

Димов Алексей Владимирович к.т.н., ФГБОУ ВО ИрГУПС
Иркутск Dimov Alexey Vladimirovich Irkutsk State Transport University

Черных Алена Валерьевна Магистрант, ФГБОУ ВО ИрГУПС
Иркутск Chernykh Alena Valerevna Irkutsk State Transport University

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ TRACK DEVELOPMENT OF STATION NECKS AS A FACTOR IN REDUCING THE LEVEL OF SITE CAPACITY

Аннотация: Статья описывает существующие системы имитационного моделирования, в каких областях чаще всего применяется моделирование, основные подходы и чем отличаются, все достоинства и недостатки использования данных систем, выбрана оптимально выгодная система для применения в сфере железнодорожного транспорта.

Abstract: The article describes the existing simulation modeling systems, in which areas they are most often used, the main approaches, all the advantages and disadvantages of using these systems, and an optimally advantageous system for innovation in the field of railway transport is selected.

Ключевые слова: Имитационное моделирование, программа, подходы моделирования, система моделирования, имитация.

Keywords: Simulation modeling, program, modeling approaches, modeling system, simulation.

На сегодня информационное пространство занимает значительную часть жизни человека в работе, учебе и даже в быту. В цифровом пространстве мы можем реализовать множество задуманных проектов, которые будет трудно воплотить в реальности по различным причинам. С этой проблемой поможет справиться имитационное моделирование.

Интерес к имитационному моделированию приобрел популярность с развитием систем моделирования, которые на данный момент являются сильным аналитическим средством, собравшем в себе весь функционал новых информационных технологий, в том числе развитые графические темы для создания моделей и интерпретации выходных результатов моделирования, мультимедийные средства и видео, поддерживающие анимацию в реальном масштабе времени, как 2D так и 3D модели, объектно-ориентированное программирование, Internet – решения и др. В силу своей привлекательности и доступности эти технологии имитационного моделирования распространены не только за рубежом, но и в России.

Имитационное моделирование (ИМ) – это мощный инструмент, который позволяет создавать абстрактные модели реальных систем, чтобы изучать их поведение, прогнозировать результаты и оптимизировать процессы. Оно находит широкое применение в различных областях, от производства и логистики до здравоохранения и городского планирования.

Плюсом таких систем является то, что они позволяют создавать имитацию поведения системы во времени. Так же положительной стороной является то, что временем в модели можно управлять: замедлять в случае с высокой скорости протекания процесса и ускорять для моделирования систем с медленной изменчивостью. Можно имитировать поведение тех объектов, реальные эксперименты с которыми дороги, невозможны или опасны.

Существует четыре основных подхода имитационного моделирования:

- динамическое моделирование (ДМ) – механические или физические процессы, которые описываются алгебраическими, дифференциальными уравнениями и блок-схемами; – [5].

- системная динамика (СД) – изучение сложных систем с обратной связью (производственные, социально-экономические); можно применять на уровне глобальных взаимосвязей; – [5].



- дискретно-событийный подход (ДС) – применяется в случае, если можно считать, что переменные системы изменяются мгновенно в определенный момент времени (моделирование процессов производства); – [5].

- агентное моделирование (АМ) – применяется для имитации интеллектуальных, децентрализованных и распределенных систем с целью получения сведений о влиянии на систему функционирования и взаимодействия элементов. – [6].

Если рассматривать данные подходы по шкале абстракции, то динамические системы будут находиться в самом низу по причине большего количества деталей, переменного состояния, а СД, замещая индивидуальные объекты их агрегатами, наоборот, представляет собой наивысший уровень абстракции. Тогда ДС-моделирование располагается посередине, т.к. работает внизком и среднем диапазоне.

Системная динамика (СД). Это подход, который фокусируется на динамике системы и взаимосвязях между ее компонентами. В системной динамике модель представляет собой сеть уравнений, описывающих изменение состояния системы с течением времени. СД позволяет моделировать сложные системы с обратными связями и нелинейными взаимодействиями (например, физических объектов, знаний, людей, средств). – [7].

Модель Bass Diffusion часто используется для моделирования распространения нового продукта, или инновации, потенциальные клиенты (Potential Adopters) становятся клиентами (Adopters) со скоростью диффузии распространения (Adoption Rate), которая зависит от рекламы.

Дискретно-событийное моделирование (ДС). В этом подходе модель представляет собой набор событий, которые происходят в системе в определенные промежутки времени. Каждое событие способно вызвать изменение состояния системы и генерировать новые события. ДС позволяет моделировать системы с дискретными изменениями состояния, такие как очереди, процессы обработки и т.д. – [7].

Агентное моделирование (АМ) может применяться на различных уровнях и в любых размерах для исследования децентрализованных систем, динамика функционирования, которых определяется когда глобальные правила и законы являются результатом индивидуальной активности членов группы. Цель агентных моделей – получить представление об этих глобальных правилах, общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении её отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в системе. Агент может представлять пешехода, автомобиль, робота в физическом пространстве, клиента или продавца на среднем уровне, или же конкурирующие компании на высоком.

Агентно-ориентированное моделирование (АОМ) является одним из современных подходов к имитационному моделированию. В этом подходе система моделируется как набор взаимодействующих агентов, каждый из которых имеет свои собственные характеристики, поведение и правила взаимодействия. Агенты могут быть как физическими объектами, так и абстрактными сущностями. АОМ позволяет более гибко моделировать сложные системы, учитывая взаимодействия и влияния между агентами. – [7].

Существует множество различных программ ИМ, и наиболее распространенные из них AnyLogic, Arena, Enterprise dynamics, Plant Simulation и т.д.

AnyLogic – программное обеспечение для имитационного моделирования сложных систем и процессов, позволяющего поддерживать направление агентного моделирования, дискретно-событийного моделирования и создания моделей системной динамики.

Arena [Systems, 1999; Kelton et al., 1998] направляется компанией Systems Modeling Corporation (Севикли, Пенсильвания). Arena – это многофункциональное средство для улучшения работы, позволяющее создавать модели, с учетом затрат время выполнения функций. Пакет позволяет создавать имитационные модели, воспроизводить их и анализировать результаты такого воспроизведения. С помощью Arena можно создавать модели процессов для самых разных сфер деятельности – производственных технологических работ, складского учета, банковской деятельности, обслуживания посетителей в ресторане и т.д.



Enterprise Dynamics – средство, предназначенное для имитационного моделирования. С помощью Enterprise Dynamics можно моделировать, оптимизировать и контролировать поведение системы или предприятия. Данное средство моделирования огромную сферу приложений – от логистики и систем массового обслуживания до транспортных и производственных систем.

Plant Simulation – программной сферы имитационного моделирования систем и процессов, рассчитанного для улучшения материалопотоков, загруженности ресурсов, логистики и метода управления для всех стадий планирования от целого производства и сети производств до отдельных линий и участков;

Таблица 1

Сравнительная таблица систем ИМ

	Anylogic	Arena	Enterprise dynamics	Plant simulation
Область применения	Многофункциональный инструмент моделирования общего назначения. Моделирование дискретных событий, основанное на агентах и системной динамике: <ul style="list-style-type: none"> • Цепочки поставок • Транспорт • Складские операции • Железнодорожная логистика • Нефть и газ • Дорожное движение • Производство, погрузо-разгрузочные работы • Здравоохранение • Бизнес-процессы • Маркетинг • Соц.процессы • Оборона 	Используется для моделирования и анализа существующих и предлагаемых систем, а также для оперативного анализа: <ul style="list-style-type: none"> • Производство • Цепочки поставок • Правительство • Здравоохранение • Логистика • Продукты питания и напитки • Упаковка • Горнодобывающая промышленность • Колл-центры 	Моделирование производства, логистики и погрузочно-разгрузочных работ: <ul style="list-style-type: none"> • Склады • Распределительные центры • Аэропорты и гавани • Здравоохранение и фармацевтика • FMCG 	Моделирование дискретных событий, визуализация, анализ и оптимизация производительности производства, материальных потоков и логистики: <ul style="list-style-type: none"> • Производители и поставщики автомобильной техники • Аэрокосмическая промышленность и оборона • Потребительские товары • Логистика • Электроника • Машиностроение • Здравоохранение • Консалтинг
Совместимость с другими программами	ДА	НЕТ	НЕТ	ДА
Поддержка многопроцессорных процессоров	ДА	ДА	ДА	ДА
Графическая модель строительство	ДА	ДА	ДА	ДА
Поддержка анализа выходных данных	<ul style="list-style-type: none"> • Отчеты • Журналы выполнения модели • Диаграммы • Вывод во встроенную базу данных или любое внешнее хранилище данных (базы данных, электронные таблицы, текстовые файлы) 	Arena Output Analyzer и Process Analyzer для просмотра результатов, а также пользователи могут использовать внешние продукты	Мастер экспериментов – внутренняя функция	<ul style="list-style-type: none"> • Datafit • Графики • Sankey • Анализатор узких мест • Анализатор энергии • Нейронные сети
Оптимизация	Включен OptQuest, кроме того, пользователи могут использовать любые пользовательские алгоритмы оптимизации	OptQuest для Arena	Предоставляя поддержку различным сторонним оптимизаторам	Генетический алгоритм, Оптимизатор компоновки, Нейронные сети, динамическое программирование, Ветвление и привязка



Бесплатные лицензии	Как для студентов, так и в свободном доступе	Только для студентов	Как для студентов, так и в свободном доступе	Как для студентов, так и в свободном доступе
серийный запуск/ экспериментальный проект	Гибкий пользовательский интерфейс для создания следующих экспериментов: Изменение параметров, сравнение прогонов, Монте-Карло, анализ чувствительности, калибровка и пользовательские настройки	Анализатор процессов для выполнения серии запусков различных моделей в пакетном режиме	Предоставляя, мастер экспериментов и менеджер сценариев	Менеджер экспериментов, поддерживающий распределенное моделирование
Смешанное дискретное/непрерывное моделирование (уровни, потоки и т.д.)	ДА	ДА	ДА	ДА
Экспорт анимации	ДА	ДА	ДА	ДА
Просмотр в режиме реального времени	ДА	ДА	ДА	ДА
3D анимация	ДА	ДА	ДА	ДА
Импорт чертежей	ДА	ДА	ДА	ДА
Развитие функционала (с 2015 года)	ДА	НЕТ	ДА	ДА

Из вышеперечисленных систем наилучшей для моделирования процессов на железнодорожном транспорте считается AnyLogic т.к. это единственный инструмент моделирования, поддерживающий объединение моделирования дискретных событий, основанного на агентах и системной динамики в одной модели. Данная система берет свое начало в России в Санкт-Петербургском Политехническом университете, под началом компании The AnyLogic Company бывшая «Экс Джей Текнолоджис», (англ. XJ Technologies); и имеет бесплатную студенческую лицензию. Так же стоит обратить внимание на то, что это очень универсальная система моделирования, т.к. она единственная может моделировать не только логистические цепи и блок-схемы, так еще и фармацевтику, оборону, сферы обслуживания и многое другое.

Список литературы:

1. Лычкина Н.Н. Технологические возможности современных систем моделирования // Банковские технологии. 2000. Вып. 9. С. 60-63.
2. Serman, John. 2000. Business Dynamics: Systems Thinking and Modelin World. McGraw
3. Универсальные пакеты имитационного моделирования – [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7631203/page:26/>
4. Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic 6 – [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://simulation.su/uploads/files/default/2013-malikov-praktikum-anylogic-6.pdf>
5. Имитационное моделирование: подходы, этапы, существующие программные средства/М. С. Яковлева Научный руководитель – Е. Л. Вайтекунене 2015 г.
6. Журавлев С. С. Краткий обзор методов и средств имитационного моделирования производственных систем [Электронный ресурс] // СО РАН, Новосибирск. Россия, 2010. URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/obzor-2010-guravlev.pdf> (дата обращения: 14.04.2016).
7. Имитационное моделирование: понятные определения, свойства и применение в различных областях – [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nauchniestati.ru/spravka/sovremennye-podhody-imitacionnogo-modelirovaniya/>

