

УДК 004.94

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕГРУЗКИ НА ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ПОЛОСАХ АЭРОПОРТА ФРАНКФУРТ-НА-МАЙНЕ (ГЕРМАНИЯ)

Парсадян Я.Р., Сырых А.С., Незамова Л.В.
Донецкий национальный технический университет
Кафедра «Программной инженерии»
E-mail: ypars00@mail.ru

Аннотация:

Применение имитационного моделирования для наблюдения перегрузки взлётно-посадочных полос аэропорта Франкфурт-на-Майне (Германия). В работе построена имитационная модель пассажирооборота в среде Anylogic. Продемонстрировано несколько решений проблемы связанных с образованием перегрузки с помощью имитационного моделирования.

Annotation:

Application of simulation modeling to observe the congestion of runways at Frankfurt am main airport (Germany). In this paper, a simulation model of passenger traffic in the Anylogic environment is constructed. Several solutions to the problem of overload formation using simulation are demonstrated.

Введение

На сегодняшний день проблема перегрузок на взлетно-посадочных полосах (далее ВПП) является актуальной как никогда. Рост пассажиропотока с каждым годом увеличивается, когда как инфраструктура аэропорта не везде развивается и улучшается. В результате это сказывается на качестве работы аэропорта. В статье рассматривается данная проблема на примере аэропорта Франкфурт-на-Майне (Германия).

Для моделирования взлетно-посадочных полос предлагается использовать такой подход моделирования, как имитационное моделирование. Преимущества имитационного моделирования заключается в том, что:

1. Имитационные модели позволяют анализировать системы и находить решения в тех случаях, когда другие методы не могут справиться с данной задачей.
2. Структура имитационной модели напрямую отображает структуру разрабатываемой моделируемой системы.
3. Имитационная модель позволяет отслеживать все объекты системы, учтенные в выбранном уровне абстракции, добавлять метрики и проводить статистический анализ.
4. Возможность проигрывать модель во времени и отображать ее поведение. Анимация процессов системы будет неоспоримым преимуществом при демонстрации модели, т.к. является наглядным доказательством достоверности работы модели и вычисления обрабатываемых данных, а также может оказаться полезной для нахождения ошибок.
5. Презентация имитационной модели своим наглядным пособием преобладает над презентацией проекта на основе вычислений в электронных таблицах. Это дает преимущество перед теми, кто использует только формулы и решение, что получено из логических соображений и которое сложно представить без сопровождающих объяснений логической цепочки, что требует гораздо большего внимания и абстрактного мышления слушающего.

Цель работы: создание полноценной имитационной модели движения на ВПП и его оптимизация с помощью программного обеспечения Anylogic. Для достижения поставленной цели были выявлены следующие задачи:

1. изучить существующие среды моделирования имитационных моделей;
2. провести исследование для формулирования поведения агентов в транспортной системе;
3. провести анализ статистических данных;
4. спроектировать и реализовать модель ВПП;
5. сделать вывод по полученным результатам и предложить способы решения данной проблемы.

Описание аэропорта Франкфурт-на-Майне

Для демонстрации проблемы перегрузки выбран аэропорт Франкфурт-на-Майне. По количеству пассажиров (около 70 млн. человек в 2018 году) он занимает четвёртое место в Европе, после лондонского Хитроу, парижского Шарль-де-Голль и стамбульского аэропорта имени Ататюрка. По грузоперевозкам занимает первое место в Европе (2 076 734 тонн в 2017 году) [1]. Загруженность рейсов составила 79,3%, точность выполнения расписания - 69,1%. [4]

Аэропорт имеет 4 полосы[2]:

1. 07L/25R – 2800 метров – только посадка;
2. 07R/25L – 4000 метров – ВПП;
3. 07C/25C – 4000 метров – ВПП;
4. 18 – 4000 метров – только взлёт[1].

Было изучено онлайн-табло [3] аэропорта с целью вычислить частоту взлётов и посадок. Опишем данный процесс на примере расписания взлётов, время 9:15 – 9:20 (см. рис. 1). Итак, по графику видно, что в данный промежуток времени осуществляется вылет по 6 рейсам, а значит каждую минуту – взлетает около 1 самолёта. Для более точного числа вылетов повторяем данные вычисления для нескольких промежутков.

LG 1493 ^	Luxair	(WAW) Warsaw	9:10 PM	Прибыл
LO 5378 ^	LOT - Polish Airlines	(WAW) Warsaw	9:10 PM	Прибыл
LH 8384	Lufthansa	(NRT) Tokyo	9:10 PM	В пути
LH 202	Lufthansa	(TXL) Berlin	9:15 PM	Прибыл
LH 1138	Lufthansa	(BCN) Barcelona	9:15 PM	Прибыл
CA 6293 ^	Air China LTD	(BCN) Barcelona	9:15 PM	Прибыл
SK 3380 ^	SAS	(BCN) Barcelona	9:15 PM	Прибыл
TG 7656 ^	Thai Airways International	(BCN) Barcelona	9:15 PM	Прибыл
LH 122	Lufthansa	(MUC) Munich	9:15 PM	Прибыл
LH 892	Lufthansa	(RIX) Riga	9:20 PM	Прибыл
A3 1462 ^	Aegean Airlines	(RIX) Riga	9:20 PM	Прибыл
NH 6056 ^	ANA	(RIX) Riga	9:20 PM	Прибыл

Рисунок 1 – Онлайн табло Франкфурт-на-Майне

Проанализировав время и частоту взлётов и посадок самолётов, мы убедились в загруженности аэропорта. С увеличением пассажиропотока в последующие годы ситуация с загруженностью аэропорта достигнет критического максимума.

Следовательно, проблема актуальна и нуждается в решении. Следующий шаг для достижения цели – это выбор необходимого программного обеспечения.

Имитационное моделирование транспортных потоков с помощью Anylogic

Выбор платформ, подходящих для моделирования различных систем, в том числе транспортных, велик, и постоянно увеличивается. Для решения поставленной задачи была выбрана среда моделирования Anylogic, поскольку инструментальная система этой

платформы не ограничивает разработчика одной парадигмой моделирования, что является характерным для многих существующих на рынке инструментов моделирования. Пользуясь Anylogic, разработчик имеет возможность использовать различные уровни абстрагирования и различные стили, концепции, а также смешивать их при создании одной и той же модели. Однако главной причиной, по которой была выбрана среда Anylogic, является разнообразие библиотеки моделирования процессов и actioncharts (блок-схем), которые активно использовались в данной работе.

Описание модели

Для создания основной модели ВПП используется библиотека моделирования процессов такого подраздела имитационного моделирования, как дискретно-событийное моделирование. Дискретно-событийное моделирование предполагает представление моделируемой системы в виде процесса, то есть последовательности операций, выполняемых с агентами.

Из библиотеки моделирования процессов в разделе разметки пространства для осуществления путей взлета, посадки и ожидания самолета (его техобслуживание и посадка/высадка пассажиров) использовались такие элементы, как Узел, Аттрактор и Стеллаж.

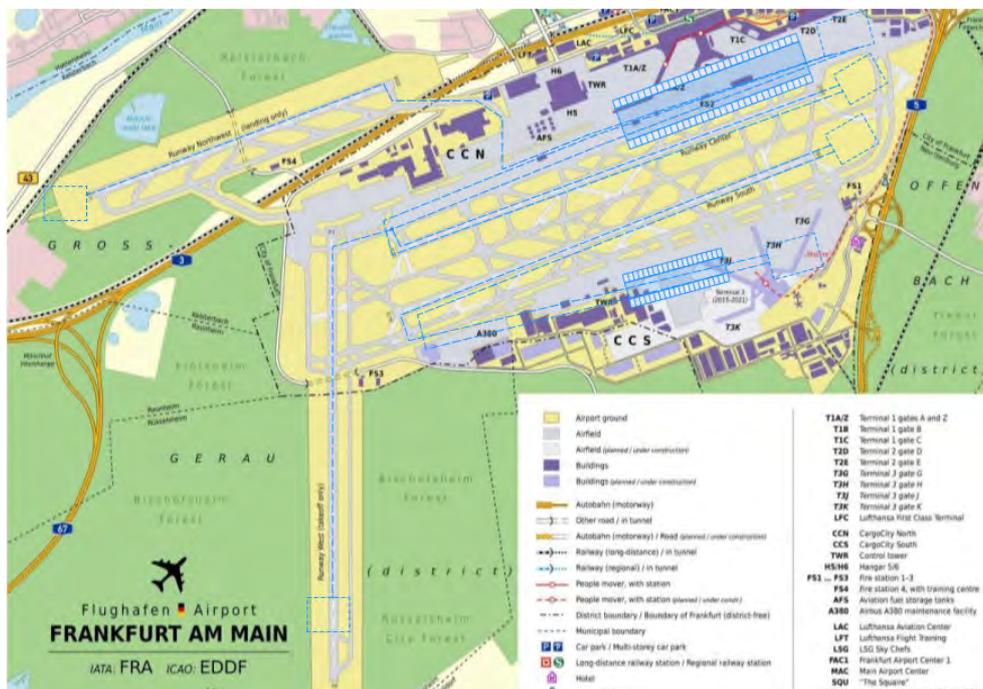


Рисунок 2 – Модель ВПП в AnyLogic

Время появления и исчезновения самолета высчитано в соответствии с выполнением статистического анализа онлайн-табло взлета и посадок пассажиров аэропорта Франкфурт-на-Майне и непосредственного наблюдения за данным процессом с помощью прямых трансляций с аэропорта Франкфурт-на-Майне видео-хостинга YouTube.

Для осуществления движения агента Planes по данным полосам используются такие элементы, как: Source (стартовая точка процесса), RackStore (моделирует помещение поддонов в заданные ячейки стеллажа), Delay (пребывание поддонов в стеллаже), RackPick (извлекает поддон из ячейки стеллажа и перемещает в заданное место) и Sink (уничтожает поступающих агентов и выступает в качестве конечной точки диаграммы процесса). Реализация путей представляет собой 6 диаграмм процесса: 3 для посадки и 3 для взлета агента Planes на полосы, которые предназначены для выполнения данных процессов (см. рис. 3).



Рисунок 3 – Реализация движения самолетов в AnyLogic

Описание экспериментов

Увеличение пассажирооборота

При увеличении пассажирооборота аэропорт остановит свою работу, так как не сможет обслужить самолёты и обеспечить взлёт/посадку.

Изменив количество взлётов и посадок (2 – 4 взлёта, 2 – 3 посадки в минуту), было замечено, что модель даёт исключение, так как стеллажи переполняются. Следовательно, самолёты не успевают обрабатываться, аэропорт не может обеспечить все взлёты и посадки.

Изменение посадочной полосы на ВПП.

С теми же изменениями и направлением большей нагрузки на полосы, за которые отвечает первый стеллаж, было сделано из взлётной полосы ВПП (см. рис. 4). Модель работает, что соответствует теоретически корректной работы аэропорта в действительности. Данный эксперимент – один из вариантов решения проблемы.

Однако у данного способа есть свой недостаток. Так как изначально полоса относительно короткая (2800 метров), она может принимать далеко не все виды самолётов, что делает полученную ВПП недостаточно универсальной.

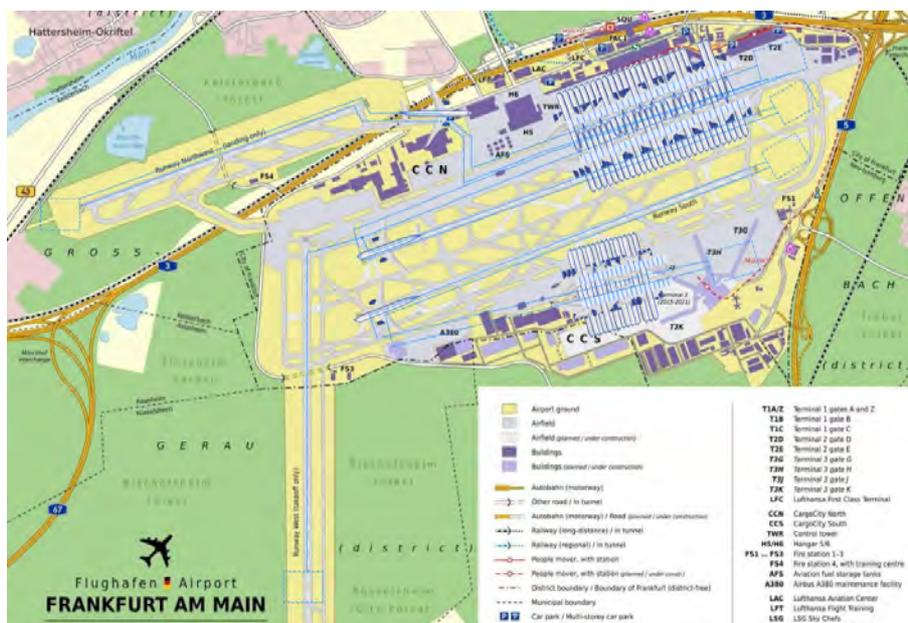


Рисунок 4 – Третья модель аэропорта

Новая взлетно-посадочная.

Теперь с той же нагрузкой, но акцентированной на втором стеллаже, добавим новую (пятую) полосу. В этой ситуации предлагаем построить новую ВПП длиной 4000 метров,

что позволит сделать её универсальной (см. рис. 5). Также за счёт направления нагрузки на второй стеллаж выравнивается количество взлётов и посадок, обслуживающих разными терминалами, что, по нашему мнению, должно положительно сказаться на работе аэропорта в целом.

Однако у данного варианта решения тоже есть свой недостаток. Самый главный – большие финансовые затраты на строительство новой ВВП.

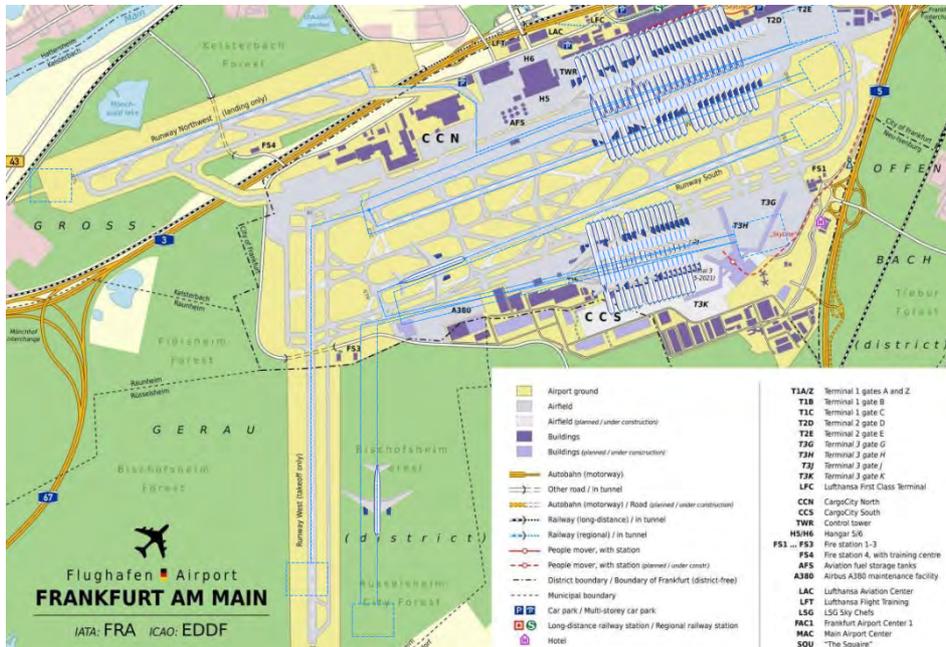


Рисунок 5 – Четвёртая модель аэропорта

Выводы

В ходе работы была изучена загруженность аэропорта Франкфурт-на-Майне с помощью имитационного моделирования транспортных потоков с помощью Anylogic.

Таким образом, разработаны 4 модели. Первая – работа аэропорта в нормальных условиях. Вторая – работа аэропорта с перегрузкой. Третья и четвёртая – предложенные решения проблемы.

У каждого из предложений есть свои плюсы и минусы, также их достаточно сложно реализовать. Однако если этого не сделать, то аэропорту придётся отказаться от лидирующих позиций в Европе по пассажирообороту и грузообороту.

Литература

1. Франкфурт-на-Майне_(аэропорт) // Википедия [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – 2020. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Франкфурт-на-Майне_\(аэропорт\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Франкфурт-на-Майне_(аэропорт)). – Загл. с экрана.
2. Франкфурт аэропорт фото // Интернет-ресурс [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – 2016. – Режим доступа: <https://gbdou62.spb.ru/frankfurt-aeroport-foto.html>. – Загл. с экрана.
3. Online табло аэропорта Франкфурт-на-Майне // Интернет-ресурс [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – 2020. – Режим доступа: <https://airport-online.ru/airport-germany/online-tablo-airport-frankfurt-main-arrivals/>. – Загл. с экрана.
4. Новости Швейцарии на 10 языках// Интернет-ресурс [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – 2018. – Режим доступа: <https://www.swissinfo.ch/rus/аэропорт-франкфурта-обслужил-почти-70-млн-пассажиров-в-2018г/44686454>. – Загл. с экрана.