

ЛУКЪЯНОВ ПАВЕЛ ВАДИМОВИЧ

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА АДАПТАЦИИ В СИСТЕМЕ
АДМИНИСТРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА**

05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами (промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Орел 2014

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс» (г. Орел).

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Константинов Игорь Сергеевич

Официальные оппоненты: Аверченков Владимир Иванович
доктор технических наук, профессор,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Брянский
государственный технический университет»,
заведующий кафедрой «Компьютерные
технологии и системы»

Логинов Илья Валентинович
кандидат технических наук,
Академия ФСО России,
старший научный сотрудник

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Юго-Западный государственный
университет»

Защита состоится «23» декабря 2014г. в 9:00 на заседании диссертационного совета Д 212.182.01 при ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК» по адресу: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, д. 29, ауд. 212, , официальный сайт: www.gu-unpk.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК» и на официальном сайте www.gu-unpk.ru.

Материалы по защите диссертации размещены на официальном сайте ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»: www.gu-unpk.ru/defence

Автореферат разослан «___» ноября 2014 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета _____ Волков Вадим Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы В настоящее время производственные, экономические, социальные процессы все более приобретают распределенный характер. Создаваемые для реализации этих процессов организационные и организационно-технические системы (ОТС) имеют сложную структуру, их функционирование характеризуется огромным объемом показателей, динамически изменяющихся во времени. При принятии управленческих решений возникают проблемы, вызываемые, в том числе, сложностью своевременного получения полной информации о распределенном объекте управления. В этих условиях повышается актуальность применения распределенных автоматизированных систем мониторинга, обеспечивающих сбор, обработку и представление информации для оценки, контроля, прогнозирования или управления объектом мониторинга.

В ряду задач мониторинга можно выделить класс задач административного мониторинга, то есть мониторинга в организационных, организационно-технических и социальных системах, где основными источниками (операторами ввода) и потребителями (субъектами принятия решений) информации являются люди. В качестве источников данных также могут выступать существующие информационные системы предприятий или организаций. Административным мониторингом называется вид мониторинга, предполагающий оперативный сбор информации о состоянии объекта управления из различных источников с последующей ее переработкой до необходимого уровня абстракции и дальнейшего предоставления ее в качестве исходной для различных систем поддержки принятия решений и/или лицу принимающему решение в контурах управления ОТС, в условиях изменяющихся требований к структуре и составу показателей.

Примерами задач административного мониторинга могут являться: мониторинг обеспеченности различных отраслей кадрами, мониторинг хода и результатов реализации целевых программ, мониторинг состояния основных фондов предприятия, мониторинг состояния жилищно-коммунальной сферы и др.

Несмотря на общую постановку задачи административного мониторинга, конкретные задачи достаточно специфичны. Специфика определяется как предметной областью, так и спецификой задач мониторинга в каждой конкретной области. В частности, специфика задачи административного мониторинга определяется следующими основными факторами:

- разнообразие объектов учета;
- разнообразие исследуемых показателей (свойств) объектов учета;
- различные структуры связей объектов учета (иерархичность, отношения порядка и т.д.);
- разнообразие методик сбора данных и, как следствие, требуемых входных форм;
- разнообразие требований к обработке данных, структуре и содержанию выходных отчетов;

– разнообразие групп пользователей и их функций в процессе сбора и обработки данных.

Также нужно отметить, что даже в рамках одной конкретной задачи мониторинга (одной предметной области) зачастую требования к процедурам сбора, хранения и обработки данных могут меняться достаточно динамично:

– изменения способов, целей функционирования ОТС, их содержания, последовательности выполнения (например, изменение номенклатуры производимых изделий, переориентация производства);

– перемещения в пространстве отдельных элементов ОТС (например, оптимизация транспортной подсистемы корпорации, холдинга);

– перераспределения и децентрализации функций, задач, алгоритмов управления, информационных потоков между уровнями управления (модификация организационной структуры, внедрение АСУП);

– управления резервами (перераспределение кадровых, финансовых ресурсов, производственных мощностей);

– реконфигурации структур ОТС при ее деградации (например, задачи антикризисного управления).

– изменение требований законодательства, форм и состава необходимой отчетности, структуры объекта мониторинга и др.

В связи с этим система должна обладать свойством адаптации, т.е. оперативно реагировать на динамично меняющиеся требования. Поэтому становится очевидной потребность в адаптивных автоматизированных системах административного мониторинга (АСАМ).

Вопросы автоматизации процессов административного мониторинга и создание автоматизированных систем его поддержки рассмотрены в работах О.Б. Сладковой, Б.В. Соколова, Р.М. Юсупова, И.С. Константинова, А.В. Коськина, Д. Парк, С. Маккей, Е.Ф. Кодда, Д.А. Поспелова, А.Н. Фирстенко.

Однако вопросы построения и функционирования средств автоматизации в адаптивных системах административного мониторинга в настоящее время исследованы недостаточно полно, в частности отсутствуют унифицированные методы, модели и средства переработки данных в условиях изменяющихся требований к структуре и составу показателей, таким образом тема диссертационного исследования является актуальной.

Объект исследования – автоматизированные системы административного мониторинга.

Предмет исследования – модели и алгоритмы переработки данных, обеспечивающие адаптацию автоматизированной системы в условиях изменений требований к структуре и составу показателей административного мониторинга.

Цель исследования – повышение эффективности процесса адаптации автоматизированной системы административного мониторинга, при изменении требований к структуре и составу показателей.

Для достижения сформулированной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Анализ особенностей проведения административного мониторинга, средств и методов его автоматизации.

2. Формализация задач получения, анализа и контроля первичных и сводных данных при проведении административного мониторинга с учетом требований адаптации.

3. Разработка и исследование алгоритмического и информационного обеспечения средств адаптации автоматизированной системы административного мониторинга.

4. Разработка прототипа и оценка эффективности функционирования средств адаптации подсистем генерации отчетов, анализа и контроля данных автоматизированной системы административного мониторинга.

Методы исследования. При решении указанных задач использовались: методы системного анализа, математического моделирования, дискретной математики, математической статистики, интеллектуальной обработки данных, оценки эффективности алгоритмов.

Достоверность и обоснованность научных положений, результатов, выводов и рекомендаций, приведенных в диссертационной работе, достигается за счёт: корректного применения известного математического аппарата; непротиворечивости и воспроизводимости результатов, полученных теоретическим и экспериментальным путём; соответствия результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Научная новизна состоит в том, что:

1. Разработана модель процесса переработки данных, основанная на теории графов, отличающаяся возможностью многовариантной организации последовательности этапов процесса переработки данных.

2. С учетом модели процесса переработки данных разработаны модели: правил анализа данных, критериев контроля данных, структуры и содержания выходных отчетных форм; отличающиеся возможностью абстрагирования от конкретных объектов учета и показателей, и обеспечивающие процесс адаптации автоматизированной системы административного мониторинга.

3. Предложена методика построения процессов автоматизации анализа и контроля данных, базирующаяся на разработанных моделях и отличающаяся процедурой выбора источника данных.

4. Предложен алгоритм формирования шаблона отчета, отличающийся поуровневой настройкой объектов учета и основанный на модели структуры и содержания выходных отчетных форм.

5. Предложен алгоритм построения классификационной функции для автоматического выбора метода прогнозирования состояния объекта, обеспечивающий получение наиболее эффективного прогноза поведения объекта мониторинга с учетом его особенностей.

Практическая значимость заключается в разработке прототипа автоматизированной системы административного мониторинга, включающая в себя автоматизированные средства адаптации подсистем генерации отчетов, анализа и контроля данных системы административного мониторинга, который был применен в ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК (свидетельство о

государственной регистрации № 2012660012 от 08.11.2012) .

Кроме того, полученные результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс кафедры «Информационные системы» Госуниверситета-УНПК в рамках различных дисциплин, связанных с проектированием информационных систем. Разработан учебный курс «Проектирование распределенных адаптивных систем административного мониторинга» для направления подготовки магистров «Прикладная информатика»

Результаты диссертационной работы использованы при выполнении НИР (ГК № 02.740.11.0654 от 29.03.2010 г.) «Исследование и разработка теоретических основ построения и функционирования распределенных адаптивных систем административного мониторинга» ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы, гранта РФФИ 12-07-97528-р_центр_а «Интеллектуализация процессов прогнозирования в сложных организационно-технических системах на основе данных административного мониторинга», гранта Президента Российской Федерации молодым ученым МК-3750.2012.9 «Научно-методические основы мониторинга процессов оказания электронных услуг населению». Разработанное программное обеспечение использовалось в составе программных информационно-аналитического и управляющего комплексов при выполнении НИР (ГК № П948 от 20.08.2009 г.) «Повышение эффективности управления интегрированными образовательными комплексами на основе информационно-аналитических ресурсов», НИР (ГК № 14.740.11.0591 от 05.10.2010 г. «Разработка универсальных инструментальных средств проектирования специализированных гибких модулей поддержки принятия решений в информационно-управляющих системах») той же ФЦП, применялось при выполнении работ по ГК № 598 от 12.09.08г. «Создание и внедрение системы оценки хода и результатов реализации федеральной целевой программы «Русский язык (2006-2010 годы)».

Апробация и публикации. Материалы диссертации докладывались на: Международной научно-технической Интернет-конференции «Информационные системы и технологии» (апрель-май 2011 г., г. Орел), V-ой Международной научно-технической конференции «Информационные технологии в науке, образовании и производстве» (май 2012 г., г. Орел), Международной молодежной конференции «Прикладная математика, управление и информатика» (2012 г., г. Белгород), Всероссийской молодежной конференции «Информационно-телекоммуникационные системы и технологии» (сентябрь 2012 г., г. Кемерово), Международной научно-технической Интернет-конференции «Информационные системы и технологии» (апрель-май 2013 г., г. Орел), VI-ой Международной научно-технической конференции «Информационные технологии в науке, образовании и производстве» (май 2014 г., г. Орел).

Положения, выносимые на защиту:

1. Модели: процесса переработки данных, правил анализа данных, критериев контроля данных, структуры и содержания выходных отчетных форм.

2. Методика построения процессов автоматизации анализа и контроля данных.

3. Алгоритмы формирования шаблона отчета, построения классификационной функции для выбора метода прогнозирования состояния объекта мониторинга.

4. Прототип подсистем генерации отчетов, анализа и контроля данных, обеспечивающих свойство адаптации автоматизированной системы административного мониторинга.

Публикации. По материалам диссертации имеется 11 публикации, в том числе: 5 статей в журналах из перечня ВАК, 6 публикаций в научных журналах и материалах конференций и 1 свидетельство о регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы. Работа изложена на 162 страницах машинописного текста, включающего 24 рисунка, 5 таблиц, список литературы из 123 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы ее цель и задачи, научная новизна, практическая значимость и основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава.

В первой главе был проведен анализ особенностей административного мониторинга средств и методов его организации, показано место административного мониторинга в системах управления, выявлены проблемы адаптации автоматизированной системы административного мониторинга и пути их решения.

Место АСАМ в системах управления показано на рисунке 1, где представлены два контура управления: контур управления объектом (основной контур) и контур управления системой административного мониторинга, который используется при изменении внутренних и внешних условий функционирования организационно-технической системы, при решении стратегических задач управления, связанных с изменением организационной структуры, перераспределения ресурсов, реорганизации производственного процесса и т.п.

В работах Кравцовой Н.А. решена задача автоматизации процессов хранения и сбора данных системы административного мониторинга – в частности предложена модель структуры хранения данных административного мониторинга, обеспечивающая инвариантное представление объекта мониторинга и гибкую настройку при изменении требований к процедуре мониторинга. Однако, вопросы автоматизации получения сводных данных,

анализа и контроля данных административного мониторинга не вошли в рамки данной диссертационной работы.

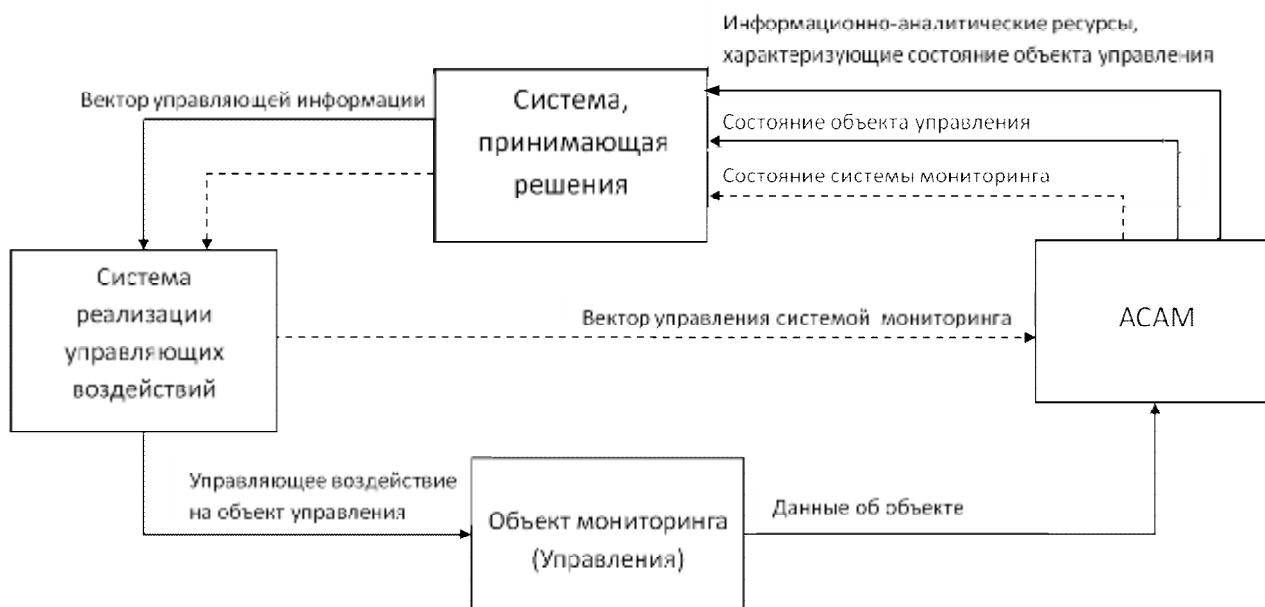


Рисунок 1. Место АСАМ в системах управления

Для обеспечения оперативной адаптации автоматизированной системы административного мониторинга задачи получения, анализа и контроля первичных и сводных данных должны быть формализованы в терминах специальной модели хранения данных, основные элементы которой приведены ниже.

Основными информационными объектами абстракциями модели структуры хранения являются следующие множества: V_t – множество типов, P – множество показателей, V_o – множество экземпляров объектов учета.

Элементы приведенных выше множеств вступают в отношения ассоциации и агрегации. Описание соответствующих множеств приведено ниже.

Множество родительских связей типов – подмножество декартова произведения $V_t \times V_t$. $E_t = \{(t_i, t_j) \mid (t_i \hat{I} V_t) \& (t_j \hat{I} V_t)\}$, где $e_t = (t_i, t_j)$ – элемент множества E_t , упорядоченная пара типов «родитель (i) – потомок (j)» соответственно.

$E_{to} = \{(t, o) \mid t \hat{I} V_t \& o \hat{I} V_o\}$ – множество отношений ассоциации экземпляров объекта учета к типам; e_{to} – отношение ассоциации объекта учета o с типом t .

Множество всевозможных наборов показателей – $2^P = \{X_P \mid X_P \hat{I} P\}$.

R_{tp} – подмножество декартова произведения множеств ($2^P \times V_t$) – подмножество показателей, ассоциированных с некоторым типом объектов учета: $R_{tp} = \{(X_P, t) \mid X_P \hat{I} P \& t \hat{I} V_t\}$.

Элементы множества E_{to} – типизированные объекты учета – попарно связываются между собой связью «потомок-родитель», создавая

упорядоченные пары элементов множества E_{to} . Возможность существования такого отношения определяется связями соответствующих типов, таким образом получаем множество связей экземпляров объектов учета:

$$E_o = \{(e_{toi}, e_{toj}) \mid e_t = (t_i, t_j) \ \& \ e_{toi} = (o_i, t_i) \ \& \ e_{toj} = (o_j, t_j)\}.$$

Отношение типизированных ОУ к наборам показателей:

$$R_{po} = E_{to} \circ R_{tp} = \{(o, X_p) \mid o \in V_o \ \& \ X_p \subset P \ \& \ \exists t \in V_t, e_{to} = (t, o) \ \& \ r_{tp} = (X_p, t)\}.$$

Обосновано, что данная модель является базой для обеспечения свойства адаптации автоматизированной системы административного мониторинга.

Во второй главе представлена модель процесса переработки данных, методика построения процессов автоматизации анализа и контроля данных, язык описания шаблона выходных отчетных форм, модели правил анализа и критериев контроля данных.

В ходе анализа задач получения, анализа и контроля первичных и сводных данных была разработана модель процесса переработки данных. Ее можно представить помощью графа (рисунок 2).

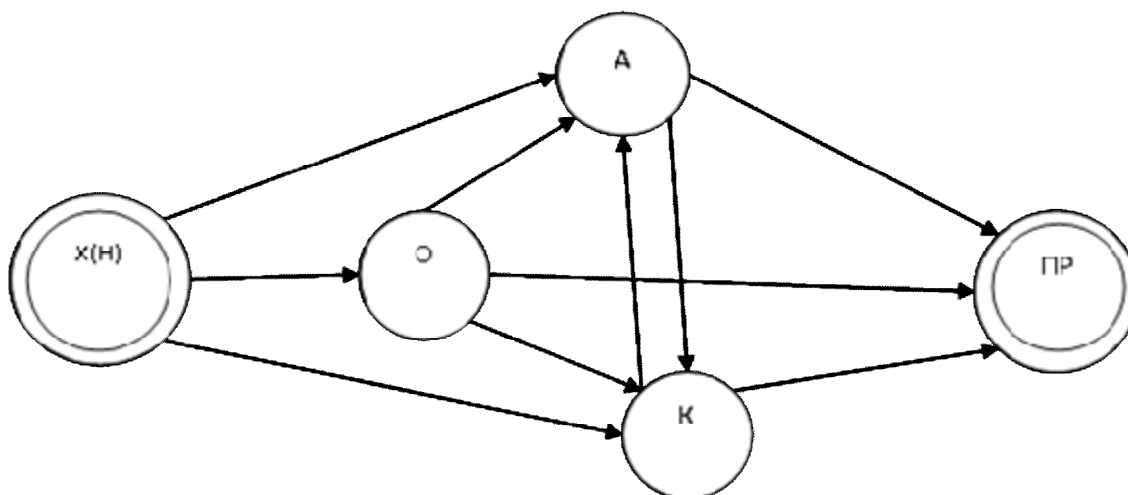


Рисунок 2. Модель процесса переработки данных

Источком является процесс накопления ($X(N)$) данных объекта управления, стоком является процесс принятия решения (ПР). Процесс генерации отчетов (О) получает от процесса накопления множество экземпляров объектов учета и их показателей. Процессы анализа и контроля данных могут получить эту информацию от процесса накопления, а также информацию от процесса генерации отчетов в виде итоговых показателей, характеризующих состояние объекта управления. Итоговые показатели от процесса генерации отчетов могут передаваться процессу принятия решений. Если этой информации недостаточно, то процесс принятия решений также может получить информацию, отличающуюся более высоким уровнем абстракции от процессов анализа и контроля данных. Обмениваясь между собой информацией, процессы анализа и контроля данных могут повышать уровень ее абстракции.

Основываясь на формализме представления объекта мониторинга в

терминах модели хранения данных, приведенной выше, можно вывести следующее формализованное представление информационных потоков:

Дуга (X(H),O): V_0, P , где V_0 – множество экземпляров объектов учета, P – множество показателей.

Дуга (X(H),A): $V_{ot}, X_{pt1}, o_1, p_1, S_n$, где V_{ot} – множество объектов учета типа t , X_{pt1} – подмножество набора показателей ассоциированных с типом t , $o_1 \in V_0$ – экземпляр объекта учета, имеющий периодический показатель p со множество значений S_n за n периодов учета.

Дуга (X(H),K): V_{ot}, p_1 , где V_{ot} – множество объектов учета типа t , имеющих показатель p_1 .

Дуги (O,IP), (O,A), (O,K): $V_0, P'=f(P)$, где P' – множество итоговых показателей, полученных в результате применения функции f ко множеству показателей P . Функция f зависит от задачи мониторинга.

Дуги (A,K), (A,IP) – $V_{oz}, o_1, p_1, S_{n+k}$, где V_{oz} – множество z групп (классов, кластеров, подмножеств) экземпляров объектов учета, $o_1 \in V_0$ – экземпляр объекта учета, имеющий периодический показатель p со множество значений S_{n+k} за $n+k$ периодов учета.

Дуги (K,A), (K,IP) – V_{ox} , где V_{ox} – множество x групп (подмножеств) экземпляров ОУ.

На основании модели процесса переработки данных была разработана методика построения процессов автоматизации анализа и контроля данных в адаптивной системе административного мониторинга (рисунок 3). Она включает три основных этапа: задание правил анализа и критериев контроля данных, выборка данных или из базы данных систем мониторинга, или из подсистемы генерации отчетов, непосредственно сам анализ и контроль данных.

Для получения сводных данных в виде отчетов, был разработан язык описания шаблона выходных отчетных форм, который определяет модель структуры и содержания выходных отчетных форм.

Формальное описание шаблона отчета следующее.

<уровень> ::= “{” <тип уровня>+ “}”.

<тип уровня> ::= <Показать имя типа> “:” <данные типа>.

<данные уровня> ::= “{” <объекты учета>,

<показатели типа>, <горизонтальный анализ>, <вертикальный анализ>, <потомки> “}”.

<показатели типа> ::= “properties: [” (<Показать имя показателя> “,”) * < Показать имя показателя > “]”.

<горизонтальный анализ> ::= “horizont_analis: {” <пустой список> | ((<функция на показателе> “,”) * < функция на показателе >) “}”.

<пустой список> ::= “empty”.

<функция на показателе> ::= <Показать имя показателя> “:” <функция>.

<функция> ::= “SUM” | “MAX” | “MIN” | “AVG” | “XOR”.

<вертикальный анализ > ::= “vert_analis: ” <пустой список> | ((<функция на показателе с правилом «подъема»> “,”) * < функция на показателе с правилом «подъема»>) “}”.

<функция на показателе с правилом «подъема»> ::= <Показать имя показателя> “:” <функция с правилом «подъема»>.

<функция с правилом«подъема»> ::= <Показать имя функции>&<правило>.

<правило> ::= <Показать правило, учитывающее значение 1 раз> | <Показать правило, учитывающее все значения> | <Показать правило, пропорционально учитывающее значения>.

<потомки> ::= <уровень>.

Необходимо отметить, что набор значений тегов «функция» и «правило» при необходимости введения новых функций или правил обработки могут расширяться.



Рисунок 3. Методика построения процессов автоматизации анализа и контроля данных

Были разработаны модели правил анализа данных для задач прогнозирования, классификации, кластеризации и модели критериев контроля

данных максимального и минимального значения показателя, разницы между максимальным и минимальным значениями показателей, среднего арифметического и выбросов.

Ниже приводится модели правила анализа данных для задачи прогнозирования и критерия контроля данных максимального и минимального значений формализованные в терминах модели хранения данных системы административного мониторинга.

Модель правила для задачи прогнозирования будет иметь вид следующей функции:

$$F(o, p, S_n, k) \rightarrow S_k,$$

где на вход функции подаются:

– $o_1 \in V_o$ – экземпляр объекта учета, имеющий показатель p для которого будут определяться прогнозные значения:

$S_n = \{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_n\}$ – множество значений периодического показателя p , на основании которых рассчитывается прогноз;

– k – количество периодов, на которое необходимо сделать прогноз;

на выходе функции $S_k = \{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_k\}$ – множество прогнозируемых значений периодического показателя.

Модель критерия контроля максимального и минимального значений показателей будет иметь вид следующей функции:

$$F(t, m, M, \max, \min) \rightarrow (P_m, P_n),$$

где на вход подаются:

– $t \in V_t$ – тип объекта учета

– m – показатель, принадлежащий типу объекта учета t ;

– M – множество объектов учета типа t , которые будут проходить контроль максимального и минимального значений по показателю m ;

– \max и \min – максимальное и минимальное допустимые значения для показателя m ;

на выходе имеются:

– P_m – множество объектов учета, которые удачно прошли контроль максимального и минимального значения по показателю m ;

– P_n – множество объектов учета, которые не прошли контроль максимального и минимального значения по показателю m .

В моделях нечетких критериев контроля данных вводится функция принадлежности следующего вида:

$$N_k = \{ \langle x_1, y_1 \rangle, \langle x_2, y_2 \rangle, \dots, \langle x_i, y_i \rangle, \dots, \langle x_k, y_k \rangle \},$$

где x_i – часть заданного диапазона (поддиапазон), а y_1 – символьное имя, характеризующие объекты учета, у которых значения показателей попали в данную часть диапазона.

Необходимо отметить, что вид функции принадлежности может отличаться от приведенного выше в зависимости от специфики задачи контроля.

В результате объекты учета разбиваются на $k+1$ подмножеств множества P , в которых k подмножеств соответствуют принадлежности значений показателей объектов учета k частям заданного диапазона, и одно

подмножество, в котором значения показателей объектов учета не принадлежат заданному диапазону.

В результате вышеизложенного модель нечетких критериев контроля данных будут иметь вид следующей функции для задачи контроля наименьшего и наибольшего значений показателей (обозначения, за исключением P, идентичны приведенным выше):

$$F(t, m, M, \max, \min, N_k) \rightarrow P.$$

В третьей главе представлены алгоритм формирования шаблона отчета, методы анализа данных, алгоритмы контроля данных и алгоритм построения классификационной функции для выбора метода прогнозирования.

Рассмотрим алгоритм формирования шаблона отчета на основе разработанного языка описания шаблона выходных отчетных форм. Задание шаблона ведется по уровням (поколениям). На каждом уровне определяются объекты учета одного поколения, их показатели, необходимость вести аналитический подсчет в случае, если показатели числовые или нет и прочее (рисунок 4).

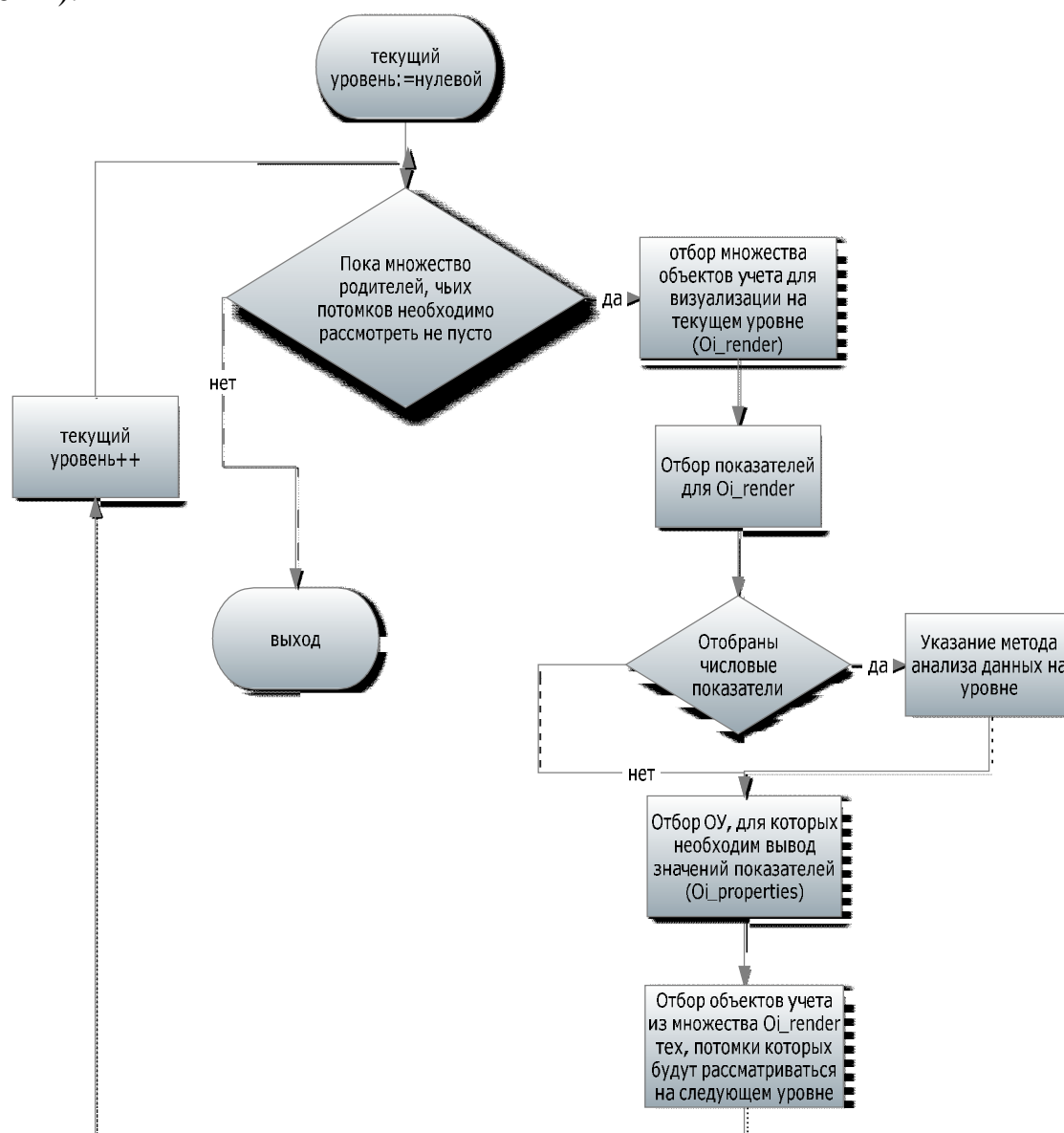


Рисунок 4. Алгоритм формирования шаблона отчета

На основании модели правила анализа для задачи прогнозирования и анализа методов решения задачи прогнозирования выявлена необходимость решения задачи автоматического выбора наилучшего метода прогнозирования состояния объекта административного мониторинга из заданного множества.

Описанную выше задачу можно рассматривать как задачу классификации. Объектами классификации являются временные ряды. Значения периодических показателей, характеризующих состояние объекта мониторинга, можно рассматривать как временные ряды. Для метаописания временного ряда создается набор признаков, характеризующий временной ряд. Метками классов являются название алгоритмов прогнозирования. Временной ряд относится к некоторому классу, если соответствующий этому классу алгоритм работает на временном ряде наилучшим образом по заданному функционалу качества.

Ниже приводится формальная постановка задачи построения классификационной функции для выбора метода прогнозирования.

Пусть задано множество алгоритмов прогнозирования $A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n\}$, задано множество классификационных признаков $X = \{x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_m\}$, задано множество временных рядов $T = \{t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_h\}$. Для каждого временного ряда задано его признаковое описание $t_i = \{t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{ij}, \dots, t_{im}\}$ и алгоритм прогнозирования $t_{i\text{opt}} \in A$, работающий наилучшим образом на данном временном ряде по заданному функционалу качества. Необходимо найти множество весов для классификационных признаков $W = \{w_0, w_1, \dots, w_j, \dots, w_m\}$ такое, что:

$$\frac{r}{h} \rightarrow \max,$$

где r – мощность множества правильно классифицированных рядов $Y \subset T$, $t_i \in Y$, если $t_{i\text{opt}} = w_0 + w_1 t_{i1} + w_2 t_{i2} + \dots + w_m t_{im}$; h – мощность множества временных рядов.

Множество T является обучающей выборкой. Для того чтобы T состояло из временных рядов, содержащих любое сочетание m классификационных признаков, тем самым образуя полный факторный план с двумя значениями уровней факторов (максимальное и минимальное значения признаков), его мощность должна быть равна $h = 2^m$.

Было проведено исследование методов прогнозирования на возможность автоматического применения для решения задачи прогнозирования состояния объекта мониторинга. По результатам исследования отобраны методы: SSA, ARIMA, метод тройного экспоненциального сглаживания.

В результате проведенного исследования был сформирован набор потенциальных признаков временного ряда, которые могут повлиять на выбор метода прогнозирования состояния объекта мониторинга: 11 характеристик временных рядов и 3 характеристики модели хранения данных системы административного мониторинга. Из всех этих признаков только 7 относятся к управляемым факторам: длина ряда, наличие или отсутствие тренда, наличие или отсутствие сезонной компоненты, наличие или отсутствие случайной компоненты, количество пропущенных значений, количество выбросов,

количество вспомогательных временных рядов, количество терминальных объектов учета, связанных по общему показателю.

Для нахождения оптимального набора классификационных признаков был разработан специальный алгоритм (рисунок 5). Данный алгоритм перебирает каждое сочетание потенциальных классификационных признаков, решает задачу нахождения весов для классификационных признаков при помощи метода наименьших квадратов, и запоминает процент успешно классифицированных рядов для найденных весов. По завершению алгоритм находит сочетание (сочетания) классификационных признаков с самым высоким процентом. На вход подаются две матрицы T и A , описанные выше.

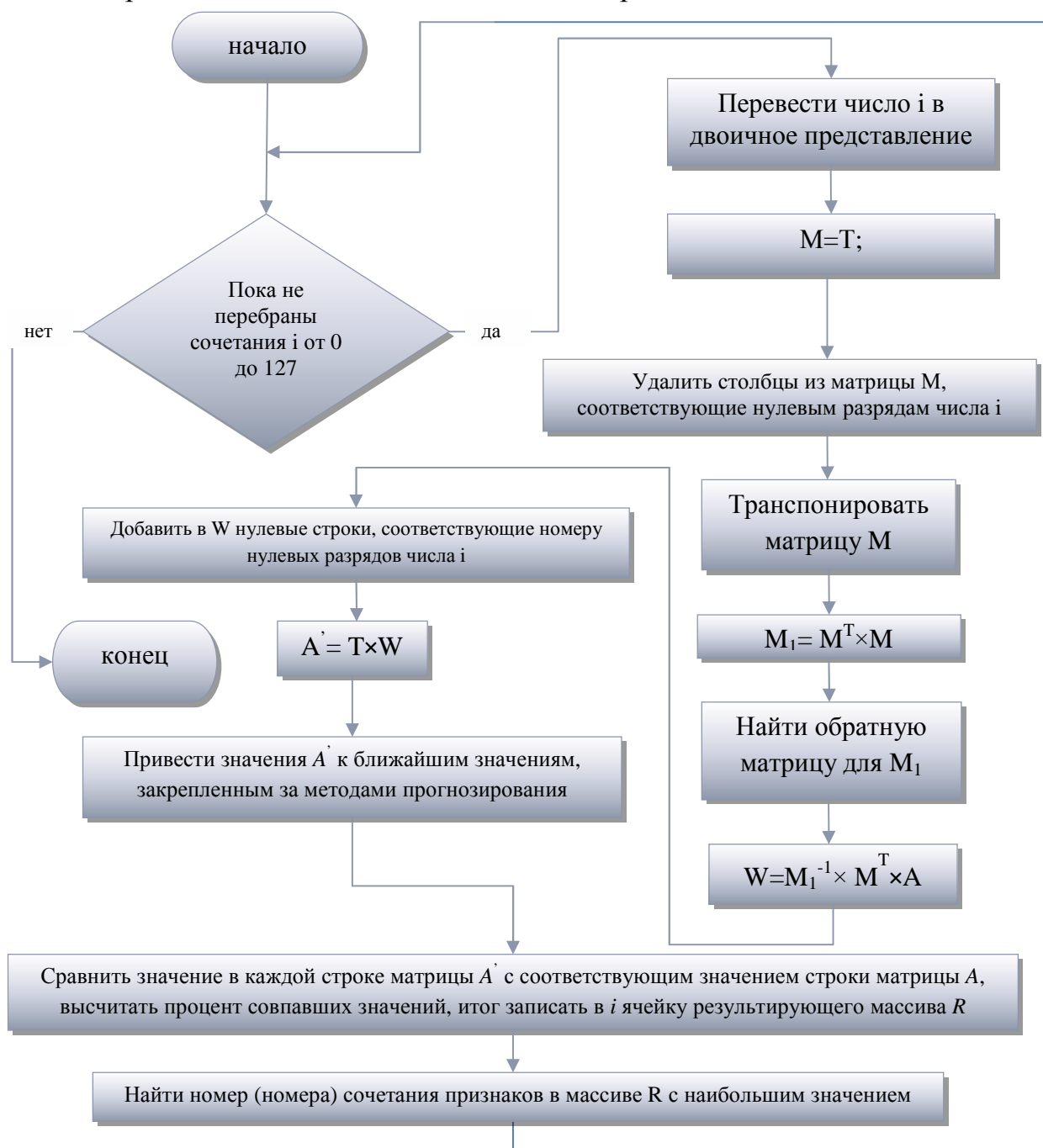


Рисунок 5. Алгоритм поиска оптимального набора признаков

В результате работы данного алгоритма был определен оптимальный

набор признаков, на основании которых можно автоматически выбрать наилучший алгоритм для прогнозирования состояния объекта мониторинга.

В четвертой главе представлены результаты реализации и исследования прототипа подсистем генерации отчетов, анализа и контроля данных системы административного мониторинга. Разработаны и приведены диаграммы состояний диалоговых интерфейсов пользователя. В качестве основы архитектуры была выбрана модификация трехуровневой архитектуры, включающая компоненты хранилища, логики, представления и контроллер.

Для оценки эффективности средств адаптации подсистемы генерации отчетов системы административного мониторинга было проведено сравнение временных затрат с неавтоматизированной методикой получения сводных данных (рисунок 6). Рассматривать импорт данных из АСАМ для построения отчетов в какие-либо другие системы исключим из рассмотрения, поскольку время создания шаблона импорта для конкретной задачи мониторинга будет сопоставимо со временем разработки подсистемы генерации отчетов АСАМ. При изменении задачи мониторинга потребуется почти полностью переписать шаблон импорта данных.

Сравнение эффективности средств адаптации подсистемы анализа и контроля данных АСАМ будем проводить с эффектом от импорта данных в системы класса business intelligent, позволяющим настроиться на любую задачу анализа и контроля данных АСАМ, из-за наличия большой библиотеки различных методов анализа и контроля данных, и с результатами оценки трудоемкости реализации неавтоматизированной методики анализа и контроля данных (рисунок 7). При оперативном прогнозировании показателей объектов учета возникает необходимость быстрого нетривиального выбора метода прогнозирования и нужных параметров модели для самого метода, поэтому оценку эффективности задачи прогнозирования вынесем отдельно (рисунок 8).

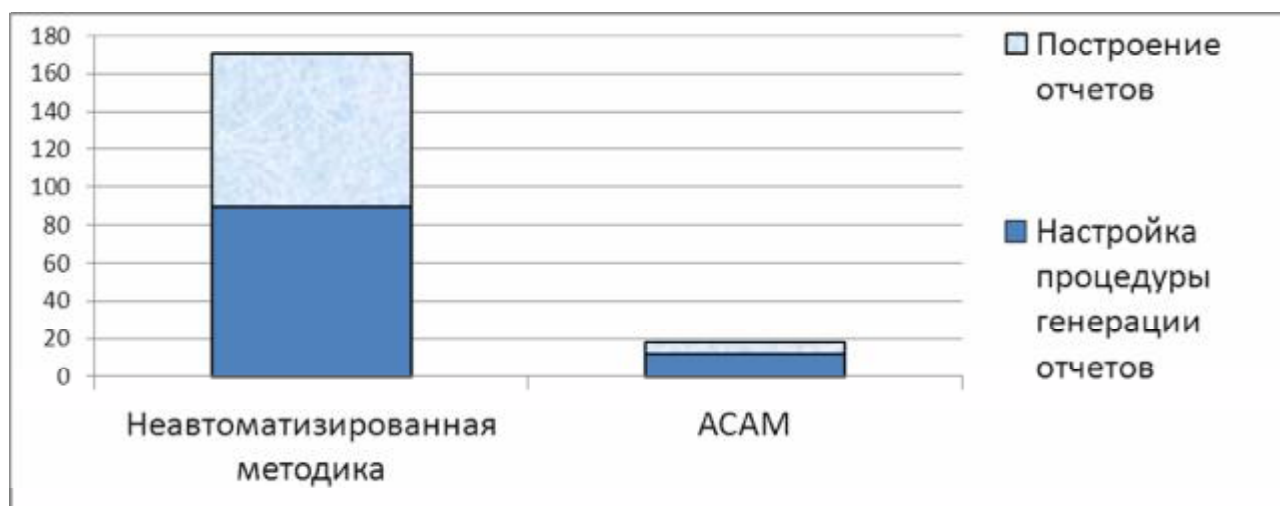


Рисунок 6. Затраты времени на одну итерацию генерации отчетов после изменения требований к процедуре мониторинга, чел*час

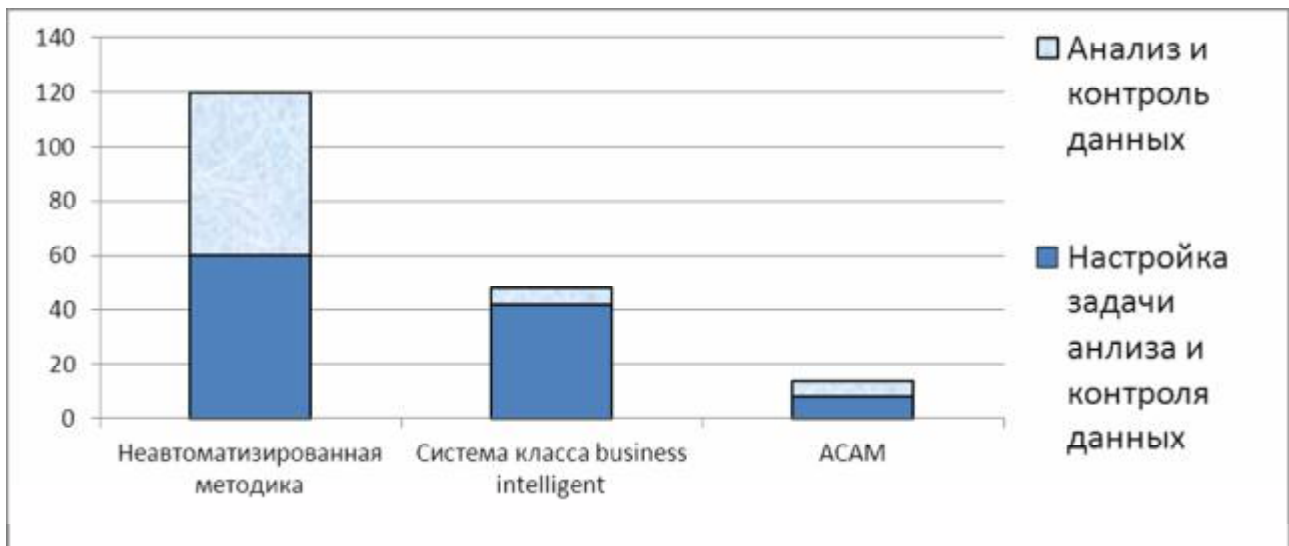


Рисунок 7. Затраты времени на одну итерацию анализа и контроля данных после изменения требований к процедуре мониторинга, чел*час

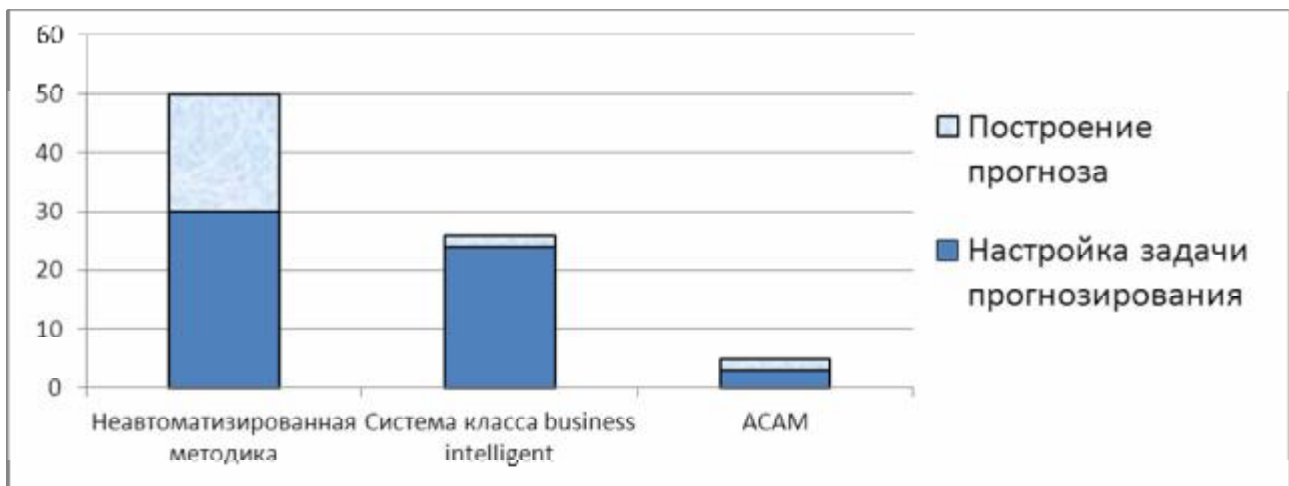


Рисунок 8. Затраты времени на одну итерацию прогнозирования данных после изменения требований к процедуре мониторинга, чел*час

В заключении сформулированы основные результаты работы.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ:

1. Был проведен анализ особенностей административного мониторинга средств и методов его организации. По результатам анализа выявлено, что системам поддержки принятия решений и/или лицу принимающему решения, необходимо оперативно получать информацию из различных источников с последующей ее переработкой до необходимого уровня абстракции о состоянии объекта управления, в условиях изменяющихся требований к структуре и составу показателей. Вследствие чего должна обеспечиваться возможность оперативной адаптации автоматизированной системы административного мониторинга к этим требованиям.

2. Решение задачи оперативной адаптации автоматизированной системы

административного мониторинга может быть достигнуто за счет формализованного представления задач получения, анализа и контроля первичных и сводных данных в терминах специальной модели хранения данных административного мониторинга.

3. В ходе анализа задач получения сводных данных, анализа и контроля данных была разработана модель процесса переработки данных, обеспечивающая возможность многовариантной организации последовательности этапов процесса переработки данных.

4. Для решения задач получения, анализа и контроля первичных и сводных данных системы административного мониторинга были разработаны формализованные модели правил анализа и критериев контроля данных, структуры и содержания выходных отчетных форм в терминах модели хранения данных системы административного мониторинга.

5. На основании модели процесса переработки данных была разработана методика построения процессов автоматизации анализа и контроля данных с возможностью выбора источника данных.

6. На основании модели структуры и содержания выходных отчетных форм, представленной предложенным в работе языком описания шаблона выходных отчетных форм, был разработан алгоритм формирования шаблона отчета с возможностью поуровневой настройкой объектов учета.

7. На основании модели правила анализа для задачи прогнозирования и анализа методов решения задачи прогнозирования выявлена необходимость решения задачи автоматического выбора наилучшего метода прогнозирования состояния объекта административного мониторинга из заданного множества. Для ее решения был разработан специальный алгоритм. В результате его работы была получена классификационная функция с помощью, которой можно осуществлять автоматический выбор наилучшего метода прогнозирования состояния объекта мониторинга из заданного семейства методов прогнозирования для конкретного состава и структуры показателей в текущий момент решения задачи административного мониторинга.

8. Реализован прототип подсистем генерации отчетов, анализа и контроля данных. В ходе внедрения результатов работы получены оценки эффективности средств адаптации прототипа, выражающейся в сокращении времени на настройку задач переработки данных: в 7 раз для задачи получения сводных данных по сравнению с неавтоматизированной методикой, в 5 раз для задачи анализа и контроля данных по сравнению с системами класса *business intelligent*, без учета задачи прогнозирования; и в 8 раз для задачи прогнозирования по сравнению с системами класса *business intelligent*.

9. Результаты диссертационного исследования использованы при выполнении пяти НИР и внедрены в учебный процесс кафедры «Информационные системы» ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК».

Основные публикации по теме диссертации:

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. Лукьянов, П.В. Моделирование процессов анализа и контроля данных административного мониторинга при автоматизации управления организационно-техническими системами [Текст] / П.В. Лукьянов, А.И. Фролов // Информационные системы и технологии. – 2012. – №6(74). – С. 84-90. (Личное участие – 50%)
2. Лукьянов П.В. Исследование характеристик выходных наборов данных системы административного мониторинга в контексте автоматизации прогнозирования состояния объекта мониторинга [Текст] / П.В. Лукьянов, А.И. Фролов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2013. – № 1 – С. 17-21. (Личное участие – 50%)
3. Лукьянов, П.В. Модели правил анализа и критериев контроля данных в системе административного мониторинга [Текст] / И.С. Константинов, А.И. Фролов, П.В. Лукьянов // «Информационные системы и технологии», №4(72), июль-август 2012, С. 70-77. (Личное участие – 40%)
4. Лукьянов, П.В. Некоторые аспекты поддержки принятия решений на основании данных административного мониторинга [Текст]/ А.В. Коськин, А.И. Фролов, П.В. Лукьянов, О.И. Аткишев // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2013. – №8. – С. 55-59 (Личное участие – 30%)
5. Лукьянов, П.В. О возможностях имитационного моделирования состояния объекта управления на основе данных административного мониторинга [Текст]/ А.И. Фролов, П.В. Лукьянов// Информационные системы и технологии. – 2013. – №6(80). – С. 54-60. (Личное участие – 50%)

Публикации в научных журналах и материалах конференций

6. Лукьянов, П.В. К вопросу о прогнозировании состояния объекта мониторинга [Электронный ресурс] / Лукьянов П.В., Фролов А.И., Ашихмин С.И. // Информационные технологии в науке, образовании и производстве. ИТНОП-2012: материалы V-й Международной научно-технической конференции. – Режим доступа: <http://irsit.ru/files/article/223.pdf>. – 6 с. (Личное участие 40%)
7. Лукьянов, П.В. Формализация задач анализа и контроля данных в автоматизированной адаптивной системе административного мониторинга [Текст] / И.С. Константинов, А.И. Фролов, П.В. Лукьянов // Информационные системы и технологии: материалы Международной научно-технической Интернет-конференции, апрель-май 2011 г., г. Орел – В 3-х т. Т. 1 / под общ. ред. д-ра техн. наук проф. И.С. Константинова. – Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2011. – С. 31-37. (Личное участие 40%)
8. Лукьянов П.В. Моделирование структуры выходных отчетных форм в системе административного мониторинга [Текст] // «Информационно-телекоммуникационные системы и технологии» (ИТСиТ-2012) : Материалы Всероссийской молодежной конференции, г. Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева, 20-22 сентября 2012 г, сс. 40-41. (Личное участие – 100%)

9. Лукьянов, П.В. Алгоритм формирования шаблона отчета в системе административного мониторинга [Текст] / Фролов А.И., Лукьянов П.В. // Прикладная математика, управление и информатика. Сборник трудов Междунар. молодеж. конф., Белгород: ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», 2012, Т. 2. – сс. 175-178. (Личное участие – 50%)

10. Лукьянов, П.В. Анализ существующих подходов и моделей, обеспечивающих решение задач прогнозирования по результатам административного мониторинга [Электронный ресурс] / Фролов А.И., Лукьянов П.В. // Материалы II международной научно-технической интернет-конференции «Информационные системы и технологии», г. Орел, 01 апреля – 31 мая 2013 г. – Орел. – Режим доступа: <http://irsit.ru/files/article/341.pdf> (Личное участие – 50%)

11. Лукьянов, П.В. Получение классификационной функции для автоматического выбора алгоритма прогнозирования состояния объекта административного мониторинга [Электронный ресурс] / Лукьянов П.В., Фролов А.И. // Информационные технологии в науке, образовании и производстве. ИТНОП-2014: материалы VI-й Международной научно-технической конференции. – Режим доступа: <http://irsit.ru/files/article/402.pdf> – 7 с. (Личное участие 50%)

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

12. Распределенная адаптивная система административного мониторинга [Программа для ЭВМ] / Константинов И.С., Фролов А.И., Лукьянов П.В и др. / – № 2012660012. – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 08.11.2012. Заявка №2012618060 от 11.09.12 (Личное участие – 30%).

ЛР ИД № 00670 от 05.01.2000 г.

Подписано к печати « 22 » октября 2014 г.

Усл. печ. л.1 Тираж 100 экз.

Заказ № 182.

Полиграфический отдел «Госуниверситет-УНПК»

302035, г. Орел, ул. Московская, 65