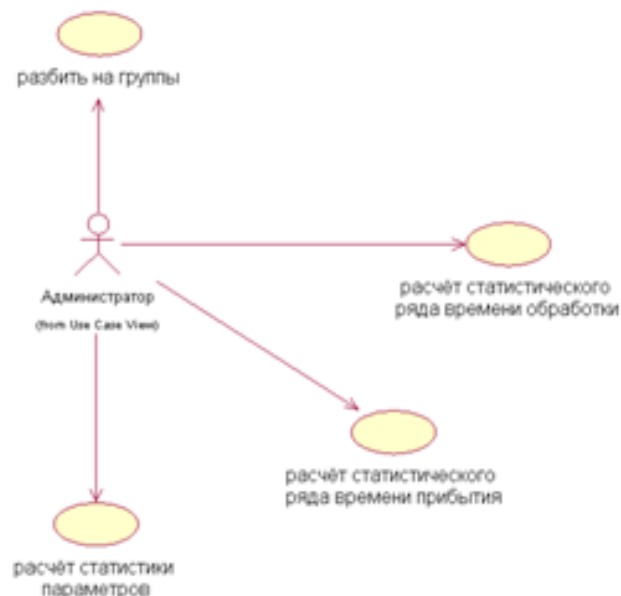


Рисунок 18 – Диаграмма вариантов использования «Модуля анализа информации о процессах»

Описание вариантов использования механизма анализа информации о запросах в АРМ «Мониторинг работы веб-приложений»

Вариант использования «Разбить на группы»

Краткое описание

Этот УС выводит на экран администратору список всех процессов по исследуемому веб-приложению, разбитые на группы и характеризующие занятость ресурса только 1-м пользователем, только 2-мя пользователями, только 3-мя пользователями и т.д.

Основной поток

Этот УС начинает выполняться, когда администратору выводится весь список процессов, соответствующий выбранным входным данным, и администратор нажимает на кнопку «Разбить процессы»:

- 1) для разбиения передается весь список процессов, полученный администратором по входным параметрам;
- 2) проверяются времена начала и времена окончания работы процесса:
 - если время начала работы процесса входит в интервал работы предыдущего процесса, то текущий процесс включается в группу предыдущего процесса;
 - при включении текущего процесса в группу предыдущего процесса проверяется время окончания текущего процесса. Если время окончания текущего процесса больше времени предыдущих процессов, включенные в эту группу, то такое время считается максимальным временем окончания работы группы процессов;
- 3) проверенные данные сохраняются в соответствующих группах, характеризующих занятость ресурса только 1-м пользователем, только 2-мя пользователями, только 3-мя пользователями и т.д.;
- 4) группы процессов передаются на результирующую страницу администратора;

5) при нажатии администратором на ссылки групп выводится вся информация о процессах, включенные в эту группу в формате выходных данных;

6) результирующие строки преобразовываются в табличный вид, удобный для чтения администратору.

Альтернативные потоки

1) Информация по группе отсутствует

При отсутствии процессов в некоторой группе выводится соответствующее сообщение.

Предисловие

Перед началом выполнения данного УС должен сработать УС «Получение информации о запусках процессов»

Постусловие

В случае успешного завершения УС формируются список групп процессов, характеризующие занятость ресурса только 1-м пользователем, только 2-мя пользователями, только 3-мя пользователями и т.д.

Вариант использования «Расчет статистического ряда времени обработки»

Краткое описание

Этот УС позволяет составлять статистический ряд и гистограммы относительных частот по полученным эмпирическим данным, характеризующим время обработки запросов веб-приложения;

Основной поток

Этот УС начинает выполняться, когда администратору выводится весь список процессов, соответствующий выбранным входным данным, и администратор выбирает интервал статистического ряда и нажимает на кнопку «Расчет статистического ряда времени обработки»:

1) список процессов сортируется по времени работы в порядке от меньшего значения к большему значению;

2) рассчитывается интервальный ряд распределения времени обработки процессов, чтобы обеспечить достаточное количество попаданий в каждый из них.

3) результирующие строки преобразовываются в табличный вид, удобный для чтения администратору. Столбцы таблицы характеризуют:

- интервал времени,
- количество – количество процессов, попавших в данный интервал,
- суммарное количество – общее количество процессов, попавших в предыдущие и текущий интервалы,
- процент отношения – количество процессов, попавших в данный интервал, выраженное в процентах,
- суммарный процент отношения - общее количество процессов, попавших в предыдущие и текущий интервалы, выраженное в процентах.

Альтернативные потоки

Альтернативные потоки для данного варианта использования не предусмотрены.

Предисловие

Перед началом выполнения данного УС должен сработать УС «Получение информации о запусках процессов».

Постусловие

В случае успешного завершения УС выводится статистический ряд и гистограмма относительных частот по полученным эмпирическим данным, характеризующим время обработки запросов к исследуемым веб-приложениям.

Вариант использования «Расчет статистического ряда времени прибытия»

Краткое описание

Этот УС позволяет составлять статистический ряд и гистограммы относительных частот по полученным эмпирическим данным, характеризующие частоту прибытия запросов исследуемого веб-приложения;

Основной поток

Этот УС начинает выполняться, когда администратору выводится весь список процессов, соответствующий выбранным входным данным, и администратор выбирает интервал статистического ряда и нажимает на кнопку «Расчет статистического ряда времени прибытия»:

1) список процессов сортируется по интервалу времени поступления запросов в порядке от меньшего значения к большему значению;

2) рассчитывается статистический ряд распределения интервалов поступления процессов, чтобы обеспечить достаточное количество попаданий в каждый из них.

3) результирующие строки преобразовываются в табличный вид, удобный для чтения администратору. Столбцы таблицы характеризуют:

- интервал времени,
- количество — количество процессов, попавших в данный интервал,
- суммарное количество — общее количество процессов, попавших в предыдущие и текущий интервалы,
- процент отношения - количество процессов, попавших в данный интервал, выраженное в процентах,
- суммарный процент отношения - общее количество процессов, попавших в предыдущие и текущий интервалы, выраженное в процентах.

Альтернативные потоки

Альтернативные потоки для данного варианта использования не предусмотрены.

Предисловие

Перед началом выполнения данного УС должен сработать УС «Получение информации о запусках процессов».

Постусловие

В случае успешного завершения УС выводится статистический ряд и гистограмма относительных частот по полученным эмпирическим данным, характеризующие интервал времени поступления между запросами к исследуемым веб-приложениям.

Вариант использования «Расчет статистики параметров»

Краткое описание

Этот УС используется в методе классификации запросов пользователей.

Основной поток

Этот УС начинает выполняться, когда администратору выводится весь список запросов, соответствующий выбранным входным данным, и администратор выбирает режим «Расчет статистики параметров»:

- 1) в результате анализа исследуемых веб-приложений был выделен список значений, которые могут принимать входные параметры.
- 2) по всем запросам рассчитываются количественные значения введенных входных параметров в соответствии со времен реакции системы на запрос;
- 3) по всем запросам рассчитывается вероятность их появления;
- 4) данные сохраняются в массиве и передаются на результирующую страницу в табличном виде администратору:
 - наименование входного параметра;
 - значение (одно или несколько), которое входной параметр принимает;
 - количественное значение, характеризующее появление входного параметра с заданным значением;
 - вероятность появления запроса с совокупностью выбранных параметров.

Альтернативные потоки

Альтернативные потоки для данного варианта использования не предусмотрены.

Предисловие

Перед началом выполнения данного УС должен сработать УС «Получение информации о запусках процессов».

Постусловие

В случае успешного завершения УС выводится таблица с перечнем всех входных параметров, с перечнем всех значений, которые принимают входные параметры, вероятность появления заданного запроса.

2.3 Среда разработки и язык программирования

АСУ «Экспресс-3» базируется на современной вычислительной технике и современной цифровой связи. В ней применены перспективные инструментальные средства создания программного обеспечения.

В настоящее время в системе используются IBM zEnterprise EC12 и zEnterprise z196 с операционной системой z/OS ver.1.11 и реляционная система управления базами данных DB/2 ver.9. Для создания корпоративных приложений используется программное обеспечение WebSphere и язык программирования Java.

В соответствии с формулированными требованиями для разработки АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» в среде АСУ «Экспресс-3» был использован мощный инструмент на платформе IBM WebSphere Rational Application Developer (RAD) с использованием языка программирования Java.

Основными достоинствами RAD средств являются [38, 39, 40]:

- 1) автоматизированная разработка программных приложений

Используя данную платформу в среде ОАО «РЖД», разработчики программных систем оперативно реагируют на технологические изменения, повышается производительность труда, сокращается время на обучение пользователей, разработку и тестирование новых автоматизированных задач управления.

В состав IBM WebSphere Rational Application Developer (RAD) входят интегрированные средства визуального моделирования UML, написания кода с полной поддержкой модели программирования J2EE, его анализа, тестирования и развертывания. В результате код программной системы получается хорошо спроектированным, масштабируемым и готовым к работе на опытной эксплуатации.

2) Упрощенная разработка и управление веб-приложениями

При разработке веб-приложений поддерживаются полные проекты J2EE последних версий, средства веб-архивов (WAR) и корпоративных архивов (EAR), средства тестирования программной системы на нескольких конфигурациях веб-серверов IBM WebSphere Application Server. Объединенные в единый интерфейс, простые инструменты (HTML, JSP, JSF и сервлеты) позволяют разработчикам с разным уровнем знаний языка программирования строить многофункциональные системы.

3) Высокий уровень тестирования программных модулей и систем.

Использование интегрированных сред тестирования таких, как IBM WebSphere Application Server или WebSphere Application Server Express позволяет разработчикам выполнять пошаговую трассировку приложений, задавать точки останова и корректировать код без перезагрузки сервера тестирования модуля.

2.4 Заключение

В первой части главы формируется критерий, учитывающий как среднее время обработки запроса, так и среднее число необработанных запросов в результате аварийной перезагрузки веб-сервера системы. В данной работе многокритериальная задача сведена к однокритериальной задаче путем введения обобщенного критерия, представляющего собой взвешенную сумму двух частных показателей. Используя метод экспертного оценивания, была построена система весов по показателям $t_{\text{ср.}}$ и $k_{\text{ср.}}$ введенного критерия. В качестве экспертов были выбраны 5 сотрудников

отделения «Пассажирские перевозки и АСУ «Экспресс» ОАО «ВНИИЖТ». Перед ними стояла задача проранжировать представленные варианты значений показателей по убыванию их значимости. Используя методы наименьших квадратов и множителей Лагранжа, были рассчитаны весовые коэффициенты показателей $t_{\text{ср.}}$ и $k_{\text{ср.}}$ критерия соответственно: $\alpha_1 = 0,004$, $\alpha_2 = 0,996$.

Во второй части главы рассмотрены вопросы моделирования и разработки АРМ «Мониторинг работы веб-приложений», предназначенного для анализа информации о запросах пользователей в среде АБД АСУ «Экспресс-3».

Для этого на первом этапе были определены источники данных, перечень входных и выходных данных для разрабатываемого средства мониторинга.

На основе функционального моделирования, проводимого с помощью технологии RUP и нотации UML, были построены модели модулей АРМ «Мониторинг работы веб-приложений»:

- запуск программной системы – вызов АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» по адресу <http://10.17.226.192:8000/monitor>;
- просмотр информации по запросу – просмотр введенных пользователем параметров запроса;
- расчет статистических рядов времени обработки запросов и времени прибытия запросов от пользователей;
- расчет статистики параметров – анализирует частоту ввода параметров запроса.

Глава 3. Предлагаемая технология обработки запросов на основе метода классификации запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками

В этой главе проводится исследование обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками «Экспресс-3» с использованием разработанного АРМ «Мониторинг работы веб-приложений».

В первой части 3 главы проводится анализ статистической информации с целью выявления зависимости интенсивности поступления запросов от сезона и дня рабочей недели.

Во второй части главы предлагается технология обработки запросов, выделив 2 класса запросов:

класс А – совокупность запросов пользователей, которые будут обрабатываться в диалоговом режиме (режим обработки запросов «online»);

класс В – совокупность запросов пользователей, которые будут обрабатываться в пакетном режиме (режим обработки запросов «offline» без ограничения на время обработки).

Предлагаемая технология на основе метода классификации позволяет предварительно определить класс запроса и в случае принадлежности запроса к классу В отправить его на обработку в пакетном режиме.

В третьей части главы предлагается метод классификации запросов и вводится классифицирующее правило. В результате определяются классы запросов к исследуемым АРМ. С помощью этих классов произвольный запрос с совокупностью введенных параметров можно будет отнести к определенному классу без проведения нового эксперимента.

В четвертой части проводится математическое моделирование существующей обработки запросов, в которой поступающий поток запросов рассматривается как простейший поток смешанного типа с интенсивностью поступления λ . Рассчитываются значения следующих характеристик производительности системы: средняя длительность периода безаварийной

работы; среднее число периодов безаварийной работы и аварийной перезагрузки системы за 1 сутки; среднее число запросов, покидающих систему в момент аварии; среднее число запросов, успешно обработанных на одном периоде безаварийной работы; среднее число запросов, потерянных в результате аварийной перезагрузки веб-сервера системы; суммарное время неработоспособности веб-сервера АСУ «Экспресс-3» за 1 сутки; вероятность успешной обработки произвольного запроса.

В пятой и шестой частях проводится подготовка к имитационному моделированию обработки запросов, а именно определение законов распределения для случайных величин, представляющих собой время реакции системы на запросы и интервалы времени между приходами запросов от пользователей.

3.1 Выявление временных задержек при обработке запросов в АСУ «Экспресс-3»

АСУ «Экспресс-3» предназначена для работы в среде ОАО «РЖД» и использует ее стратегические данные, поэтому требования к временным характеристикам следует рассматривать более внимательно. Одна из основных задач АСУ «Экспресс-3» заключается в том, чтобы на момент запуска веб-приложений и в течение всего времени их эксплуатации можно было обеспечить требуемое время реакции системы на запросы пользователей, обращающихся к ресурсу АБД одновременно.

Для выявления временных задержек исследуем вариант, когда несколько пользователей работают с одним веб-приложением. К такой модели нельзя применить теорию массового обслуживания, так как для каждого запроса пользователя в среде АБД АСУ «Экспресс-3» выделяется отдельный канал обслуживания. За счет этого не создается очередь на обслуживание

Основными задачами на этапе выявления временных задержек при обработке запросов в среде АБД АСУ «Экспресс-3» являются:

- определение периодов времени исследования;

- определение зависимости среднего времени реакции системы на запросы от занятости ресурса группами пользователей (занятость ресурса 1-м пользователем, 2-мя пользователями, 3-мя пользователями и т.д.)

Определение периодов времени для исследования

Учет фактора сезонности может помочь оптимизатору контролировать доступ к ресурсам АСУ «Экспресс-3» для достижения наилучших результатов в случае одновременного обращения пользователей к ним.

Введем понятие «сезонности». В диссертационной работе под понятием «сезонность» будем иметь в виду зависимость активности пользователей веб-приложений АСУ «Экспресс-3» от времени года. Перед выделением сезонных колебаний необходимо вычислить период сезонности для этого рассмотрим более глубоко данный термин. Как известно, в году четыре сезона (зима, весна, лето, осень). Каждый сезон делится на рабочие недели, а они в свою очередь делятся на дни недели. Вследствие особого характера труда, а также при производстве работ, интенсивность которых неодинакова в течение рабочего дня, рабочий день может быть разделен на части (Рисунок 19). При этом общая продолжительность рабочего времени не должна превышать установленную продолжительность ежедневной работы.

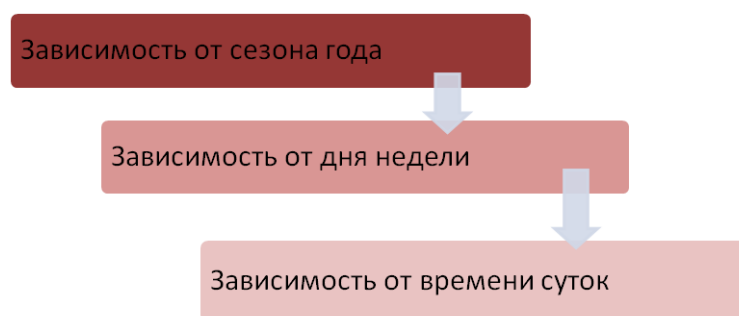


Рисунок 19 – Иерархия исследуемых зависимостей

Для изучения потока запросов, поступающих от пользователей, а также длительности обработки каждого запроса начнем рассматривать самую маленькую периодичность – период времени в рабочем дне недели.

Рабочее время – время, в течение которого работник в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка организации и условиями трудового договора должен исполнять трудовые обязанности, а также иные

периоды времени, которые в соответствии с законами и иными нормативными правовыми актами относятся к рабочему времени.

Рассмотрим режим рабочего времени пользователей веб-приложений АСУ «Экспресс-3». Основными пользователями являются инженер-программисты, инженер-технологи, ведущие специалисты, главные специалисты и т.д. По трудовому договору для них установлены следующие положения [41]:

- нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю;
- нормальная продолжительность рабочего времени в понедельник, вторник, среду, четверг – 8 часов 15 минут;
- нормальная продолжительность рабочего времени в пятницу – 7 часов;
- обеденный перерыв длится 45 минут с 12.00-12.45.

Для исследования потока запросов оптимальным решением является рассмотрение не всего рабочего времени, а определенного периода, характеризующего соответствующее рабочее время: ночное, утреннее, обеденное, дневное (послеобеденное), вечернее (Рисунок 20).



Рисунок 20 – Разделение рабочего времени на периоды

С веб-приложениями, установленными на серверах АСУ «Экспресс-3» в Московском ИВЦ ОАО «РЖД», пользователи работают по всей России. Россия охватывает 9 часовых поясов, было принято решение в качестве минимальной единицы исследования потока запросов считать интервал

времени продолжительностью 4 часа с 8.00 по 12.00 по московскому времени. В такой период АБД АСУ «Экспресс-3» функционирует с наибольшей нагрузкой. Результаты исследования опубликованы в статье [42].

Определение зависимости среднего времени реакции системы на запросы от занятости ресурса группами пользователей

В качестве запросов условимся считать запуски пользователями исследуемых веб-приложений АСУ «Экспресс-3»:

- 1) АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN),
- 2) АРМ «Результаты работы поездов по дорогам» (NEWSPN),
- 3) АРМ «Отчеты по поездкам» (OTCPZD),
- 4) АРМ «Корреспонденции» (RMEST).

В качестве времени реакции системы на запросы условимся считать длительность обработки запросов, отправленных пользователями через данные приложения.

Будем использовать модуль «Получение информации о запусках процессов» в АРМ «Мониторинг работы веб-приложений». Для исследования необходимо ввести в качестве входных данных интервал дат исследования (одни сутки или рабочая неделя внутри сезона), интервал времени исследования, название конкретного веб-приложения, интервал времени обработки запросов, тип завершенных (STOP) или незавершенных (START) запросов. Результаты работы модуля представлены на рисунке 21, рисунке 22, рисунке 23.

Вернуться на страницу "Экспресс-3"

АСУ "Экспресс-3"

АРМ "Мониторинг работы веб-приложений"

Дата начала	день: 12	месяц: Февраль	год: 2013
Дата окончания	день: 19	месяц: Февраль	год: 2013
Время начала	час: 00	минута: 00	секунда: 00
Время окончания	час: 23	минута: 59	секунда: 59
Web-приложение	pzdfinn		
сервлет:			
Время обработки (мин.)	от: 00	до: *	
Показывать процессы	STOP		

Получить данные

Рисунок 21 – Интерфейс АРМ «Мониторинг работы веб-приложений»

☐ Разбить на группы	Выполнить
☐ Расчёт коэффициентов параллельности	Выполнить
☐ Расчёт статистического ряда	Выполнить
☒ Расчёт статистического ряда времени прибытия	Выполнить
☐ Расчёт статистики параметров	Выполнить

Количество строк:

7886

Статус	ID процесса	Дата начала	Время начала	Дата окончания	Время окончания	Время работы	Пользователь	IP-адрес	Приложение	WAR	Сервлет
STOP	13CCB8FE9DF	12-02	03:21:11	12-02	03:21:11	00:00:00			PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB9040E0	12-02	03:21:34	12-02	03:21:40	00:00:06	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	Immrest
STOP	13CCB9057B5	12-02	03:21:40	12-02	03:21:40	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinn.jsp
STOP	13CCB906E8E	12-02	03:21:45	12-02	03:21:45	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB9085E3	12-02	03:21:51	12-02	03:21:51	00:00:00			PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB90F0A3	12-02	03:22:19	12-02	03:23:53	00:01:34	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	Immrest
STOP	13CCB926304	12-02	03:23:53	12-02	03:23:53	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinn.jsp
STOP	13CCB92EEAC	12-02	03:24:29	12-02	03:24:32	00:00:03	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	Immrest
STOP	13CCB92F9CE	12-02	03:24:32	12-02	03:24:32	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinn.jsp
STOP	13CCB930000	12-02	03:24:37	12-02	03:24:37	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinn.jsp

Рисунок 22 – Выходная информация АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» для модуля «Получение информации о запусках процессов»

☐ Разбить на группы

☐ Расчёт коэффициентов параллельности

☐ Расчёт статистического ряда

интервал секунд:
03 ▼

☒ Расчёт статистического ряда времени прибытия

интервал секунд:
01 ▼

☐ Расчёт статистики параметров

Количество строк: 72

Статус	ID процесса	Дата начала	Время начала	Дата окончания	Время окончания	Время работы	Пользователь	IP-адрес	Приложение	WAR	Сервер
START	13CCBABC3BC	12-02	03:51:37	12-02			W092D292	(10.110.43.113)	PZDFINN	pzdfinn	Pzdfinn
START	13CD2634AEE	13-02	11:09:48	13-02			W001D791	(10.32.198.45)	PZDFINN	pzdfinn	Immest
START	13CD278FAE7	13-02	11:33:29	13-02			W001D791	(10.32.198.45)	PZDFINN	pzdfinn	Immest
START	13CD2901A3C	13-02	11:58:44	13-02			W076D11	(10.72.72.196)	PZDFINN	pzdfinn	Immest
START	13CD734F034	14-02	09:37:16	14-02			W063D423	(10.144.41.63)	PZDFINN	pzdfinn	Pzdfinn
START	13CDC8D61F8	15-02	10:31:58	15-02			W092D292	(10.110.43.113)	PZDFINN	pzdfinn	Immest
START	13CDD2B915D	15-02	13:24:45	15-02			W017I30	(10.23.208.154)	PZDFINN	pzdfinn	Immest
START	13CDD889D64	15-02	15:09:40	15-02			W017I30	(10.23.208.154)	PZDFINN	pzdfinn	Immest
START	13CEC2011D2	18-02	11:06:30	18-02			W092D292	(10.110.43.113)	PZDFINN	pzdfinn	Immest

Рисунок 23 – Выходная информация АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» для модуля «Получение информации о запусках процессов»

По результатам выполнения запроса с описанными выше входными параметрами видно, что по веб-приложению PZDFINN за период с 12.02.2013 г. по 19.02.2013 г. количество завершенных запросов 7886, а незавершенных 72.

Завершенными запросы считаются, когда пользователь получает результирующую информацию, а данные о самом процессе записываются в log-журнал на сервере АСУ «Экспресс-3» со статусом STOP.

Незавершенными запросы считаются, когда пользователь не получает результирующую информацию, а данные о самом процессе записываются в log-журнал на сервере АСУ «Экспресс-3» только со статусом START.

После получения информации о запусках процессов необходимо использовать модуль «Разбить на группы», который позволяет увидеть занятость ресурса только 1-м пользователем, только 2-мя пользователями, только 3-мя пользователями и т.д., а также среднее время реакции системы на запросы внутри каждой группы (Рисунок 24).

Вернуться на страницу "Экспресс-3"

АСУ "Экспресс-3"

АРМ "Мониторинг работы веб-приложений"

Занятость ресурса пользователями: Среднее время реакции системы внутри группы: 4.1244698 сек.

Статус	ID процесса	Дата начала	Время начала	Дата окончания	Время окончания	Время работы	Пользователь	IP-адрес	Приложение	WAR	Сервер
STOP	13CCB86DF46	12-02	03:11:19	12-02	03:12:51	00:01:32	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	lnrmest
STOP	13CCB8846B9	12-02	03:12:51	12-02	03:12:51	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinn.jsp
STOP	13CCB88EDD7	12-02	03:13:34	12-02	03:13:34	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB88F528	12-02	03:13:36	12-02	03:13:36	00:00:00			PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB8974F0	12-02	03:14:08	12-02	03:14:48	00:00:40	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	lnrmest
STOP	13CCB8A1049	12-02	03:14:48	12-02	03:14:48	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinn.jsp
STOP	13CCB8FE3D0	12-02	03:21:10	12-02	03:21:10	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB8FE9DF	12-02	03:21:11	12-02	03:21:11	00:00:00			PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB9040E0	12-02	03:21:34	12-02	03:21:40	00:00:06	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	lnrmest
STOP	13CCB9057B5	12-02	03:21:40	12-02	03:21:40	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinn.jsp
STOP	13CCB906E8E	12-02	03:21:45	12-02	03:21:45	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB9085E3	12-02	03:21:51	12-02	03:21:51	00:00:00			PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB90F0A3	12-02	03:22:19	12-02	03:23:53	00:01:34	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	lnrmest
STOP	13CCB926304	12-02	03:23:53	12-02	03:23:53	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinn.jsp
STOP	13CCB92EEAC	12-02	03:24:29	12-02	03:24:32	00:00:03	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	lnrmest
STOP	13CCB92F9CE	12-02	03:24:32	12-02	03:24:32	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinn.jsp
STOP	13CCB930CB8	12-02	03:24:37	12-02	03:24:37	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB9314B5	12-02	03:24:39	12-02	03:24:39	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB9319C0	12-02	03:24:40	12-02	03:24:40	00:00:00			PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB93893B	12-02	03:25:09	12-02	03:25:10	00:00:01	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	lnrmest
STOP	13CCB938E10	12-02	03:25:10	12-02	03:25:10	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinn.jsp
STOP	13CCB93A32C	12-02	03:25:15	12-02	03:25:15	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB93AB28	12-02	03:25:17	12-02	03:25:17	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB93B103	12-02	03:25:19	12-02	03:25:19	00:00:00			PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB940102	12-02	03:25:39	12-02	03:25:39	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinn.jsp
STOP	13CCB94001C	12-02	03:25:39	12-02	03:25:39	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	lnrmest
STOP	13CCB944215	12-02	03:25:56	12-02	03:25:56	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13CCB94482D	12-02	03:25:58	12-02	03:25:58	00:00:00	W092D302	(10.110.43.178)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp

Рисунок 24 – Выходная информация АРМ «Мониторинг работы Веб-приложений» для модуля «Разбить на группы»

Используя АРМ «Мониторинг работы веб-приложений», получаем эмпирические данные регистрации запуска и работы веб-приложений АСУ «Экспресс-3» PZDFINN, NEWSPN, RMEST за рабочую неделю зимнего сезона 11.02.2013 – 15.02.2013 (Таблица 7, Рисунок 25), за рабочую неделю весеннего сезона 11.03.2013 – 15.03.2013 (Таблица 8, Рисунок 26), за рабочую неделю летнего сезона 17.06.2013 – 22.06.2013 (Таблица 9, Рисунок 27), за рабочую неделю осеннего сезона 09.09.2013 – 13.09.2013 (Таблица 10, Рисунок 28). В результате исследования мы получим зависимость, по которой можно будет сделать вывод о том, как именно длительность обработки каждого запросов зависит от количества пользователей, работающих одновременно с веб-приложениями. Результаты исследований опубликованы в статье [43].

Таблица 7 – Результирующая таблица АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» для модуля «Разбить на группы» для периода с 11.02.2013 г. по 15.02.3013 г

Период	11.02.2013-15.02.2013		
Наименования веб-приложений	<i>PZDFINN</i>	<i>NEWSPN</i>	<i>RMEST</i>
Количество завершенных процессов	7015	10760	81251
Количество незавершенных процессов	72	175	140
среднее время реакции (с):			
занятость ресурса 1-м пользователем	3,66	2,26	1,21
занятость ресурса 2-мя пользователями	6,03	5,94	1,94
занятость ресурса 3-мя пользователями	8,43	5,81	7,03
занятость ресурса 4-мя пользователями	15,05	11,73	11,63
занятость ресурса 5-ю пользователями	17,01	16,87	15,83
занятость ресурса 6-ю пользователями	25,71	22,45	19,43
занятость ресурса 7-мя пользователями	40,56	27,89	20,17

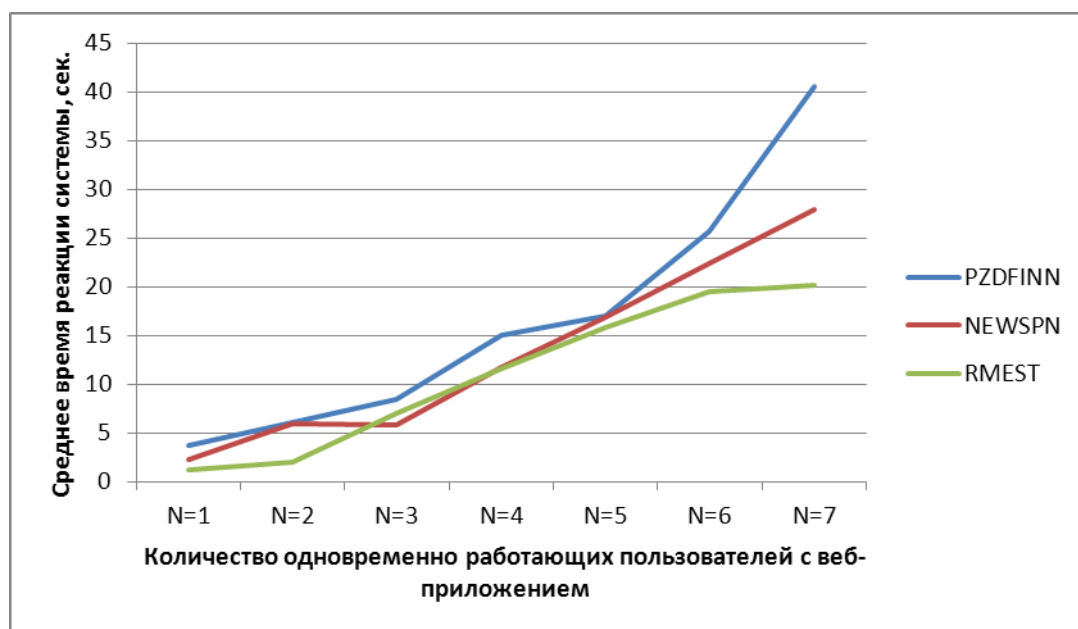


Рисунок 25 – График зависимости среднего времени реакции системы на запросы от количества работающих пользователей с веб-приложениями за период с 11.02.2013 г. по 15.02.3013 г.

Таблица 8 – Результирующая таблица АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» для модуля «Разбить на группы» для периода с 11.03.2013 г. по 15.03.2013 г.

Период	11.03.2013-15.03.2013		
Наименования веб-приложений	<i>PZDFINN</i>	<i>NEWSPN</i>	<i>RMEST</i>
Количество завершенных процессов	5080	13756	76540
Количество незавершенных процессов	105	231	126
среднее время реакции (с):			
занятость ресурса 1-м пользователем	4,01	2,45	1,26
занятость ресурса 2-мя пользователями	7,08	5,32	1,43
занятость ресурса 3-мя пользователями	10,21	7,22	10,22
занятость ресурса 4-мя пользователями	14,43	8,41	12,71
занятость ресурса 5-ю пользователями	16,98	10,01	16,78
занятость ресурса 6-ю пользователями	23,56	16,53	18,82
занятость ресурса 7-мя пользователями	36,82	23,37	20,93

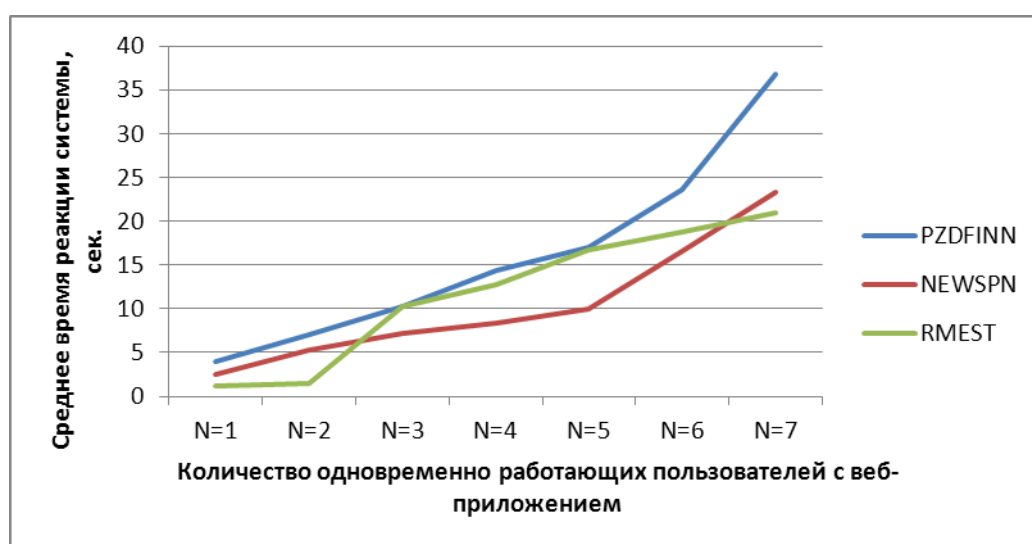


Рисунок 26 – График зависимости среднего времени реакции системы на запросы от количества работающих пользователей с веб-приложениями за период с 11.03.2013 г. по 15.03.2013 г.

Таблица 9 – Результирующая таблица АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» для модуля «Разбить на группы» для периода с 17.06.2013 г. по 22.06.3013 г.

Период	17.06.2013-22.06.2013		
Наименования веб-приложений	<i>PZDFINN</i>	<i>NEWSPN</i>	<i>RMEST</i>
Количество завершенных процессов	6134	12886	79765
Количество незавершенных процессов	77	196	112
среднее время реакции (с):			
занятость ресурса 1-м пользователем	3,89	2,33	1,36
занятость ресурса 2-мя пользователями	6,15	6,01	1,83
занятость ресурса 3-мя пользователями	9,24	6,59	6,39
занятость ресурса 4-мя пользователями	12,78	7,85	11,96
занятость ресурса 5-ю пользователями	15,63	15,37	17,67
занятость ресурса 6-ю пользователями	24,39	18,82	18,53
занятость ресурса 7-мя пользователями	39,26	25,08	21,77

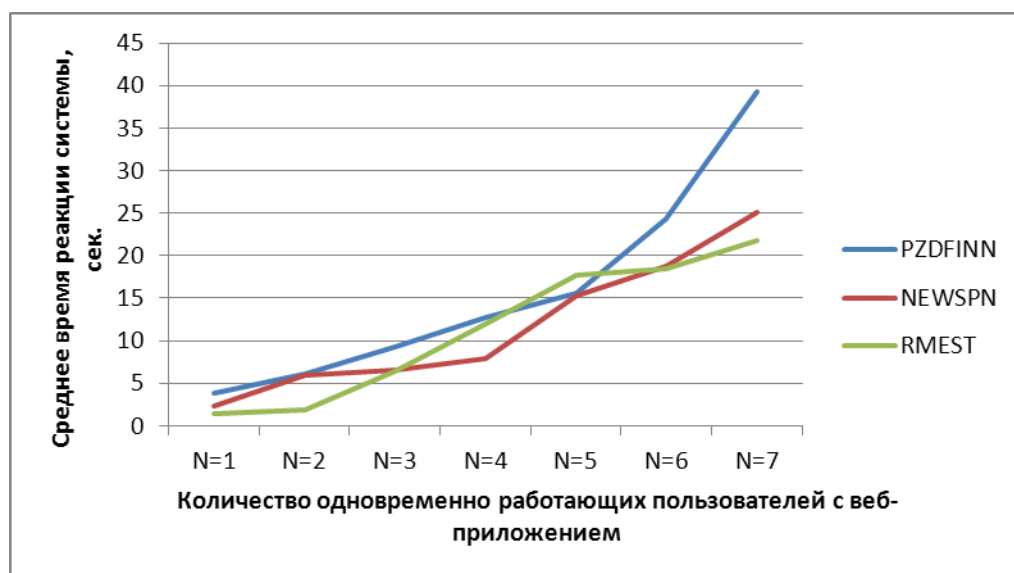


Рисунок 27– График зависимости среднего времени реакции системы на запросы от количества работающих пользователей с соответствующим веб-приложением за период с 17.06.2013 г. по 22.06.3013 г.

Таблица 10 – Результирующая таблица АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» для модуля «Разбить на группы» для периода с 09.09.2013 г. по 13.09.3013 г.

Период	09.09.2013-13.09.2013		
Наименования веб-приложений	<i>PZDFINN</i>	<i>NEWSPN</i>	<i>RREST</i>
Количество завершенных процессов	8248	15736	10437
Количество незавершенных процессов	98	252	217
среднее время реакции (с):			
занятость ресурса 1-м пользователем	3,85	2,35	1,28
занятость ресурса 2-мя пользователями	6,42	5,76	1,73
занятость ресурса 3-мя пользователями	9,29	6,54	7,88
занятость ресурса 4-мя пользователями	14,09	9,33	12,10
занятость ресурса 5-ю пользователями	16,54	14,08	16,76
занятость ресурса 6-ю пользователями	24,55	19,27	18,93
занятость ресурса 7-мя пользователями	38,88	25,45	20,96

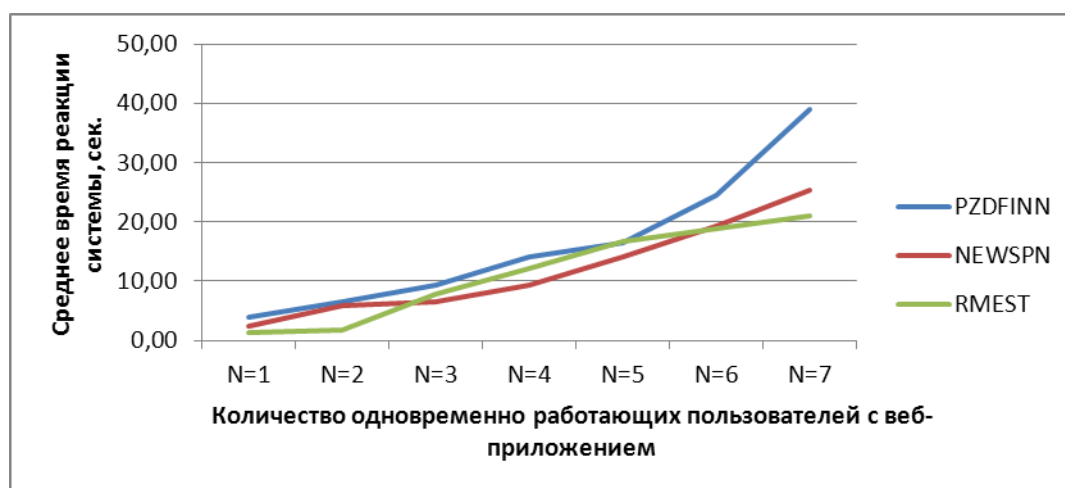


Рисунок 28 – График зависимости среднего времени реакции системы на запросы от количества работающих пользователей с соответствующим веб-приложением за период с 09.09.2013 г. по 13.09.3013 г.

По полученным графикам можно сделать вывод, что с увеличением количества одновременно работающих пользователей с веб-приложениями среднее время реакции системы постоянно растет.

По техническому заданию для веб-приложений в среде АСУ «Экспресс-3» максимальная норма времени обработки запросов составляет 30 минут [8]. Однако в существующей среде АБД АСУ «Экспресс-3» возникает следующая проблема: пользователь после 30 минутной обработки запроса получает сообщение о невозможности выдачи результирующей информации из-за временных ограничений. 30 минутная обработка одного запроса инициирует аварийное прекращение обработки всех текущих запросов и потерю поступающих запросов вследствие перезагрузки веб-сервера АСУ «Экспресс-3». За счет перезагрузки веб-сервера АСУ «Экспресс-3» пользователи не получают ответов на свои запросы.

Показатель сезонности не влияет на данную зависимость, поэтому в последующих исследованиях и экспериментах будем использовать полученную выборку эмпирических данных.

3.2 Технология сортировки запросов на основе входных параметров

В среде АБД АСУ «Экспресс-3» предлагается выделить 2 класса запросов: класс *A* – совокупность запросов пользователей, которые будут обрабатываться в диалоговом режиме (режим обработки запросов «online»); класс *B* – совокупность запросов пользователей, которые будут обрабатываться в пакетном режиме (режим обработки запросов «offline» без ограничения на время обработки).

Выделенные классы запросов лежат в основе технологии сортировки запросов пользователей. Технология представляет собой java класс (AnalisisParam.java). Процесс сортировки запроса начинается после ввода пользователем входных параметров на стартовой странице АРМ.

Алгоритм обработки запросов основан на методе классификации, включает следующие этапы:

1. сканирование веб-страницы – проводится сканирование введенных пользователем на стартовой странице АРМ параметров и значений;

2. проверка класса запроса – проводится сравнение введенных значений с выделенными классами запросов.

Далее алгоритм работает по одному из вариантов в зависимости от класса запроса пользователя:

I вариант. *Введенные пользователем параметры и их значения соответствуют типам запросов, принадлежащих классу А.*

3. Обработка запроса пользователя в диалоговом режиме.

II вариант. *Введенные пользователем параметры и их значения соответствуют типам запросов, принадлежащих классу В.*

4. Сохранение параметров:

- технология сортировки запрашивает у пользователя рабочий адрес электронной почты;

- определяется имя запускаемого веб-приложения и дата запуска;

- в соответствии с именем и датой производится запись в log-файл по адресу `ftp://10.17.226.192/u/exp/write/paramZap/Имя_веб-приложения/дата_запуска` информации о параметрах и их значениях по запущенному пользователем процессу в формате:

`ID_запроса&параметр1=значение1&параметр2=значение2&параметр3=значение3&...&параметрN=значениеN&E_mail_пользователя`

5. Прекращение обработки запроса:

- технология сортировки не запускает обработку запроса в диалоговом режиме в среде АБД АСУ «Экспресс-3»;

- пользователю выводится на экран сообщение об отсутствии возможности немедленного получения результирующей информации и о сохранении параметров запроса к АРМ.

Технология сортировки на основе предлагаемого метода классификации запросов выявляет класс запроса и, в случае принадлежности

запроса к классу В, не запускает его на обработку через веб в диалоговом режиме, а отправляет на обработку в пакетном режиме. При этом результаты обработки в формате MS Excel будут переданы по электронной почте пользователю.

Обработка сохраненных запросов с входными параметрами будет проводиться на сервере АСУ «Экспресс-3» каждые 4 часа.

3.3 Метод классификации запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте

Основой информационной среды АСУ «Экспресс-3» уже более 10 лет является система управления базами данных (СУБД) DB2. В ней содержатся базы данных с большим числом таблиц, в том числе таблицы, содержащие информацию о резервировании мест (EXPBD.RMEST) и результаты работы по вагонам (EXPBD.OTCPZD).

Метод классификации запросов на основе классифицирующего правила позволяет выделить запросы, время обработки которых больше времени T_{max} . Каждый запрос идентифицируется набором введенных параметров в АРМ. Набор параметров определяется индексом. Под индексом понимается вектор, содержащий в качестве своих элементов наименования столбцов таблиц СУБД DB2. Использование индексных столбцов в SQL-запросе уменьшает время поиска необходимой информации в БД. Необходимо выделить вектора параметров тех запросов, при вводе которых время обработки запроса больше времени T_{max} . Для этого построено классифицирующее правило. Определено множество G некоторых объектов. Элементами этого множества являются запросы пользователей, обращающиеся к данным АБД через АРМ. Каждый объект множества G описан совокупностью значений индексных параметров, введенных пользователем на стартовой странице АРМ. Пространство x размерности p $(x_1, x_2, \dots, x_p)$ является пространством индексных переменных. Число

объектов ограничено и равно R . Над каждым объектом проводится k -экспериментов и, таким образом, собирается «обучающая выборка». Эта выборка содержит некоторое число объектов, каждый из которых описан набором измеренных значений ряда переменных. В результате эксперимента определяется класс каждого объекта обучающей выборки. Каждый запрос любого объекта может принадлежать классу A или B . Результаты эксперимента используются для построения классифицирующего правила.

3.3.1 Классифицирующее правило запросов в АСУ «Экспресс-3»

При введении классифицирующего правила запросов пользователей в среде АБД АСУ «Экспресс-3» определены следующие величины:

j – порядковый номер объекта, $j = \overline{1, R}$;

R – общее количество объектов;

$x^{(j)}$ – объект с номером j ;

$\hat{P}(A/x^{(j)})$ – оценка условной вероятности принадлежности объекта $x^{(j)}$ к классу A ;

$\hat{P}(B/x^{(j)})$ – оценка условной вероятности принадлежности объекта $x^{(j)}$ к классу B . При этом соблюдается следующее условие:

$$\hat{P}(A/x^{(j)}) + \hat{P}(B/x^{(j)}) = 1. \quad (33)$$

$\lambda^{(j)}$ – интенсивность поступления объекта с номером j ;

Интенсивности поступления запросов, принадлежащих классам A и B , рассчитываются по соответствующим формулам:

$$\lambda_A^{(j)} = \lambda^{(j)} \cdot \hat{P}(A/x^{(j)}), \quad (34)$$

$$\lambda_B^{(j)} = \lambda^{(j)} \cdot \hat{P}(B/x^{(j)}). \quad (35)$$

В качестве критерия для оценки эффективности обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками «Экспресс-3» введена взвешенная сумма показателей:

$t_{\text{ср.}}$ – среднее время обработки запроса;

$k_{\text{ср.}}$ – среднее число необработанных запросов в результате аварийной перезагрузки веб-сервера системы.

Экспертным путем определены весовые коэффициенты каждого из показателей введенного критерия $(t_{\text{ср.}}, k_{\text{ср.}})$ α_1, α_2 . При этом соблюдаются следующие условия:

$$\begin{cases} 0 \leq \alpha_1 \leq 1, \\ 0 \leq \alpha_2 \leq 1, \\ \alpha_1 + \alpha_2 = 1. \end{cases} \quad (36)$$

Введенный критерий эффективности обработки запросов принимает различный вид в зависимости от класса поступившего запроса и способа его обработки. Следующие выражения для критерия эффективности получены при условиях:

- потоки запросов в системе объектов простейшие с интенсивностью поступления $\lambda^{(j)}$,
- суммарный поток объектов простейший с интенсивностью поступления $\lambda_{\text{пост.}}$,
- время обработки запроса – случайная величина имеет экспоненциальный закон распределения с интенсивностью обработки $\lambda_{\text{обр.}}$,
- закон распределения времени обработки запросов одинаковый для всех $x^{(j)}$.

- 1) $x^{(j)} \in A/A$ (объект относится к классу А, объект обрабатываем как класс А в диалоговом режиме)

$$F(x^{(j)} \in A/A) = t_{\text{обр.ср.}} \cdot \lambda^{(j)} \cdot \alpha_1, \quad (37)$$

где $t_{\text{обр.ср.}}$ – среднее время обработки объекта $x^{(j)}$ в диалоговом режиме.

- 2) $x^{(j)} \in B/A$ (объект относится к классу А, объект обрабатываем как класс В в пакетном режиме)

$$F(x^{(j)} \in B/A) = t_{\text{обр.ср.пак.}} \cdot \lambda^{(j)} \cdot \alpha_1, \quad (38)$$

где $t_{\text{обр.ср.пак.}}$ – среднее время обработки объекта $x^{(j)}$ в пакетном режиме.

- 3) $x^{(j)} \in A/B$ (объект относится к классу В, объект обрабатываем как класс А в диалоговом режиме)

$$F(x^{(j)} \in A/B) = \lambda^{(j)} \cdot k_{\text{ср.}} \cdot \alpha_2, \quad (39)$$

Среднее число необработанных запросов в результате одной аварийной перезагрузки веб-сервера системы определяется по формуле:

$$k_{\text{ср.}} = \sum_{n=1}^N e^{-\lambda_{\text{обр.}} \cdot n \cdot \Delta t} \cdot \lambda_{\text{пост.}} \cdot \Delta t + \lambda_{\text{пост.}} \cdot t_{\text{ав.}} \quad (40)$$

Пусть в момент времени t произойдет первая аварийная перезагрузка веб-сервера системы. Интервал времени $[0, t]$ разбили на N интервалов, размерностью Δt . Тогда:

n – порядковый номер интервала;

$e^{-\lambda_{\text{обр.}} \cdot n \cdot \Delta t}$ – вероятность того, что запрос не успеет обработаться до момента времени t ;

$\sum_{n=1}^N e^{-\lambda_{\text{обр.}} \cdot n \cdot \Delta t} \cdot \lambda_{\text{пост.}} \cdot \Delta t$ – среднее количество поступивших запросов, обработка которых не завершится до момента времени t ;

$t_{\text{ав.}}$ – среднее время перезагрузки веб-сервера АСУ «Экспресс-3»;

$\lambda_{\text{пост.}} \cdot t_{\text{ав.}}$ – среднее число запросов поступивших в систему во время перезагрузки веб-сервера системы.

4) $x^{(j)} \in B/B$ (объект относится к классу B , объект обрабатываем как класс B в пакетном режиме)

$$F(x^{(j)} \in B/B) = t_{\text{обр.ср.пак.}} \cdot \lambda^{(j)} \cdot \alpha_1, \quad (41)$$

Задача заключается в нахождении граничного значения параметра $\beta^{(j)}$, при котором выполняется следующее условие:

$$x^{(j)} \in A, \text{ если } \hat{P}(B/x^{(j)}) < \beta^{(j)}, \quad (42)$$

$$x^{(j)} \in B, \text{ если } \hat{P}(B/x^{(j)}) \geq \beta^{(j)},$$

Общая целевая функция исследования заключается в минимизации введенного критерия при ошибочной классификации объекта $x^{(j)}$:

$$F^* = \sum_{j=1}^R P(x^{(j)}) \cdot \min[F(x^{(j)})|_{x^{(j)} \in A}; F(x^{(j)})|_{x^{(j)} \in B}], \quad (43)$$

где $P(x^{(j)})$ – вероятность появления объекта $x^{(j)}$ в среде АБД АСУ «Экспресс-3».

Подставив формулы с (37) - (41) в (43) получим:

$$F^* = \sum_{j=1}^R P(x^{(j)}) \cdot \min[\hat{P}(A/x^{(j)}) \cdot t_{\text{обр.ср.}} \cdot \lambda^{(j)} \cdot \alpha_1 + \hat{P}(B/x^{(j)}) \cdot \lambda^{(j)} \cdot k_{\text{ср.}} \cdot \alpha_2; \hat{P}(A/x^{(j)}) \cdot t_{\text{обр.ср.пак.}} \cdot \lambda^{(j)} \cdot \alpha_1 + \hat{P}(B/x^{(j)}) \cdot t_{\text{обр.ср.пак.}} \cdot \lambda^{(j)} \cdot \alpha_1]. \quad (44)$$

3.3.2 Применение классифицирующего правила для запросов к АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты»

В качестве пространства переменных x выступает совокупность индексных столбцов таблицы EXPBD.RMEST с размерностью $p=3$ (Таблица 11).

Таблица 11 – Пространство индексных переменных для АРМ
«Корреспонденции и финансовые результаты»

Индексный столбец таблицы DB2	Наименование индексного столбца таблицы DB2	Индексные переменные, (x_1, x_2, x_3)	Формат ввода индексной переменной в АРМ	Расшифровка формата ввода индексной переменной в АРМ
DATAPZD	Дата отправления поезда	$x_1 = 0$	YYYY-MM-DD	Конкретная дата
		$x_1 = 1$	YYYY-MM-*	Режим «детализация по дням» за конкретный месяц и год
		$x_1 = 2$	YYYY-MM	Режим «за месяц» без детализации по дням
PZD	Номер поезда	$x_2 = 0$	NNNC	Конкретный номер поезда
		$x_2 = 1$	*	Режим «детализация по всем номерам поездов»
		$x_2 = 2$	Не задано	Не задано
STANOTP	Станция отправления пассажира	$x_3 = 0$	NNNNNNN	Конкретный номер станции
		$x_3 = 1$	*	Режим «детализация по станциям»
		$x_3 = 2$	Не задано	Не задано

Число объектов ограничено и равно R . Над каждым объектом проводится k -экспериментов и, таким образом, собирается «обучающая выборка». Каждый запрос любого объекта может принадлежать классу А или В. В зависимости от $\hat{P}(A/x^{(j)})$ и $\hat{P}(B/x^{(j)})$ будем относить объект (т.е. все запросы $x^{(j)}$) к классу А или В. Обучающая выборка для АРМ

«Корреспонденции и финансовые результаты», где $R = 20$, представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Обучающая выборка для АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты»

Объект, j	Переменные, x_i			Среднее время обработки, $t_{\text{ср.}}^j$ (с)	$\tilde{P}(A/x^{(j)})$	$\tilde{P}(B/x^{(j)})$
	x_1	x_2	x_3			
1	0	0	0	2	1	0
2			1	2,8	1	0
3			2	1,8	1	0
4		1	0	93,4	1	0
5			1	97,2	1	0
6			1	104	1	0
7		2	2	110,4.	1	0
8	1	0	0	316,2	1	0
9			1	363,2	1	0
10			2	1689,4	0,8	0,2
11		1	0	1695	0,2	0,8
12			2	0	0	1
13		2	2	0	0	1
14	2	0	0	10,76	1	0
15			1	57,2	1	0
16			2	54	1	0
17		1	0	63,8	1	0
18			1	101,2	1	0
19			2	73	1	0
20		2	2	147,4	1	0

Примем следующие значения для применения классифицирующего правила:

- общее количество исследуемых объектов R : $R = 20$;
- среднее время обработки объекта $x^{(j)}$ в диалоговом режиме в существующей системе $t_{\text{обр.ср.}} = 9,22$ с;
- среднее время обработки объекта $x^{(j)}$ в пакетном режиме $t_{\text{обр.ср.пак.}} = 4$ ч.=14 400 с;

- среднее число потерянных запросов в результате одной аварийной перезагрузки веб-сервера системы $k_{\text{ср.}} = 109,881$;
- весовой коэффициент для показателя $t_{\text{ср.}}$ $\alpha_1 = 0,004$;
- весовой коэффициент для показателя $k_{\text{ср.}}$ $\alpha_2 = 0,996$.

Составим неравенство для получения граничного значения условной вероятности $\hat{P}(B/x^{(j)})$ принадлежности объекта к классу В:

$$\begin{aligned} \hat{P}(A/x^{(j)}) \cdot t_{\text{обр.ср.пак.}} \cdot \lambda^{(j)} \cdot \alpha_1 + \hat{P}(B/x^{(j)}) \cdot t_{\text{обр.ср.пак.}} \cdot \lambda^{(j)} \cdot \alpha_1 \leq \\ \hat{P}(A/x^{(j)}) \cdot t_{\text{обр.ср.}} \cdot \lambda^{(j)} \cdot \alpha_1 + \hat{P}(B/x^{(j)}) \cdot \lambda^{(j)} \cdot k_{\text{ср.}} \cdot \alpha_2, \end{aligned} \quad (45)$$

Решение неравенства (45) принимается для каждой совокупности запросов $x^{(j)}$. При этом значения $\lambda^{(j)}$ и $x^{(j)}$ не влияют на его решение.

Подставив значения, полученные опытным путем, неравенство (45) примет вид:

$$\begin{aligned} \hat{P}(A/x^{(j)}) \cdot 14400 \cdot 0,004 + \hat{P}(B/x^{(j)}) \cdot 14400 \cdot 0,004 \leq \hat{P}(A/x^{(j)}) \cdot 9,22 \cdot \\ \cdot 0,004 + \hat{P}(B/x^{(j)}) \cdot 109,881 \cdot 0,996 \end{aligned} \quad (46)$$

Используя формулу (33), видоизменим неравенство (46):

$$57,56 \leq 109,4 \cdot (B/x^{(j)}) \quad (47)$$

Решая неравенство (47) получим граничные значения условной вероятности $\hat{P}(B/x^{(j)})$ принадлежности объекта к классу В:

$$\hat{P}(B/x^{(j)}) \geq 0,526 \quad (48)$$

Примем следующее правило классификации: если для объекта $x^{(j)}$ оценка условной вероятности $\hat{P}(B/x^{(j)})$ удовлетворяет условию (48), тогда объект будем относить к классу В, т.е. обрабатывать его в пакетном режиме; если для объекта $x^{(j)}$ оценка условной вероятности $\hat{P}(B/x^{(j)})$ не удовлетворяет условию (48), тогда объект будем относить к классу А, т.е. обрабатывать его в диалоговом режиме.

Для объекта x^{10} условие (48) не выполняется, поэтому отнесем его к классу А (запросы такого объекта будут обрабатываться в диалоговом режиме).

Для объектов x^{11}, x^{12}, x^{13} условие (48) выполняется, поэтому отнесем их к классу В (запросы таких объектов будут обрабатываться в пакетном режиме).

Результаты эксперимента используются для построения классифицирующего правила, с помощью которого произвольный запрос с совокупностью входных параметров к АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» можно отнести к определенному классу без проведения нового эксперимента.

Используя классифицирующее правило и «обучающую выборку», составим запросы к АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты», принадлежащие к классам А или В (Таблица 13).

Таблица 13 – Классификация запросов к АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты»

Класс запроса	Совокупность параметров и формат ввода	
А	DATAPZD и PZD и STANOTR	(YYYY-MM-DD) или (YYYY-MM) или (YYYY-MM-*) и (NNNNC) и не(НЕ ЗАДАНО)
В	DATAPZD и PZD и STANOTR	(YYYY-MM-*) и (NNNNC) и (НЕ ЗАДАНО) или (YYYY-MM-*) и не(NNNNC)

3.3.3 Применение классифицирующего правила для запросов к АРМ «Отчеты по поездкам»

В качестве пространства переменных x выступает совокупность 2-х индексных столбцов таблицы EXPBD.REZVAG: PZDP и DATAO. Индексное поле PZDP в АРМ всегда должно быть задано, поэтому его не учитываем в анализе запросов. На время обработки запроса влияют дополнительные 2 режима, относящиеся к индексу по столбцу DATAO: ALLMONTH и

PREDGOD. Таким образом, пространство переменных x для АРМ «Отчеты по поездкам» имеет размерность $p=2$ (Таблица 14).

Таблица 14 – Пространство переменных для АРМ «Отчеты по поездкам»

Код индексного столбца или код режима	Наименование индексного столбца или режима	Переменные, x_i	Формат ввода	Расшифровка формата ввода
ALLMONTH	Режим «с начала месяца»	$x_1 = 0$	Не задано	Режим «за конкретную дату»
		$x_1 = 1$	true	Режим «с начала месяца» (группированные данные за все дни заданного месяца)
PREDGOD	Режим «сравнение с предыдущим годом»	$x_2 = 0$	Не задано	Режим «за конкретную дату»
		$x_2 = 1$	on	Режим «сравнение с предыдущим годом» (данные за текущий год и за предыдущий год)

Для каждого объекта проводятся k экспериментов. В результате экспериментальных исследований для каждого объекта рассчитываются среднее время обработки объекта и условные вероятности $\hat{P}(A/x^{(j)})$ и $\hat{P}(B/x^{(j)})$ принадлежности объекта к классу А и В соответственно. «Обучающая выборка» состоит из $R=4$ объектов размерностью $p=2$ (Таблица 15).

Таблица 15 – «Обучающая выборка» для АРМ «Отчеты по поездкам»

№ объекта, j	Переменные, x_i		Среднее время обработки, $t_{\text{ср.}}^j$ (с)	$\hat{P}(A/x^{(j)})$	$\hat{P}(B/x^{(j)})$
	x_1	x_2			
1	0	0	11,6	1	0
2	0	1	45	1	0
3	1	0	1759,60	0,2	0,8
4	1	1	0	0	1

Объект x^3 мы не можем с вероятностью 1 отнести к классу А или В.

Для решения данного вопроса воспользуемся классифицирующим правилом.

Для объекта x^3 условие (48) выполняется, поэтому такой объект будем относить к классу В (запросы такого объекта будут обрабатываться в пакетном режиме).

Применение классифицирующего правила для АРМ «Отчеты по поездкам» позволяет принимать решения о принадлежности запросов пользователей к классам А или В по входным параметрам (Таблица 16).

Таблица 16 – Классификация запросов к АРМ «Отчеты по поездкам»

Класс объекта	Совокупность параметров и формат ввода	
А	ALLMONTH	ne(true)
В	ALLMONTH	(true)

Выделенные классы запросов пользователей к АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» и АРМ «Отчеты по поездкам» лежат в основе технологии сортировки. Применение технологии сортировки позволит оценить класс запроса по входным параметрам и отправить на обработку через веб только те запросы, которые относятся к классу А. Запросы пользователей, относящиеся к классу В, технология сортировки будет отправлять на обработку в пакетном режиме. В последнем случае результаты обработки в формате MS Excel будут переданы по электронной почте пользователю. Результаты исследования опубликованы в статье [46].

3.4 Математическая модель существующей обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками

АСУ «Экспресс-3» представляет собой современный программно-аппаратный комплекс, построенный на базе высокопроизводительных ЭВМ IBM zEnterprise EC12 и zEnterprise z196, с широко развитой сетью продажи билетов.

Применение веб-сервера IBM zEnterprise в среде АБД АСУ «Экспресс-3» имеет ряд особенностей, одна из которых – высокая пропускная способность системы:

- для каждого запроса в среде АБД АСУ «Экспресс-3» выделяется отдельный канал обслуживания;
- не создается очередь на обслуживание.

Для оценки эффективности существующей обработки запросов в среде АБД АСУ «Экспресс-3» предлагается рассмотреть поток запросов, поступающих от пользователей, как простейший поток смешанного типа с интенсивностью поступления λ (Рисунок 29) [47-50].



Рисунок 29 – Цикл обработки одного запроса, приводящего к аварийной перезагрузке веб-сервера АСУ «Экспресс-3»

Входной смешанный поток состоит из 2-х простейших потоков с параметрами λ_+ и λ_- , где λ_+ – интенсивность поступления запросов, не приводящих к аварийной перезагрузке, а λ_- – интенсивность поступления запросов, приводящих к аварийной перезагрузке.

При этом $\lambda_+ + \lambda_- = \lambda$ – интенсивность поступления всех запросов в систему.

Весь цикл обработки одного запроса, приводящего к аварийной перезагрузке веб-сервера АСУ «Экспресс-3», имеет 3 фазы:

I – интервал времени $(0, t - T_{max})$ – обработка i -запросов, не приводящих к аварийной перезагрузке веб-сервера;

В момент времени $(t - T_{max})$ приходит запрос на обработку, приводящий к аварийной перезагрузке веб-сервер через время T_{max} . Происходит переход из фазы I в фазу II.

II – интервал времени $(t - T_{max}, t)$ – обработка запросов, не приводящих к аварийной перезагрузке, и обработка одного «долгого» запроса в течение времени T_{max} ;

В момент времени t прекращается обработка всех запросов и веб-сервер АСУ «Экспресс-3» начинает аварийную перезагрузку. Происходит переход из фазы II в фазу III.

III – интервал времени $(t, t + t_{ав.})$ – аварийная перезагрузка веб-сервера АСУ «Экспресс-3» в течение времени $t_{ав.}$.

Таким образом, в работе системы можно выделить периоды безаварийной работы между последовательными моментами аварийных ситуаций.

Далее будут получены средняя длительность периода безаварийной работы; среднее число периодов безаварийной работы и аварийной перезагрузки системы за 1 сутки; среднее число запросов, покидающих систему в момент аварии; среднее число запросов, успешно обработанных на одном периоде безаварийной работы; среднее число запросов, потерянных в результате аварийной перезагрузки веб-сервера системы; суммарное время неработоспособности веб-сервера АСУ «Экспресс-3» за 1 сутки; вероятность успешной обработки произвольного запроса.

3.4.1 Распределение периода безаварийной работы и характеристики производительности системы

Пусть ξ - случайная величина длительности периода безаварийной работы. Найдем $F(t) = P\{\xi < t\}$ - функцию распределения этой случайной величины, $t \geq T_{max}$.

Предположим, что в интервале $(t, t + dt)$ начнется аварийная перезагрузка (в момент времени 0 в системе нет запросов). Тогда первый запрос, время обработки которого превышает время T_{max} и вызывает аварийную ситуацию, должен поступить в интервале $(t - T_{max}, t - T_{max} + dt)$.

Обозначим P_- – вероятность того, что в интервале времени $(t - T_{max}, t - T_{max} + dt)$ поступит один запрос на обработку, приводящий к аварийной перезагрузке, при этом в интервале времени $(0, t - T_{max})$ такие запросы не будут поступать в систему. Значение P_- рассчитывается по формуле:

$$P_- = e^{-\lambda_-(t-T_{max})} (\lambda_- dt + o(dt)) \quad (49)$$

Определим P_{i+} – вероятность того, что в интервале времени $(0, t)$ поступят на обработку i -запросы, не приводящие к аварийной перезагрузке веб-сервера по формуле:

$$P_{i+} = \frac{(\lambda_+ t)^i}{i!} e^{-\lambda_+ t} \quad (50)$$

Определим $f(t, T_{max})$ – плотность вероятности того, что в интервале времени $(t, t + dt)$ начнется аварийная перезагрузка веб-сервера АСУ «Экспресс-3» по следующей формуле, т.е. в интервале времени $(0, t)$ поступят на обработку i -запросы, не приводящие к аварийной перезагрузке веб-сервера, и в интервале времени $(t - T_{max}, t - T_{max} + dt)$ поступит первый запрос на обработку, приводящий к аварийной перезагрузке:

$$f(t, T_{max}) = \frac{\sum_{i=0}^{\infty} \frac{(\lambda_+ t)^i}{i!} e^{-\lambda_+ t} \cdot e^{-\lambda_-(t-T)} \lambda_- dt}{dt} = e^{-\lambda_-(t-T_{max})} \lambda_- \quad (51)$$

Таким образом, функция распределения периода до начала аварийной перезагрузки определяется по формуле:

$$F(t, T_{max}) = \begin{cases} 0, & t < T_{max}, \\ 1 - e^{-\lambda_-(t-T_{max})}, & t \geq T_{max}. \end{cases} \quad (52)$$

Средняя длительность периода безаварийной работы рассчитывается по формуле:

$$V = \mathbf{M}[\xi] = \int_0^{\infty} t dF(t, T_{\max}) = T_{\max} + \frac{1}{\lambda_-}. \quad (53)$$

Среднее число периодов безаварийной работы и аварийной перезагрузки системы за 1 сутки рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{t}{V + t_{ав.}} \quad (54)$$

Найдем среднее количество необработанных запросов, прибывших в систему до момента времени t [47]:

$$k_{ср.ав.} = 1 + \sum_{n=1}^N e^{-\lambda_{обр.} \cdot n \cdot \Delta t} \cdot \lambda_{пост.} \cdot \Delta t \quad (55)$$

Пусть в момент времени t произойдет первая аварийная перезагрузка веб-сервера системы. Интервал времени $[0, t]$ разбили на N интервалов, размерностью Δt . Тогда:

n – порядковый номер интервала;

$\lambda_{обр.}$ – интенсивность обработки запросов пользователей;

$e^{-\lambda_{обр.} \cdot n \cdot \Delta t}$ – вероятность того, что запрос не успеет обработаться до момента времени T ;

$\lambda_{пост.}$ – интенсивность поступления запросов пользователей;

Среднее число необработанных запросов в результате аварийной перезагрузки веб-сервера системы определяется по формуле:

$$k_{ср.} = 1 + \sum_{n=1}^N e^{-\lambda_{обр.} \cdot n \cdot \Delta t} \cdot \lambda_{пост.} \cdot \Delta t + \lambda_{пост.} \cdot t_{ав.} \quad (56)$$

где $\lambda_{пост.}$ – интенсивность поступления запросов;

$\lambda_{пост.} \cdot t_{ав.}$ – среднее число запросов поступивших в систему во время перезагрузки веб-сервера системы.

Еще одной важной характеристикой производительности рассматриваемой системы является среднее число N запросов, успешно обработанных на одном периоде безаварийной работы. Эта величина есть среднее число запросов, ушедших из системы за этот период (равное

среднему числу запросов, пришедших за этот период, или λV), за вычетом среднего числа запросов, покинувших систему при аварийной ситуации. Рассчитывается по следующей формуле:

$$N = \lambda \cdot V - k_{\text{ср.}} \quad (57)$$

Отсюда далее можно получить формулу для вычисления вероятности P_+ успешной обработки произвольного запроса. Эта вероятность есть отношение среднего числа N запросов, успешно обработанных на одном периоде безаварийной работы, к среднему числу запросов, покинувших систему в течение этого периода. Рассчитывается по формуле:

$$P_+ = \frac{N}{\lambda \cdot V} = \frac{\lambda \cdot V - k_{\text{ср.}}}{\lambda \cdot V} = 1 - \frac{k_{\text{ср.}}}{\lambda \cdot V}. \quad (58)$$

Среднее время неработоспособности веб-сервера АСУ «Экспресс-3» за 1 сутки рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{ав.}} = K \cdot t_{\text{ав.}} \quad (59)$$

3.4.2 Расчет периода безаварийной работы и характеристик производительности системы

В качестве предмета исследования рассматриваются методы обработки запросов пользователей, обращающихся в АСУ «Экспресс-3» к АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN) и к АРМ «Отчеты по поездкам» (OTCPZD).

В главе 3.4.1 были получены параметры, необходимые для расчета безаварийной работы и характеристик производительности существующей системы (таблица 17).

На рисунке 30 и рисунке 31 представлены графики функций распределения периода до аварийной перезагрузки для исследуемых АРМ, полученных с помощью формулы (52).

Используя формулы (53)-(59) составили таблицу 18, содержащую в себе результаты расчетов основных характеристик производительности существующей системы.

Таблица 17 – Параметры обработки запросов в среде АСУ «Экспресс-3»

Параметры	Значения параметров		
	АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты»	АРМ «Отчеты по поездам»	Для всех АРМ
Интенсивность поступления запросов, λ	0,0165 $\frac{1}{с}$	0,0287 $\frac{1}{с}$	1,7811 $\frac{1}{с}$
Интенсивность поступления запросов, не приводящих к аварийной перезагрузке, λ_+	0,0163 $\frac{1}{с}$	0,0284 $\frac{1}{с}$	1,7793 $\frac{1}{с}$
Интенсивность поступления запросов, приводящих к аварийной перезагрузке, λ_-	0,0002 $\frac{1}{с}$	0,0003 $\frac{1}{с}$	0,000178 $\frac{1}{с}$
Максимальная норма времени обработки запроса в АСУ «Экспресс-3», T_{max}	30 мин	30 мин	30 мин
Средняя длительность аварийной перезагрузки системы, $t_{ав.}$	60 с	60 с	60 с

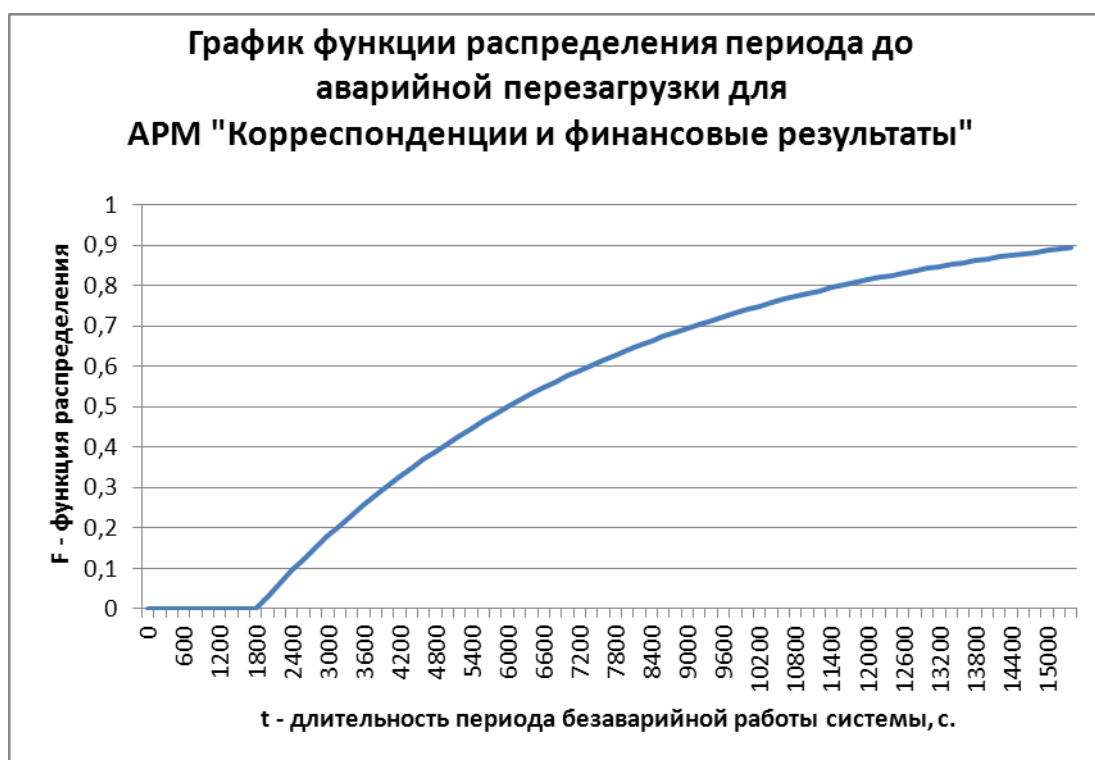


Рисунок 30 – Функция распределения периода до аварийной перезагрузки для АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты»

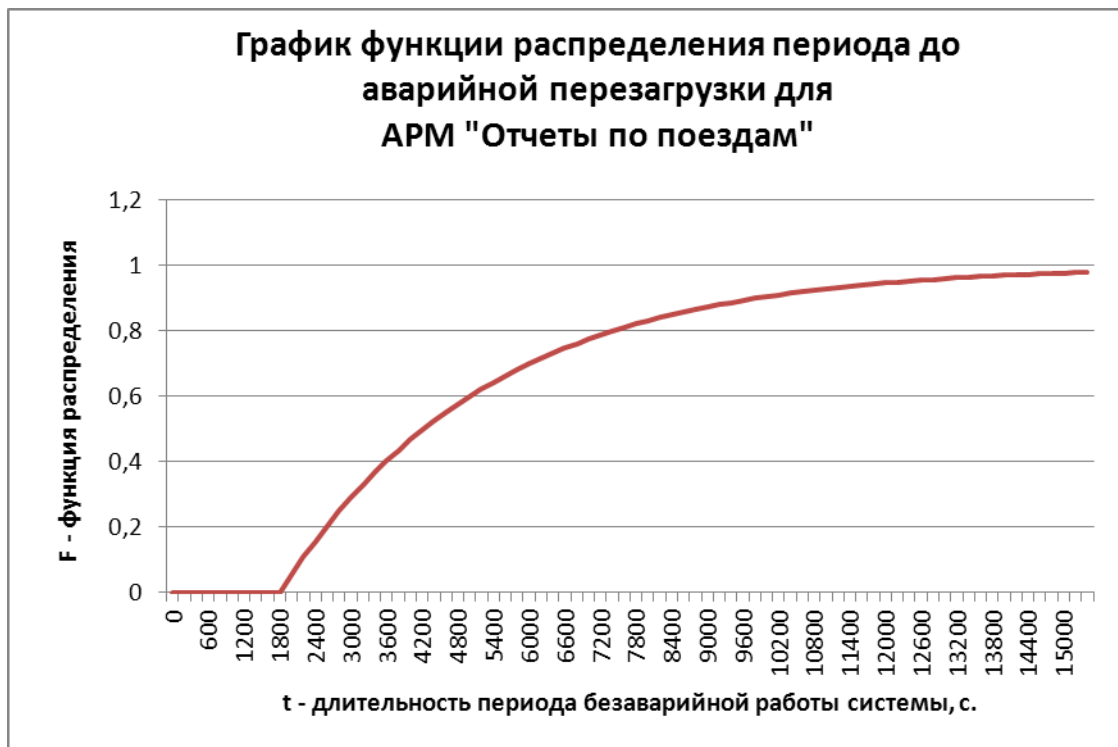


Рисунок 31 – Функция распределения периода до аварийной перезагрузки для АРМ «Отчеты по поездам»

Таблица 18 – Характеристики производительности обработки запросов

Характеристики производительности	Значения параметров		
	АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты»	АРМ «Отчеты по поездам»	Для всех АРМ
Средняя длительность периода безаварийной работы, V	7860,6 с	3542,2 с	7417,98 с
Среднее число периодов безаварийной работы и аварийной перезагрузки системы за 1 сутки, K	10,9	23,9	11,65
Среднее число запросов, покидающих систему в момент аварии, $k_{ср.}$	109,881		
Среднее число запросов, успешно обработанных на одном периоде безаварийной работы, N	128,5	100,4	13168,45
Вероятность успешной обработки произвольного запроса, P_+	0,98	0,98	0,99
Среднее время неработоспособности веб-сервера АСУ «Экспресс-3» за 1 сутки, $T_{аб}$	654 с	1434 с	699 с

В исследуемом процессе в среде АБД АСУ «Экспресс-3» высокая вероятность успешной обработки произвольного запроса для АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» и АРМ «Отчеты по поездкам» ($P_+ = 0,98$). На основе данной математической модели планируется разработать имитационную модель существующей обработки запросов и обработки запросов с применением технологии сортировки в условиях изменяющихся входных данных в среде АБД АСУ «Экспресс-3». Результаты исследований опубликованы в статье [51].

3.5 Исследование времени реакции системы при обработке запросов в АСУ «Экспресс-3»

Для дальнейшего имитационного моделирования обработки запросов пользователей, обращающихся одновременно к исследуемым веб-приложениям в АСУ «Экспресс-3», необходимо определить закон распределения случайной величины X , которая в данном случае представляет собой длительность обработки запроса.

С этой целью над случайной величиной X проводится ряд независимых опытов, а именно используется модуль «Получение информации о запусках процессов» в АРМ «Мониторинг работы веб-приложений». В качестве входных данных задаются интервал дат и времени, соответствующие одним суткам, статусы процессов для исследования – только завершенные (статус «STOP»). В результате мы получаем эмпирические данные, в которых случайная величина X принимает определенное значение. С помощью функционала «Расчет статистического ряда времени обработки» строится статистический ряд исследуемой величины. Необходимо разделить весь диапазон наблюдаемых ранее значений X на разряды и подсчитать количество m_i , приходящееся на каждый i -й разряд. Разделив полученное число на общее число наблюдений n , получим частоту, соответствующую данному разряду по формуле [52, 53]:

$$p_i = \frac{m_i}{n}, \quad (60)$$

где i – номер разряда,

m_i – количество процессов, приходящихся на i -й разряд,

n – число наблюдений.

Суммируя все частоты разрядов, получим единицу. Алгоритм составления статистического ряда времени реакции системы при обработке запросов пользователей, обращающихся к одному веб-приложению, представлен диаграммой деятельности в среде Rational Rose 2003 на рисунке 32.

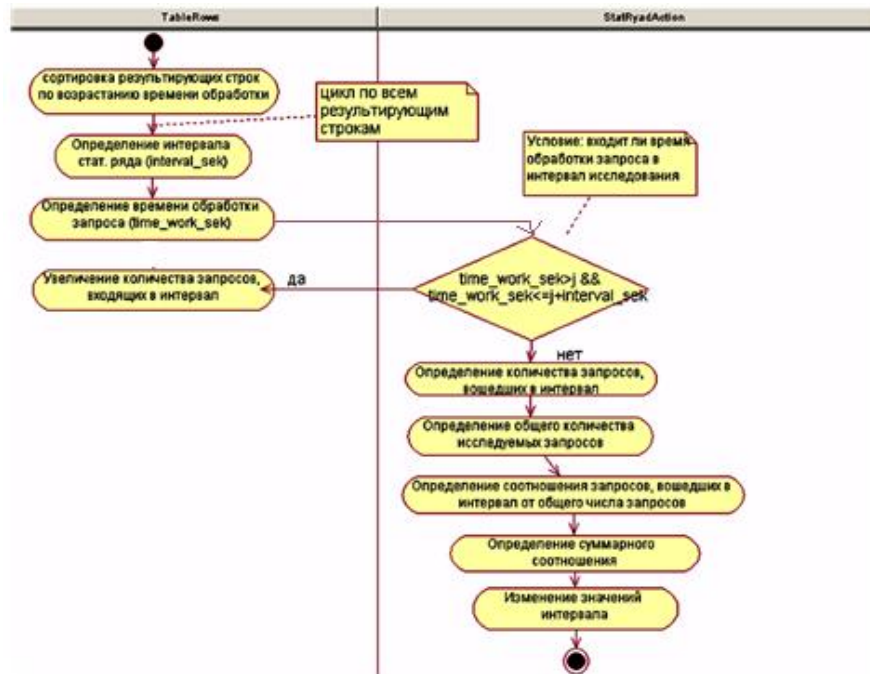


Рисунок 32 –Алгоритм составления статистического ряда времени реакции системы

При группировке статистического материала необходимо учитывать количество разрядов (оно должно быть оптимальным). Ряд распределения должен быть выразительным, но не обобщенным. На основе опыта можно утверждать, что оптимальное количество разрядов соответствует порядку 10-20.

Пример результирующего статистического ряда для АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» представлен на рисунке 33.



Рисунок 33 – Статистический ряд длительности обработки запросов на примере веб-приложения PZDFINN

В данном примере разброс значений времени реакции системы на запросы велик, и в результирующем статистическом ряде интервалы неравномерны. Поэтому возникает необходимость в построении гистограммы плотности распределения непрерывной случайной величины (Рисунок 34), которая даст правильное представление о характере распределения. Необходимо учитывать, что полная площадь гистограммы плотности распределения равна единице [53].

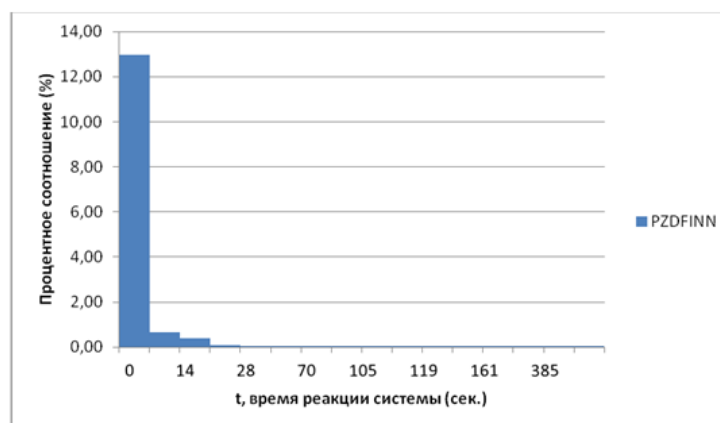


Рисунок 34 – Гистограмма плотности распределения времени обработки запросов на примере веб-приложения PZDFINN

По статистическому ряду и гистограмме плотности распределения в АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» строится эмпирическая функция распределения величины времени обработки запросов по формуле.

$$\left\{ \begin{array}{l} F^*(x_1) = 0; \\ F^*(x_2) = p_1^*; \\ F^*(x_3) = p_1^* + p_2^*; \\ \dots \dots \dots \\ F^*(x_k) = \sum_{i=1}^{k-1} p_i^*; \\ F^*(x_{k+1}) = \sum_{i=1}^k p_i = 1. \end{array} \right. \quad (61)$$

При построении эмпирической функции распределения используются границы $x_1, x_2, \dots$ разрядов, фигурирующие в статистическом ряде.

Эмпирическая функция распределения отображается ступенчатой ломаной линией: над каждым интервалом проводится отрезок горизонтальной линии на высоте, пропорциональной накопленной частоте в текущем интервале (Рисунок 35). Накопленная частота равна сумме всех частот, начиная с первого и до данного интервала включительно.

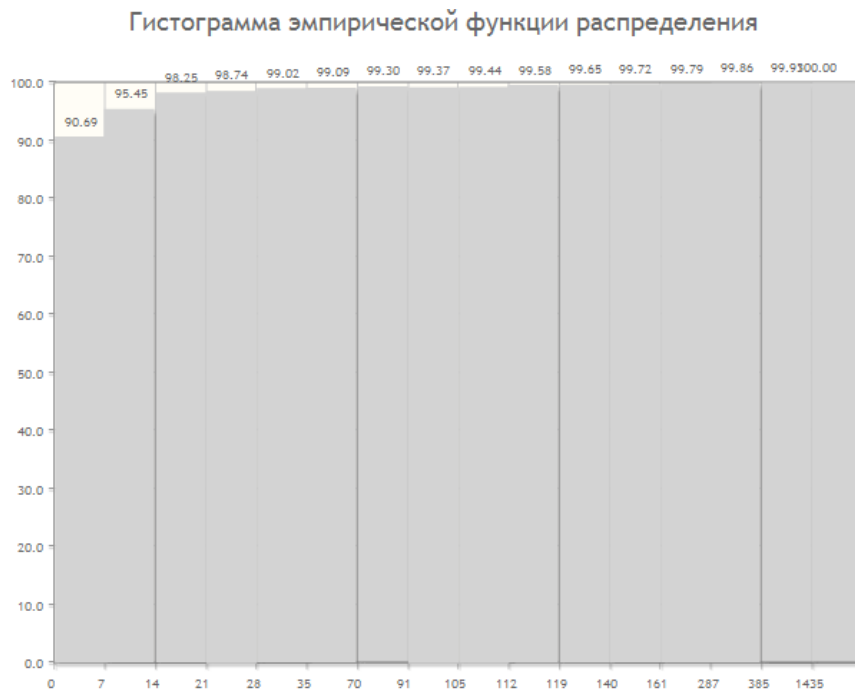


Рисунок 35 – Эмпирическая функция распределения времени обработки запросов на примере веб-приложения PZDFINN

По полученным данным можно сказать, что не более 95% работы с веб-приложениями укладывается в максимальную норму 30 минут. Анализируя результаты работ веб-приложений за другие дни, не более 5% работы с веб-приложениями не укладываются в максимальную норму 30 минут.

Статистические ряды, гистограммы плотности распределения и эмпирические функции распределения длительности обработки запросов для веб-приложений NEWSPN, RMEST представлены в приложении 1.

Проверка гипотезы об экспоненциальном законе распределения величины длительности обработки запросов критерием Пирсона

Для определения теоретического закона распределения исследуемой величины необходимо рассчитать основные статистические характеристики (объем выборки, среднее, минимальное, максимальное, среднеквадратическое отклонение) (Рисунок 36). Для этого использовалась среда Statistica 7 и модуль Descriptive Statistic, который предназначен для статистического анализа данных. В качестве исходных данных учитывались длительности обработки запросов, полученные в результате использования АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» по АРМ PZDFINN и по процессам, имеющим статус STOP.

	Descriptive Statistics					
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.
Var2	1428	5,718487	1,000000	1610,000	3488,900	59,06691

Рисунок 36 – Основные статистические характеристики исследуемого ряда

- ValidN (Объем выборки) $N=1428$ значений;
- Mean (средняя арифметическая) $m= 5,72$ (с);
- Minimum (минимальное значение величины) $min=1$ (с);
- Maximum (максимальное значение величины) $max= 1610$ (с);
- Variance (дисперсия) $D= 3488$ (с²);
- Standard Deviation (стандартное отклонение) $\sigma = 59,07$ (с);

Исходя из полученных данных, можно сказать, что исследуемый ряд значений времени реакции системы неоднородный (значения дисперсии и стандартного отклонения велики).

Критерий согласия Пирсона (χ^2) применяют для проверки гипотезы H_0 о соответствии эмпирического распределения предполагаемому теоретическому распределению $F(x)$ при большом объеме выборки ($n \geq 100$)

[52, 53]. В данном критерии используются α – ошибка первого рода (нулевая гипотеза отвергается, хотя на самом деле она верна) и β – ошибка второго рода (нулевая гипотеза принимается, хотя на самом деле она не верна). Используется неравенство:

$$\chi^2 \leq \chi^2(\alpha), \quad (62)$$

где χ^2 – наблюдаемый критерий согласия,

$\chi^2(\alpha)$ – критическое значение χ^2 , найденное по таблице «Значения χ^2 в зависимости от r и p » для уровня значимости α и числа степеней свободы r .

Если неравенство выполняется, то нулевую гипотезу не отвергают. При несоблюдении указанного неравенства нулевую гипотезу отвергают.

В качестве нулевой гипотезы приняли гипотезу об экспоненциальном распределении длительности обработки запросов пользователей с вероятностью 0,95, обращающихся одновременно к веб-ресурсу PZDFINN.

Используя модуль Plot of Observed and expected distributions (график наблюдаемых и ожидаемых распределений) в среде Statistica 7 были построены кривые теоретического закона распределения и эмпирического по имеющимся данным (Рисунок 37).

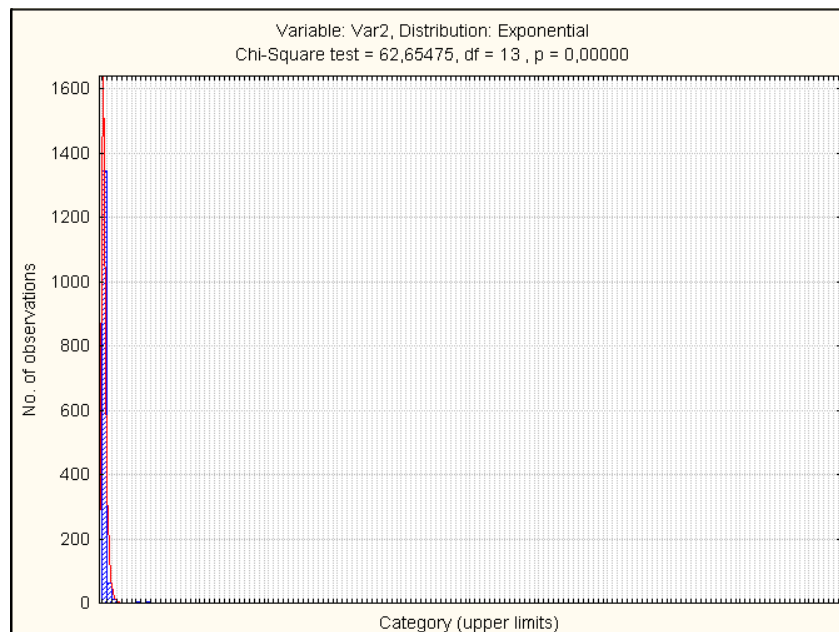


Рисунок 37 – Графическое представление теоретического экспоненциального закона распределения и эмпирического распределения

Над гистограммой выведен заголовок, в котором указана анализируемая переменная, предполагаемый закон распределения, а также три числовых параметра:

- первый параметр – это значение наблюдаемого критерия χ^2 : $\chi^2=62,65$;
- второй параметр df – число степеней свободы: $df=13$;
- третий параметр p – уровень значимости критерия, который определяет вероятность ошибки при отклонении гипотезы о заданном законе распределения: $p=0$.

Соответствующее критическое значение χ^2 для уровня значимости $\alpha=0,05$: $\chi^2(\alpha = 0,05) = 22,4$

По результатам видно, что значение наблюдаемого критерия χ^2 больше критического, а значит, гипотезу о соответствии экспоненциальному закону распределения с параметром $\lambda= 0,1749 \frac{1}{с}$ отклоняем.

Аналогичным образом проводилась проверка гипотезы об экспоненциальном законе распределения для величин, характеризующих время обработки запросов к веб-приложениям NEWSPN, RMEST. Во всех случаях гипотеза была отклонена.

Проверка гипотезы о логнормальном распределении длительности обработки запросов критерием Пирсона

В качестве нулевой гипотезы примем гипотезу о логнормальном распределении длительности обработки запросов с вероятностью 0,95, обращающихся одновременно к веб-ресурсу PZDFINN.

При использовании модуля Distribution Fittings (наблюдаемые и ожидаемые распределения) в среде Statistica 7 будет рассчитана таблица соответствия принятого теоретического закона распределения и эмпирического по имеющимся данным (Рисунок 38).

Upper Boundary	Variable: Var2, Distribution: Log-normal (Spreadsheet3) Chi-Square = 367,22200, df = 13 , p = 0,00000								
	Observed Frequency	Cumulative Observed	Percent Observed	Cumul. % Observed	Expected Frequency	Cumulative Expected	Percent Expected	Cumul. % Expected	Observed-Expected
<= 5,14286	1280	1280	89,63585	89,6359	1304,306	1304,306	91,33795	91,3379	-24,3059
10,28571	44	1324	3,08123	92,7171	98,969	1403,275	6,93063	98,2686	-54,9694
15,42857	51	1375	3,57143	96,2885	17,075	1420,350	1,19570	99,4643	33,9254
20,57143	23	1398	1,61064	97,8992	4,658	1425,008	0,32622	99,7905	18,3415
25,71429	9	1407	0,63025	98,5294	1,634	1426,642	0,11443	99,9049	7,3660
30,85714	4	1411	0,28011	98,8095	0,674	1427,316	0,04719	99,9521	3,3261
36,00000	3	1414	0,21008	99,0196	0,312	1427,628	0,02183	99,9739	2,6883
41,14286	0	1414	0,00000	99,0196	0,157	1427,785	0,01100	99,9849	-0,1570
46,28571	0	1414	0,00000	99,0196	0,085	1427,870	0,00593	99,9909	-0,0846
51,42857	0	1414	0,00000	99,0196	0,048	1427,918	0,00337	99,9942	-0,0481
56,57143	0	1414	0,00000	99,0196	0,029	1427,946	0,00200	99,9962	-0,0286
61,71429	0	1414	0,00000	99,0196	0,018	1427,964	0,00124	99,9975	-0,0177
66,85714	0	1414	0,00000	99,0196	0,011	1427,975	0,00079	99,9983	-0,0113
72,00000	1	1415	0,07003	99,0896	0,007	1427,983	0,00052	99,9988	0,9926
77,14286	0	1415	0,00000	99,0896	0,005	1427,988	0,00035	99,9991	-0,0049
82,28571	0	1415	0,00000	99,0896	0,003	1427,991	0,00024	99,9994	-0,0034
87,42857	1	1416	0,07003	99,1597	0,002	1427,993	0,00017	99,9995	0,9976
92,57143	2	1418	0,14006	99,2997	0,002	1427,995	0,00012	99,9996	1,9983
97,71429	0	1418	0,00000	99,2997	0,001	1427,996	0,00009	99,9997	-0,0012
102,85714	1	1419	0,07003	99,3697	0,001	1427,997	0,00006	99,9998	0,9991
108,00000	0	1419	0,00000	99,3697	0,001	1427,998	0,00005	99,9998	-0,0007
113,14286	1	1420	0,07003	99,4398	0,000	1427,998	0,00003	99,9999	0,9995
118,28571	2	1422	0,14006	99,5798	0,000	1427,999	0,00003	99,9999	1,9996
123,42857	0	1422	0,00000	99,5798	0,000	1427,999	0,00002	99,9999	-0,0003
128,57143	0	1422	0,00000	99,5798	0,000	1427,999	0,00002	99,9999	-0,0002
133,71429	0	1422	0,00000	99,5798	0,000	1427,999	0,00001	99,9999	-0,0002
138,85714	0	1422	0,00000	99,5798	0,000	1427,999	0,00001	100,0000	-0,0001

Рисунок 38 – Таблица соответствия принятого теоретического логнормального закона распределения и эмпирического распределения

Над гистограммой выведен заголовок, в котором указаны анализируемая переменная, предполагаемый закон распределения, а также три числовых параметра:

- первый параметр – это значение наблюдаемого критерия χ^2 : $\chi^2=62,65$;
- второй параметр df – число степеней свободы: $df=13$;
- третий параметр p – уровень значимости критерия, который определяет вероятность ошибки при отклонении гипотезы о заданном законе распределения: $p=0$.

Соответствующее критическое значение χ^2 для уровня значимости $\alpha=0,05$: $\chi^2(\alpha = 0,05) = 22,4$

По результатам видно, что значение наблюдаемого критерия χ^2 больше критического, а значит, гипотезу о соответствии логнормальному закону распределения отклоняем.

Результаты проверок опубликованы в статье [54].

Метод обратной функции

Гистограммы эмпирических функций распределения времени обработки запросов к веб-приложениям PZDFINN, NEWSFN, RMEST понадобятся для расчета случайных величин, которые при имитационном моделировании обработки запросов пользователей в АСУ «Экспресс-3» будут характеризовать времена реакции системы на запросы.

Моделирование последовательности значений случайных величин с заданным законом распределения реализуется на основе использования случайных величин, имеющих равномерное распределение в интервале (0,1). Разработан ряд методов моделирования значений непрерывной случайной величины, например, метод обратной функции, метод Неймана, метод кусочной аппроксимации функции плотности распределения вероятностей. В настоящей работе расчет случайных величин с эмпирическими значениями будет проводиться с использованием метода обратной функции.

Метод обратной функции основан на теореме: Если r_i – случайное число, то возможное значение x_i разыгрываемой непрерывной случайной величины X с заданной функцией распределения $F(x)$, соответствующее r_i , является корнем уравнения [55, с.18]:

$$F(x_i) = r_i \quad (63)$$

Чтобы получить число, принадлежащее последовательности случайных чисел $\{x_i\}$, имеющих функцию плотности $f(x)$, необходимо разрешить относительно x_i , уравнение:

$$r_i = \int_0^x f(x)dx, \quad (64)$$

где r_i – случайное число, равномерно распределенное на интервале (0,1). Для этого необходимо вычислить обратную функцию моделируемого распределения от r_i :

$$x_i = F^{-1}(r_i) \quad (65)$$

3.6 Исследование интервала времени между поступлениями запросов в АСУ «Экспресс-3»

Для дальнейшего имитационного моделирования обработки запросов пользователей, обращающиеся одновременно к веб-приложению в среде АБД АСУ «Экспресс-3», необходимо определить закон распределения случайной величины X , которая в данном случае представляет собой интервал времени между запросами.

Используется функционал «Получение информации о запусках процессов» в АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» с входными данными: интервалы дат и времени соответствуют выбранным суткам, статусы процессов показывать только завершенные (статус «STOP»). При этом формируется ограниченная по объему совокупность значений параметра $x_1, x_2, \dots, x_n$, которая характеризует интервалы времени между приходами запросов к одному веб-приложению. С формальной точки зрения такие данные представляют собой выборку из генеральной совокупности. Наблюдаемые значения x_i называют вариантами, а их количество – объемом выборки n . Для того чтобы по результатам наблюдения можно было делать какие-либо выводы, выборка должна быть репрезентативной (представительной), т. е. правильно представлять пропорции генеральной совокупности. Это требование выполняется, если объем выборки достаточно велик, а каждый элемент генеральной совокупности имеет одинаковую вероятность попасть в выборку.

С помощью функционала «Расчет статистического ряда времени прихода» строится статистический ряд исследуемой величины. Необходимо разделить весь диапазон наблюдаемых ранее значений X на разряды и подсчитать количество n_i , приходящееся на каждый i -й разряд. Разделив полученное число на общее число наблюдений n , получим частоту, соответствующую данному разряду по формуле [52, 53]:

$$v_i = \frac{n_i}{n}, \quad (66)$$

где i – номер разряда,

n_i – количество запросов, приходящихся на i -й разряд,

n – число наблюдений.

Алгоритм расчета статистического ряда, характеризующего интервал времени прихода между запросами пользователей, обращающихся к одному веб-приложению, представлен диаграммой деятельности в среде Rational Rose 2003 на рисунке 39.

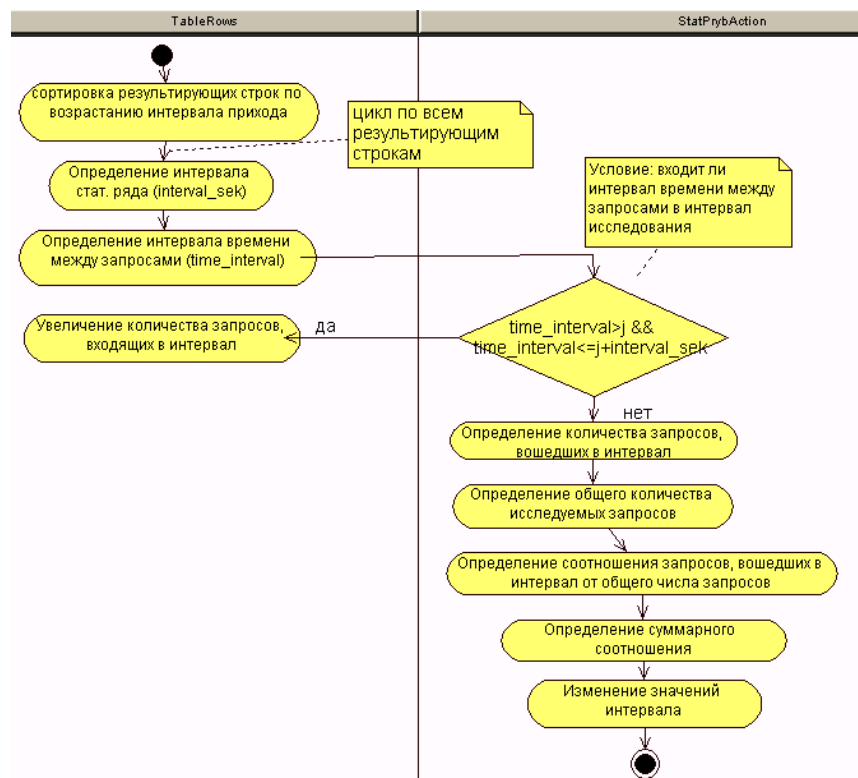


Рисунок 39 – Алгоритм составления статистического ряда для интервала времени прихода между запросами

Результаты исследования времени прихода между запросами к АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» представлены на рисунке 40, рисунке 41, рисунке 42.

Статистический ряд для проекта pzdfinn в период с 2013-02-11 по 2013-02-11
в период с 00:00:00 по 23:59:59

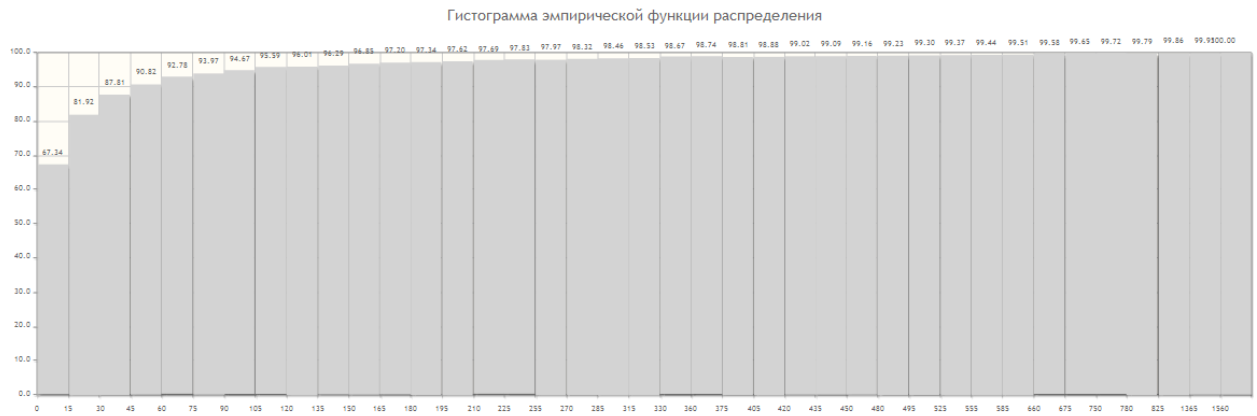
Интервал времени	Количество	Суммарное количество	Процентное соотношение	Суммарное процентное соотношение
0<=<15	961	961	67.34	67.34
15<=<30	208	1169	14.58	81.92
30<=<45	84	1253	5.89	87.81
45<=<60	43	1296	3.01	90.82
60<=<75	28	1324	1.96	92.78
75<=<90	17	1341	1.19	93.97
90<=<105	10	1351	0.70	94.67
105<=<120	13	1364	0.91	95.59
120<=<135	6	1370	0.42	96.01
135<=<150	4	1374	0.28	96.29
150<=<165	8	1382	0.56	96.85
165<=<180	5	1387	0.35	97.20
180<=<195	2	1389	0.14	97.34
195<=<210	4	1393	0.28	97.62
210<=<225	1	1394	0.07	97.69
225<=<255	2	1396	0.14	97.83
255<=<270	2	1398	0.14	97.97
270<=<285	5	1403	0.35	98.32
285<=<315	2	1405	0.14	98.46
315<=<330	1	1406	0.07	98.53
330<=<360	2	1408	0.14	98.67
360<=<375	1	1409	0.07	98.74
375<=<405	1	1410	0.07	98.81
405<=<420	1	1411	0.07	98.88
420<=<435	2	1413	0.14	99.02
435<=<450	1	1414	0.07	99.09
450<=<480	1	1415	0.07	99.16
480<=<495	1	1416	0.07	99.23
495<=<525	1	1417	0.07	99.30
525<=<555	1	1418	0.07	99.37
555<=<585	1	1419	0.07	99.44
585<=<660	1	1420	0.07	99.51
660<=<675	1	1421	0.07	99.58
675<=<750	1	1422	0.07	99.65
750<=<780	1	1423	0.07	99.72
780<=<825	1	1424	0.07	99.79
825<=<1365	1	1425	0.07	99.86
1365<=<1560	1	1426	0.07	99.93
1560<=<5310	1	1427	0.07	100.00

Построение гистограммы относительных частот выборки
Построение гистограммы эмпирической функции распределения

Рисунок 40 – Статистический ряд интервала времени прихода между запросами на примере веб-приложения PZDFINN



Рисунок 41 – Гистограмма плотности распределения интервала времени прихода между запросами на примере веб-приложения PZDFINN



**Рисунок 42 –Эмпирическая функция распределения интервала времени
прихода между запросами на примере веб-приложения PZDFINN**

По полученным гистограммам плотности распределения времени прихода запросов в АСУ «Экспресс-3» можно сказать, что более 60% запросов к исследуемому АРМ приходят через каждые 30 секунд. Особо важно исследовать проблему обработки запросов при одновременной работе пользователей с веб-приложениями, так как в среде АБД АСУ «Экспресс-3» большая интенсивность поступления запросов от пользователей. При аварийной перезагрузке веб-сервера АСУ «Экспресс-3», которая длится в течение 60 секунд, пользователи не смогут запустить запросы к системе. За счет таких ситуаций уменьшается общее количество обработанных запросов в АСУ «Экспресс-3».

Статистические ряды, гистограммы плотности распределения и эмпирические функции распределения интервала времени прихода между запросами к АРМ NEWSPN, RMEST представлены в приложении 2.

Гистограммы эмпирических функции распределения исследуемой величины веб-приложений PZDFINN, NEWSPN, RMEST понадобятся для расчета случайных величин с эмпирическими значениями, которые при имитационном моделировании обработки запросов в АСУ «Экспресс-3» будут характеризовать интенсивность поступления запросов от пользователей. Расчет случайных величин с эмпирическими значениями будет проводиться с использованием метода обратной функции [55, с.18].

Результаты исследования интенсивности поступления запросов пользователей опубликованы в статье [56].

3.7 Заключение

В настоящей главе описана предлагаемая технология обработки запросов в АСУ «Экспресс-3», обращающихся к АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN), «Корреспонденции» (RMEST), «Отчеты по поездкам» (OTCPZD) и «Результаты работы поездов по дорогам» (NEWSPN). Данная технология основана на методе классификации запросов пользователей.

В АСУ «Экспресс-3» предлагается выделить 2 класса запросов:

класс *A* – совокупность запросов пользователей, которые будут обрабатываться в диалоговом режиме (режим обработки запросов «online»);

класс *B* – совокупность запросов пользователей, которые будут обрабатываться в пакетном режиме (режим обработки запросов «offline» без ограничения на время обработки).

Предлагается метод определения классов запросов к АРМ путем классификации в пространстве индексных переменных запроса.

Предложена математическая модель, позволяющая определить характеристики производительности существующей системы на основе простейшего входного потока запросов смешанного типа с интенсивностью поступления λ .

Найдены важнейшие характеристики производительности системы: распределение периода до аварийной перезагрузки, среднее число обработанных и потерянных запросов на одном таком периоде, среднее число периодов безаварийной работы и аварийной перезагрузки системы за 1 сутки, вероятность успешной обработки произвольного запроса и среднее время неработоспособности веб-сервера за 1 сутки.

Глава 4. Анализ результатов исследований и выработка рекомендаций по повышению эффективности обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками

Для анализа существующей обработки запросов и обработки запросов с применением предлагаемой технологии сортировки необходимо проводить различные эксперименты в реальном масштабе времени. Для этого в первой части данной главы описаны блок-схемы и эксперименты над соответствующими имитационными моделями.

Вторая часть данной главы посвящена оценке эффективности обработки запросов с применением предлагаемой технологии сортировки по аналитической модели. Для оценки эффективности предлагаемой технологии используется целевая функция на основе введенного критерия, который представляет собой взвешенную сумму двух показателей: среднее время обработки запроса и среднее число необработанных запросов в результате аварийной перезагрузки (1). Эффективность применения технологии сортировки в исследуемом процессе определяется численными значениями эффекта и относительного эффекта, характеризующие величину достигнутого результата относительно существующей системы.

Третья часть главы посвящена сравнению результатов, полученных в ходе 8 групп экспериментов над имитационными моделями существующей обработки запросов в АСУ «Экспресс-3» и обработки запросов с применением технологии сортировки. Приведена оценка эффективности предлагаемой технологии на основе результатов имитационных экспериментов.

В четвертой части главы представлены результаты программной реализации технологии сортировки на примере работы АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN) и АРМ «Отчеты по поездкам» (OTCPZD).

В пятой части главы представлены результаты внедрения предлагаемой технологии сортировки в процесс обработки запросов пользователей в АСУ

«Экспресс-3». Анализ работы проводился с помощью разработанного АРМ «Мониторинг работы веб-приложений». Также на основе проведенных в диссертации исследований, анализа результатов имитационного моделирования описанных выше процессов и анализа опытных результатов применения разработанной технологии сортировки выработаны рекомендации по дальнейшему внедрению и использованию разработанной технологии в промышленной эксплуатации в среде АБД АСУ «Экспресс-3».

4.1 Имитационное моделирование обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками

Имитационное моделирование и инструментальная среда AnyLogic

Для исследования обработки запросов к одному веб-ресурсу необходимо проводить различные эксперименты в реальном масштабе времени (с изменениями количества пользователей, частоты поступления запросов и т.д.).

Моделирование – способ замены исследуемой системы на наиболее простую модель, которая описывает реальную систему. Имитационная модель представляет собой компьютерную программу, с помощью которой можно воспроизвести поведение реальной системы и получить статистические данные по ее функциональным аспектам, изменяя входной набор данных [57, 58]. Результатом имитационного моделирования является принятие обоснованных управленческих решений.

AnyLogic является современным и уникальным средством имитационного моделирования, поддерживающим как дискретно-событийные подходы к моделированию, так и непрерывные [59, 60].

Этапы моделирования

При проведении экспериментов с использованием имитационной модели необходимо пройти следующие этапы:

- Определение цели моделирования. Целью моделирования является сравнительная оценка эффективностей существующей обработки запросов

пользователей и обработки запросов с применением технологии сортировки по входным параметрам.

- Разработка имитационной модели в графическом редакторе Anylogic. С использованием визуального программирования имеется возможность построения графических объектов и пиктограмм иерархий структуры системы.

- Реализация логики вычислений и поведения системы с использованием объектно-ориентированного языка программирования Java.

- Компиляция имитационной модели встроенным компилятором AnyLogic. Все объекты, введенные пользователем в графическом редакторе, компилируются в конструкции языка Java, затем компилируется вся разработанная программа в исполняемый код.

- Запуск на выполнение. В среде AnyLogic имеются 2 режима запуска имитационной модели: в режиме виртуального времени и в режиме реального времени. Режим виртуального времени означает, что процессор работает с максимальной скоростью в независимости от физического времени. Это позволяет набирать статистику, оптимизировать параметры модели, анализировать факторы, влияющие на работу модели. Режим реального времени устанавливает ограничение на скорость работы процессора, задавая при этом количество единиц модельного времени в 1 секунду работы процессора. Это позволяет подробно изучить функционирование системы в реальном темпе.

- Наблюдение за поведением модели, изменяя при этом функциональные параметры. Все графические элементы среды AnyLogic являются динамическими, так как зависят от переменных и параметров, которые изменяются во время работы модели.

- Получение статистических результатов в различных формах. Элементы управления имитационной модели, такие как графики и гистограммы различных типов, позволяют оценивать эффективность принимаемых решений.

4.1.1 Имитационная модель существующей обработки запросов в АСУ «Экспресс-3»

Ранее в диссертации в части 3.3 на основе метода классификации запросов были выделены классы запросов А и В. В имитационной модели в качестве веб-приложений будем использовать АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN) и АРМ «Отчеты по поездкам» (OTCPZD), так как для остальных АРМ запросы со временем обработки больше T_{max} не выявлены.

Существующая обработка запросов пользователей, обращающихся к одному АРМ, проходит по следующему алгоритму:

- пользователь вводит параметры на стартовой странице АРМ для получения результирующей информации;
- пользователь отправляет подготовленные запросы на обработку в АБД АСУ «Экспресс-3»;
- для каждого запроса в веб-сервере АСУ «Экспресс-3» выделяется отдельный канал обслуживания (очередь на обслуживание не создается);
- сервер АСУ «Экспресс-3» обрабатывает прибывший запрос.

Далее алгоритм разбивается на 2 варианта:

- 1 вариант: время обработки запроса меньше T_{max} ($T_{max}=30$ мин):
 - после обработки запроса АСУ «Экспресс-3» формирует результирующую информацию и предоставляет ее пользователю;
- 2 вариант: время обработки запроса больше T_{max} :
 - обработка запроса длится в течение T_{max} ;
 - аварийное прекращение обработки всех текущих запросов в веб-сервере АСУ «Экспресс-3» (потеря обрабатывающихся и поступающих запросов);
 - перезагрузка веб-сервера АСУ «Экспресс-3» в течение $t_{ав.}$ ($t_{ав.}=60$ с).

При создании имитационной модели задается режим реального времени с выполнением одной единицы модельного времени (под единицей

модельного времени понимается одна секунда работы веб-сервера АСУ «Экспресс-3»). Общая продолжительность модельного времени соответствует 4 часам интенсивной работы веб-сервера (14400 с).

Для создания блок-схемы модели используются следующие элементы [61]:

- источник (*source*) – генерирует запросы пользователей определенного типа через заданный интервал времени. В нашей модели для каждого исследуемого АРМ время генерации будет подчиняться полученным в ходе исследования эмпирическим законам распределения интервала времени прихода между запросами пользователей.

- Сервис (*service*) – удерживает запросы на определенное время. Количество одновременно удержанных запросов не должно быть больше вместимости объекта «пропускная способность» (*capacity*). Для каждого исследуемого АРМ время задержки подчиняется полученным в ходе исследования эмпирическим функциям распределения времени обработки запросов. Для каждого запроса вычисляется время задержки отдельно и независимо друг от друга. Запрос покидает объект «сервис», как только время задержки истекает.

- Вместимость объекта «сервис» может изменяться с помощью объекта «агенты» (*agents*). Для нашей задачи объект «агенты» моделирует каналы обслуживания, и их количество соответствует общему количеству запросов, отправляемых пользователями в течение суток.

- Приемник данных (*sink*) – представляет собой конечную точку потока запросов, который автоматически подсчитывает количество входящих запросов.

Для задания алгоритмов обработки данных в графическом стиле структурированного программирования среда AnyLogic поддерживает диаграммы действий. Алгоритм разбивается на подразделы с одной точкой входа, при этом используются только 3 типа операций: упорядочивание, повторение и выбор. Алгоритм работы имитационной модели,

представляющий существующую обработку запросов в среде АБД АСУ «Экспресс-3», представлен диаграммой действий на рисунке 43.

Для повышения информативности имитационной модели использовались графики, которые автоматически выводятся в поле модели. Первый график характеризует динамику изменения времени между поступлениями запросов, а второй график – динамику изменения времени обработки запросов. Для оценки времени обработки запросов, поступающих от пользователей, строится гистограмма. В существующей обработке запросов, обращающихся к исследуемым АРМ, предусмотрено аварийное прекращение обработки всех текущих запросов и перезагрузка веб-сервера АСУ «Экспресс-3». Сектора круговой диаграммы показывают количество запросов обработанных и необработанных.

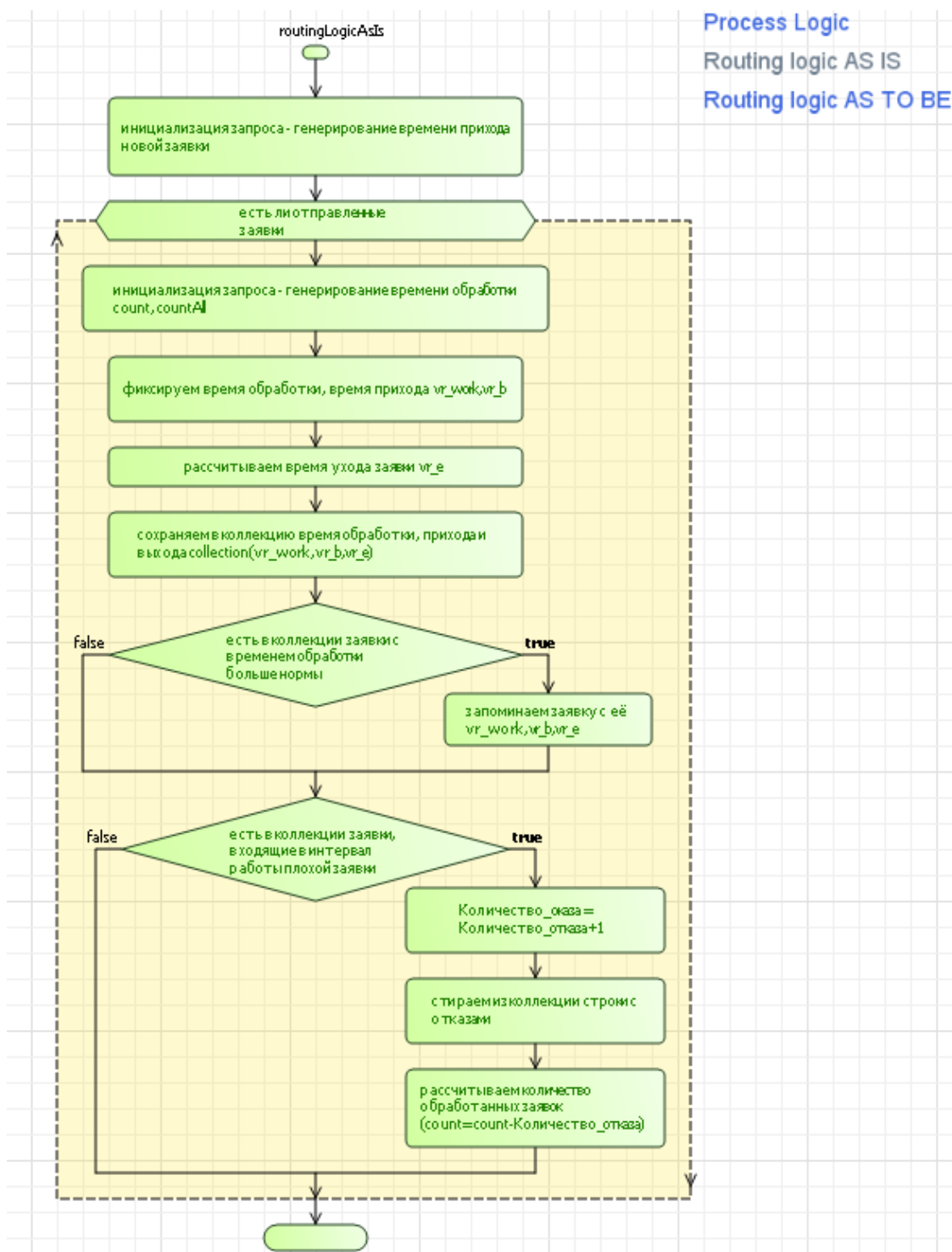


Рисунок 43 – Алгоритм существующей обработки запросов пользователей в АСУ «Экспресс-3»

Оценка эффективности существующей обработки запросов в АСУ «Экспресс-3» по введенному критерию в значительной степени зависит от следующих параметров:

– общее количество запросов, отправленных пользователями на обработку ($C_{общ.}$);

- интенсивность поступления запросов ($\lambda_{\text{пост.}}$);
- количество запросов со временем обработки меньше T_{max} ($C_{\text{норм.}}$);
- количество запросов со временем обработки больше T_{max} ($C_{\text{не норм.}}$);
- количество обработанных запросов ($C_{\text{обр.}}$);
- количество необработанных запросов ($C_{\text{необр.}}$);
- среднее время обработки запросов ($t_{\text{ср.}}$);
- среднее число необработанных запросов в результате аварийной перезагрузки ($k_{\text{ср.}}$).

Во время работы имитационной модели можно просматривать текущие значения переменных и параметров, которые отображаются под метками с их именами.

Эксперименты над имитационной моделью проводят по специальным сценариям. При составлении сценариев по опытам необходимо прописать все комбинации параметров и переменных. Это позволит при ограниченном числе испытаний получить достоверную информацию о закономерностях функционирования имитационной модели и выбрать оптимальный план эксперимента.

Имитационная модель существующей обработки запросов пользователей, обращающихся к АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN) в течение заданных суток, изображена на рисунке 44.



Рисунок 44 – Имитационная модель существующей обработки запросов

Для проведения экспериментов по отлаженной программе была составлена таблица 19, которая содержит перечень опытов с указанием комбинаций переменных и параметров [62, 63]. Результаты экспериментов №1 и №3 характеризуют действующую на сегодняшний день обработку запросов пользователей, обращающихся к исследуемым АРМ. Используя ежегодные статистические данные об увеличении интенсивности поступления запросов в АБД АСУ «Экспресс-3, в расчетах для экспериментов №2 и №4 $\lambda_{\text{общ.}}$ увеличиваем в 1,75 раза [9]. Эксперименты №2 и №4 показывают результаты исследуемой обработки запросов с измененными характеристиками.

Предложенный перечень экспериментов позволяет при сравнительно небольшом числе испытаний модели получить достоверные данные о закономерностях функционирования системы, а также определить недостатки существующей обработки запросов пользователей [64].

Таблица 19 – Эксперименты, проводимые над существующей обработкой запросов в АСУ «Экспресс-3»

№ эксперимента	Параметр эксперимента	Значение параметра эксперимента
1	Наименование веб-ресурса	АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN)
	Количество моделируемых запросов	26000
	Закон распределения интенсивности поступления запросов	Эмпирический закон распределения интервала времени между поступлением всех запросов
	Закон распределения времени обработки запросов	Эмпирический закон распределения времени обработки всех запросов
2	Наименование веб-ресурса	АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN)
	Количество моделируемых запросов	45000
	Закон распределения интенсивности поступления запросов	Эмпирический закон распределения интервала времени между поступлением всех запросов
	Закон распределения времени обработки запросов	Эмпирический закон распределения времени обработки всех запросов
3	Наименование веб-ресурса	АРМ «Отчеты по поездкам. Опытная эксплуатация» (OTCPZD)
	Количество моделируемых запросов	26000
	Закон распределения интенсивности поступления запросов	Эмпирический закон распределения интервала времени между поступлением всех запросов
	Закон распределения времени обработки запросов	Эмпирический закон распределения времени обработки всех запросов
4	Наименование веб-ресурса	АРМ «Отчеты по поездкам. Опытная эксплуатация» (OTCPZD)
	Количество моделируемых запросов	45000
	Закон распределения интенсивности поступления запросов	Эмпирический закон распределения интервала времени между поступлением всех запросов
	Закон распределения времени обработки запросов	Эмпирический закон распределения времени обработки всех запросов

Результаты экспериментов над имитационной моделью существующей обработки запросов

Проведены эксперименты с имитационной моделью, целью которых являлось определение основных параметров, характеризующих эффективность существующей обработки запросов. Результаты экспериментов сведены в таблицу 20 [65] и опубликованы в статье [66].

Таблица 20 – Результаты экспериментов над имитационной моделью
существующей обработки запросов

Параметры имит. модели	Код параметра	Числовые значения			
		PZDFINN		OTCPZD	
		Экс. №1	Экс. №2	Экс. №3	Экс. №4
Общее количество моделируемых запросов	$C_{общ.}$	26000	45000	26000	45000
Интенсивность поступления запросов ($1/c$)	λ	1,78	3,12	1,78	3,12
Количество запросов со временем обработки $< T_{max}$	$C_{норм.}$	25998	44995	25996	44991
Количество запросов со временем обработки $\geq T_{max}$	$C_{не норм.}$	2	5	4	9
Количество обработанных запросов	$C_{обр.}$	25781	44035	25566	43280
Количество необработанных запросов	$C_{необр.}$	219	965	434	1720
Среднее время обработки запросов (с)	$t_{ср.}$	7,18	7,32	28,2	28,5
Среднее число необработанных запросов	$k_{ср.}$	109,5	193	108,5	191,2

4.1.2 Имитационная модель обработки запросов с применением технологии сортировки в АСУ «Экспресс-3»

После ввода пользователем параметров запроса на обработку начинает работать технология сортировки, применение которой позволит изменить технологию обработки запросов в АСУ «Экспресс-3». При этом данный процесс проходит по следующему алгоритму:

- пользователь вводит параметры на стартовой странице АРМ для получения результирующей информации;
- пользователь отправляет подготовленный запрос на обработку в АСУ «Экспресс-3»;
- запускается технология сортировки, которая определяет принадлежность запроса к выделенным классам.

Далее схема разбивается на 2 варианта:

I вариант. *Введенный пользователем запрос принадлежит объекту класса A.*

- Обработка запроса пользователя в диалоговом режиме.

II вариант. *Введенный пользователем запрос принадлежит объекту класса B.*

- технология сортировки не пропускает запрос пользователя на обработку и на получение результирующей информации в диалоговом режиме;
- пользователю выводится на экран сообщение об отсутствии возможности получения результирующей информации в диалоговом режиме и о сохранении параметров запроса к текущему веб-приложению в соответствующем log-журнале.

В разрабатываемой имитационной модели, как и при моделировании существующей обработки запросов к одному веб-ресурсу, зададим продолжительность модельного времени равную 4 часам работы веб-сервера (14400 единицам).

Блок-схема состоит из следующих элементов:

- источник (*source*) – генерирует запросы пользователей определенного типа через заданный интервал времени. В нашей модели для каждого исследуемого АРМ время генерации будет подчиняться полученным в ходе исследования эмпирическим законам распределения интервала времени прихода между запросами пользователей.
- Сервис №1 (*service1*) – представляет собой разработанную online сортировку, которая определяет тип текущего запроса. Опытным путем установлено, что среднее время задержки заявки в данном блоке соответствует значению 0.01 секунды.
- Выбор выхода (*selectOutput*) – распределяет запросы в один из двух выходных портов в зависимости от поставленного условия. Для разрабатываемой имитационной модели условием распределения является

принадлежность запроса к определенному классу. После распределения запрос покидает объект в тот же момент времени.

В случае принадлежности текущего запроса к классу А, запрос отправляется на обработку в элемент Сервис (*service*):

– Сервис (*service*) – удерживает запросы на заданное время. Для каждого исследуемого АРМ время задержки подчиняется полученным в ходе исследования эмпирическим законам распределения времени обработки запросов. Для каждого запроса вычисляется время обработки отдельно и независимо друг от друга. Запрос покидает объект «сервис», как только время обработки истекает.

В случае принадлежности текущего запроса к классу В, запрос отправляется на обработку в элемент «Сервис №2»(*service2*):

– Сервис №2 (*service2*) – представляет собой разработанную online сортировку, которая записывает входные параметры запроса в соответствующий log-журнал. Опытным путем установлено, что среднее время задержки в данном блоке 0.5 секунд.

– Вместимость объектов «*service*», «*service1*», «*service2*» может изменяться с помощью объектов *Channels Obrabotka*, *Channels* и *Channels Zapis*, которые предоставляют соответствующим объектам «*Service*» ресурсы. В нашей задаче моделируются каналы обслуживания и их количество равно общему количеству запросов, посылаемых пользователями в течение суток.

– Приемник данных (*sink*) – представляет собой конечную точку потока запросов, которая автоматически подсчитывает количество входящих запросов.

Алгоритм работы имитационной модели обработки запросов с применением технологии сортировки представлен следующей диаграммой действий на рисунке 45.

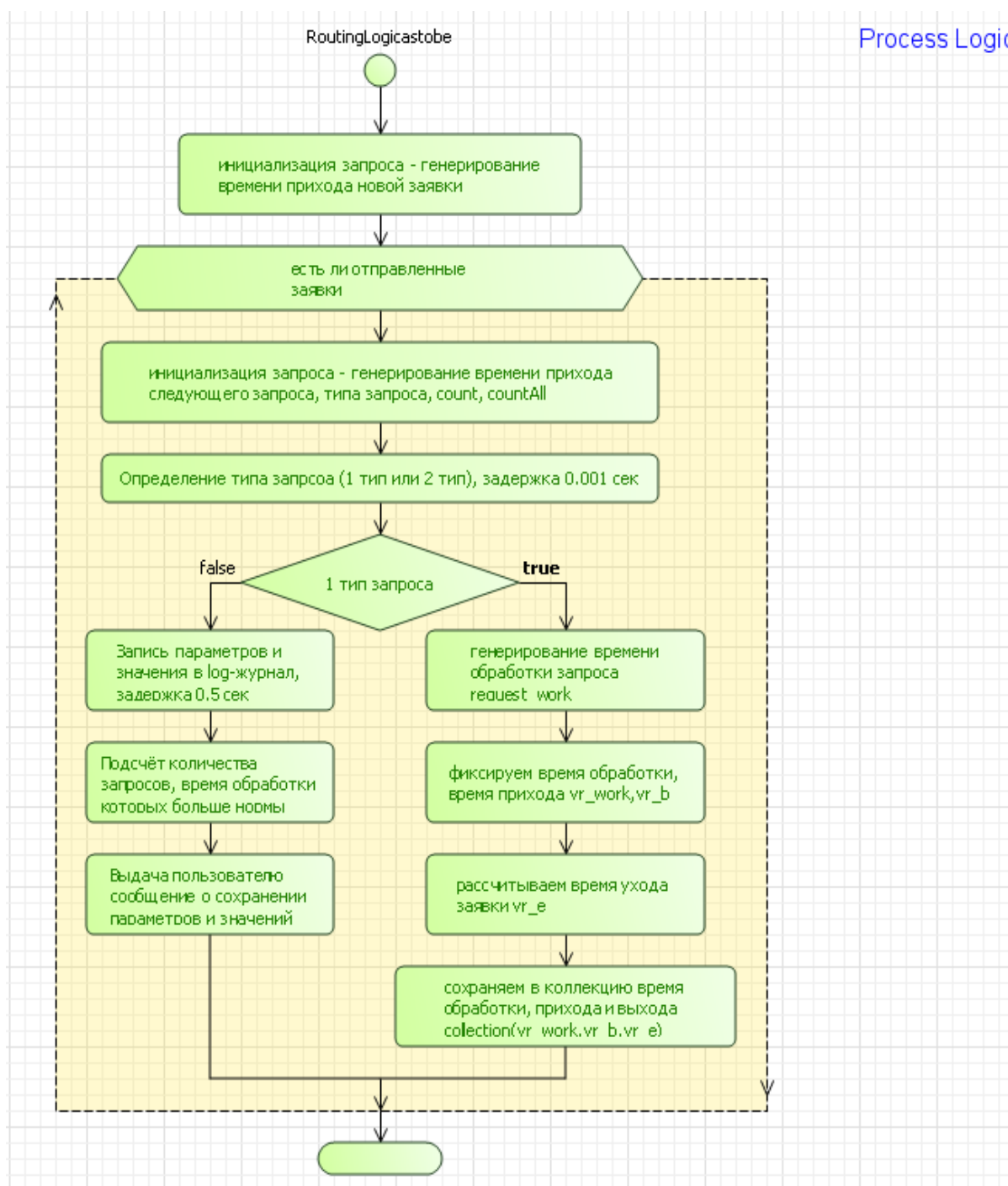


Рисунок 45 – Алгоритм обработки запросов в АСУ «Экспресс-3» с применением технологии сортировки

Основной целью использования альтернативной имитационной модели является повышение эффективности обработки запросов по введенному критерию (1).

Исходные данные и условия для проведения экспериментов будут соответствовать экспериментам, проведенным над имитационной моделью существующей обработки запросов в АСУ «Экспресс-3» (часть 4.1.1).

Созданная имитационная модель позволит сравнить результаты экспериментов и выбрать оптимальный способ обработки запросов в АСУ «Экспресс-3».

Имитационная модель обработки запросов с применением технологии сортировки для АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN) изображена на рисунке 46.

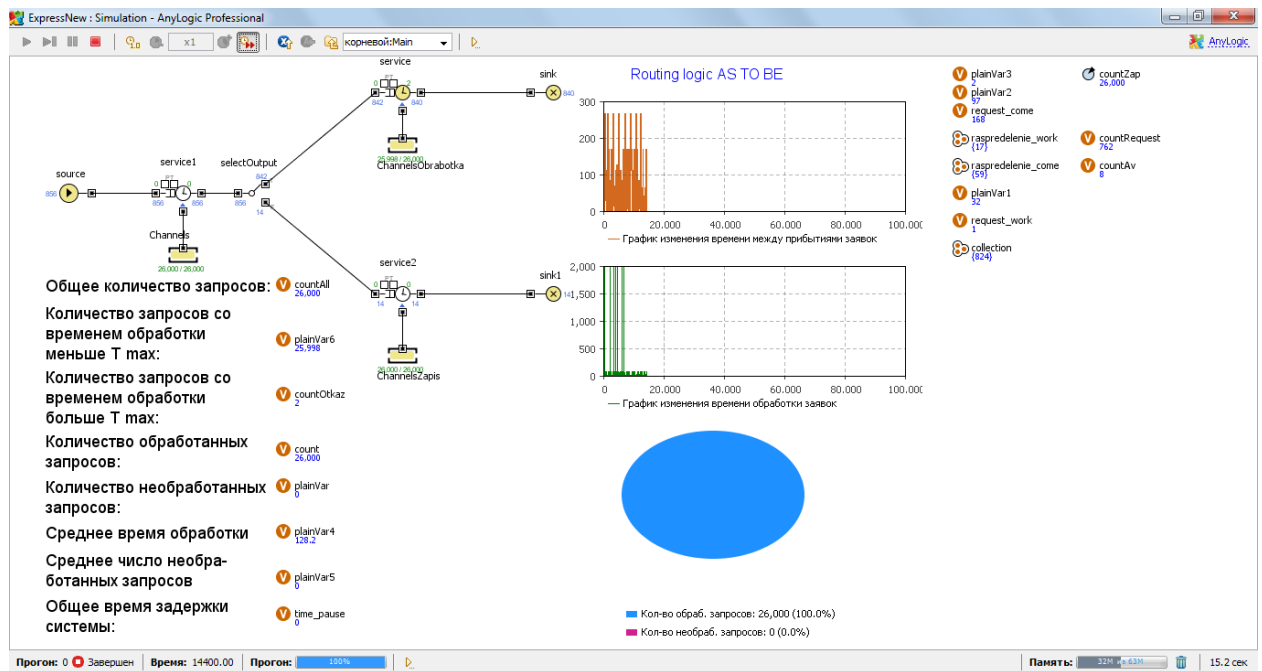


Рисунок 46 – Имитационная модель обработки запросов с применением технологии сортировки

Результаты экспериментов над имитационной моделью обработки запросов с применением технологии сортировки

Проведены эксперименты над имитационной моделью, целью которых являлось определение основных параметров, характеризующих эффективность обработки запросов по введенному критерию. Результаты экспериментов сведены в таблицу 21 [65] и опубликованы в статье [67].

Таблица 21 – Результаты экспериментов над имитационной моделью обработки запросов с применением технологии сортировки

Параметры имит. модели	Код параметра	Числовые значения			
		PZDFINN		OTCPZD	
		Экс. №5	Экс. №6	Экс. №7	Экс. №8
Общее количество моделируемых запросов	<i>C_{общ.}</i>	26000	45000	26000	45000

Параметры имит. модели	Код параметра	Числовые значения			
		PZDFINN		OTCPZD	
		Экс. №5	Экс. №6	Экс. №7	Экс. №8
Интенсивность поступления запросов ($1/c$)	λ	1,78	3,12	1,78	3,12
Количество запросов со временем обработки $< T_{\max}$	$C_{\text{норм.}}$	25998	44995	25996	44991
Количество запросов со временем обработки $\geq T_{\max}$	$C_{\text{не норм.}}$	2	5	4	9
Количество обработанных запросов	$C_{\text{обр.}}$	26000	44808	26000	45000
Количество необработанных запросов	$C_{\text{необр.}}$	0	192	0	0
Среднее время обработки запросов (с)	$t_{\text{ср.}}$	128,2	151,2	171,4	170,3
Среднее число необработанных запросов	$k_{\text{ср.}}$	0	192	0	0

4.2 Оценка эффективности обработки запросов в АСУ «Экспресс-3» с применением технологии сортировки на основе аналитической модели

В 3.3 для АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN) выделены 20 объектов, запускаемых пользователями на обработку. Основываясь на таблицу 12, с помощью АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» для каждого объекта определены вероятности их появления из всей совокупности возможных объектов (Таблица 22). По правилу классификации по каждому объекту рассчитывается критерий с учетом вероятности появления такого объекта для существующей обработки запросов по формуле:

$$F_j = P(x^{(j)}) \cdot (P_{\text{норм.}}(x^{(j)}) \cdot t_{j \text{обр.ср.}} \cdot \alpha_1 + P_{\text{не норм.}}(x^{(j)}) \cdot k_{j \text{ср.}} \cdot \alpha_2), \quad (67)$$

для обработки запросов с применением технологии сортировки по формуле:

$$F^*_j = P(x^{(j)}) \cdot \min[F(x^{(j)})|_{x^{(j)} \in A}; F(x^{(j)})|_{x^{(j)} \in B}], \quad (68)$$

где $P_{\text{норм.}}(x^{(j)})$ – вероятность появления объекта $x^{(j)}$ со временем обработки меньше T_{max} ;

$P_{\text{не норм.}}(x^{(j)})$ – вероятность появления объекта $x^{(j)}$ со временем обработки больше T_{max} ;

$t_{j \text{ обр. ср.}}$ – среднее время обработки j -го объекта, $1 \leq j \leq R$ (Таблица 3),

$k_{j \text{ ср.}}$ – среднее число необработанных запросов, связанных с обработкой j -го объекта в диалоговом режиме.

В 3.3 для АРМ «Отчеты по поездкам» (ОТСРЗД) выделены 4 объекта, запускаемых пользователями на обработку. Основываясь на таблицу 15, с помощью АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» для каждого объекта определены вероятности их появления из всей совокупности возможных объектов (Таблица 23). По правилу классификации по каждому объекту рассчитывается критерий с учетом вероятности появления такого объекта для существующей обработки запросов по формуле (67), а для обработки запросов с применением технологии сортировки по формуле (68):

Таблица 22 – Расчет критерия для существующей обработки запросов и обработки запросов с применением технологии сортировки на основе аналитической модели для АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты»

№ запроса, j	Переменные, x_j			Вероятность появления j-го объекта, $P(x^{(j)})$	$\tilde{P}(A/x^{(j)})$	$\tilde{P}(B/x^{(j)})$	Среднее время обработки, $t_{j \text{ обр. ср.}} (с)$	Среднее время обработки, $t_{j \text{ обр. ср.}}^* (с)$	Ср. число потер. запросов, $k_{j \text{ ср.}}$	Ср. число потер. запросов, $k_{j \text{ ср.}}^*$	Критерий, F_j	Критерий, F_j^*
	x_1	x_2	x_3									
1	0	0	0	0,185	1	0	2	2	0	0	0,00148	0,00148
2			1	0,025	1	0	2,8	2,8	0	0	0,00028	0,00028
3			2	0,026	1	0	1,8	1,8	0	0	0,00019	0,00019
4		1	0	0,019	1	0	93,4	93,4	0	0	0,0071	0,0071
5			1	0,0057	1	0	97,2	97,2	0	0	0,0022	0,0022
6			1	0,025	1	0	104	104	0	0	0,0104	0,0104
7		2	2	0,163	1	0	110,4.	110,4.	0	0	0,072	0,072
8	1	0	0	0,013	1	0	316,2	316,2	0	0	0,0164	0,0164
9			1	0,006	1	0	363,2	363,2	0	0	0,0087	0,0087
10			2	0,0021	0,8	0,2	1689,4	1689,4	109,88	109,88	0,05712	0,05712
11		1	0	0,0008	0,2	0,8	1695	14400	109,88	0	0,071	0,046
12			2	0,0028	0	1	0	14400	109,88	0	0,306	0,16
13		2	2	0,0043	0	1	0	14400	109,88	0	0,47	0,248
14	2	0	0	0,173	1	0	10,76	10,76	0	0	0,0074	0,0074
15			1	0,016	1	0	57,2	57,2	0	0	0,0037	0,0037
16			2	0,021	1	0	54	54	0	0	0,0045	0,0045
17		1	0	0,0003	1	0	63,8	63,8	0	0	0,00008	0,00008

№ запроса, j	Переменные, x_j			Вероятность появления j-го объекта, $P(x^{(j)})$	$\tilde{P}(A/x^{(j)})$	$\tilde{P}(B/x^{(j)})$	Среднее время обработки, $t_{j \text{обр.ср.}} (с)$	Среднее время обработки, $t_{j \text{обр.ср.}}^* (с)$	Ср. число потер. запросов, $k_{j \text{ср.}}$	Ср. число потер. запросов, $k_{j \text{ср.}}^*$	Критерий, F_j	Критерий, F_j^*
	x_1	x_2	x_3									
18			1	0,048	1	0	101,2	101,2	0	0	0,0194	0,0194
19			2	0,106	1	0	73	73	0	0	0,0309	0,0309
20		2	2	0,158	1	0	147,4	147,4	0	0	0,093	0,093

Таблица 23 – Расчет критерия для существующей обработки запросов и обработки запросов с применением технологии сортировки на основе аналитической модели для АРМ «Отчеты по поездкам»

№ запроса, j	Переменные, x_j		Вероятность появления j-го объекта, $P(x^{(j)})$	$\tilde{P}(A/x^{(i)})$	$\tilde{P}(B/x^{(i)})$	Среднее время обработки, $t_{j \text{обр.ср.}} (с)$	Среднее время обработки, $t_{j \text{обр.ср.}}^* (с)$	Ср. число потер. запросов, $k_{j \text{ср.}}$	Ср. число потер. запросов, $k_{j \text{ср.}}^*$	Критерий, F_j	Критерий, F_j^*
	x_1	x_2									
1	0	0	0,274	1	0	11,6	11,6	0	0	0,013	0,013
2	0	1	0,081	1	0	45	45	0	0	0,01458	0,01458
3	1	0	0,293	0,2	0,8	1759,6	14400	109,88	0	26,06	16,88
4	1	1	0,353	0	1	0	14000	109,88	0	38,63	20,33

Оценка эффективности применения технологии сортировки при обработке запросов по введенному критерию определяется численными значениями эффекта и относительного эффекта, характеризующие величину достигнутого результата относительно существующей системы [36]. Используются формулы:

$$E = F - F^*, \quad (69)$$

$$E^* = \frac{E \cdot 100\%}{F}, \quad (70)$$

где E – эффект,

E^* – относительный эффект,

F – критерий эффективности существующей обработки запросов,

F^* – критерий эффективности обработки запросов с применением технологии сортировки.

Значения критериев для обработки рассчитываются по формулам соответственно:

$$F = \sum_{j=1}^R F_j \quad (71)$$

$$F^* = \sum_{j=1}^R F_j^* \quad (72)$$

Результаты расчетов эффекта и относительного эффекта для обработки запросов на основе аналитической модели сведены в таблицу 24.

Таблица 24 – Оценка эффективности применения технологии сортировки запросов по аналитической модели

АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN)		
	Существ. обраб. запр.	Обраб. запр. с техн-ей сортировки
Критерий эффективности F, F^*	1,181	0,7881
Эффект E	0,3929	
Относительный эффект E^*	33,24%	
АРМ «Отчеты по поездкам» (OTCPZD)		
Критерий эффективности F, F^*	64,72	37,24
Эффект E	27,48	
Относительный эффект E^*	42,46%	

Применение технологии сортировки при обработке запросов по аналитической модели повышает эффективность на величину порядка 30-40%.

Эффект достигнут благодаря использованию предложенного метода классификации, по результатам которого запросы класса *B* обрабатываются в пакетном режиме.

4.3 Оценка эффективности обработки запросов с применением технологии сортировки на основе имитационных моделей

Оценка эффективности применения технологии сортировки при обработке запросов по введенному критерию определяется численными значениями эффекта и относительного эффекта, характеризующие величину достигнутого в ходе экспериментов результата относительно существующей системы [36]. Используются формулы:

$$E_i = F_i - F_i^*, \quad (73)$$

где i – порядковый номер эксперимента в имитационных моделях исследуемых процессов;

E_i – эффект i -го эксперимента,

F_i – критерий эффективности i -го эксперимента в существующей обработке запросов,

F_i^* – критерий эффективности i -го эксперимента в обработке запросов с применением технологии сортировки.

$$E_i^* = \frac{E_i \cdot 100\%}{F_i}, \quad (74)$$

E_i^* – относительный эффект i -го эксперимента.

Итоговый критерий эффективности существующей обработки запросов (Экс. №1, Экс. №2, Экс. №3, Экс. №4) по критерию рассчитывается по формуле:

$$F_i = P_{i \text{ норм.}} \cdot t_{i \text{ обр. ср.}} \cdot \alpha_1 + P_{i \text{ не норм.}} \cdot k_{i \text{ ср.}} \cdot \alpha_2, \quad (75)$$

где $P_{i \text{ норм.}}$ – вероятность появления запросов со временем обработки меньше T_{max} в i -ом эксперименте;

$P_{i \text{ не норм.}}$ — вероятность появления запросов со временем обработки больше T_{max} в i -ом эксперименте;

$t_{i \text{ обр. ср.}}$ — среднее время обработки запросов в i -ом эксперименте;

$k_{i \text{ ср.}}$ — среднее число потерянных запросов в i -ом эксперименте в результате аварийной перезагрузки.

Итоговый критерий эффективности обработки запросов с применением технологии сортировки (Экс. №5, Экс. №6, Экс. №7, Экс. №8) по введенному критерию рассчитывается по формуле:

$$F_i^* = P_{i \text{ норм.}}(A) \cdot t_{i \text{ обр. ср.}} \cdot \alpha_1 + P_{i \text{ не норм.}}(A) \cdot k_{i \text{ ср.}} \cdot \alpha_2 + P_{i \text{ норм.}}(B) \cdot t_{i \text{ обр. ср. пак.}} \cdot \alpha_1 + P_{i \text{ не норм.}}(B) \cdot t_{i \text{ обр. ср. пак.}} \cdot \alpha_1, \quad (76)$$

где $P_{i \text{ норм.}}(A)$ — вероятность обработки в диалоговом режиме запросов со временем обработки меньше T_{max} в i -ом эксперименте;

$P_{i \text{ не норм.}}(A)$ — вероятность обработки в диалоговом режиме запросов со временем обработки больше T_{max} в i -ом эксперименте;

$P_{i \text{ норм.}}(B)$ — вероятность обработки в пакетном режиме запросов со временем обработки меньше T_{max} в i -ом эксперименте;

$P_{i \text{ не норм.}}(B)$ — вероятность обработки в пакетном режиме запросов со временем обработки больше T_{max} в i -ом эксперименте.

Для обработки запросов в АСУ «Экспресс-3» необходимо выбрать ту технологию, оценка эффективности которой по критерию будет минимальна.

Результаты расчетов эффекта и относительного эффекта сведем в таблицу 25, при составлении которой использовались формулы (73)-(76) [68, 69].

Как видно из таблиц, итоговые критерии эффективности по введенному критерию меньше для экспериментов с применением технологии сортировки (Экс. №5, Экс. №6, Экс. №7, Экс. №8), чем для экспериментов с существующей обработкой запросов (Экс. №1, Экс. №2, Экс. №3, Экс. №4).

Таблица 25 – Оценка эффективности применения технологии сортировки запросов по имитационным моделям

АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN)				
	Экс. №1	Экс. №5	Экс. № 2	Экс. №6
Итоговый критерий эффективности $F_{\text{итог}}, F_{\text{итог}}^*$	0,9005	0,4888	1,567	0,8105
Эффект E_i	0,4117		0,756	
Относительный эффект E_i^*	45,7%		48,3%	
АРМ «Отчеты по поездкам» (OTCPZD)				
	Экс. №3	Экс. №7	Экс. №4	Экс. №8
Итоговый критерий эффективности $F_{\text{итог}}, F_{\text{итог}}^*$	1,19	0,688	2,02	0,693
Эффект E_i	0,502		1,327	
Относительный эффект E_i^*	42,18%		65,7%	

По результатам видно, что при существующей интенсивности поступления запросов оценка эффективности обработки запросов пользователей в экспериментах с применением технологии сортировки (Экс.№5, Экс.№7) на величину порядка 40% больше. При увеличении интенсивности поступления запросов в 1,75 раз оценка эффективности обработки запросов в экспериментах с применением технологии сортировки (Экс.№6, Экс.№8) на величину порядка 50% и 60% больше соответственно. Результаты экспериментов опубликованы в статье [70].

Эффект достигнут благодаря использованию предложенного метода классификации, по результатам которого запросы класса *B* обрабатываются в пакетном режиме.

4.4 Реализация технологии сортировки запросов в обработке запросов в АСУ «Экспресс-3»

Технология сортировки представляет собой java класс (AnalisisParam.java). Процесс сортировки запроса начинается после ввода пользователем входных параметров на стартовой странице АРМ (Рисунок 47).

В программный класс от АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN) и АРМ «Отчеты по поездкам» (OTCPZD) передаются все входные параметры, которые ввел пользователь.

Рисунок 47 – Рабочее окно АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN)

Далее, определив путь для записи параметров запросов (`/u/exp/write/paramZap/Имя_веб-приложения/`), начинается этап проверки на соответствие текущего запроса выделенными в ходе исследования классов запросов.

В случае, если запрос соответствует объекту класса А, то разработанная технология сортировки отправляет запрос в главный модуль для обработки и получения результирующей информации в диалоговом режиме (Рисунок 48).

АРМ "Корреспонденции и финансовые результаты" АСУ "Экспресс-3"

Критерии выбора информации:
 Год отправления: 2013
 Месяц отправления: 06
 День отправления: 04
 Гос-во отправления пассажира: РОССИЯ
 Дорога отправления пассажира: М (МСК)
 Гос-во назначения пассажира: РОССИЯ
 Дорога назначения пассажира: Г (ГОР)
 Перевозчик-собственник вагона: 0 (РЖД)
 Детские без места: Включать детские без места
 Месяц продажи: 05

Выбраны режимы:
 Выдача сумм в валюте государства РОССИЯ (РУБ)

Кол-во человек	Пасс-км	Сумма по билету	Сумма по влалкарте	Сумма комсбора	Сумма сервисных услуг
1	2	3	4	5	6
26	21 218	23 087.1	4 498.5	0.0	691.7

Рисунок 48 – Пример выдачи результирующей информации для АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN) в диалоговом режиме

Если же запрос соответствует объекту класса В, то разработанная технология оповещает пользователя об отправке запроса в режим пакетной обработки и просит в специальном окне ввести рабочий адрес E-mail пользователя (Рисунок 49).

АРМ "Корреспонденции и финансовые результаты" АСУ "Экспресс-3"

Электронный адрес для отправки результата:

Рисунок 49 – Рабочее окно ввода E-mail пользователя в АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN)

Затем автоматически определяется имя и дата запуска веб-приложения для записи в log-файл по адресу `ftp://10.17.226.192/u/exp/write/paramZap/Имя_веб-приложения/дата запуска` информации о параметрах и их значениях по запросу в формате (Рисунок 50):

$ID_запроса \& параметр1=значение1 \& параметр2=значение2 \& параметр3=значение3 \& \dots \& параметрN=значениеN \& E_mail_пользователя$

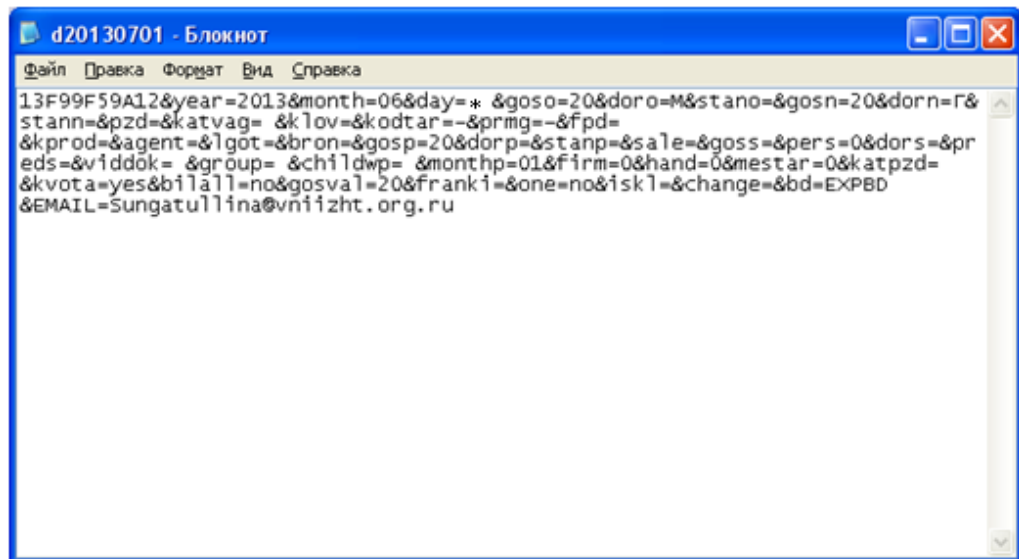


Рисунок 50 – Результат работы технологии сортировки для АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN)

После записи значений параметров технология сортировка не пропускает запрос пользователя на дальнейшую обработку в диалоговом режиме, выводя при этом пользователю на экран сообщение об отсутствии возможности получения результирующей информации в данный момент времени и о сохранении параметров запроса к текущему веб-приложению (Рисунок 51).

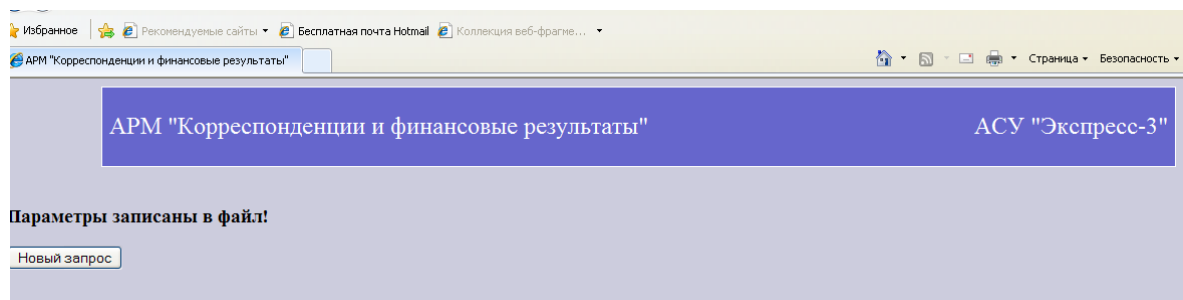


Рисунок 51 – Сообщение технологии сортировки в АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN)

Результаты работы технологии сортировки для АРМ «Отчеты по поездкам» (OTCPZD) представлены в приложении 3.

4.5 Результаты внедрения технологии сортировки в обработку запросов в АСУ «Экспресс-3»

31.05.2013 г. технология сортировки была внедрена в опытную эксплуатацию АБД АСУ «Экспресс-3». В приложении 4 предоставлен документ об использовании результатов диссертационной работы. Визуализация результатов работы технологии сортировки в обработке запросов проводилась с помощью разработанного АРМ «Мониторинг работы веб-приложений». Использовался модуль «Получение информации о запусках процессов». В качестве входных данных были введены интервал дат и времени исследования (рабочая неделя с 03.06.2013 г. по 07.06.2013 г.), названия исследуемых веб-приложений (PZDFINN, ОТСРЗД), интервал времени обработки запросов, тип завершенных (STOP) или незавершенных (START) запросов. Результаты визуализации работы предлагаемой технологии представлены на рисунках 52 – 55.

Вернуться на страницу "Экспресс-3"

АСУ "Экспресс-3"

АРМ "Мониторинг работы веб-приложений"

Дата начала	день: 3	месяц: Июнь	год: 2013
Дата окончания	день: 7	месяц: Июнь	год: 2013
Время начала	час: 00	минута: 00	секунда: 00
Время окончания	час: 23	минута: 59	секунда: 59
Web-приложение	pzdfinn		
Сервлет			
Время обработки (мин.)	от: 00	до: *	
Показывать процессы	STOP		

Получить данные

Рисунок 52 – Интерфейс АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» с входными параметрами для веб-приложения PZDFINN

☐ Разбить на группы
☐ Расчёт коэффициентов параллельности
☐ Расчёт статистического ряда
☒ Расчёт статистического ряда времени прибытия
☐ Расчёт статистики параметров

Выполнить

Выполнить

Выполнить

Выполнить

Выполнить

интервал секунд:
03

интервал секунд:
01

Количество строк: 10749

Статус	ID процесса	Дата начала	Время начала	Дата окончания	Время окончания	Время работы	Пользователь	IP-адрес	Приложение	WAR	Серверлет
STOP	13f06e47cd2	03-06	01:56:44	03-06	01:56:45	00:00:01	W096D445	(10.136.70.31)	PZDFINN	pzdfinn	lnrmest
STOP	13f06e47f2a	03-06	01:56:45	03-06	01:56:45	00:00:00	W096D445	(10.136.70.31)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinn.jsp
STOP	13f06e5725d	03-06	01:57:47	03-06	01:57:47	00:00:00	W096D445	(10.136.70.31)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinn.jsp
STOP	13f06e57209	03-06	01:57:47	03-06	01:57:47	00:00:00	W096D445	(10.136.70.31)	PZDFINN	pzdfinn	lnrmest
STOP	13f0723eabe	03-06	03:06:01	03-06	03:07:19	00:01:18	W092D292	(10.110.43.113)	PZDFINN	pzdfinn	lnrmest
STOP	13f07251a50	03-06	03:07:19	03-06	03:07:19	00:00:00	W092D292	(10.110.43.113)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinn.jsp
STOP	13f0725672d	03-06	03:07:39	03-06	03:07:39	00:00:00	W092D292	(10.110.43.113)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13f07257297	03-06	03:07:42	03-06	03:07:42	00:00:00			PZDFINN	pzdfinn	pzdfinnEx.jsp
STOP	13f0728618b	03-06	03:10:54	03-06	03:10:54	00:00:00	W092D292	(10.110.43.113)	PZDFINN	pzdfinn	pzdfinn.jsp

Рисунок 53 – Количество завершённых запросов для АРМ
«Корреспонденции и финансовые результаты» PZDFINN

Вернуться на страницу "Экспресс-3"

АСУ "Экспресс-3"

АРМ "Мониторинг работы веб-приложений"

Дата начала	день: 3	месяц: Июнь	год: 2012
Дата окончания	день: 7	месяц: Июнь	год: 2012
Время начала	час: 00	минута: 00	секунда: 00
Время окончания	час: 23	минута: 59	секунда: 59
Web-приложение	pzdfinn	серверлет:	
Время обработки (мин.)	от: 00	до: *	
Показывать процессы	START		

Получить данные

Записи отсутствуют

Рисунок 54 – Количество незавершённых запросов для АРМ
«Корреспонденции и финансовые результаты» PZDFINN

Вернуться на страницу "Экспресс-3"

АСУ "Экспресс-3"

АРМ "Мониторинг работы веб-приложений"

Дата начала	день: 3	месяц: Июнь	год: 2012
Дата окончания	день: 7	месяц: Июнь	год: 2012
Время начала	час: 00	минута: 00	секунда: 00
Время окончания	час: 23	минута: 59	секунда: 59
Web-приложение	NEWSPN		
сервлет:	OTCPZD		
Время обработки (мин.)	от: 00	до: *	
Показывать процессы	START		

Получить данные

Записи отсутствуют

Рисунок 55 – Количество незавершенных запросов для АРМ «Отчеты по поездам» OTCPZD

По результатам выполнения запроса с описанными выше входными параметрами видно, что по АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» PZDFINN и АРМ «Отчеты по поездам» OTCPZD за период с 03.06.2013 г. по 07.06.2013 г. количество незавершенных запросов 0. Это означает, что применение технологии сортировки обеспечивает отсутствие аварийных перезагрузок веб-сервера АСУ «Экспресс-3» в результате обработки запросов со временем обработки больше T_{max} в пакетном режиме.

4.6 Заключение

Данная глава посвящена оценке эффективности обработки запросов с применением предлагаемой технологии сортировки по аналитической и имитационной моделям, а также выработке рекомендаций по повышению эффективности обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте:

- на основе аналитической модели были определены вероятности появления каждого объекта, значения критериев оценки существующей обработки запросов и обработки запросов с применением технологии сортировки;

- по аналитической модели рассчитаны значения эффекта и относительного эффекта для обработки запросов с применением технологии сортировки относительно существующей обработки запросов;
- проведено имитационное моделирование существующей обработки запросов пользователей в АСУ «Экспресс-3», а также обработки запросов с применением предложенной технологии сортировки;
- при проведении экспериментов над имитационной моделью (Экс. №6) возникла 1 аварийная перезагрузка, в результате которой 192 запроса остались необработанными. Это объясняется тем, что на основе правила классификации запрос, вызвавший перезагрузку, был обработан в диалоговом режиме. Решением данной проблемы является проведение дополнительных экспериментов и уточнение правила классификации;
- при проведении экспериментов над имитационной моделью (Экс. №5, Экс. №7, Экс. №8) были получены следующие результаты: нулевые значения параметра (k_{cp}) и увеличенные значения параметра ($C_{обр.}$) по сравнению с экспериментами проведенными ранее (Экс. №1, Экс. №3, Экс. №4). Это объясняется тем, что при обработке запросов пользователей предлагаемая технология сортировки на основе классифицирующего правила верно отсортировала запросы;
- по имитационным моделям рассчитаны значения критериев существующей обработки запросов и обработки запросов с применением технологии сортировки;
- по имитационным моделям рассчитаны значения эффекта и относительного эффекта обработки запросов с применением технологии сортировки относительно существующей обработки запросов;
- представлены результаты программной реализации технологии сортировки на примере работы АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN) и АРМ «Отчеты по поездкам» (OTCPZD).

Заключение

В диссертации подробно проведен анализ функциональности автоматизированной системы управления пассажирскими перевозками «Экспресс-3» (головной разработчик – ОАО «ВНИИЖТ»), которая представляет собой современный программно-аппаратный комплекс, построенный на базе высокопроизводительных ЭВМ, с широко развитой сетью продажи билетов.

Приведена классификация факторов, влияющих на время обработки запросов и на загрузку процессора, а также возможные методы и средства их устранения, используемые в настоящее время в СУБД (ORACLE, DB2, Microsoft SQL Server). Кратко описано возможное использование различных технологий для выявления проблемных SQL запросов и построения альтернативных планов выполнения.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертации.

- Разработан АРМ «Мониторинг работы веб-приложений», который позволяет просматривать из log-журналов основную информацию о запросах.
- Разработан механизм анализа информации о запросах пользователей при их обработке в среде АБД АСУ «Экспресс-3».

Доступ к АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» возможен по СПД РЖД <http://10.17.226.192:8000/monitor>.

- В данной работе многокритериальная задача сведена к однокритериальной задаче путем введения обобщенного критерия, представляющего собой взвешенную сумму двух частных показателей: среднее время обработки запроса и среднее число необработанных запросов в результате аварийной перезагрузки веб-сервера системы.

- Предложена технология обработки запросов, отличающаяся тем, что разные классы запросов обрабатываются в различных режимах (диалоговый и пакетный режимы). По входным параметрам технология

сортировки определяет класс запроса и отправляет его на обработку в пакетном режиме, если запрос относится к классу В.

Технология сортировки представляет собой java-класс с расширением jar и находится на веб-сервере АСУ «Экспресс-3» по ftp-адресу <ftp://10.17.226.192/u/exp/lib/analysysparam.jar>. Доступ к нему имеют пользователи, обладающие правами администратора в среде АБД АСУ «Экспресс-3».

- Предложен метод определения классов запросов к АРМ путем классификации в пространстве индексных переменных запроса.
- В работе предложена математическая модель существующей обработки запросов в АСУ «Экспресс-3». Входной поток запросов от пользователей рассматривали как простейший поток смешанного типа с интенсивностью поступления λ .
- По математической модели найдены важнейшие характеристики производительности системы: распределение периода до аварийной перезагрузки, среднее число обработанных и потерянных запросов на одном таком периоде, среднее число периодов безаварийной работы и аварийной перезагрузки системы за 1 сутки, вероятность успешной обработки произвольного запроса и среднее время неработоспособности веб-сервера за 1 сутки.
- Составлены имитационные модели существующей обработки запросов в АСУ «Экспресс-3», а также обработки запросов с применением технологии сортировки.
- Для каждого исследуемого АРМ проводилось по 4 эксперимента:
 - 1) определенные на сегодняшний день среднее количество запросов и интенсивность их поступления за 4 часа работы веб-сервера для существующей обработки запросов к исследуемым АРМ;
 - 2) увеличенная интенсивность поступления запросов в 1,75 раз для существующей обработки запросов к исследуемым АРМ;

3) определенные на сегодняшний день среднее количество запросов и интенсивность их поступления за 4 часа работы веб-сервера для обработки запросов к АРМ с применением технологии сортировки;

4) увеличенная интенсивность поступления запросов в 1,75 раз для обработки запросов к исследуемым АРМ с применением технологии сортировки.

5) предложено выражение для оценки эффективности разработанной технологии по критерию, с помощью которого сформулированы выводы:

- по аналитической модели выявлено, что при существующей интенсивности поступления запросов обработка запросов с применением технологии сортировки на величину порядка 30-40% эффективнее существующей обработки запросов;

- по результатам имитационного моделирования выявлено, что при существующей интенсивности поступления запросов обработка запросов с применением технологии сортировки на величину порядка 40% эффективнее существующей обработки запросов;

- по результатам имитационного моделирования выявлено, что при увеличении интенсивности поступления запросов в 1,75 обработка запросов с применением технологии сортировки эффективнее на величину порядка 50-60% относительно существующей обработки запросов.

6) проведена практическая реализация и внедрение предложенной технологии в АСУ «Экспресс-3». Разработанная технология сортировки и АРМ «Мониторинг работы веб-приложений» внедрены в Московском ИВЦ ОАО «РЖД» и входят в базовый комплект программного обеспечения АБД АСУ «Экспресс-3».

На основании проведенных в диссертации расчетов эффекта и относительного эффекта можно заключить вывод, что обработка запросов с применением технологии сортировки по введенному критерию эффективнее существующей обработки запросов в АСУ «Экспресс-3». Таким образом, технологию сортировки запросов необходимо использовать в

автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте.

Список сокращений и условных обозначений

ARM – Automatic Restart Manager

GDS – Global Distribution Systems

UML – Unified Modeling Language

RAD – Rational Application Developer

RUP – Rational Unified Process

SQL – Structure Query Language

UC – Use Case (Вариант использования)

АБД – Аналитическая база данных

АРМ – Автоматизированное рабочее место

АСУ – Автоматизированная система управления

БД – База данных

ИВЦ – Информационный вычислительный центр

ИС – Информационная система

КОЗРВ – Комплекс обработки заказов реального времени

ПО – Программное обеспечение

СПД – Сеть передачи данных

СУБД – Система управления базой данных

РЖД – Российские железные дороги

ЦОД – Цент обработки данных

Список литературы

1. Использование технологий электронного бизнеса в туризме [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.magistr-mba.com/aboutusmenu/seniorspublicsmenu/59> (дата обращения - 11.06.2013).
2. Sabre идет на взлет [Электронный ресурс] // Computer world Россия. – 1999. – № 43. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/cw/1999/43/38437/> (дата обращения - 11.06.2013).
3. Sabre – темная лошадка на рынке авиабилетов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tourinfo.ru/about/history/art/24105/> (дата обращения 11.06.2013).
4. Система бронирования Amadeus [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.npark.ru/sistema-bronirovaniya-amadeus-page2.html> (дата обращения 13.06.2013).
5. АСУ «Экспресс» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/АСУ_«Экспресс» (дата обращения – 10.05.2013).
6. Автоматизированная система управления «Экспресс» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://edu.dvgups.ru/METDOC/GDTRAN/YAT/USER/ORG_P_P/METHOD/KALIKINA/frame/3.htm (дата обращения 13.06.2013).
7. Информационный бюллетень «Вестник АСУ «Экспресс-3» [Электронный ресурс]. Режим доступа (сеть интранет ОАО «РЖД»): <http://10.17.226.192:8000/express3/vestnik.jsp> (дата обращения 10.05.2013).
8. Автоматизированная система управления пассажирскими перевозками АСУ «Экспресс-3» [Текст]: Типовое техническое задание 01124323-08350.001. – М.: ВНИИЖТ. – 2002. – 462 с.
9. Березка, М.П. Система «Экспресс-3»: новые технологии обслуживания пассажиров и реформа пассажирского комплекса [Текст] / М.П. Березка, И.В. Родин // Сборник докладов XIV Международной научно-

практической конференции «Инфотранс-2009». – Санкт-Петербург. – 2010. – С.155-160.

10. «Экспресс-3» – Автоматизированная система управления пассажирскими перевозками [Презентационный материал, электронный ресурс]. Режим доступа: www.mkgt.ru/files/materials/123/express3.ppt (дата обращения – 10.05.2013).

11. Макарова, Е.А. Автоматизированный мониторинг показателей использования участков сети ОАО «РЖД» для пассажирских перевозок на базе АСУ «Экспресс-3» [Текст] / Е.А. Макарова, К.В. Суржин, С.Б. Елизаров, А. Г. Пиунов // Вестник ВНИИЖТ. – 2013. – №4. – С.35-42. – ISSN 2223-9731.

12. Обработка запросов в семействе продуктов IBM DB2 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://citforum.univ.kiev.ua/database/classics/db2/> (дата обращения 13.06.2013).

13. Влияние оптимизатора запросов на производительность 1С [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gilev.ru/optimquery/> (дата обращения 13.06.2013).

14. Расширенная оптимизация подзапросов в Oracle [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://citforum.ru/database/oracle/subquery_opt/4.shtml (дата обращения 13.06.2013).

15. Bellamkonda, S. Enhanced Subquery Optimizations in Oracle[Текст]/ Srikanth Bellamkonda, Rafi Ahmed, Andrew Witkowski, Angela Amor, Mohamed Zait, Chun-Chieh Lin // Proceedings of the 35th international conference on Very large data base. – 2009. – P. 1366-1377.

16. Chaudhuri S. Including Group-By in Query Optimization [Текст] / S. Chaudhuri, K. Shim // Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases. – 1994. – P. 354-366.

17. Levy Y. Query Optimization by Predicate Move Around [Текст] / Y. Levy, I. Mumick , Y. Sagiv // Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases. – 1994. – P. 96-107.

18. Kim W. On optimizing an SQL-Like Nested Query [Текст] / W. Kim // ACM Transactions on Database Systems (TODS). – 1982. – Volume 7 Issue 3. – P. 443-469.

19. Обработка запросов в семействе продуктов IBM DB2 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://citforum.univ.kiev.ua/database/classics/db2/3.shtml> (дата обращения 15.05.2013).

20. Jezek K. Query optimization in deductive programs with aggregates / K. Jezek, M. Zima // Proceeding of the 4th International Conference Information Systems Modelling. – 2001. – Ostrava: MARQ. – P. 85-92.

21. Benedikt M. The Impact of Virtual Views on Containment / M. Benedikt, G. Gottlob // Proceedings of the Very Large Data Bases – 2010. – Volume 3 Issue 1-2. – P. 297-308.

22. Выполнение запросов в Oracle. Общая схема и взаимодействие с клиентским приложением и машиной PL/SQL [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/1145/214/lecture/2940?page=1> (дата обращения 15.05.2013).

23. Выявление проблем DB2 при помощи команд и утилит AIX [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/dm-0710gupta/> (дата обращения 15.05.2013).

24. Мониторинг активности пользователей [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.askit.ru/custom/sql2005_admin/m11/11_02_01_activity_monitor.htm (дата обращения 15.05.2013).

25. Другие средства мониторинга активности пользователей [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.askit.ru/custom/sql2005_admin/m11/11_02_02_sp_who.htm (дата обращения 15.05.2013).

26. Мащенко, Е.Н. Исследование автоматизированных процессов управления качеством ИТ-сервисов с использованием имитационного моделирования [Текст] / Е.Н. Мащенко, В.И. Шевченко // Вестник СевНТУ. – 2012. – №125. – С.142-147.

27. Потапов, Е.К. О методиках определения весовых коэффициентов в задаче оценки надежности коммерческих банков [Текст] / Е.К. Потапов, В.В. Евстафьева // Сборник научных статей «Социально-экономическое положение России в новых геополитических и финансово-экономических условиях: реалии и перспективы развития». – СПб.: Институт бизнеса и права. – 2008. – №5. – С.191-195. – ISBN 978-5-89751-031-3.

28. Климович, Л.А. Формирование интегральной рейтинговой оценки деятельности студента образовательного учреждения [Текст] / Л.А. Климович, Е.В. Митющенко // Университетское управление: практика и анализ. – 2011. – №6. – С. 32-37.

29. Преснецова, В.Ю. Моделирование оценки эффективности деятельности основных структурных подразделений и профессорско-преподавательского состава вуза [Текст] / В.Ю. Преснецова, О.В. Пилипенко // Материалы международной научно-технической интернет-конференции «Информационные системы и технологии», апрель-май 2011 г. – Орел. – 2011. – С. 94-99.

30. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст] / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Кнорус. – 2010. – 480 с. – Библиогр.: С. 445-458. – ISBN 978-5-9692-0192-7.

31. Лапин, А.П. Применение взвешенного метода наименьших квадратов при исследовании функции преобразования вихреакустических расходомеров [Текст] / А.П. Лапин, А.М. Дружков // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2013. – Том 13 №2. – С. 109-113.

32. Чеботарев, А.С. Способ наименьших квадратов с основами теории вероятностей [Текст] / А.С. Чеботарев. – М.: Книга по требованию. – 2012. – 475 с. – Библиогр.: С. 250-378. – ISBN 978-5-458-31559-3.

33. Зорич, В.А. Математический анализ. Том 1 [Текст] / В.А. Зорич. – М.: ФАЗИС. – 1997. – 568 с. – Библиогр.: С. 517-520.

34. Коробов, В.Б. Сравнительный анализ методов определения весовых коэффициентов «влияющих факторов» [Текст] / В.Б. Коробов // Социология. – 2005. – № 20. – С. 54-73.

35. Крепкая, З.А. CASE-средства проектирования информационных систем на железнодорожном транспорте на основе структурного и объектно-ориентированного подходов [Текст] / З.А. Крепкая, Е.М. Муравьева. – М.: МИИТ. – 2005. – 92 с. – Библиогр.: С. 19. – 150 экз.

36. Лецкий, Э.К. Проектирование информационных систем на железнодорожном транспорте [Текст] / Э. К. Лецкий, З. А. Крепкая. – М.: Маршрут. – 2003. – 408 с. – Библиогр.: С. 150-261. – 8000 экз. – ISBN 5-89035-121-4.

37. Фаулер, Мартин. UML. Основы. 3-е издание. Краткое руководство по стандартному языку объектного моделирования [Текст] / Мартин Фаулер, А. Петухов. – М.: Символ-плюс. – 2011. – 192 с. – Библиогр.: С. 36-140. – 600 экз. – ISBN 0-321-19368-7.

38. Браун, К. Создание корпоративных Java-приложений для IBM WebSphere [Текст] / К. Браун, Г. Крейг, Г. Хестер. – М.: Кудиц-образ, 2005. – 860 с. Библиогр.: С. 46-200. – 2000 экз. – ISBN 5-9579-0061-3.

39. Bernal, Joey. Application Architecture for WebSphere: A Practical Approach to Building WebSphere Applications [Текст] / Joey Bernal. – England: IBM Software Press, 2008. – 336 p. Библиогр.: p. 33-64. – ISBN 0137129262.

40. Russell, Jesse. IBM Rational Application Developer [Текст] / Jesse Russell, Ronald Cohn. – Bookvika Publishing. – 2012 – 113 p. – ISBN 978-5-5127-8481-5.

41. Трудовой кодекс Российской Федерации [Текст]: [принят Гос.Думой 21 дек. 2001 г.]: офиц. текст: действующая ред. – М.: Экзамен, 2006.– 223 с.

42. Сунгатуллина, А.Т. Выявление проблем при параллельной обработке запросов пользователей в среде АБД АСУ «Экспресс-3» [Текст] / А.Т. Сунгатуллина // Труды научно-практической конференции Неделя науки – 2012 «Наука МИИТа– транспорту». – М.:МИИТ. – 2012. – С. IV-15 – IV-16.

43. Сунгатуллина, А.Т. Временные задержки при параллельной обработке запросов пользователей в среде АБД АСУ «Экспресс-3» [Текст] / А.Т. Сунгатуллина // Проблемы современной науки и их решения: сб. науч. тр. по материалам Международной заочной научно-практической конференции 15 июня 2012 г. – Липецк. – 2012. – С. 164-165. – ISBN 978-5-9903836-1-6.

44. Хартман, К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов [Текст] / К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шефер.– М.: Мир, 1977. – 552 с. – Библиогр.: С. 455-481.

45. Новоселова, Н.А. Нечеткое нейросетевое моделирование для получения интерпретируемого набора классифицирующих правил [Текст] / Н.А. Новоселова, И.Э. Том, О.В. Красько // Искусственный интеллект. – 2006. – №2. – С. 211-214.

46. Сунгатуллина, А.Т. Определение основных типов запросов Веб-приложений, время обработки которых превышает норму, в среде АБД АСУ «Экспресс-3» [Текст] / А.Т. Сунгатуллина // Труды 2-ой международной научно-практической конференции «Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения» 13-14 июня 2013 г. – Липецк. – 2013.– С. 22-25. – ISSN 2307-8782.

47. Вишневский, В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей [Текст] / В.М. Вишневский. – М.: Техносфера. – 2003. – 512 с.

48. Моисеева, С.П. Исследование суммарного потока обращений в бесконечно линейной СМО с повторным обслуживанием [Текст] / С.П. Моисеева, А.С. Морозова, А.А. Назаров // Вестник ТГУ. – 2006. – № 290. – С. 173-175.

49. Даммер, Д.Д. Исследование математической модели страховой компании в виде бесконечно линейной системы массового обслуживания при синхронном дважды стохастическом входящем потоке рисков [Текст] / Д.Д. Даммер // Вестник ТГУ. – 2006. – № 290. – С. 141-144.

50. Кац, В.М. Исследование нестационарных бесконечно линейных систем массового обслуживания и их применение к анализу экономико-математических моделей [Текст] / В.М. Кац, К.И. Лившиц, А.А. Назаров // Вестник ТГУ. – 2002. – № 275. – С. 189-192.

51. Сунгатуллина, А.Т. Математическая модель обработки запросов в АБД АСУ «Экспресс-3» [Текст] / А.Т. Сунгатуллина, М.П. Березка, О.В. Семенова // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ 2014. Москва, 16-19 июня 2014 г.: труды. [Электронный ресурс] – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – 2014. – С. 8743-8750. – ISBN 978-5-91450-151-5.

52. Гмурман, В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике, 11-е издание [Текст] / В.Е. Гмурман. – М.: Высшее образование. – 2008. – 416 с. – Библиогр.: С. 151-160. – 10000 экз. – ISBN 978-5-9692-0194-1.

53. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика, 11-е издание [Текст] / В.Е. Гмурман. – М.: Высшее образование. – 2008. – 478 с. – Библиогр.: С. 151-160. – 10000 экз. – ISBN 978-5-9692-0192-7.

54. Березка, М.П. Время реакции системы при обработке запросов [Текст] / М.П. Березка, А.Т. Сунгатуллина // Мир транспорта. – 2013. – № 5. – С. 102-107.

55. Иванов, А.В. Моделирование случайных величин, систем массового обслуживания и случайных процессов, часть 1: Методические указания к

лабораторным работам по курсу «Математическое моделирование» [Текст] / А.В. Иванов, А.П. Иванова. – М.: МИИТ, 2005. – 29 с.

56. Сунгатуллина, А.Т. Исследование интенсивности поступления запросов при одновременной обработке запросов пользователей в среде АБД АСУ «Экспресс-3» [Текст] / А.Т. Сунгатуллина // Труды научно-практической конференции Неделя науки – 2013 «Наука МИИТа– транспорту». – М.:МИИТ. – 2013. С. VI-73.

57. Кийкова, Е.В. Имитационное моделирование экономических процессов [Текст]: учебное пособие / Е.В. Кийкова, Е.Г. Лаврушина. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС. – 2007.– 127 с. – Библиогр.: С. 101. – 300 экз.

58. Карпов, Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с Anylogic 5 [Текст] / Ю. Карпов. – Спб.: БХВ-Петербург. – 2005. – 400 с. – Библиогр.: С. 34-57. – 1000 экз. – ISBN 5-94157-148-8.

59. Мезенцев, К.Н. Моделирование систем в среде AnyLogic 6.4.1. Часть 2. [Текст] / К.Н. Мезенцев. – М.: МАДИ. – 2011. – 103 с. – Библиогр.: С. 21-32.

60. Russell, Jesse. Anylogic [Текст] / Jesse Russell, Ronald Cohn. – Bookvika Publishing. – 2012. – 101 p. – Библиогр.:Р. 34- 73. – ISBN 978-5-5126-2645-0.

61. AnyLogic. Справочное руководство по Enterprise Library [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.xjtek.com/products/anylogic/>(дата обращения – 21.01.2013).

62. Уманский, В.И. Имитационное моделирование поездных и маневровых передвижений в интеллектуальных станционных системах оперативного управления [Текст] / В.И. Уманский [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. – 2013. – №2. – С. 7-14.

63. Жуков, В.Е. Имитационная модель «Авиакомпания» [Текст] / В.Е. Жуков // Мир транспорта. – 2008. – №4. – С. 90-93.

64. Тарасов, А.В. Модель узла распределенной автоматизированной системы управления производством [Текст] / А.В. Тарасов, С.Н. Бобылев // Вестник СевНТУ. – 2012. – №125. – С.129-133.

65. Скаткова, Н.А. Разработка имитационной модели функционирования транспортного робота [Текст] / Н.А. Скаткова // Вестник СевНТУ. – 2003. – №36. – С.157-162.

66. Березка, М.П. Имитационное моделирование существующего процесса одновременной обработки запросов пользователей в среде АСУ «Экспресс-3» [Текст] / М.П. Березка, А.Т. Сунгатуллина // Вестник ВНИИЖТ. – 2013. – № 4. – С.25-29. – ISSN 2223-9731.

67. Сунгатуллина, А.Т. Имитационное моделирование одновременной обработки запросов пользователей в среде АСУ «Экспресс-3» с использованием механизма online сортировки [Текст] / А.Т. Сунгатуллина // Вестник ВНИИЖТ. – 2013. – № 6. – С.61-65. – ISSN 2223-9731.

68. Варфоломеев, А.В. Интеллектуальная обработка очередей сообщений [Текст] / А.В. Варфоломеев // Мир транспорта. – 2011. – №5. – С. 52-59.

69. Гассельберг, М.А. Применение имитационного моделирования при анализе эффективности процессов перегрузки зерна [Текст] / М. А. Гассельберг, А. В. Синельщиков // Вестник АГТУ. – 2011. – №2. – С. 31-36.

70. Berezka, M. ASC “Express-3” computing resources optimization based on the simulation of simultaneous processing requests of many users [Текст] / M. Berezka, A. Sungatullina // International Conference “Distributed computer and communication networks: control, computation, communications” October 7-10 2013. – M: Technosphaera. – 2013. – P. 249-256. – ISBN 978-5-94836-366-0.

Приложения

Приложение 1. Результаты исследований длительностей обработки запросов к веб-приложениям NEWSPN, RMEST

Статистический ряд для проекта NEWSPN в период с 2013-02-11 по 2013-02-11
в период с 00:00:00 по 23:59:59

Интервал времени	Количество	Суммарное количество	Процентное соотношение	Суммарное процентное соотношение
0<т<=7	2245	2245	90.74	90.74
7<т<=14	123	2368	4.97	95.72
14<т<=21	27	2395	1.09	96.81
21<т<=28	13	2408	0.53	97.33
28<т<=35	14	2422	0.57	97.90
35<т<=42	18	2440	0.73	98.63
42<т<=49	3	2443	0.12	98.75
49<т<=63	2	2445	0.08	98.83
63<т<=70	2	2447	0.08	98.91
70<т<=77	2	2449	0.08	98.99
77<т<=84	1	2450	0.04	99.03
84<т<=91	2	2452	0.08	99.11
91<т<=98	1	2453	0.04	99.15
98<т<=105	5	2458	0.20	99.35
105<т<=112	2	2460	0.08	99.43
112<т<=133	2	2462	0.08	99.51
133<т<=147	1	2463	0.04	99.56
147<т<=161	1	2464	0.04	99.60
161<т<=210	2	2466	0.08	99.68
210<т<=217	1	2467	0.04	99.72
217<т<=238	1	2468	0.04	99.76
238<т<=266	2	2470	0.08	99.84
266<т<=301	1	2471	0.04	99.88
301<т<=329	1	2472	0.04	99.92
329<т<=357	1	2473	0.04	99.96
357<т<=371	1	2474	0.04	100.00

Построение гистограммы относительных частот выборки

Рисунок 56 – Статистический ряд длительности обработки запросов на примере веб-приложения NEWSPN

Статистический ряд для проекта rmest в период с 2013-02-11 по 2013-02-11
в период с 00:00:00 по 23:59:59

Интервал времени	Количество	Суммарное количество	Процентное соотношение	Суммарное процентное соотношение
0<т<=25	14970	14970	98.90	98.90
25<т<=50	72	15042	0.48	99.37
50<т<=75	16	15058	0.11	99.48
75<т<=100	18	15076	0.12	99.60
100<т<=125	3	15079	0.02	99.62
125<т<=175	3	15082	0.02	99.64
175<т<=200	5	15087	0.03	99.67
200<т<=225	3	15090	0.02	99.69
225<т<=250	2	15092	0.01	99.70
250<т<=275	2	15094	0.01	99.72
275<т<=325	4	15098	0.03	99.74
325<т<=350	6	15104	0.04	99.78
350<т<=375	7	15111	0.05	99.83
375<т<=400	6	15117	0.04	99.87
400<т<=425	1	15118	0.01	99.87
425<т<=450	5	15123	0.03	99.91
450<т<=475	5	15128	0.03	99.94
475<т<=500	3	15131	0.02	99.96
500<т<=525	2	15133	0.01	99.97
525<т<=550	2	15135	0.01	99.99
550<т<=575	1	15136	0.01	99.99
т>575	1	15137	0.01	100.00

Построение гистограммы относительных частот выборки

Рисунок 57 – Статистический ряд длительности обработки запросов на примере веб-приложения RMEST



Рисунок 58 – Гистограмма плотности распределения длительности обработки запросов на примере веб-приложения NEWSPP



Рисунок 59 – Гистограмма плотности распределения длительности обработки запросов на примере веб-приложения RMEST



Рисунок 60 – Эмпирическая функция распределения длительности обработки запросов на примере веб-приложения NEWSPN



Рисунок 61 – Эмпирическая функция распределения длительности обработки запросов на примере веб-приложения RMEST

Приложение 2. Результаты исследований интервала времени между поступлениями запросов к веб-приложениям NEWSPN, RMEST

Статистический ряд для проекта NEWSPN в период с 2013-02-11 по 2013-02-11
в период с 00:00:00 по 23:59:59

Интервал времени	Количество	Суммарное количество	Процентное соотношение	Суммарное процентное соотношение
0<=t<=30	2282	2282	92.28	92.28
30<=t<=60	65	2347	2.63	94.90
60<=t<=90	21	2368	0.85	95.75
90<=t<=120	21	2389	0.85	96.60
120<=t<=150	5	2394	0.20	96.81
150<=t<=180	1	2395	0.04	96.85
180<=t<=210	6	2401	0.24	97.09
210<=t<=240	9	2410	0.36	97.45
240<=t<=270	7	2417	0.28	97.74
270<=t<=300	4	2421	0.16	97.90
300<=t<=330	2	2423	0.08	97.98
330<=t<=360	5	2428	0.20	98.18
360<=t<=390	1	2429	0.04	98.22
390<=t<=420	3	2432	0.12	98.34
420<=t<=450	3	2435	0.12	98.46
450<=t<=480	1	2436	0.04	98.50
480<=t<=510	1	2437	0.04	98.54
510<=t<=570	1	2438	0.04	98.58
570<=t<=600	1	2439	0.04	98.63
600<=t<=630	6	2445	0.24	98.87
630<=t<=660	2	2447	0.08	98.95
660<=t<=720	2	2449	0.08	99.03
720<=t<=750	3	2452	0.12	99.15
750<=t<=840	1	2453	0.04	99.19
840<=t<=870	1	2454	0.04	99.23
870<=t<=1080	2	2456	0.08	99.31
1080<=t<=1170	3	2459	0.12	99.43
1170<=t<=1260	1	2460	0.04	99.47
1260<=t<=1290	1	2461	0.04	99.51
1290<=t<=1350	1	2462	0.04	99.56
1350<=t<=1620	1	2463	0.04	99.60
1620<=t<=1650	1	2464	0.04	99.64
1650<=t<=1680	1	2465	0.04	99.68
1680<=t<=1710	1	2466	0.04	99.72
1710<=t<=1800	1	2467	0.04	99.76
1800<=t<=1860	1	2468	0.04	99.80
1860<=t<=2040	1	2469	0.04	99.84
2040<=t<=2130	1	2470	0.04	99.88
2130<=t<=2430	1	2471	0.04	99.92
2430<=t<=2910	1	2472	0.04	99.96
2910<=t<=8970	1	2473	0.04	100.00

Построение гистограммы относительных частот выборки
Построение гистограммы эмпирической функции распределения

Рисунок 62 – Статистический ряд интервала времени между поступлениями запросов к веб-приложению NEWSPN

Статистический ряд для проекта gmet в период с 2013-02-11 по 2013-02-11
в период с 00:00:00 по 23:59:59

Интервал времени	Количество	Суммарное количество	Процентное соотношение	Суммарное процентное соотношение
0<=t<=30	14875	14875	98.17	98.17
30<=t<=60	110	14985	0.73	98.90
60<=t<=90	41	15026	0.27	99.17
90<=t<=120	15	15041	0.10	99.27
120<=t<=150	10	15051	0.07	99.33
150<=t<=180	6	15057	0.04	99.37
180<=t<=210	12	15069	0.08	99.45
210<=t<=240	6	15075	0.04	99.49
240<=t<=270	6	15081	0.04	99.53
270<=t<=300	5	15086	0.03	99.56
300<=t<=330	4	15090	0.03	99.59
330<=t<=360	2	15092	0.01	99.60
360<=t<=390	1	15093	0.01	99.61
390<=t<=420	1	15094	0.01	99.62
420<=t<=450	1	15095	0.01	99.62
450<=t<=480	2	15097	0.01	99.64
480<=t<=570	2	15099	0.01	99.65
570<=t<=600	1	15100	0.01	99.66
600<=t<=630	1	15101	0.01	99.66
630<=t<=690	3	15104	0.02	99.68
690<=t<=720	1	15105	0.01	99.69
720<=t<=750	1	15106	0.01	99.70
750<=t<=810	1	15107	0.01	99.70
810<=t<=870	8	15115	0.05	99.76
870<=t<=900	35	15150	0.23	99.99
900<=t<=930	1	15151	0.01	99.99
930<=t<=2700	1	15152	0.01	100.00

Построение гистограммы относительных частот выборки
Построение гистограммы эмпирической функции распределения

Рисунок 63 – Статистический ряд интервала времени прихода между поступлениями запросов к веб-приложению RMEST.

Гистограмма относительных частот выборки

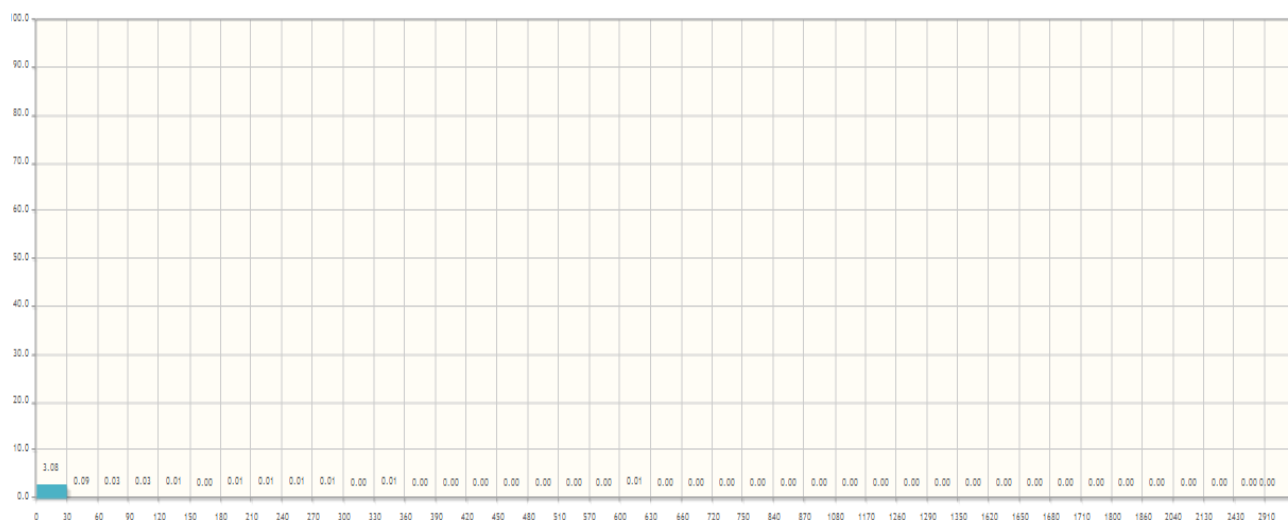


Рисунок 64 – Гистограмма плотности распределения интервала времени прихода между поступлениями запросов к веб-приложению NEWSPPN

Гистограмма относительных частот выборки

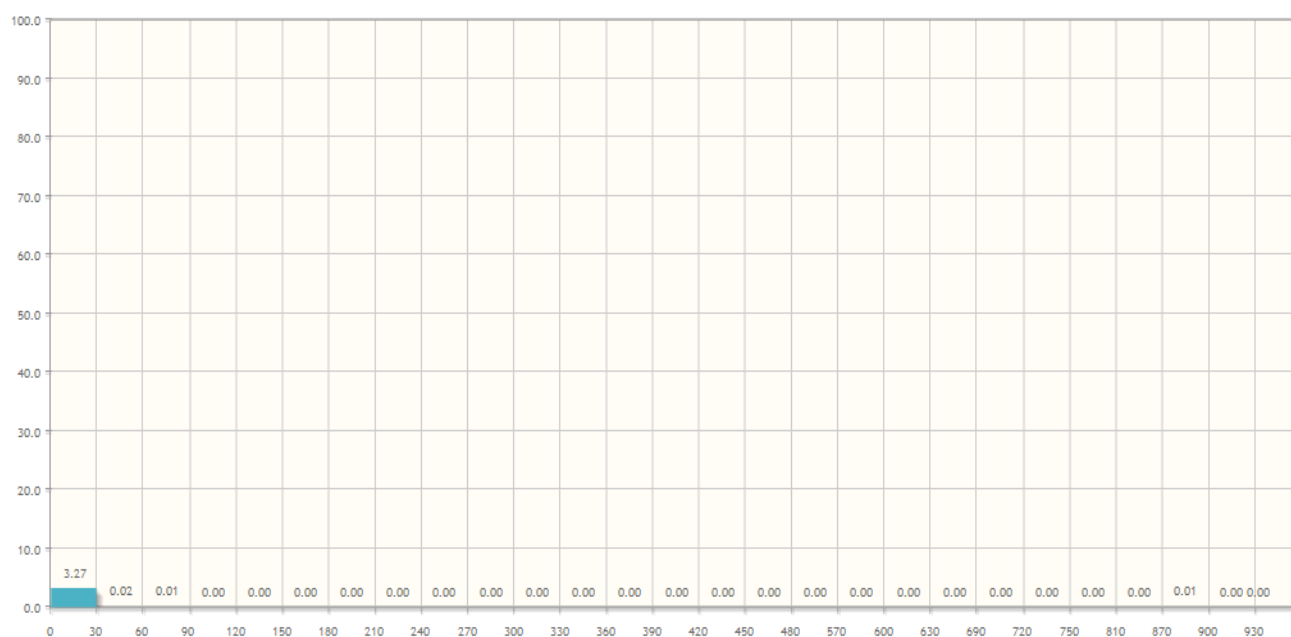


Рисунок 65 – Гистограмма плотности распределения интервала времени прихода между поступлениями запросов к веб-приложению RMEST



Рисунок 66 – Эмпирическая функция распределения интервала времени прихода между поступлениями запросов к веб-приложению NEWSPPN



Рисунок 67 – Эмпирическая функция распределения интервала времени прихода между поступлениями запросов к веб-приложению RMEST

Приложение 3. Результаты работы технологии сортировки для АРМ «Отчеты по поездам» (OTCPZD)

[Главная](#)
[Правка](#)
[Инд](#)
[Историческое](#)
[Сервис](#)
[Правка](#)

[Убранное](#)
[Рекомендуемые сайты](#)
[Бесплатная почта Hotmail](#)
[Коллекция веб-фрагментов...](#)

[Показатели работы системы "Экспресс"](#)

Отчеты по поездкам

На : год

2013

Месяц

Июль

день

1

На отчетную дату

☒ С начала месяца

☒ Сравнить с предыдущим годом

☒ По дате отправления

☒ По дате прибытия

2013.06.29

Вид сообщения

Все поезда

1 Местное

☐

Выбор вида справки по дороге

М Московская

Расчет с включением суммарной потери доходов

Расчет на всем пути следования

☐

☒

Расчет в границах РЖД

☐

Варианты детализации :

☐ Только по поездкам

☐ Только по вагонам предприятий

☐ По вагонам предприятий и поездам

☐ Только по категориям вагонов

☐ По категориям вагонов и поездам

☐ Только по классам обслуживания вагонов

☐ По классам обслуживания вагонов и поездам

☒

☐

☐

☐

☐

☐

Дополнительная информация :

☐ Признак фирменности

Категория вагонов или класс обслуживания

☐

0 общий

☒

Поиск

Только для отправленных и прибывших на дорожку поездов

Все отправленные и прибывшие на дорожку поезда

Только отправленные по дорожке поезда

Только прибывшие на дорожку поезда

☒

☐

☐

Поиск своего формирования

Рисунок 68 – Рабочее окно АРМ «Отчеты по поездам» (ОТСРЗД)

[illegible]

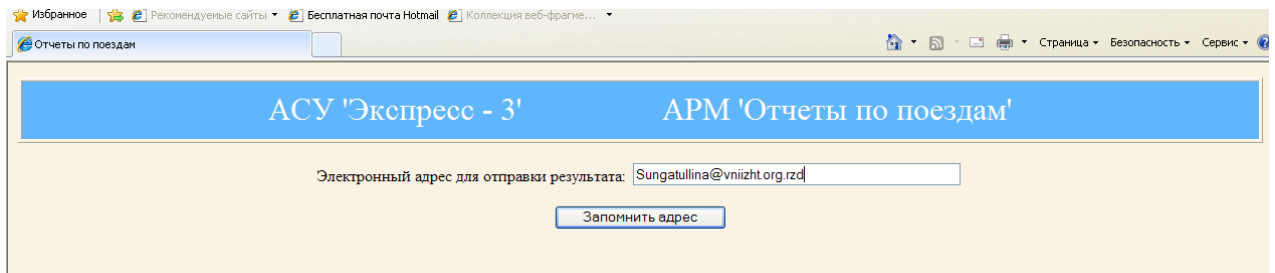


Рисунок 70 – Рабочее окно ввода E-mail пользователя в АРМ «Отчеты по поездам» (ОТСРЗД)

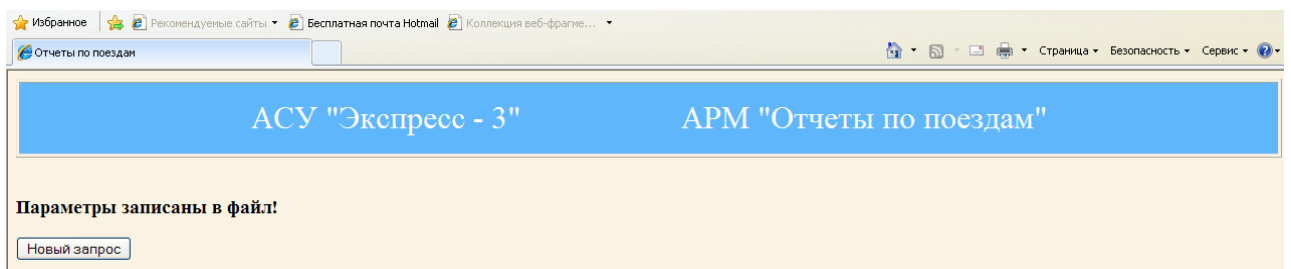


Рисунок 71 – Сообщение технологии сортировки в АРМ «Отчеты по поездам» (ОТСРЗД)

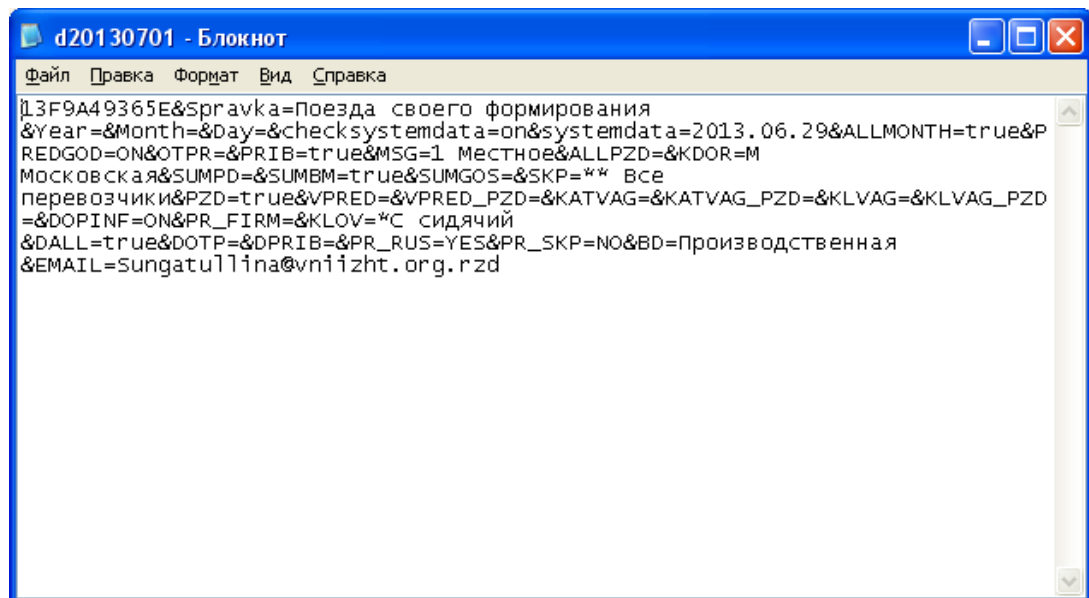


Рисунок 72 – Результат работы технологии сортировки для АРМ «Отчеты по поездам» (ОТСРЗД)

**Приложение 4. Документ, подтверждающий использование результатов
кандидатской диссертационной работы**



**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА»
(ОАО «ВНИИЖТ»)**

**ОТДЕЛЕНИЕ
«ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ И АСУ «ЭКСПРЕСС»**

3-я Мытищинская ул., д. 10, Москва, 129626
тел.: +7 (499) 260-4169, факс: +7 (499) 260-4169
e-mail: express@vniizht.ru

Заведующему кафедрой
«Автоматизированные системы управления»
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
профессионального образования
«Московский государственный университет
путей сообщения» (МГУПС (МИИТ))
профессору

Э. К. Лецкому

«22» 05. 2014 г. № Д-20/218

На № _____ от _____

*Об использовании результатов
кандидатской диссертационной работы
Сунгатуллиной Алины Тальгатовны*

Уважаемый Эдуард Константинович!

Информирую Вас о том, что результаты диссертационной работы «Метод повышения эффективности обработки запросов в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте» использованы при разработке методов анализа информации о запросах к автоматизированным рабочим местам (АРМ) в целях оптимизации использования вычислительных ресурсов АСУ «Экспресс-3» в рамках проводимых нашим институтом работ по сопровождению эксплуатации АСУ «Экспресс-3» в следующем виде:

1) разработанного АРМ «Мониторинг работы веб-приложений», предназначенного для сбора и анализа информации о запросах пользователей к АРМ в среде аналитической базы данных (АБД) АСУ «Экспресс-3»;

2) классификационной таблицы запросов пользователей к АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN), АРМ «Отчеты по поездам» (OTCPZD), АРМ «Корреспонденции» (RMEST) и АРМ «Результаты работы поездов по дорогам» (NEWSPN);

- 3) алгоритма обработки запросов с применением технологии сортировки запросов по выделенным классам для АРМ «Корреспонденции и финансовые результаты» (PZDFINN) и АРМ «Отчеты по поездкам» (OTCPZD);
- 4) технологии сортировки в виде класса AnalisisParam.java;
- 5) рекомендаций по проведению оценки эффективности обработки запросов с применением технологии сортировки по выделенным классам запросов в промышленной эксплуатации в среде АБД АСУ «Экспресс-3».

Использование указанных результатов позволяет: повысить качество предоставляемых услуг по обработке запросов пользователей, обращающихся к данным АБД посредством исследуемых АРМ, за счет уменьшения числа необработанных запросов, и сократить затраты на проведение натурных испытаний.

Заведующий отделением
«Пассажирские перевозки и
АСУ «Экспресс» ОАО «ВНИИЖТ»

С. Ю. Комиссаров

Комиссаров
Комиссаров А. В.