

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ¹

APPLICATION OF SYSTEM ANALYSIS METHODS FOR THE DESIGN OF INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEMS²

N. Toichkin

Summary. The paper presents a description of the information system project designed for modeling and data mining of a given research area. The main task of the system is modeling and data mining of a given area of study. Its peculiarity is the ability to dynamically modify model algorithms at runtime, the use of universal mechanisms for loading data, saving and displaying results, as well as the ability to create reusable components based on design patterns, with a clear separation of duties and interaction protocols. Currently, a number of models are being developed for this system for diagnosing conditions and managing the safety of technological processes in industrial production.

Keywords: system analysis, intelligent system, modeling, model, algorithm, class, decomposition, database, decision making, design patterns, state diagnostics, industrial facility.

Тоичкин Николай Александрович

Кандидат технических наук, Мурманский
арктический государственный университет,
Апатумы
toichkin@list.ru

Аннотация. В работе представлено описание проекта информационной системы, предназначенной для моделирования и интеллектуального анализа данных заданной области исследования. Ее особенность состоит в возможности динамической модификации алгоритмов модели на этапе выполнения, использовании универсальных механизмов загрузки данных, сохранения и отображения результатов, а также возможность создания повторно используемых компонент, на основе паттернов проектирования, с четким разделением обязанностей и протоколами взаимодействия. В настоящее время для данной системы разрабатывается ряд моделей по диагностике состояний и управления безопасностью технологических процессов промышленных производств.

Ключевые слова: Системный анализ, интеллектуальная система, моделирование, модель, алгоритм, класс, декомпозиция, база данных, принятие решений, паттерны проектирования, диагностика состояний, промышленный объект.

Введение

Любая сложная динамическая система представляет собой совокупность процесс: происходящих в ней. Каждый из них постоянно порождает, изменяющиеся во времени, набор: параметров, ассоциированные с данным процессом, которые могут быть разнесены как во времени, так и в пространстве. Анализируя наборы параметров процессов, и моделируя их развитие, можно построить модель всей системы. Результатом моделирования является информация нового качества, которая характеризуется меньшей степенью неопределенности знаний об исследуемой системе. Новая информация используется для поддержки принятия решений в рамках необходимых задач предметной области. Таким образом, актуальной

является задача создания интеллектуальной информационной системы анализа и моделирования (ИИС АМ), которая предоставляет возможности исследования моделей динамических процессов и систем различной природы.

Основные требования, выявленные на этапе анализа вариантов использования, проектируемой системы:

- ◆ вариативность конфигурации алгоритмов, составляющих модель, в процессе ее исследования;
- ◆ организация универсального интерфейса доступа к данным;
- ◆ расширение базы моделей и алгоритмов;
- ◆ организация эргономичного интерфейса с пользователем;

¹ Исследование выполнено в рамках инициативной НИОКР № 122060900083–7 государственной регистрации в ЕГИСУ НИОКР.

² The study was carried out within the framework of the initiative R&D No. 122060900083–7 of the state registration in the EGISU R&D.

- ◆ проектирование отдельных компонент и алгоритмов с условием организации их функционирования в многопоточном режиме;
- ◆ межъязыковое взаимодействие реализуемых алгоритмов и организация вычислительной кооперации на базе открытых фреймворков распределенных вычислений;
- ◆ оптимальное использование памяти в процессе моделирования и встроенные возможности сериализации и десериализации объектных моделей для реализуемых решений.

Структурная декомпозиция системы

При проектировании ИИС АМ необходимый контроль сложности проводился на основе функционально-целевой декомпозиции, следствием чего стало малое количество программных компонент, четкое распределение обязанностей и правил взаимодействия.

На основе анализа вариантов использования системы, определены следующие основные ее компоненты: провайдер — поставщик данных, модуль построения доменной модели, модуль сценарной логики моделей, модуль взаимодействия с внешним хранилищем, подсистема визуализации моделей, менеджер распределенных вычислений, архитектурный домен.

Рассмотрим функциональное назначение основных компонент системы;

Провайдер — поставщик данных выполняет функции передачи данных для менеджера анализа записи их в базу данных (БД) в формате, определяющем обобщенный интерфейс работы с записями, по которому осуществляются все запросы других компонентов системы. Провайдер организует работу с известными ему форматами через данный интерфейс, который инкапсулирует реализации методов доступа к источникам данных.

Модуль построения доменной модели — отвечает за создание программных абстракций, называемых моделями предметных областей и включает компоненты, моделирующие предметную область

Модуль сценарной логики моделей — определяет задачи, которые должно решить конкретное разрабатываемое приложение, и распределяет их между объектами, выражающими суть предметной области; это уровень применения различных сценариев использования доменной модели.

Модуль взаимодействия с внешним хранилищем — ответственный за сохранение, загрузку, поиск,

выборку, фильтрацию сущностей, т.е. предоставляющий доступ к хранилищу сущностей.

Менеджер анализа процессов выполняют расчет модели, сформированной пользователем из элементарных блоков и/или блоков-алгоритмов, хранящихся в библиотеке ИИС АМ, к исходным и/или промежуточным данным.

В спецификации проекта используются термины:

- ◆ элементарный блок (*primitive block*) — законченная процедура, для вычисления которой требуются промежуточные данные;
- ◆ блок-алгоритм (*block algorithm*) — композиция элементарных блоков.

Элементарные блоки и блоки-алгоритмы, описываются заданной спецификацией, определяющей их внутреннюю структуру, интерфейс подключения и композицию. Результаты работы менеджера записываются в БД.

Подсистема визуализации моделей подразделяется на низкоуровневый вывод (графических примитивов) и классы высокоуровневого вывода. Низкоуровневый вы осуществляется с использованием функций библиотеки *OpenGL*, а высокоуровневый — основан работе с буфером данных и методов, реализованных во внутренней структуре классов ИИС АМ. Для визуализации моделей используется тройка классов: {*Model* (модель), *View* (вид), *Controller* (контроллер)}. Подход *MVC* отделяет «вид» от «модели», устанавливая между ними протокол взаимодействия, согласно которому, модель может быть представлена несколькими видами обеспечивая ее различные представления. Класс «контроллер» позволяет изменять реакцию «вида» на действия пользователя, анализируя вывод, исследователь судит о состояниях системы и принимает необходимые решения в рамках поставленной задачи.

С учетом разнесенных в пространстве исходных данных, в системе присутствует компонента для поддержки распределенной обработки. Обеспечение согласованной работы отдельных компонентов возлагается на главный компонент — архитектурный домен.

Менеджер распределенных вычислений — обеспечивает разграничение и взаимодействие локальных и/или удаленных данных и алгоритмов в рамках вычислительной сети. Организует работу с базой блоков, блоков-алгоритмов и моделей с целью оптимизации проведения вычислительного процесса менеджером анализа.

Архитектурный домен — решает задачи взаимодействия отдельных подсистем через обмен сообщени-

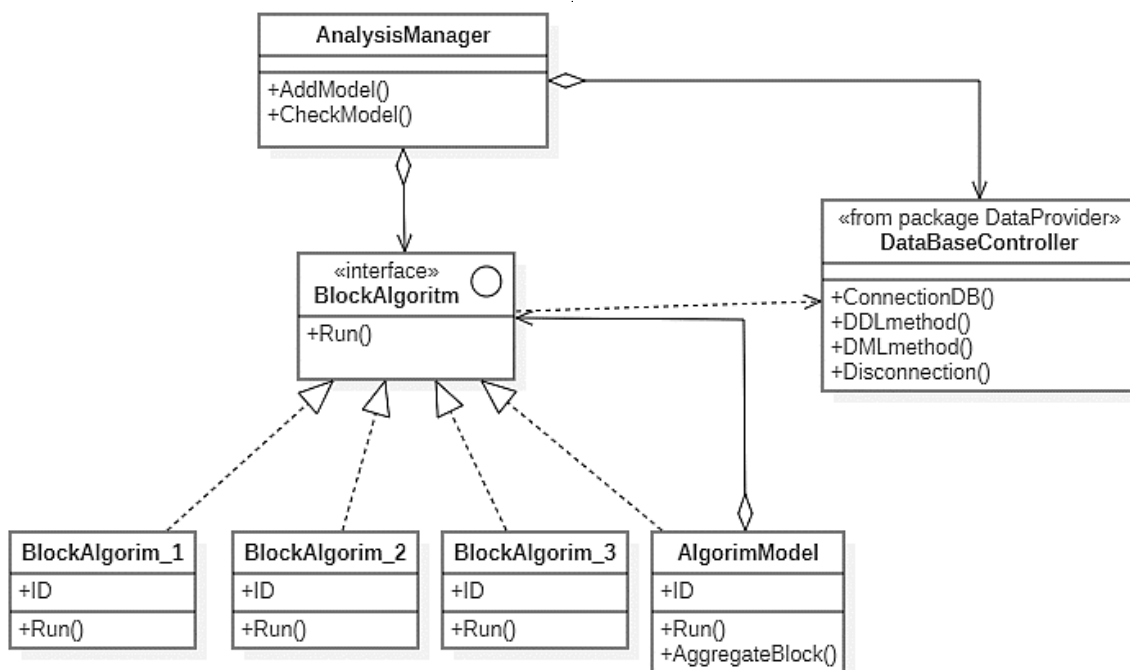


Рис. 1. Фрагмент диаграммы классов менеджера анализа процессов

ями, разграничивает их функциональность и координирует логику работы ИИС АМ.

Применение паттернов проектирования для создания компонент системы

Одним из, широко используемых на практике процессов разработки сложного программного обеспечения, является процесс, основанный на объектно-ориентированной методологии анализа и проектирования, что накладывает на него специфичные требования. Основным, из которых является анализ и синтез системы в терминах объектов, как активных программных элементов, каждый, из которых наделен набором операций, и способен взаимодействовать с другими объектами, в целях выполнения необходимой функциональности. Такой подход позволяет строить программные решения в соответствии с имеющимися представлениями о проблемной области, в результате чего возможно создание эффективных, модифицируемых и надежных программных систем. Процесс является итеративным, каждая из стадий, которого: формулировка требований, анализ, проектирование, реализация, тестирование, оценка — повторяется, с целью совершенствования полученных ранее результатов. Для визуального представления создаваемых моделей используется общецелевой язык визуального моделирования *UML*, в рамках которого представления о модели сложной системы фиксируются в виде графических диаграмм.

В результате систематизации процесса разработки конкретных систем, появляется возможность формулировки принципов организации архитектуры приложения, что приводит к использованию технологии шаблонов (паттернов) проектирования. Под паттернами понимается описание взаимодействия объектов и классов, адаптированных для решения обобщенной задачи проектирования в конкретном контексте. Преимуществом такого подхода является возможность повторного использования проектных решений, зарекомендовавших себя в тех или иных областях.

Рассмотрим применение технологии паттернов проектирования для компонент ИИС АМ: провайдер — поставщик данных; менеджер анализа процессов.

Для менеджера анализа процессов применяется паттерн компоновщик (composite), который компоует объекты в древовидные структуры для представления иерархий типа часть-целое и позволяет клиентам единообразно трактовать индивидуальные и составные объекты (рис.1). В результате появляется возможность применения рекурсивной композиции таким образом, что клиенту не придется проводить различие между простыми и составными объектами.

Ключом к паттерну компоновщик является абстрактный класс, который представляет одновременно и примитивы, и контейнеры.

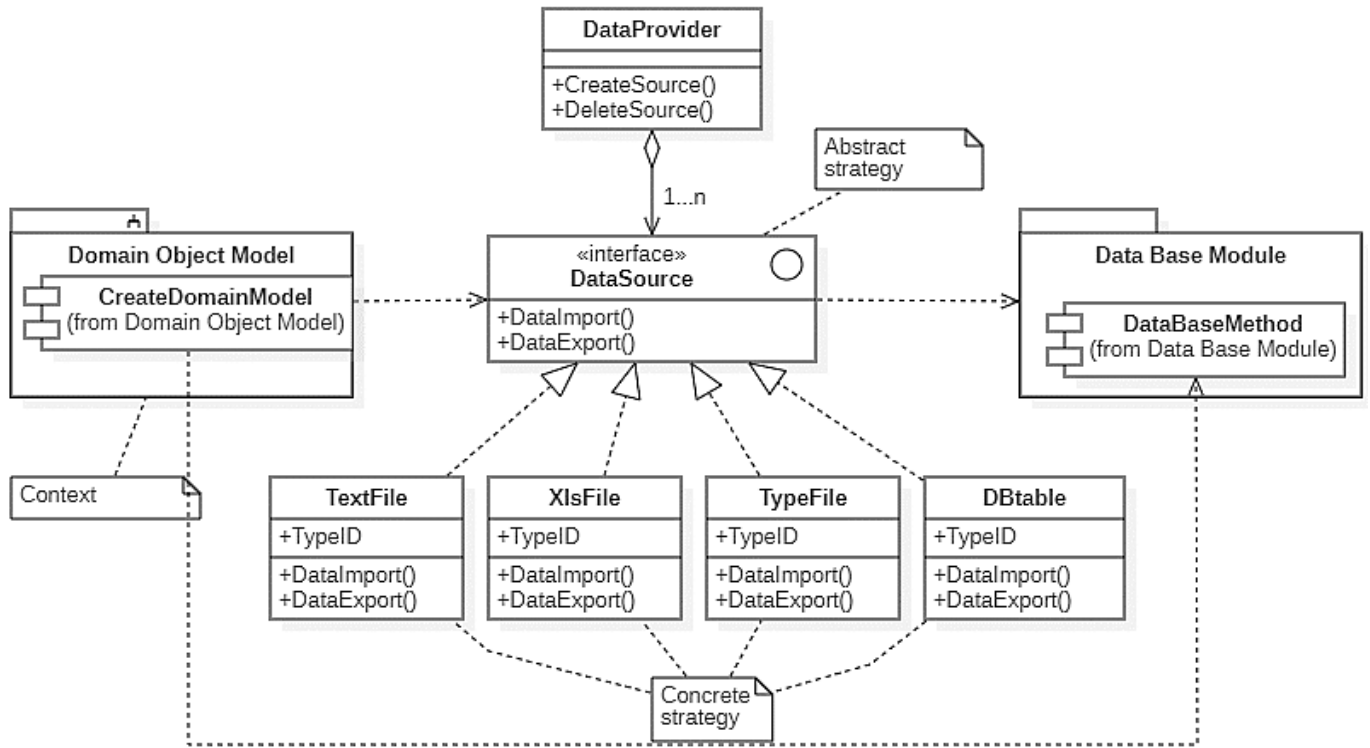


Рис. 2 Диаграмма классов для провайдера — поставщика данных

В данном примере интерфейс *BlockAlgorithm* предлагает унифицированный контракт для классов *BlockAlgorithm_1*, *BlockAlgorithm_2*, которые реализуют некоторые элементарные блоки, а также для класса — композита *AlgorithmModel*, который представляет собой рекурсивную композицию элементарных блоков и других *AlgorithmModel* блоков алгоритмов.

При разработке диаграммы классов компонента «Провайдер — поставщик данных», для целей реализации унифицированного интерфейса доступа к различным источникам данных и возможности взаимозаменяемости алгоритмов доступа, применяется паттерн стратегия. Данный паттерн определяет семейство алгоритмов, инкапсулирует каждый и: них, делает их взаимозаменяемыми и позволяет изменять алгоритмы независимо от клиентов, которые ими пользуются, что дает возможность клиенту применять тот или иной алгоритм в зависимости от обстоятельств (рис.2).

Участники паттерна:

- ◆ абстрактная стратегия (*abstract strategy*) — абстрактный класс, который определяет общий поддерживаемый для всех алгоритмов интерфейс;
- ◆ конкретная стратегия (*concrete strategy*) — класс, реализует алгоритм, использующий интер-

фейс, объявленный в классе абстрактной стратегии;

- ◆ контекст (*context*) — клиент, использует алгоритм, реализованный конкретной стратегией, хранит ссылки на объекты класса абстрактной стратегии.

В качестве конкретных стратегий в данном случае выступают классы, реализующие алгоритмы доступа к различным источникам данных: текстовым файлам, файлам электронных таблиц типизированным файлам, файлам баз данных (*TextFile*, *XlsFile*, *TypeFile*, *DBtable*).

Особенности организации модели в ИИСАМ

Модель в ИС АМ представляет собой некоторую начальную композицию элементарных блоков и/или блоков-алгоритмов, и может использоваться не только для моделирования процессов в некоторой области исследований, но и как система изучения первоначальной построенной модели.

Проводя расчеты текущей модели, исследователь может варьировать композицию элементарных блоков для более точного представления системы. Во многих системах моделирования для внесения изменений

в модель, необходимо заново переписывать ее программную реализацию. ИИС АМ предлагает для исследователя иной подход:

- ◆ руководствуясь спецификацией по созданию новых блоков-алгоритмов и обладая навыками программирования, декомпозировать ранее разработанную модель на алгоритмы и элементарные блоки, и реализовывать их в виде подключаемых к системе модулей;
- ◆ комбинировать реализованные блоки-алгоритмы согласно своей модели;
- ◆ проводить дальнейшее совершенствование модели, оперируя не отдельными низкоуровневыми командами, а более высокоуровневыми блоками.

Данный подход позволяет исследователю не задумываться о многих низкоуровневых задачах программирования, таких как: слежение за размерностью массивов, форматов их хранения, управления памятью и многих других, а сосредоточиться только на моделируемой предметной области.

В рамках области научных изысканий, исследователь получает возможность повторного использования в модели ранее созданных блоков-алгоритмов иными разработчиками.

Отличительной особенностью, проектируемой ИИС АМ является, то, что перед прогонкой модели, исследователь выбирает какие промежуточные результаты и как необходимо визуализировать. Это позволяет обеспечить оптимальное использование оперативной памяти и дискового пространства, в случае если пользователю не требуется сохранять какие-либо промежуточные данные, система автоматически будет повторно использовать данную область памяти. Все манипуляции по выбору способов сохранения и выводу промежуточных и заключительных данных моделирования исследователь указывает при формировании модели.

Можно выделить два основных режима работы ИИС АМ:

- ◆ режим непосредственного моделирования, при котором загруженная и рабочая модель используется по прямому назначению, производя обработку поступающих данных в реальном режиме времени для получения информации нового качества с целью поддержки принятия решений;
- ◆ режим анализа и совершенствования модели, при котором исследователь видоизменяет внутреннюю композицию блоков-алгоритмов, составляющих модель, и выполняет для нее историческое моделирование, с целью построения более адекватной модели исследуемой области;

Необходимо отметить, что система предоставляет создание и вычисление произвольного количества моделей, поэтому вышеперечисленные режимы могут быть как независимыми, так и дополнять друг друга. ИИС АМ позиционируется как система моделирования и исследования моделей сложных динамических систем (физических, технологических, экономических, социальных) и может быть использована:

- ◆ сторонним исследователем для проведения изысканий в какой-либо предметной области;
- ◆ группой специалистов, работающих в рамках исследования одной сложной системы или класса систем, возможно, разнесенных в пространстве;
- ◆ несколькими группами исследователей, относящихся к различным институтам, работающих в рамках сходных задач.
- ◆ теории фазовых переходов статистической физики.

Заключение

В настоящее время разработаны ряд моделей, по управлению безопасностью химико-технологических процессов, которые могут быть в дальнейшем включены в проектируемую ИИС АМ.

В работе:

- ◆ [1,2] рассматривается методика построения дискретных диагностических моделей на основе нечетких множеств и пример использования ситуационной экспертной системы с нечеткой логикой для диагностики узла контактирования производства слабой азотной кислоты.
- ◆ [3,4] разработана модель количественной оценки уровня безопасности на основе индекса безопасности, использующая математический аппарат теории нечетких множеств. Введено понятие центра безопасности и на его основе разработан новый критерий оценки состояний — индекс безопасности. Данный критерий характеризует степень включения текущей ситуации в область технологических режимов центра безопасности.
- ◆ [5] разработана модель раннего выявления зарождающихся отказов, осуществляющая поиск сигнатур, характеризующих степень близости момента наступления фазового перехода технологических параметрах процесса. Для описания изменений состояний системы используется аппарат теории случайных процессов, совместно с методами

Дополнительные исследования по данному проекту затрагивают область программной разработки ИИС АМ и создания новых моделей, для исследования сложных динамических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богатиков, В.Н. Диагностика состояний и управление технологической безопасностью непрерывных химико-технологических процессов на основе дискретных моделей: специальность 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Богатиков Валерий Николаевич. — Апатиты, 2002.
2. Методология управления технологической безопасностью непрерывных химико-технологических процессов на основе дискретных моделей / В.Н. Богатиков [и др.]; Федер. агентство по образованию Рос. Федерации, Новомоск. ин-т, Рос. хим. — технол. ун-т им. Д.И. Менделеева. — Новомосковск (Тул. обл.): Новомоск. ин-т РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2005. — 187 с.
3. Тоичкин, Н.А. Диагностика состояний и управление технологической безопасностью с использованием индекса безопасности (на примере цеха выпарки производства хлора и каустика): специальность 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Тоичкин Николай Александрович. — Апатиты, 2006. — 20 с.
4. Построение системы оценки состояний на основе индекса безопасности процесса выпаривания производства каустической соды / Н.А. Тоичкин, В.В. Алексеев, Д.П. Вент [и др.] // Программные продукты, системы и алгоритмы. — 2015. — № 3. — С. 3.
5. Охота С.В. Использование подходов статистической физики для управления безопасностью химико-технологических систем // Вестник Костромского Государственного Университета им. Некрасова, 2006, Том 12, № 11, С.27–29.

© Тоичкин Николай Александрович (toichkin@list.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Мурманск