

Платформа имитационного моделирования оборудования инфраструктурных объектов в распределенной среде

И.В. Бычков
Институт динамики систем и
теории управления им. В.М.
Матросова СО РАН
Иркутск, Россия
idstu@icc.ru

А.Г. Феоктистов
Институт динамики систем и
теории управления им. В.М.
Матросова СО РАН
Иркутск, Россия
agf@icc.ru

Р.О. Костромин
Институт динамики систем и
теории управления им. В.М.
Матросова СО РАН
Иркутск, Россия
kostromin@icc.ru

Аннотация—В докладе предлагается новая платформа на базе микросервисного подхода к организации имитационного моделирования в гетерогенных распределенных вычислительных средах. В рамках предлагаемого подхода все операции, связанные с подготовкой данных, выполнением моделей и анализом полученных результатов, выполняются микросервисами. Основными преимуществами предлагаемого подхода являются многовариантные вычисления в рамках имитационного моделирования и возможность интеграции ресурсов суперкомпьютерных центров общего доступа с облачными и туманными платформами. Кроме того, обеспечивается автоматизированное создание веб-форм микросервисов с использованием спецификаций моделей. Данная платформа применяется для изучения экологически чистого оборудования объектов Байкальской природной территории, к которому относятся тепловые насосы. В рамках исследования проведена оценка затрат на возможное использование тепловых насосов в различных эксплуатационных и метеорологических условиях для типового объекта. Проведенный сравнительный анализ подтвердил преимущества применения предложенного подхода.

Ключевые слова— имитационное моделирование, микросервисы, распределенные вычисления, инфраструктурные объекты, метеорологические данные.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одной из глобальных проблем является бережное и эффективное использование природных ресурсов. В частности, практически значимой проблемой является снижение энергопотребления. Таким образом, возникает необходимость в проведении исследований по моделированию, прогнозированию и контролю эффективности использования ресурсов при эксплуатации различных объектов, связанных с деятельностью человека. В таких исследованиях требуется использование данных как об изучаемых объектах, так и об окружающей среде. В частности, важную роль здесь играет сбор и анализ метеорологических данных (облачности, солнечная радиация, температуры и др.), поскольку такие атмосферные параметры могут существенно повлиять на энергопотребление.

2. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Современное состояние развития вычислительных и телекоммуникационных технологий дает возможность быстро получать, оцифровывать и эффективно анализировать большие данные. Часто такие данные

генерируются в процессах функционирования или моделирования сложных систем в различных сферах жизнедеятельности человека. Новой формой изучения подобных систем, основанной на использовании текущих и ретроспективных данных, является так называемый цифровой двойник (ЦД) [1].

Как правило, ЦД – это виртуальная программная сущность, которая отражает наиболее важные компоненты изучаемого объекта в его жизненном цикле. В рамках ЦД применяются доступные физические и виртуальные данные об объекте. Основным инструментом исследования объекта с помощью ЦД по-прежнему является имитационное моделирование [2].

Одним из важных направлений использования ЦД является поддержка принятия решений при управлении социально-экономическими территориями и расположенными на них объектами инфраструктуры [3]. При этом упор делается на использование экологически чистых технологий и оборудования. Как правило, компоненты оборудования размещаются в распределенной среде и контролируются различными субъектами, представляющими объект.

Имитационное моделирование – перспективное направление внедрения ЦД для исследования инфраструктурных объектов. Оно широко используется как один из основных инструментов поддержки принятия решений при управлении различными техническими, экономическими, культурными, социальными и другими системами [4]. В рамках такого управления решаются широкий круг практических задач. Они включают принятие стратегических решений, планирование, контроль, улучшение бизнес-процессов и внедрение новых технологий, в том числе экологически чистых технологий. Имитационное моделирование позволяет получать информацию о выполнении бизнес-процессов в различных инфраструктурах с различной конфигурацией.

Анализ результатов моделирования работы объекта позволяет существенно улучшить его основные параметры. К сожалению, в современных средствах моделирования известен ряд проблем [5]. Среди них сложность разработки моделей, их параллельное выполнение, поддержка удобного доступа пользователей для подготовки и проведения масштабных экспериментов и др. Более того, обработка больших данных в гетерогенной среде по-прежнему остается проблемой.

Упомянутые проблема относятся к таким распространенным системам имитационного

моделирования, таких как GPSS [6] и AnyLogic [7]. Они позволяют с необходимой степенью детализации описать предметную область и выполнить моделирование. Специализированные подсистемы позволяют дополнительно отслеживать изменения переменных, строить таблицы и графики. Однако в GPSS эти подсистемы имеют ограниченные функциональные возможности, а AnyLogic и подобные ей системы являются коммерческими и их применение в научно-исследовательской деятельности не всегда оправдано. При этом потребность в различных средствах визуализации в процессе имитационного моделирования остается актуальной [8].

Таким образом, исследование направлено на разработку новых сервис-ориентированных инструментов для подготовки и проведения масштабных научных экспериментов с имитационными моделями для инфраструктурных объектов на примере Байкальской природной территории. Важную роль играют подсистемы выполнения имитационных моделей в распределенной вычислительной среде. В качестве основы для выполнения моделей используется GPSS.

3. ПЛАТФОРМА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ключевыми особенностями новой платформы являются: возможность автоматизированной подготовки вычислительной среды (запуск виртуальных машин, доставка модулей и входных данных); генерация веб-интерфейса для работы с моделью по ее спецификации; запуск множества экземпляров GPSS в распределенной среде с разными наборами входных данных в рамках многовариантных вычислений; визуализация результатов моделирования и их анализ [9].

В работе проведен сравнительный анализ функциональных возможностей для следующих систем: GPSS, AnyLogic и разработанной платформы. Опираясь на опыт пользователей, определены наиболее важные возможности этих систем. Среди них распределенные вычисления, однокритериальная оптимизация, многокритериальный выбор, гибридное моделирование с применением агентов, мульти-облачные вычисления и поддержка типовых рабочих процессов (workflow).

В качестве практической апробации новой платформы проведен вычислительный эксперимент применительно к инфраструктурным объектам Байкальской природной территории. В рамках эксперимента реализована методика оценки экономической эффективности экологически чистого теплоснабжения типового оздоровительного туристического центра. одной из практических целей моделирования возможной замены источника тепла является оценка уменьшения выбросов CO₂ от сжигания дизельного топлива или угля. Еще один немаловажный фактор – это стоимость теплового насосного оборудования. Полученные результаты могут быть использованы в качестве рекомендаций для специалистов по эксплуатации оборудования. Для обеспечения имитационной модели релевантными метеорологическими данными реализован сбор текущих метеорологических показателей от датчиков, работа которых согласуется с концепцией туманных вычислений.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны сервис-ориентированные средства для поддержки высокопроизводительных вычислений,

однокритериальной оптимизации, многокритериального выбора, гибридного имитационного моделирования с применением агентов и мульти-облачных вычислений. Эти инструменты позволяют проводить имитационное моделирование в гетерогенных распределенных средах с использованием GPSS-моделей.

На основе разработанного инструментария созданы сервисы оценки экономической эффективности типовой туристической базы отдыха, расположенной на Байкальской природной территории. С помощью сервисов проведена оценка стоимости применения экологически чистой технологии отопления тепловыми насосами в различных эксплуатационных и метеорологических условиях.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области, проект № 20-47-380002-р_а «Математическое и информационное моделирование инфраструктурных объектов Байкальской природной территории», а также Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FWEW-2021-0005 «Технологии разработки и анализа предметно-ориентированных интеллектуальных систем группового управления в недетерминированных распределенных средах».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Петров, А.В. Имитация как основа технологии цифровых двойников / А.В. Петров // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 10, № 141. – С. 56-66. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-10-56-66.
- [2] Ильясов, Б.Г. Методологические основы моделирования и интеллектуального управления промышленным комплексом как сложным динамическим многоагентным объектом / Б.Г. Ильясов, Е.А. Макарова, Е.Ш. Закиева, Э.Р. Габдуллина // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 288-293. DOI: 10.17513/snt.38376.
- [3] Медведев, А.В. Цифровые двойники территорий для поддержки принятия решений в сфере регионального социально-экономического развития / А.В. Медведев // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – Т. 6, № 1. – С. 61-66. DOI: 10.17513/snt.38072.
- [4] Феоктистов, А.Г. Цифровые двойники процессов работы природосберегающего оборудования инфраструктурного объекта / А.Г. Феоктистов, Р.О. Костромин, И.А. Сидоров, С.А. Горский, О.Ю. Башарина // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 1. – С. 57-62.
- [5] Kostromin, R. Microservice-Based Approach to Simulating Environmentally-Friendly Equipment of Infrastructure Objects Taking into Account Meteorological Data / R. Kostromin, O. Basharina, A. Feoktistov, I. Sidorov // Atmosphere. – 2021. – Vol. 12(9). – P. 1-24.
- [6] Schriber, T.J. Simulation Using GPSS. – John Wiley & Sons, 1974. – 533 p.
- [7] AnyLogic [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.anylogic.com> (10.03.2022).
- [8] Pliatsios, D. A Survey on SCADA Systems: Secure Protocols, Incidents, Threats and Tactics / D. Pliatsios, P. Sarigiannidis, T. Lagkas, A.G. Sarigiannidis // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2020. – Vol. 22(3). – P. 1942-1976. DOI: 10.1109/COMST.2020.2987688.
- [9] Феоктистов, А.Г. Сервис-ориентированный подход к имитационному моделированию процессов функционирования инфраструктурных объектов / А.Г. Феоктистов, Р.О. Костромин, И.А. Сидоров // Современные и наукоемкие технологии. – 2020. – № 9. – С. 76-81.