

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника»
Профиль 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин,
комплексов и компьютерных сетей»
Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
отделение информационных технологий

Научно-квалификационная работа

Тема научно-квалификационной работы
Алгоритмическое и программное обеспечение интеллектуальной информационной системы для управления фондом нефтяных и газовых скважин

УДК 004.89:622.276

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А6-39	Евсюткин Иван Викторович		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ	Спицын В.Г.	д.т.н., профессор.		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И. о. руководителя	Шерстнёв В.С.	к.т.н., доцент		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ	Марков Н.Г.	д.т.н., профессор		

АННОТАЦИЯ НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ
«АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ФОНДОМ НЕФТЯНЫХ И
ГАЗОВЫХ СКВАЖИН»

АСПИРАНТА ГРУППЫ А6-39 ЕВСЮТКИНА ИВАНА ВИКТОРОВИЧА

Актуальность темы исследования

Фонд скважин нефтегазодобывающего предприятия только на одном месторождении может включать несколько тысяч скважин. Столь крупный объект управления требует серьёзного внимания со стороны субъектов управления – служб предприятия с целью формирования и оказания различных управляющих воздействий на скважины фонда и продуктивные пласты для поддержания стабильной добычи углеводородного сырья (УВС).

В настоящее время становится популярной концепция интеллектуальных месторождений, которая включает в себя систему эффективных технологий, интеллектуальных методов обработки больших объёмов геолого-технологических данных, а также интеграцию программного обеспечения нефтегазодобывающих компаний по функциям и данным и тесной взаимосвязи всех отделов компании в рамках бизнес-процессов. В связи с чем принятие оптимальных управленческих решений при эксплуатации и развитии инфраструктуры месторождений постоянно усложняется настолько, что без внедрения новых интеллектуальных методов в промышленные отрасли невозможно обойтись. Такие методы находятся либо в процессе разработки, либо уже внедрены в соответствующие программные продукты, однако точность большинства из них оставляет желать лучшего, а алгоритмически выверенные методы требуют максимальной точности и полноты данных, что не всегда возможно осуществить.

Всё это указывает на актуальность разработки новых моделей, методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных (ИАД) и программной реализации их в виде перспективных ИИС для высокоавтоматизированного управления фондом скважин в условиях больших объёмов постоянно обновляющихся на промыслах данных. Особенно такие ИИС будут необходимы как средства поддержки принятия решений специалистами при решении слабоформализуемых задач.

Цель и задачи работы

Цель работы – создание алгоритмического и программного обеспечения интеллектуальной информационной системы для управления фондом нефтяных и газовых скважин. В такой ИИС должны быть реализованы современные методы и алгоритмы

ИАД, а архитектура её программного обеспечения (ПО) – создаваться на принципах сервис-ориентированной архитектуры (англ. SOA).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Провести анализ проблемы автоматизации процессов управления фондом нефтяных и газовых скважин.
2. Разработать концепцию ИИС для управления фондом скважин, способную легко адаптироваться к условиям конкретных добывающих предприятий нефтегазовой отрасли.
3. Разработать новые модели, методы и алгоритмы решения ряда задач, в том числе слабоформализуемых, при управлении фондом скважин. Провести исследование их эффективности и пределов применимости
4. Создать программное обеспечение ИИС с учётом разработанных её концепции и моделей, методов и алгоритмов ИАД.
5. Провести апробацию ИИС, в том числе путём интеграции её в существующие информационные пространства добывающих предприятий нефтегазовой отрасли.

Структура, объем и основное содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка литературы, содержащего 106 наименований и 3 приложений. Объем диссертации составляет 202 страницы, включая 46 рисунков и 29 таблиц.

Первый раздел работы содержит обоснование актуальности темы диссертации и анализ современного состояния проблемы автоматизации управления фондом скважин месторождений нефти и газа.

Описаны основные бизнес-процессы управления фондом скважин, подробно проанализированы бизнес-процессы управления геолого-техническими мероприятиями (ГТМ) на фонде скважин, построены диаграммы для них. Вводится понятие интеллектуального месторождения, а также даётся анализ существующих методов и алгоритмов (традиционных и интеллектуальных) для управления фондом скважин. Показан уровень развития реализующих эти методы информационных систем добывающих предприятий нефтегазовой отрасли. На основе проведенного анализа формулируются цель и задачи диссертационного исследования.

Во *втором разделе* изложена концепция создания интеллектуальной информационной системы (ИИС).

Приведён перечень требования к ней, обоснованы преимущества SOA-модели ПО ИИС, описаны компоненты этой модели. Спроектированы интерфейсы пользователя ИИС

и модель её базы данных, описаны варианты использования системы специалистами предприятия.

В *третьем разделе* описаны разработанные модели, методы и алгоритмы ИАД и результаты исследования их эффективности и пределов применимости.

Приведены подходы и алгоритмы подготовки больших данных по фонду скважин в рамках концепции «Big Data». Среди слабоформализуемых задач, возникающих при управлении фондом скважин, решаются следующие: задача прогноза значений дебитов скважин и задачи классификации при отборе скважин-кандидатов для ГТМ и при выборе типов ГТМ для таких скважин. Для их решения разработаны модели глубоких искусственных нейронных сетей (ИНС) прямого распространения и применяются алгоритмы плотностного и иерархического методов кластерного анализа. Предложен метод формирования входных данных для ИНС. В качестве данных для исследования таких моделей ИНС и разработанных методов и алгоритмов используются значения технологических параметров скважин фонда и геологических параметров продуктивных пластов с одного из месторождений Томской области.

Раздел 4 посвящён программной реализации ИИС.

Обоснован выбор системы управления бизнес-процессами, показаны особенности ее адаптации к условиям добывающего предприятия. Реализована специализированная сервисная шина предприятия ESB, проведены исследования ее эффективности. Описаны стандарты взаимодействия по сетевым интерфейсам для веб-сервисов. Показаны особенности реализации методов интеллектуального анализа данных в виде веб-сервисов.

В *пятом разделе* описано использование ИИС в нефтегазовой отрасли на примере предприятий ОАО «Томскгазпром» и ООО «Центр нефтегазовых технологий».

Для этих предприятий показаны особенности создания единого информационного пространства. При этом описаны особенности интеграции ИИС с унаследованными ИС предприятий. Показаны результаты апробации компонентов ИИС в ООО «Центр нефтегазовых технологий». Сформулированы основные положения методики использования ИИС при анализе технологических и геологических данных методами ИАД.

Основные результаты и выводы

Сегодня очевидно, что интеллектуальные технологии – главный фактор обеспечения оптимальных управленческих решений при эксплуатации фонда скважин месторождений, в том числе при управлении ГТМ на фонде. В работе при управлении фондом скважин предложено разрабатывать и использовать методы ИАД как наиболее

перспективные для поддержки принятия обоснованных решений. При этом получены следующие наиболее важные научные и практические результаты:

1. На этапе проектирования ИИС сформирована ее концепция в виде принципов и требований к функциональности и к архитектуре её ПО. Показано, что наиболее эффективной архитектурой ПО такой ИИС является архитектура, построенная на принципах SOA.

2. Разработаны алгоритмы и методика предварительной подготовки технологических и геологических данных для последующего применения методов ИАД. Предложены новые модели глубоких ИНС прямого распространения. Разработан метод формирования входных данных для ИНС по временным рядам значений дебитов скважин. Проведены исследования эффективности методов кластерного анализа и моделей глубоких ИНС для решения ряда слабоформализуемых задач при управлении фондом скважин. Точность прогноза значений дебитов скважин с помощью этих моделей ИНС была улучшена по сравнению с известными методами в два и более раза, точность выбора скважин-кандидатов для ГТМ достигла 99%, а точность выбора типа ГТМ составила 85%. Методы кластерного анализа при выборе скважин-кандидатов для ГТМ не всегда обеспечивают требуемую точность классификации.

3. С учётом концепции ИИС и результатов исследований методов ИАД были программно реализованы все компоненты SOA-модели ПО ИИС. Так, разработана специализированная сервисная шина предприятия, показана её высокая производительность. Обоснован выбор системы управления бизнес-процессами ELMA BPM, которая была адаптирована под добывающие предприятия нефтегазовой отрасли. Для этого разработаны дополнительные сервисы в среде этой системы управления. Веб-сервисы ИИС реализованы на различных платформах и языках программирования.

4. Результаты использования ИИС на двух добывающих предприятиях нефтегазовой отрасли позволяют считать, что концепция ИИС и компоненты её ПО могут успешно применяться при создании единого информационного пространства предприятий отрасли. Разработана методика применения ИИС при анализе технологических и геологических данных по фонду скважин.

Полученные результаты исследований позволяют считать, что в перспективе разработанная концепция ИИС и компоненты SOA-модели её ПО могут быть использованы при создании единого информационного пространства предприятий непрерывного цикла нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслей.