

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский университет ИТМО»
(Университет ИТМО)

Факультет инфокоммуникационных технологий
Образовательная программа Интеллектуальные системы в гуманитарной сфере
Направление подготовки 45.03.04 Интеллектуальные системы в гуманитарной сфере

О Т Ч Е Т

об учебной, ознакомительной практике

Тема задания: «Изучение и сравнение средств для разработки и визуализации имитационных моделей»

Обучающийся: Шурубова Прасковья Михайловна, группы К3243

**Руководитель практики от университета: Валитова Юлия Олеговна, к.п.н.,
доцент ФИКТ**

Санкт-Петербург, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Описание посещений лекций-бесед.....	4
2 Описание работы во время практики.....	5
2.1 Изучение теоретического материала.....	5
2.2 Разбор предметной области для имитационного моделирования.....	8
2.3 Создание модели в AnyLogic.....	10
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	14
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	15

ВВЕДЕНИЕ

Имитационное моделирование – эксперимент над достоверным цифровым представлением любой системы. В отличие от физического моделирования, такого как создание макета здания, имитационное моделирование основано на компьютерных технологиях, использующих алгоритмы и уравнения. Имитационную модель можно анализировать в динамике, а также просматривать анимацию в 2D или 3D.

Проблема: при огромном пассажиропотоке в аэропорту, особенно при пересадках, нередко происходит потеря багажа. Также бывают ситуации перенаправления чемоданов на неверное воздушное судно. Вследствие этого хендлинговые компании сталкиваются с внушительным размером бюрократии и дополнительными затратами, а пассажиры тратят время и нервы на заполнение документов о потере груза и на ожидание багажа.

Для минимизации таких неприятных ситуаций в эксплуатацию была введена система IS-BRS (Integrated Security Baggage Reconciliation System - Интегрированная система выверки багажа для обеспечения безопасности).

Цель: с помощью имитационного моделирования проверить эффективность системы отслеживания багажа в аэропорту.

Задачи:

- узнать, что такое имитационное моделирование и какие бывают типы моделей;
- провести сравнительный анализ систем для имитационного моделирования;
- выбрать тему для модели;
- найти информацию про систему IS-BRS;
- создать имитационную модель, отображающую этапы обработки багажа с подходом системной динамики без использования системы IS-BRS;
- задать соответствующие формулы для подсчёта количества багажа;
- собрать результаты работы каждого члена команды воедино для создания презентации.

1 Описание посещений лекций бесед

Онуфрейчик Е.А. Тема «Трудности разработки банковских приложений в 2024 году».

Евгений рассказывал про свой опыт работы в качестве разработчика в Альфа банке. Мне было интересно послушать про его карьерный путь от лаборанта ИТМО до руководителя группы в довольно известном банке, про стажировки, а также узнать про Альфа кампус. Это прекрасная возможность получить практический опыт и посетить занятия, которые ведут специалисты, работающие в Альфа банке.

Шишкин А.Р. Тема «Проблемы и решения при разработке высоконагруженных сервисов».

Анатолий Рэмович рассказал о видах высоконагруженных сервисов, о том, как понять, какой сайт несёт низкую нагрузку. Мне понравилось, что спикер взаимодействовал с аудиторией на протяжении всей встречи, т.е. полностью вовлёк в тему и дал возможность поразмышлять. Рада была видеть спикера, который беседовал с нами ещё на первом курсе о нашей специальности.

Артамонова В.Е. Тема «Кто такой системный аналитик и почему в каждой компании у него разные задачи».

Валерия Евгеньевна рассказала про свой опыт работы, про две компании Ediweb и samokat.tech. Мне было интересно послушать про технические навыки и университетские дисциплины, которыегодились Валерии на работе. Также я удивилась огромным спектром задач, которые выполняет Валерия Евгеньевна. Я была рада послушать такого специалиста как Валерия, так как она поделилась не только приятными моментами своей профессии, но и рассказала о минусах работы системного аналитика, например, о монотонных, рутинных задачах.

2 Описание работы во время практики

2.1 Изучение теоретического материала

Перед выполнением практической части я ознакомилась с теоретической составляющей имитационного моделирования. Моделирование является эффективным методом исследования и решения проблем, а также изучения различных явлений и ситуаций, которые возникают в нашем окружающем мире. Оно основано на использовании моделей, которые точно копируют объекты исследования и заменяют их во время экспериментов. Имитационное моделирование применяется в случаях, когда объект исследования настолько сложен, что его поведение не может быть описано математическими уравнениями или это затруднительно. Вместо этого, изучаемая система заменяется моделью, с которой проводятся эксперименты для получения информации. Имитационное моделирование рассматривает модель как набор правил, которые определяют, в какое состояние модель перейдет в будущем из ее предыдущего состояния. Этот метод применяется в различных областях деятельности, таких как автомобилестроение, нефтегазовая и оборонная промышленность, а также авиационно-космическая отрасль.

Существуют три основных подхода к имитационному моделированию:

1. Подход дискретно-событийного моделирования, который рассматривает модель как глобальную схему обслуживания заявок и основывается на теории массового обслуживания. Этот подход поддерживается такими инструментами, как GPSS World, Qbject GPSS, Arena, Simprocess и другие.

2. Подход системной динамики, который используется для изучения обратных связей в производственно-хозяйственной деятельности. Он позволяет анализировать организационную структуру, усиления и задержки с целью повышения эффективности предприятия. Системная динамика может применяться в имитационном моделировании финансово-кредитной деятельности. Например, с ее помощью можно создавать модели банковских

и страховых учреждений, которые выполняют расчеты показателей за периоды, прогнозируют состояние сделок и оценивают эффективность инвестиций, кредитов и депозитов банка и т.д.

3. Агентное моделирование. Агентная модель — децентрализована. Она состоит из множества индивидуальных объектов (агентов) и их окружения. Система описывается на индивидуальном уровне, а глобальное поведение рассматривается как результат деятельности всех агентов, самостоятельно взаимодействующих со средой и другими агентами. Можно создавать отдельные модели, не обладая информацией о глобальных зависимостях. Зная поведение отдельных участников процесса, можно построить агентную модель и спрогнозировать ее глобальное поведение. Уточнения можно вносить по мере накопления данных.

Для выбора подходящего приложения для имитационного моделирования мы с командой проанализировали шесть различных сервисов: AnyLogic, Arena, Matlab, GPSS-WORLD, Actor Pilgrim, ARIS Platform (Таблица 1). Все инструменты поддерживают три вида моделирования. Однако всего лишь три сервиса работают и на Windows, и на Mac OS, и на Linux, что сузило круг выбора [1].

Таблица 1 – Сравнительный анализ сервисов для имитационного моделирования

Наименование	Страна производства	Язык программирования	СД	АМ	ДСМ	ПО	Используемый интерфейс
AnyLogics	РФ, Санкт-Петербург	Java, UML	+	+	+	Windows, Mac OS, Linux	GUI
Arena	США	SIMAN, Cinema Animation	+	+	+	Windows, XP, Vista	GUI
Matlab	США	C, C++, Fortran, Java	+	+	+	Window, Linux, macOS, Solaris	GUI
GPSS-WORLD	США	GPSS	+	+	+	DOC, Windows	GUI
Actor Pilgrim	РФ, Москва	C, C++ (Возможны C#)	+	+	+	Windows XP, 7/8	GUI
ARIS Platform	Германия	JavaScript (ARIS Script)	+	+	+	Windows, Mac OS, Linux	GUI

Процесс имитационного моделирования состоит из следующих этапов:

- формулировка цели исследования;
- сбор информации;
- разработка концептуальной модели;
- проверка концептуальной модели на логичность;
- перевод концептуальной модели с помощью программных средств в машинное представление;
- анализ чувствительности и валидации выходных данных имитационной модели. В зависимости от обнаруженных ошибок необходимо вернуться на несколько шагов назад;
- выполнение и анализ экспериментов;
- формулировка выводов.

2.2 Разбор предметной области для имитационного моделирования

Для анализа нашей команде хотелось взять что-то инновационное и относительно недавно введённое в эксплуатацию. Мы остановились на системе IS-BRS (Integrated Security Baggage Reconciliation System - Интегрированная система выверки багажа для обеспечения безопасности). Погрузка багажа в воздушное судно — распределенный и растянутый во времени процесс: поступление трансферного багажа, ранняя регистрация пассажиров, сортировка и отбраковка багажа на разных этапах досмотра. Сложный процесс обработки багажа приводит к необходимости досылать неотправленный багаж и к засылкам багажа по неверным направлениям, исправление которых ведет к увеличению расходов [2]. Кроме того, багаж, отправленный отдельно от пассажира, — это угроза безопасности воздушного судна и нарушение требований ICAO. Система контроля загрузки багажа IS-BRS предназначена для отслеживания каждой единицы багажа на всех этапах технологической обработки и обеспечивает гарантированную погрузку багажа только вместе с пассажиром. Благодаря этому система позволяет минимизировать и даже

исключить засылки багажа. Система IS-BRS решает следующие основные задачи:

- отслеживание багажа на всех этапах технологической обработки;
- своевременная погрузка багажа трансферных пассажиров;
- информирование пассажира при выдаче багажа;
- информирование служб аэропорта о снятии багажа с рейса;
- подведение итогов загрузки и формирование багажной ведомости.

Система IS-BRS при помощи стационарных и мобильных считывателей багажных бирок фиксирует обработку багажа на всех этапах: на регистрации, на досмотре службой авиационной безопасности, на досмотре таможенной службой, на комплектации на тележки или контейнеры и при погрузке багажа в воздушное судно. Считыватель Zebra — это мобильный компьютер в сверхпрочном корпусе, выдерживающий работу в температурных режимах от -30°C до $+50^{\circ}\text{C}$ без ограничений. Считыватель обеспечивает защиту IP67, оснащается прорезиненным корпусом, специальной низкотемпературной батареей и встроенным обогревателем, что позволяет эксплуатировать устройство в наиболее экстремальных условиях и при низких температурах.

Технические параметры Zebra позволяют эксплуатировать его в неотапливаемых зонах комплектации багажа, а также во время работы грузчиков на перроне.

Все данные о багаже поступают в систему IS-BRS. Система получает данные из используемых перевозчиками систем DCS ((Distributed Control System) — система управления технологическим процессом), из AODB (Amadeus Airport Operational Data Base) аэропорта (суточный план полетов), интегрируется с системой обработки багажа BHS (Baggage Handling System) и обрабатывает управляющие сигналы от интроскопов, операторов службы безопасности и операторов таможни. Информация о трансферных пассажирах и их багаже поступает из аэропортов отправления с помощью стандартных сообщений BTM (Business Technology Management) [2].

В результате сервер системы IS-BRS информирует все заинтересованные службы аэропорта и пассажиров о процессе обработки багажа и подсказывает грузчику на экране мобильного считывателя информацию о необходимой загрузке каждого рейса и маршруте обработки багажа.

Согласно исследованиям SITA (SITA (фр. Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques) — швейцарская многонациональная информационная организация, представляющая телекоммуникационные и IT-услуги в авиационной отрасли), для пассажира наиболее разочаровывающий этап технологического обслуживания — досмотр службой безопасности, а на втором месте — получение багажа. Неопределенность с получением багажа назвали в качестве самой некомфортной стадии обслуживания 27% пассажиров. Эта проблема получила решение в системе IS-BRS — в комплект поставки системы входит мобильное приложение, информирующее пассажира об этапах технологического обслуживания и местонахождении багажа.

Использовать мобильное приложение крайне просто: пассажир фотографирует штрих-код на посадочном талоне, после чего на экране появляется актуальная информация о багаже. Мобильное приложение сообщает следующую информацию:

- местонахождение багажа (в багажнике самолета, выгружен на тележку или выгружен на конвейер);
- расчетное время выгрузки багажа на конвейер;
- номер конвейера для получения багажа.

2.3 Создание модели в AnyLogic

Для проверки эффективности выше представленной системы был выбран сервис отечественного производства AnyLogic. Для отслеживания багажа на всех этапах технологической обработки была выбрана системная динамика.

Через динамическую переменную TotalAmount задаётся количество багажа. В данном случае я рассматривала пассажиропоток с 3500 единицами багажа. С помощью накопителей я обозначила стадии, которые проходит груз: регистрация (check_in), досмотр службой авиационной безопасности (preliminary inquiry), сортировочная лента (sorting), погрузка на борт (loading_on_board), сортировочная лента после приземления (sorting_belt). Далее существует два варианта исхода событий: трансферный переход (погрузка на борт (loading_on_board2), сортировочная лента (sorting_belt2) и выдача (baggage_claim2)) или прямой перелёт (выдача багажа (baggage_claim))[3].

Передо мной стояла задача рассчитать потери багажа при перелёте без использования системы IS-BRS. Для достоверных вычислений я воспользовалась статистическими данными, которые представил мой коллега. Согласно статистике, багаж может потеряться или неверно быть доставленным при оформлении груза, при погрузке на борт, при выгрузке на сортировочную ленту, когда их несколько. Именно после этих процессов я вводила формулы, включающие конкретные вероятности потери багажа. Опираясь на статистические данные, мы выяснили, что на 1000 единиц багажа приходится 5 потерянных. Отталкиваясь от этих цифр, я составляла формулы для каждого этапа:

- $flow = check_in - ((check_in * 0.5 / 100) * 21 / 100);$
- $flow3 = loading_on_board - ((check_in * 0.5 / 100) * 19 / 100);$
- $flow4 = sorting_belt * 80 / 100 - ((check_in * 0.5 / 100) * 46 / 100);$
- $flow5 = sorting_belt * 20 / 100 - ((check_in * 0.5 / 100) * 46 / 100);$
- $flow6 = loading_on_board2 - (((check_in * 0.5 / 100) * 19 / 100) + ((check_in2 * 0.5 / 100) * 19 / 100));$
- $flow7 = check_in2 - ((check_in2 * 0.5 / 100) * 21 / 100).$

Для рассмотрения случая с трансферным переходом я создала дополнительную цепочку с такими же этапами, через который проходит багаж, только другого аэропорта (рисунок 1). После первого перелёта часть чемоданов, а именно 20% от общего количества, переходит на другой борт. Следовательно, вторая погрузка на борт вычисляется по следующей формуле $\text{loading_on_board2} = \text{flow5} + \text{flow10}$ [4]. Стоит отметить, что все погрешности, которые учитываются при вычислениях, - это ошибки, совершённые из-за человеческого фактора, лишь в редких случаях, из-за сбоя машины при распечатывании маркировки на чемодан.

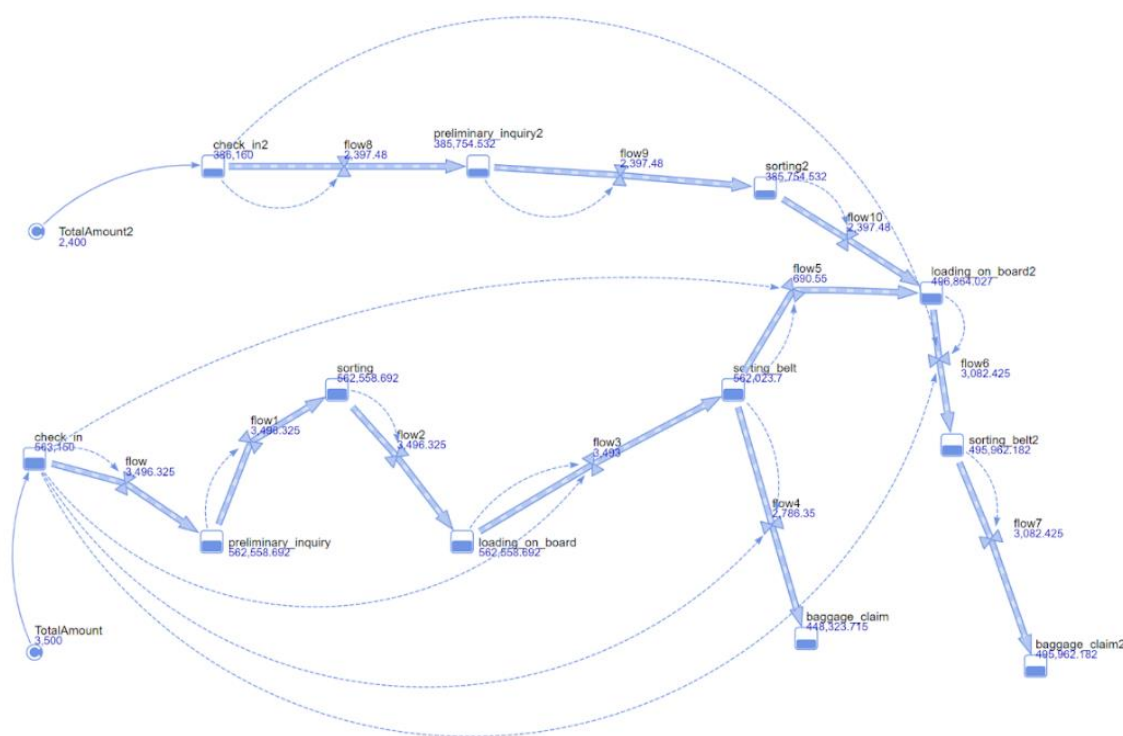


Рисунок 1 – Модель, описывающая этапы обработки багажа

Для примера я взяла аэропорт Пулково г. Санкт-Петербург и аэропорт Шереметьево г. Москва. В Пулково всего 2 полосы: взлётная и посадочная, поэтому за час может быть зафиксировано максимум 20 рейсов. Для стандартного самолёта, например, Boeing 737 вместимостью 189, загружается на борт около 120 чемоданов, т.е. я взяла 2400 единицы багажа для модели. Для Шереметьево пассажиропоток гораздо больше, поэтому выбранное мною

число могло варьироваться в большом диапазоне, однако я взяла 3500 единиц багаж.

После проверки последовательности и логичности всех этапов я запустила модель. Я увидела процесс передачи багажа в динамике, накопители постепенно заполнялись и благодаря потокам и установленным связям предавали определённое количество чемоданов с учётом всех статистических данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение двух недель учебной практики я выполнила все задачи, которые передо мной стояли, получила огромный багаж знаний в сфере имитационного моделирования, поняла его значимость в логистической составляющей. Я была рада послушать про опыт выпускников ИТМО, узнать их карьерный путь. После лекций-бесед я записала для себя несколько стажировок, на которые могу подать заявки уже сейчас. Для практической части я углубилась в транспортную отрасль, а конкретно в авиацию. Это позволило мне узнать о внедрении системы выверки багажа для обеспечения безопасности его перевоза. Проверяя эффективность этой технологии, я изучила сервис AnyLogic и создала в нём имитационную модель через подход «системная динамика». Собрав результаты работы каждого члена команды воедино для создания презентации, я увидела результаты графиков, и сделала вывод, что с использованием системы IS-BRS сокращаются потери багажа и возможность отправить чемодан не на тот рейс при трансферных перелетах. Как следствие, хендлинговые компании не сталкиваются с внушительным размером бюрократии и дополнительными затратами на переотправку груза, а пассажиры не заполняют много документов, не тратят время у стойки информации и не переживают за свой багаж.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сайт журнала «Научный лидер» [Электронный ресурс]. URL: <https://scilead.ru/article/3351-avtomatizatsiya-sistem-upravleniya-passazhiro> (дата обращения: 13.02.2024).
2. Сайт о системе загрузки багажа INTEGRAL [Электронный ресурс]. URL: https://initsys.ru/products/baggage_handling/brs/#content-tab-1-0-tab (дата обращения: 13.02.2024).
3. Сайт логистической компании AnyLogic [Электронный ресурс]. URL: <https://www.anylogic.ru/company/about-us/> (дата обращения: 11.02.2024).
4. Technologies Company Ltd. «AnyLogic: учебное пособие по системной динамике». XJ Technologies 2004 г. 61стр.