

К.М. Погарцев, А.А. Ступников

Тюменский государственный университет, г. Тюмень

УДК 004.9

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ГРУНТОВ И ВОД

Аннотация. В работе рассматриваются проблемы проведения физико-химических исследований с использованием электронных журналов и программного обеспечения общего назначения. Предлагается разработка узкоспециализированной информационной системы. Описывается разработка автоматизированной системы поддержки физико-химических исследований. Демонстрируется подход к разработке лингвистического компонента системы.

Ключевые слова: физико-химические исследования, информационные системы, синтаксический анализ, формальная грамматика.

Введение

Одной из важнейших задач в нефтегазовой отрасли является прогнозирование нефтегазоносности отложений в определённой области [1]. Для решения этой задачи используется множество различных методов и технологических процессов, в число которых входят геохимические и геофизические методы исследований.

Лаборатории, проводящие физико-химические исследования, традиционно использовали для хранения всех данных журналы, которые составлялись и заполнялись от руки. В эти журналы заносились сведения о пробах, средствах измерения, проведённых измерениях и расчётах. Использование бумажных носителей было простым для понимания и использования, а также гарантировало частичную защиту от внесения

скрытых изменений. Тем не менее, с приходом компьютеризации даже самые консервативные руководители лабораторий начали использовать электронные журналы. Поскольку переход от бумажных журналов к электронным нередко проводился без привлечения технических специалистов, наиболее популярным методом хранения журналов и работы с ними стали электронные таблицы, хранящиеся в виде файлов в корпоративной файловой сети.

С течением времени и увеличением методов проводимых исследований, проб, измерений и средств измерений сотрудники лабораторий сталкиваются с многочисленными проблемами: несогласованностью хранящихся данных, отсутствием аудита изменения данных и разграничения доступа к данным и задержками при работе сотрудников с журналами. В связи с этим является актуальной задача разработки узкоспециализированной системы поддержки физико-химических исследований, позволяющей сотрудникам лабораторий эффективно осуществлять повседневную деятельность.

Система разрабатывалась для лаборатории физико-химических методов исследований Западно-Сибирского филиала института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН.

Проектирование системы

Область аккредитации лаборатории ежегодно меняется, и её сотрудники получают возможность проведения новых исследований с использованием новых методов. Это ведёт к появлению новых журналов измерений, и попытки моделирования этих журналов в реляционной базе данных приводят либо к чрезмерно большому количеству схожих отношений (по 2-3 отношения на журнал) и неадекватности модели, либо к созданию отношений, не имеющих соответствий в окружающей среде и невыразительности модели. Поэтому для хранения данных используется постреляционная база данных, в которой для целевых сущностей основой

нормализации служит не первая нормальная форма, а «не первая нормальная форма» или НФ2 [2]. Это позволяет хранить несколько значений в одном атрибуте кортежа. Используя такую базу данных, можно помещать результаты проведённых с использованием разных методов измерений в атрибут «Результаты» отношения «Измерение». Примером подобных постреляционных возможностей современных СУБД может служить домен jsonb в СУБД PostgreSQL [3].

Поскольку проведение исследований тесно связано с другими процессами в лаборатории (управление правами сотрудников, контроль средств измерений и пр.), система также реализует функции автоматизации и поддержки этих процессов.

Сложность при проектировании вызывает необходимость аудита данных, так как сотрудникам лаборатории нужно знать не только, кто и когда вносил в журналы изменения, но и какими именно были данные до этих изменений. Выделяются два основных подхода к решению этой задачи: хранение всех кортежей, в том числе изменённых и удалённых, с атрибутами временного интервала, в котором они были актуальны, и именем пользователя, который их изменил, а также хранение набора изменений и сущности, из которой, последовательно применяя изменения, можно получить другие её версии. При разработке системы выбран первый подход, так как более частым вариантом использования системы является просмотр устаревших данных, а не просмотр изменений.

Так как бизнес-логика, связанная с проведением физико-химических исследований, нетривиальна и специфична для лаборатории, при разработке системы возникли проблемы из-за эволюционного характера разработки. Для решения этих проблем использовался итеративный подход к разработке и методы предметно-ориентированного проектирования.

Разработка языка выражений для рабочих журналов

В ходе проектирования рабочих журналов возникла задача реализации вычисления атрибутов журнала по динамически задаваемым сотрудниками выражениям. В ходе прототипирования системы использовался готовый парсер математических выражений с предопределённой грамматикой NCalc, однако в полнофункциональной автоматизированной системе поддержки физико-химических исследований более перспективным решением является разработка собственного языка выражений, включающего специфичные для деятельности лаборатории конструкции.

В качестве примера на рис. 1 приведены наиболее простые выражения из существующего электронного рабочего журнала, который вёлся с помощью программы Microsoft Excel, а также их аналоги в разрабатываемом языке выражений. Видны следующие отличия:

- ссылки на атрибуты по именам вместо адресов ячеек;
- отсутствие конструкций ЕСЛИ и ЕЧИСЛО, вместо них — параметры «Текст при отсутствии параметров выражения» и «Диапазон значимых результатов» в объявлении типа атрибута рабочего журнала;
- отсутствие лишнего символа «=» в начале выражения;
- результаты вычислений выражений являются атомарными значениями.

```

=ЕСЛИ (ЕЧИСЛО (СРЗНАЧ (Н2:J2) )=ИСТИНА;СРЗНАЧ (Н2:J2) ;"-")
=ЕСЛИ (ЕЧИСЛО (СРЗНАЧ (R3:S3) )=ИСТИНА;ЕСЛИ (СРЗНАЧ (R3:S3)<1;"<1,0";СРЗНАЧ (R3:S3
) );"-")
{=ЛИНЕЙН (P47:P58;L47:L58;ИСТИНА) }

mean($A1, $A2, $A3)
mean($Grad1, $Grad2)
linear_k([Grad], [A_mean])
linear_b([Grad], [A_mean])

```

Рис. 1. Примеры выражений рабочих журналов Excel и их аналоги на разрабатываемом языке выражений.

Использование регулярных выражений для создания и разбора подобного языка привело бы к чрезмерной сложности регулярных выражений, что, в свою очередь, стало бы причиной высокой стоимости развития и поддержки такой системы. Поэтому для разработки используются генераторы синтаксических анализаторов. Возможно использование как инструментов, позволяющих задать правила разрабатываемого языка прямо в используемом языке программирования (пример — построитель комбинаторных парсеров Sprache), так и инструментов, для которых разрабатываемый язык описывается в виде формальной грамматики. Для разработки языка выражений использовался генератор нисходящих анализаторов для формальных языков ANTLR.

На рис. 2 представлена часть формальной грамматики разработанного языка выражений рабочих журналов в расширенной Бэкус-Науровой форме (РБНФ).

```
grammar TestValueExpression;

/* * Lexer Rules */
fragment DIGIT: [0-9];
fragment LETTER: [a-zA-Z\u0400-\u04FF];
fragment DIGITSEPARATOR: '.' | ',';
NUMBER: DIGIT+ (DIGITSEPARATOR DIGIT+)?;
TRUE: 'true';
FALSE: 'false';
IDENTIFIER: '$' LETTER (LETTER | DIGIT)*;
MUL: '*';
DIV: '/';
ADD: '+';
SUB: '-';
LPAR: '(';
RPAR: ')';
POW: '^';
AND: 'and';
OR: 'or';
NOT: 'not';
GT: '>';
GE: '>=';
LT: '<';
LE: '<=';
EQ: '=';
WS: [ \r\t\u000C\n]+ -> skip;

/* * Parser Rules */
bool: TRUE | FALSE;
constant: NUMBER | bool;
atomic: constant | IDENTIFIER;
```

```

comparator: GT | GE | LT | LE | EQ;
binop: AND | OR;
arguments: arg = expression (';' arg = expression)*;
mean: 'mean' LPAR arguments RPAR;
expression:
    left = expression operator = POW right = expression
    | left = expression operator = MUL right = expression
    | left = expression operator = DIV right = expression
    | left = expression operator = ADD right = expression
    | left = expression operator = SUB right = expression
    | NOT expression
    | left = expression operator = binop right = expression
    | left = expression operator = comparator right = expression
    | function = mean
    | LPAR expression RPAR
    | prefix = (ADD | SUB)* value = atomic;

parse: expression EOF;

```

Рис. 2. Часть формальной грамматики разрабатываемого языка выражений в РБНФ

После того, как была описана грамматика языка, был автоматически сгенерирован код лексера и парсера на языке программирования C#. Лексер группирует символы текста входного выражения в лексемы (значащие последовательности), определяет типы лексем в соответствии с терминальными символами грамматики и объединяет их в токены. Затем парсер преобразует поток токенов в абстрактное синтаксическое дерево.

Для вычисления результата выражения был создан слушатель — объект, реализующий алгоритм сортировочной станции при обходе синтаксического дерева.

Реализация системы

В ходе разработки системы для лаборатории физико-химических методов исследований использовалась двухзвенная архитектура системы и многоуровневая архитектура клиентского приложения. Клиентское приложение разработано в виде настольного приложения, интегрированного в существующий программный комплекс. Использовалась программная платформа .Net Core 3.1 и язык программирования C# 8.0. Для создания правил валидации использовалась

библиотека FluentValidation. Работа с электронными таблицами Excel обеспечена библиотекой ClosedXML. Для разработки служб использовалось реактивное программирование и библиотека ReactiveExtensions. Платформонезависимая часть уровня представления реализована с использованием MVVM-фреймворка ReactiveUI. Пользовательский интерфейс разработан с помощью Windows Presentation Foundation (WPF). В ходе интеграции с программным комплексом использовались принципы инверсии управления, для внедрения зависимостей применялся контейнер внедрения зависимостей DryIoc.

На рис. 3-5 представлены примеры экранов разработанного клиентского приложения системы.

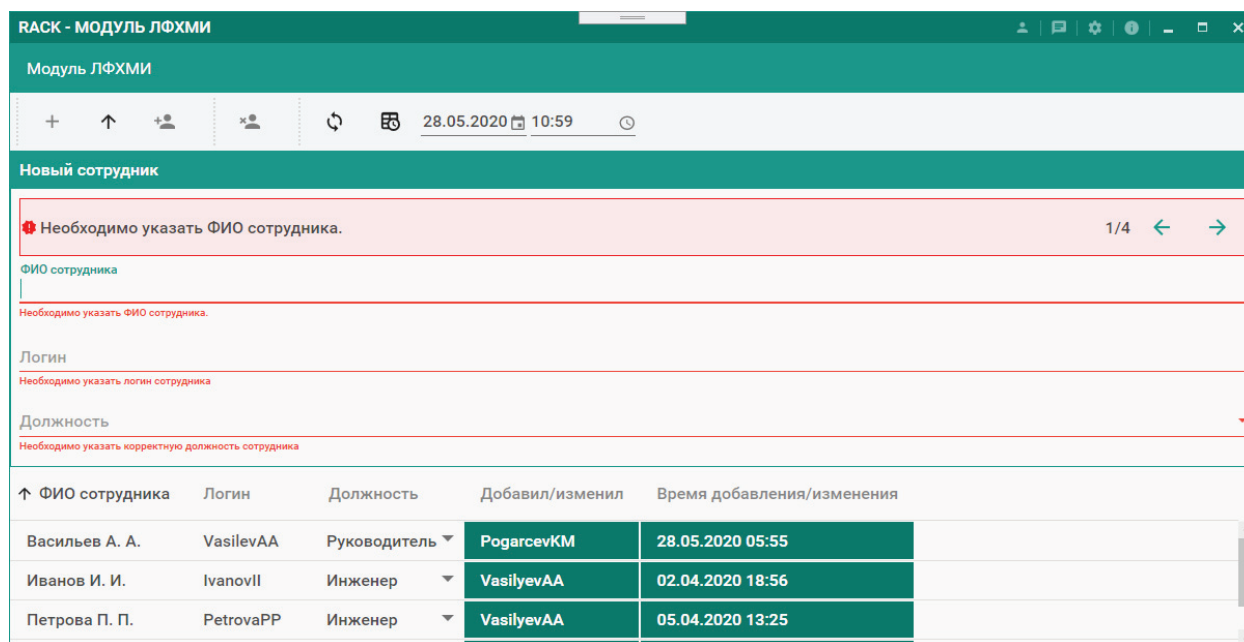


Рис. 3. Экран просмотра и управления правами сотрудниками лаборатории.

RACK - МОДУЛЬ ДЛЯ ЛФХМИ - ДОБАВЛЕНИЕ НОВОЙ ПРОБЫ

ЛФХМИ

←

Примечание
подземная

Дата доставки
06.03.2019

Материал тары
Светлый пластик

Новый материал тары

Материал тары
Светлый пластик

Заказчик
ЗСФ ИНГГ СО РАН

Новый заказчик

Название
ЗСФ ИНГГ СО РАН

ИНН
111234
'INN' должно быть длиной от 10 до 12 символов. Вы ввели 6 символов.

Зайцева А. П.

Новый ответственный

ФИО
Зайцева А. П.

Рис. 4. Экран добавления новой пробы.

RACK - МОДУЛЬ ЛФХМИ - СОЗДАНИЕ РАБОЧЕГО ЖУРНАЛА

ЛФХМИ

← 🔒

Название журнала
05-20-22 Цветность

Метод исследования
ГОСТ 31868-2012 (метод Б) Цветность

Листы данных +

Данные

Название листа
Данные

Описание листа

Атрибуты листа +

A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃	A ₂₁	A ₂₂	A ₂₃	<u>A_{1cp}</u>	A _{2cp}
Заголовок атрибута A _{1cp}							
Алиас атрибута A1_mean							
Тип атрибута Рассчитываемый							
Выражение для расчёта атрибута mean(\$A11, \$A12, \$A13) ?							
Домен атрибута Вещественное число							
Количество знаков после запятой 2							
<input type="checkbox"/> Может быть пустым							
Диапазон допустимых значений [0; 1]							
Диапазон отображаемых значений [0; 1]							
Замещающий текст							

Рис. 5. Экран создания рабочего журнала.

Заключение

В ходе выполнения работы была спроектирована и реализована автоматизированная система поддержки физико-химических исследований. Выбранные архитектурные решения и инструментальные средства позволили одному разработчику создать расширяемую, поддерживаемую информационную систему. Разработанная система успешно внедрена и решает комплекс проблем, связанный с текущей организацией процесса исследований. Планируется разработка

автоматизированной системы научных исследований, ядром которой станет разработанная система.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурляева, Е.В. Применение информационных технологий для анализа химических систем [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Бурляева Е.В., Колыбанов К.Ю., — М.: Московский технологический университет (МИП-ЭА), 2018. — URL: http://www.mitht.rssi.ru/it/pdf/i1/it_chs.pdf (дата обращения: 22.05.2020).

2. Фаулер, М. NoSQL: новая методология разработки нереляционных баз данных [Текст]. / М. Фаулер, П. Дж. Садаладж; пер. с англ. — М.: ООО "И. Д. Вильямс", 2013. — 192 с.: ил. — Парал. тит. англ.

3. PostgreSQL: Documentation: 11: 8.14. JSON Types // PostgreSQL: The world's most advance open source database [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.postgresql.org/docs/current/datatype-json.html> (дата обращения: 20.05.2019).