МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МАТЕРИАЛЫ

X-й Международной молодёжной научной конференции

«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ, ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

Томск, 26–29 мая 2023 г.

Под общей редакцией
кандидата технических наук И.С. Шмырина

Томск
Издательство Томского государственного университета
2023

ББК 22.17– 22.19
УДК 519.2, 519.7, 519.8
Т78

ЧЛЕНЫ КОЛЛЕГИИ, РУКОВОДИТЕЛИ НАУЧНЫХ РЕДАКЦИЙ
ПО НАПРАВЛЕНИЯМ:

д-р техн. наук, проф. **А.А. Глазунов** – научная редакция «Механика, математика»; д-р техн. наук, проф. **Э.Р. Шрагер** – научная редакция «Механика, математика»; д-р техн. наук, проф. **А.М. Горцев** – научная редакция «Информатика и кибернетика»; д-р техн. наук, проф. **С.П. Сущенко** – научная редакция «Информатика и кибернетика»; д-р физ.-мат. наук, проф. **В.Г. Багров** – научная редакция «Физика»; д-р физ.-мат. наук, проф. **А.И. Потекаев** – научная редакция «Физика»; д-р биол. наук, проф. **С.П. Кулижский** – научная редакция «Биология»; д-р геол.-минер. наук, проф. **В.П. Парначев** – научная редакция «Науки о Земле, химия»; канд. хим. наук, доц. **Ю.Г. Слижов** – научная редакция «Науки о Земле, химия»; д-р филол. наук, проф. **Т.А. Демешкина** – научная редакция «История, филология»; д-р ист. наук, проф. **В.П. Зиновьев** – научная редакция «История, филология»; д-р экон. наук, проф. **В.А. Уткин** – научная редакция «Юридические и экономические науки»; д-р ист. наук, проф. **Э.И. Черняк** – научная редакция «Философия, социология, психология, педагогика, искусствознание»; д-р психол. наук, проф. **Э.В. Галажинский** – научная редакция «Философия, социология, психология, педагогика, искусствознание»

НАУЧНАЯ РЕДАКЦИЯ ТОМА:

д-р техн. наук, проф. **А.М. Горцев**, д-р физ.-мат. наук, доц. **Ю.Г. Дмитриев**, д-р техн. наук, проф. **А.В. Замятин**, д-р физ.-мат. наук, доц. **А.Н. Моисеев**, д-р физ.-мат. наук, проф. **С.П. Моисеева**, д-р физ.-мат. наук, доц. **Л.А. Нежельская**, канд. техн. наук, доц. **С.А. Останин**, д-р техн. наук, проф. **С.П. Сущенко**, канд. техн. наук **И.С. Шмырин**.

Т78 Труды Томского государственного университета. – Т. 308. Серия физико-математическая: Математическое и программное обеспечение информационных, технических и экономических систем : материалы X-й Международной молодёжной научной конференции. Томск, 26–29 мая 2023 г. / под общ. ред. И.С. Шмырина. – Томск : Издательство Томского государственного университета, 2023. – 197 с.

ISBN 978-5-907572-24-9

Сборник содержит материалы X-й Международной молодёжной научной конференции «Математическое и программное обеспечение информационных, технических и экономических систем», проводившейся 26–29 мая 2023 г. на базе Института прикладной математики и компьютерных наук Томского государственного университета. Материалы сгруппированы в соответствии с работавшими на конференции секциями.

Для научных работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов.

УДК 539.3.004
ББК 22.17-22.19

ISBN 978-5-907572-24-9
© Томский государственный университет, 2023

5. Инструменты реализации

Для разработки информационной системы было выбрано web-приложение. Для повышения безопасности хранения данных предполагается, что возможность его использования будет доступна только в рамках локальной сети школы.

Для серверной части проекта было решено использовать Node.js – программную платформу, позволяющую сделать JavaScript [3] языком общего назначения через установку и подключение сторонних библиотек. Для работы с базой данных была выбрана библиотека Sequelize. Для хеширования пароля и повышения безопасности приложения был выбран bcrypt. Основной критерий для выбора заключался в удобном взаимодействии с клиентской частью системы с помощью Node.js. Разработка клиентской части осуществлялась через React.js. В качестве СУБД был выбран MySQL [4].

Для отображения пользовательского интерфейса используется браузер, установленный на компьютере конечного пользователя. Общение клиента с сервером происходит по протоколу безопасности HTTP [5]. Основа протокола – запрос от клиента серверу и ответ сервера клиенту. Внутри сервера установлен Nginx, перенаправляющий на клиентскую часть запросы пользователя, которые далее могут быть отправлены на серверную часть приложения, где происходит их обработка, и, при необходимости, взаимодействие с базой данных. Для запросов обычно используется метод GET с целью получения от сервера данных; в случае их изменения – метод POST. На клиентской части данные берутся из базы данных с помощью API с последующим выводом полученных данных на экран пользователя.

Заключение

В результате работы выполнен начальный этап разработки информационной системы поддержки воспитательной деятельности в учебном заведении:

1. Составлены требования к системе.
2. Рассмотрены аналоги разрабатываемой системы.
3. Составлены диаграммы вариантов использования.
4. Рассмотрена модель предметной области.
5. Спроектирована схема базы данных системы.
6. Составлена диаграмма развертывания и описаны инструменты реализации.

В настоящее время ведутся работы по дальнейшему проектированию и реализации системы на основе полученных артефактов.

ЛИТЕРАТУРА

1. 1С: Общеобразовательное учреждение – карточка продукта [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://solutions.1c.ru/catalog/school-edu/features (Дата обращения: 10.04.2023)
2. Notion [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.notion.so/ (Дата обращения: 12.04.2023)
3. *Гарнаев А.Ю.* Web-программирование на Java и JavaScript. – М.: БХВ-Петербург, 2005. – 476 с.
4. *Бейли Л., Моррисон. М.* Изучаем PHP и MySQL. – М.: Эксмо, 2010. – 800 с.
5. *Тузовский. А.Ф.* Проектирование и разработка web-приложений: учеб. пособие для академического бакалавриата – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 218 с.

КОНЦЕПЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА SIMQ

Прокудина Ю.А., Оруджов Э.А., Моисеев А.Н.

Томский государственный университет

prokudina_ua@mail.ru, k1merpro@gmail.com, moiseev.tsu@gmail.com

Введение

В настоящее время в ИПМКН ТГУ ведется разработка программного комплекса SimQ. Задачей данного комплекса является проведение экспериментов по имитацион-

ному моделированию систем массового обслуживания (СМО) [1], статистическая обработка результатов, долговременное хранение конфигураций моделей и результатов моделирования. Предполагается, что приложение будет предоставлять веб-интерфейс и обеспечивать многопоточное исполнение моделирования. Таким образом, предполагается, что данный программный комплекс будет включать в себя модули различного назначения, поэтому важной задачей начального этапа разработки является синтез архитектуры данного комплекса. В работах [2,3] представлены описания прототипов ядра моделирования и библиотеки для имитационного моделирования случайных объектов.

Главной целью данной работы является проектирование задач и общей архитектуры прототипа подсистемы программного комплекса SimQ, а также рассмотрение основных задач слоя "Ядро моделирования".

1. Основные особенности архитектуры программного комплекса

В процессе изучения предметной области и потребностей потенциальных пользователей были сформулированы следующие общие требования к программному комплексу, которые могут иметь существенное влияние на построение его архитектуры:

1. *Внешнее (визуальное) и внутреннее представление моделей.* Внутреннее (в коде) и внешнее (доступное пользователю) представление моделей СМО – элементы, из которых пользователь сможет составлять модели СМО: приборы, очереди, орбиты, маршруты и т.д. Эти элементы моделей могут быть представлены в коде в виде классов, а для пользователя – в виде элементов интерфейса (кнопок, списков, строк ввода, графических инструментов). Более того, внутреннее представление моделей должно быть спроектировано и реализовано таким образом, чтобы его расширение (добавление новых элементов и/или моделей) могло быть выполнено простым способом и не влияло на работоспособность уже существующих объектов.

2. *Визуализация результатов* – преобразование результатов моделирования в подходящий формат для сохранения или дальнейшего преобразования (например, в формат csv), а также для их визуального отображения (в виде графиков, таблиц и т.п.).

3. *Работа с хранилищем* – сохранение и загрузка данных, необходимых для начала моделирования (задач), а также результатов моделирования.

4. *Расширяемый интерфейс пользователя* – приложение должно иметь точки расширения для удобного добавления новых интерфейсных элементов, в том числе – использования различных платформ для реализации графического интерфейса.

5. *Многопоточное исполнение.* Специфика задач имитационного моделирования и обработка его результатов позволяет распараллеливать исполнение, а точнее – асинхронный запуск на моделирование нескольких экземпляров одной и той же задачи [4] с целью получения большего объема результирующей выборки и, как следствие, – более точных статистических результатов.

В результате анализа требований к приложению, предметной области и особенностей имитационного моделирования СМО была предложена следующая концепция архитектуры разрабатываемого программного комплекса (рис. 1).

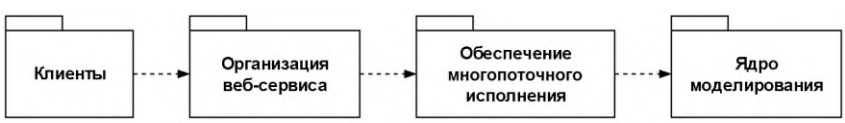

Рис. 1. Общая концепция архитектуры программного комплекса SimQ

Слой "Ядро моделирования" выполняет основные задачи: отвечает за внутреннее представление моделей, имитационное моделирование систем массового обслуживания, собирает и обрабатывает результаты моделирования, отвечает за хранение задач и результатов моделирования.

Слой "Клиенты" отвечает за возможность работы (взаимодействия) пользователей с программным комплексом. Возможно наличие нескольких различных интерфейсов взаимодействия: веб-приложение, оконное и даже, возможно, приложение командной строки для выполнения задач в пакетном режиме.

Слой "Организация веб-сервиса" обеспечивает функционирование (работу) веб-сервиса и взаимодействие с программным комплексом через этот веб-интерфейс (API).

Слой "Обеспечение многопоточного исполнения" отвечает за параллельное исполнение как отдельных частей программного комплекса, так и реализаций параллельного выполнения одной задачи моделирования.

Далее рассмотрим подробнее основные задачи и примерную структуру ядра моделирования.

2. Общая архитектура ядра моделирования

Поскольку наиболее важным является слой "Ядро моделирования", рассмотрим предъявляемые к нему требования и его структуру. Сформулируем более детальное представление требований к архитектуре ядра моделирования.

1. Представление моделей СМО и их элементов в объектном виде – применение объектно-ориентированного подхода в программировании и агентного подхода в имитационном моделировании.

2. Применение дискретно-событийного подхода для реализации имитационного моделирования, т.к. СМО являются стохастическими моделями и для них непрерывное или пошаговое моделирование не подходят (могут приводить к существенным ошибкам в результатах).

3. Необходимость иметь расширяемую библиотеку, реализующую моделирование случайных объектов, таких как случайные величины, случайные процессы и т.д.

4. Сбор и статистическая обработка результатов моделирования.

5. Централизованное хранение задач моделирования и полученных результатов.

На основе общего анализа этих требований предлагается следующая архитектура слоя ядра моделирования (рис. 2).

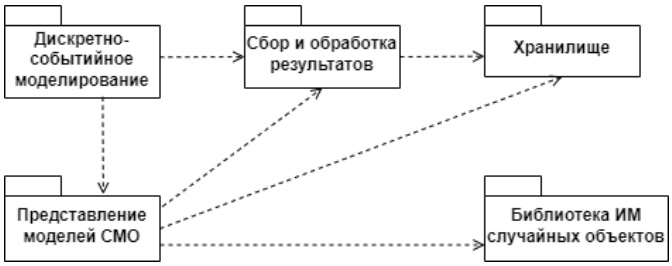

Рис. 2. Общая архитектура ядра моделирования

Ниже описаны основные функции пакетов ядра моделирования.

1. *Дискретно-событийное моделирование* – обеспечивает реализацию дискретно-событийного метода для реализации имитационного моделирования СМО.

2. *Представление моделей СМО* – предоставляет агентную (объектную) реализацию базовых элементов СМО, а также и интерфейс для создания представлений объектов.

3. *Библиотека ИМ случайных объектов* – реализует алгоритмы имитационного моделирования случайных объектов.

4. *Сбор и обработка результатов* – отвечает за сбор результатов имитационного моделирования (выборок) и их последующую статистическую обработку.

5. *Хранилище* – сохраняет и загружает *задачи* (описание моделируемых СМО) и результаты моделирования.

Далее задачи каждого пакета описаны более подробно.

2.1. Задачи основных пакетов ядра моделирования

Пакеты "Дискретно-событийное моделирование", "Представление моделей массового обслуживания" и "Сбор и обработка результатов" являются основными для подсистемы ядра моделирования и программного комплекса в целом, поскольку обеспечивают основную функциональность приложения – выполнение имитационного моделирования.

Перечисленные пакеты должны работать в единой связке. Так, например, механизм, реализующий дискретно-событийное моделирование, должен учитывать объектное представление элементов моделей в пакете "Представление моделей СМО". С другой стороны, сбор результатов выполняется в процессе моделирования и требует некоторой "инициации" со стороны объектов, управляющих моделированием и участвующих в нем.

Перечислим основные задачи пакетов подсистемы.

1. Пакет *"Дискретно-событийное моделирование"*.

1.1. Выполнение имитационного моделирования на основе подходов:

– Дискретно событийный. Это форма компьютерного моделирования системы с использованием дискретной последовательности событий. События наступают в определенные моменты времени. Для моделей массового обслуживания эти моменты времени, как правило, случайные [4,5]. Изменения состояния системы могут происходить только в эти моменты времени. Главной задачей приложения имитационного моделирования в этом случае является моделирование моментов наступления событий и обработка этих событий.

– Агентный. При агентном подходе модель представляется состоящей из отдельных активных объектов – агентов, которые могут формировать определенные структуры и функционируют в специальной среде. Агенты взаимодействуют друг с другом и средой, во время функционирования они могут изменять свое состояние и поведение, а также воздействовать на среду. Агентное моделирование эффективно в исследовании и изучении закономерностей, которых нет в поведении отдельных агентов, но которые создают структурные образования, изменения в организации системы. Также эффективно при исследовании влияния поведения отдельных агентов, процессов их адаптации и обучения на поведение, эволюцию и развитие всей системы [6]. Агентный подход в имитационном моделировании является аналогом объектно-ориентированного проектирования и программирования, что делает его применение выгодным для больших и эволюционирующих комплексов программ.

1.2. Предоставление точек расширения для сбора статистической информации в процессе моделирования.

2. Пакет *"Представление моделей СМО"*.

2.1. Реализация базовых элементов моделей массового обслуживания, их поведения и взаимодействий (агентная модель).

2.2. Конструирование различных видов СМО [1].

3. Пакет *"Сбор и обработка результатов"*.

3.1. Сбор данных о состоянии системы в процессе моделирования.

3.2. Статистическая обработка собранных данных после завершения процесса моделирования: вычисление статистических характеристик, построение эмпирических вероятностных распределений и т.п.

Более подробно устройство представленных пакетов описано в [3].

2.2. Задачи пакетов "Библиотека ИМ случайных объектов" и "Хранилище"

Главной задачей пакета *"Библиотека ИМ случайных объектов"* является реализация функций необходимых для имитационного моделирования случайных объектов различной природы:

– случайные события;
– случайные величины (дискретные и непрерывные);
– случайные процессы;
– случайные потоки событий.

Более подробно библиотека имитационного моделирования случайных объектов описана в [2].

Пакет *"Хранилище"* отвечает за сохранение и загрузку данных, необходимых для начала моделирования, а также результатов имитационного моделирования:

1. Сохранение и загрузка параметров задач – конфигурации СМО, значений параметров ее элементов, значений параметров имитационного моделирования.
2. Сохранение и загрузка результатов моделирования – полных ("сырых") выборок данных или же результатов моделирования после статистической обработки.

3. Нефункциональные требования

В качестве дополнительных требований на разрабатываемую систему накладываются ограничения, связанные с дизайном (архитектурой) и реализацией, которые можно сформулировать в виде следующих нефункциональных требований.

1. Реализация агентов в виде классов (в объектно-ориентированном виде).
2. Расширяемость – изначальное внедрение простых механизмов расширения:
   – набора агентов (элементов моделей);
   – платформы хранения;
   – алгоритмов библиотеки имитационного моделирования случайных объектов;
   – платформ и представлений для интерфейса пользователя.
3. Клиент/серверная архитектура.
4. Язык программирования C# (для серверной части).

Заключение

Таким образом, в результате работы сформулированы основные задачи и общая концепция архитектуры программного комплекса SimQ. Кроме того, рассмотрены основные задачи ядра моделирования. В будущем на основе сформулированной концепции будет выполняться построение программного комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Назаров А. А., Терпугов А.Ф.* Теория массового обслуживания: учебное пособие. – 2-е изд., испр. – Томск: Изд-во НТЛ, 2010. – 228 с.

2. *Паньков М.А., Моисеев А.Н.* Разработка библиотеки имитационного моделирования случайных объектов для программного комплекса SimQ // Труды Томского государственного университета. – Т. 307. Серия физико-математическая: Математическое и программное обеспечение информационных, технических и экономических систем : материалы IX-й Международной научной конференции. Томск, 26–28 мая 2022 г. – 2022. – С. 298–303.

3. *Оруджов Э.А., Моисеев А.Н.* Разработка архитектурного прототипа подсистемы моделирования программного комплекса SimQ // Труды Томского государственного университета. – Т. 307. Серия физико-математическая: Математическое и программное обеспечение информационных, технических и экономических систем : материалы IX-й Международной научной конференции. Томск, 26–28 мая 2022 г. – 2022. – С. 289–294.

4. *Демин А.Ю. и др.* Высокопроизводительные вычисления на основе структурно-графического представления – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – 142 с.

5. *Юданова В.В.* Имитационное моделирование систем массового обслуживания // Интернет-журнал "Отходы и ресурсы", 2019 № 4, https://resources.today/PDF/23INOR419.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/23INOR419.

6. *Лычкина Н.Н.* Имитационное моделирование экономических процессов : учебное пособие. — Москва : ИНФРА-М, 2022. – 254 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – DOI 10.12737/724. – ISBN 978-5-16-017094-7. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.com/catalog/product/1709432 (дата обращения: 11.05.2023). – Режим доступа: по подписке.