



УДК 65.011.56

DOI: 10.31799/2007-5687-2020-4-35-44

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ПОДХОД В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В. Е. Таратун, В. С. Шаперова

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В статье выполнено исследование системы массового обслуживания на примере аэропорта «Пулково». Приведены статистические данные, характеризующие рост пассажиропотока. Рассмотрена проблематика системы массового обслуживания и метод ее решения за счет применения имитационного моделирования.

Ключевые слова: имитационное моделирование, пассажиропоток, пропускная способность, СМО, сложные технические системы, прогнозирование.

Для цитирования:

Таратун В. Е., Шаперова В. С. Имитационное моделирование как подход в решении задач систем массового обслуживания // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №4(26). ISSN 2077-5687. – СПб.: ГУАП., 2020 – с. 35-44. РИНЦ.

SIMULATION MODELING AS AN APPROACH IN SOLVING THE PROBLEMS OF MASS SERVICE SYSTEMS

V. E. Taratun, V. S. Shaperova

Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The article studies the queuing system using the example of Pulkovo airport. The statistical data characterizing the growth of passenger traffic are presented. The problems of the queuing system and the method of its solution through the use of simulation are considered.

Key words: simulation modeling, passenger traffic, throughput, CMO, complex technical systems, forecasting.

For citation:

Taratun V.E., Shaperova V. S. Simulation modeling as an approach to solving problems of queuing // System analysis and logistics.: №4(26), ISSN 2077-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2020 – p. 35-44.

Воздушный транспорт – один из наиболее востребованных в России и мире. Зачастую люди предпочитают его другим альтернативам благодаря большей скорости перемещения и комфорту в дороге. Аэропорт Пулково является одним из крупнейших аэровокзальных комплексов страны. Пулково был назван лучшим аэропортом в Европе по итогам рейтинга 2019 года, составленного Международным советом аэропортов (Airports Council International). С каждым годом пассажиропоток аэропорта растет: в 2018 году было достигнуто значение 18,12 пассажиров, в 2019 – 19,58 млн пассажиров. Согласно плану развития аэропорта, предполагается, что к 2039 году пропускная способность составит не менее 35 миллионов пассажиров в год [1]. Увеличение пассажиропотока, рост интенсивности полетов, открытие новых направлений не только повысит конкурентоспособность аэропорта, но также увеличит нагрузку на все службы и сервисы аэропортового комплекса. При этом чтобы аэропорт оставался привлекательным и удобным в использовании, необходимо сохранить высокий уровень наземного обслуживания пассажиров.

Одной из главных проблем является задача сокращения времени пребывания пассажиров в терминале, более эффективного обслуживания в пунктах досмотра, регистрации багажа, таможенного и паспортного контролей; сокращения суммарного времени прохождения пассажиром [2].



Большое количество людей, летающих в первый раз, путаются, не зная правил аэропорта, и плохо ориентируются в здании аэровокзала в целом. В часы пик это создает дополнительные трудности и задержки в обслуживании пассажиров. Аэровокзал должен быть интуитивно понятен для всех категорий пассажиров. В здании необходимо разместить указатели, опознавательные знаки, стойки информации, куда люди всегда смогут обратиться за помощью. Большую роль также играют непосредственно местоположение и вид всех опознавательных символов (стрелки, указывающие направление к выходам на посадку, обозначение стоек регистрации и т. д.). Неудачный дизайн, либо размещение знаков отрицательно скажется на эффективности процесса обслуживания пассажиров, так как люди, неправильно интерпретируя указатели, будут двигаться не в том направлении и в результате создавать обратный поток, мешающий основному проходу. Не менее важно размещение и оформление стоек предполетного досмотра для внутренних рейсов, так как при неудачном расположении и обозначении при большом количестве пассажиров будут образовываться длинные очереди. Так, например, на контроле посадочных талонов перед рамками предполетного досмотра на внутренних линиях в аэропорту Пулково были испробованы различные схемы расстановки стоек. В результате был выявлен оптимальный, более понятный для пассажиров и, соответственно, самый эффективный вариант расположения.

Еще один фактор, положительно влияющий на скорость и качество обслуживания пассажиров в терминале – наличие в здании аэровокзала специально обученных сотрудников аэропорта – контролеров по терминалу. При идеальных условиях все пассажиры могли бы самостоятельно ориентироваться в залах аэровокзала, проходить регистрацию и прочие необходимые процедуры. Однако в реальном мире система не совершенна. При увеличенном пассажиропотоке, в часы пик или при возникновении непредвиденных обстоятельств (задержка рейсов, различные происшествия, оцепления и т.п.) возникают большие скопления людей. Некоторые пассажиры плохо знают устройство терминала или не владеют русским, английским, либо китайским языками, а значит, им труднее ориентироваться по указателям. Пассажиры, как правило, неравномерно распределяются по очередям, в результате часть стоек пустует, время ожидания в очереди растет, и пассажиры остаются недовольны обслуживанием, что отрицательно сказывается на репутации аэропорта в целом. Чтобы решить эти проблемы, сотрудники разных служб вынуждены были бы отвлекаться от своих прямых обязанностей, что негативно отразилось бы на их работе. Для предотвращения подобной ситуации в терминале работает группа контролеров. В их обязанности входит:

- информирование пассажиров об услугах, процедурах обслуживания в аэропорту;
- равномерное распределение пассажиропотоков на регистрации, предполётном досмотре пассажиров, на паспортном контроле;
- проверка соответствия габаритов ручной клади при помощи стандартизатора.

Количество контролеров зависит от сезона. Летом пассажиропоток значительно увеличивается и, соответственно, есть потребность в дополнительных сотрудниках. Контролеры могут дать оперативную информацию, доступно объяснить и указать местоположение любого сервиса аэровокзала, а также помогают улучшить и оптимизировать обслуживание пассажиров в аэропорту, являясь своеобразным связующим звеном между аэропортом и всеми его службами.

Аэропортовый комплекс – это сложная техническая система с большим количеством узловых элементов. Многие из элементов в свою очередь являются системами массового обслуживания. Расчет количественных показателей (например, численности персонала, необходимого количества стоек регистрации, рамок первичного и предполетного досмотра, кабин паспортного контроля, телескопических трапов и т.п.) является важным вопросом в задаче оптимизации аэропорта. Эффективность работы систем массового обслуживания аэропорта можно оценить с помощью различных показателей и параметров, например, по



загруженности отдельных подразделений либо всего аэропорта, по интенсивности движения. Основная характеристика аэровокзала – его пропускная способность, то есть количество обслуживаемых за определенный интервал времени пассажиров. В аэропортах с развитой инфраструктурой из-за увеличения пассажиропотока или иных причин могут возникать различные сбои в работе служб. Любой сбой в отдельной службе повлечет нарушение работы во всех остальных службах, связанных с ней. Это приведет к ухудшению обслуживания, следовательно, необходимо заранее определить «слабые» места в системе и предусмотреть возможные варианты решения тех или иных ситуаций сбоя.

Эффективность всей системы напрямую зависит от совокупной эффективности работы каждого отдельного элемента. Если происходит сбой в какой-либо подсистеме, то это негативно сказывается на работе аэропорта в целом.

Одним из элементов рассматриваемой системы аэровокзального комплекса является зона вылета пассажиров, которая, в свою очередь, делится на несколько элементов, таких как стойки регистрации, паспортный и таможенный контроль, предполетный досмотр и т. д. Каждый из них имеет максимально допустимую пропускную способность. В связи с ежегодным увеличением пассажиропотока, рано или поздно система перестанет справляться с всё возрастающей нагрузкой. Рассмотрим один из элементов – стойки регистрации багажа. Они рассчитаны на определенное количество пассажиров, при котором система еще будет работать достаточно эффективно. В случае превышения этого значения очереди станут слишком длинными, время ожидания обслуживания заметно возрастет, что скажется как на работе других служб, так и на всей системе аэропорта – эффективность работы снизится.

Для поддержки эффективности работоспособности всей системы в целом необходим четкий контроль за уровнем работоспособности каждого из элементов данной системы. Многообещающим подходом для решения задачи оценки эффективности работы является применение имитационного моделирования [3].

Данный подход обеспечивает возможность как оценки текущей ситуации об эффективности работы как отдельных элементов системы, так и всей системы в целом, а также предоставляет мощный инструмент выполнения прогнозирования и краткосрочного планирования.

С помощью имитационного моделирования можно проводить эксперименты для оценки работы системы, меняя такие параметры, как расписание, график прибытия пассажиров, правила их обслуживания и маршруты перемещения по терминалу, количество оборудования в зонах регистрации, таможни и выдачи багажа, расположение магазинов, вводя случайное возникновение сбоев и т. д. [3, 4]

Обслуживание пассажиров – одна из основных функций аэропорта.

На сегодняшний день одной из лидирующих систем имитационного моделирования является – система AnyLogic. С использованием агентного подхода к созданию имитационных моделей в среде AnyLogic была построена модель системы массового обслуживания пассажиров в различных объектах сервиса аэропорта Пулково. [4, 6].



3 этаж 4 этаж Результаты моделирования

4 этаж

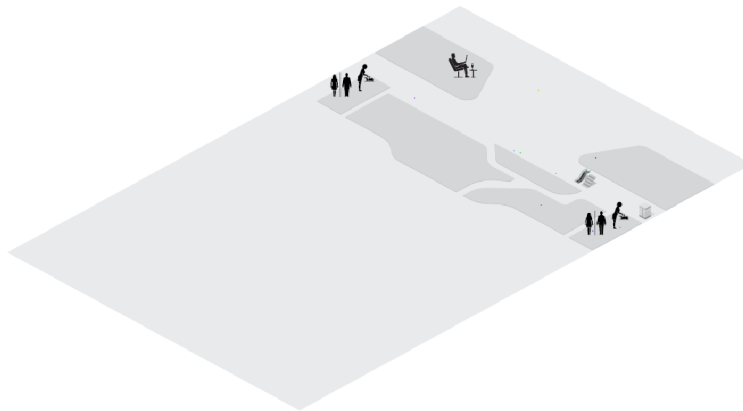


Рис. 1. Оконная форма модели перемещения пассажиров по 4 этажу аэропорта Пулково в AnyLogic

3 этаж 4 этаж Результаты моделирования

3 этаж

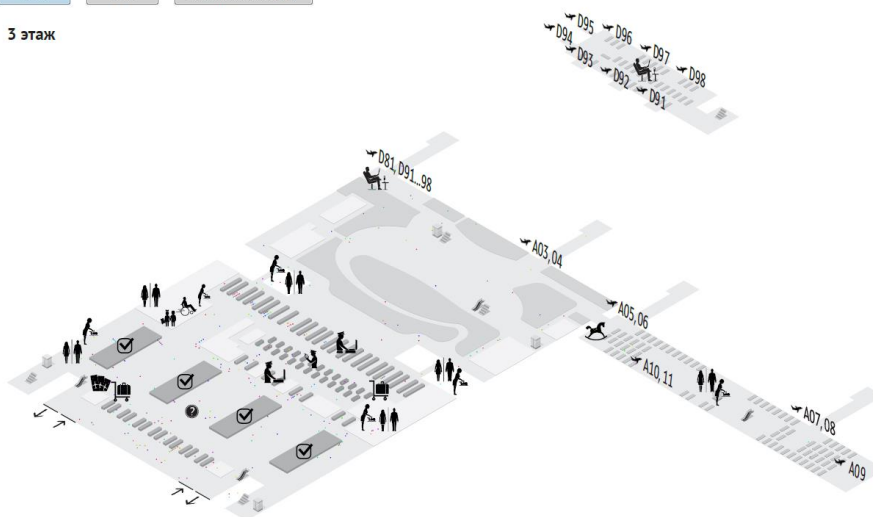


Рис. 2. Оконная форма модели перемещения пассажиров по 3 этажу аэропорта Пулково в AnyLogic

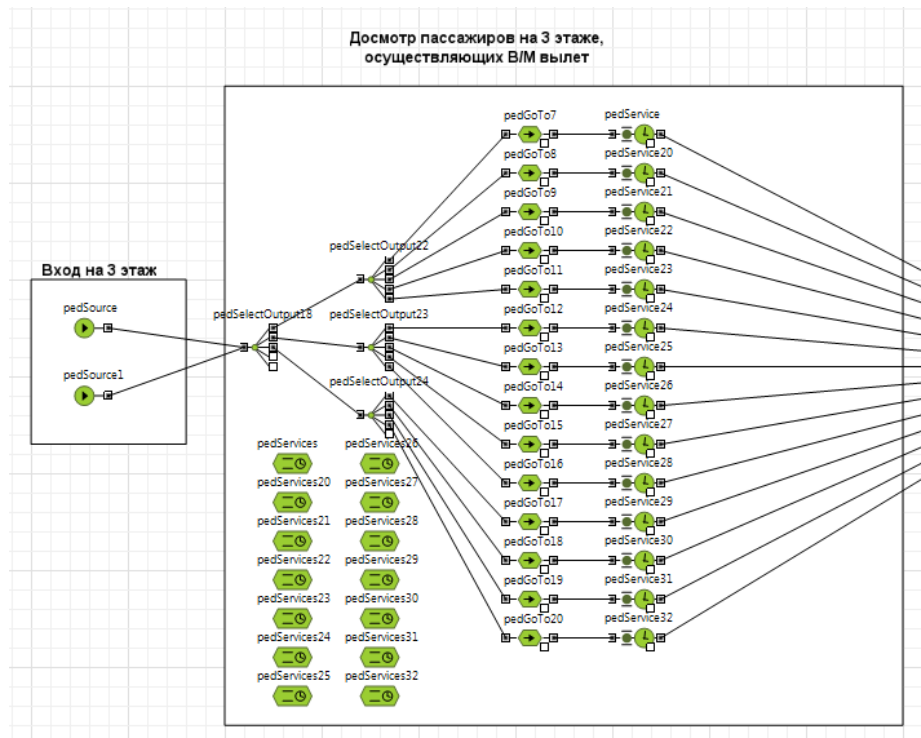


Рис. 3. Реализация перемещения пассажиров на входе и обслуживание на сервисе «Досмотр» на 3 этаже с помощью блоков в AnyLogic

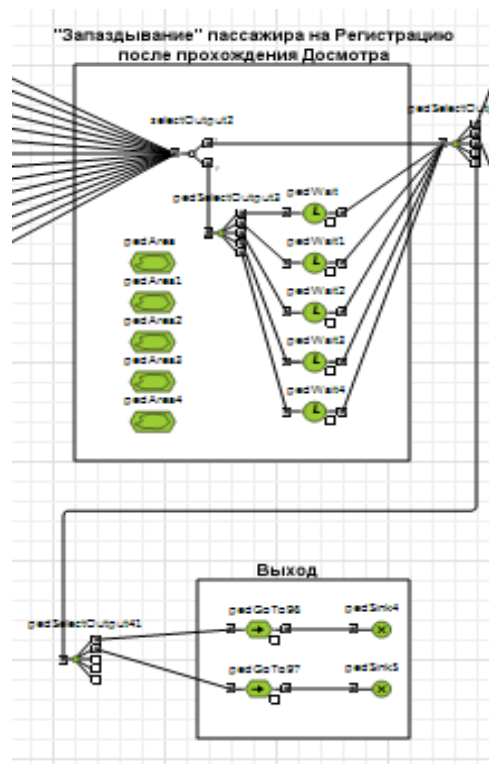


Рис. 4. Реализация перемещения пассажиров, после прохождения «Досмотра» и до «Регистрации», а также выход с 3 этажа с помощью блоков в AnyLogic

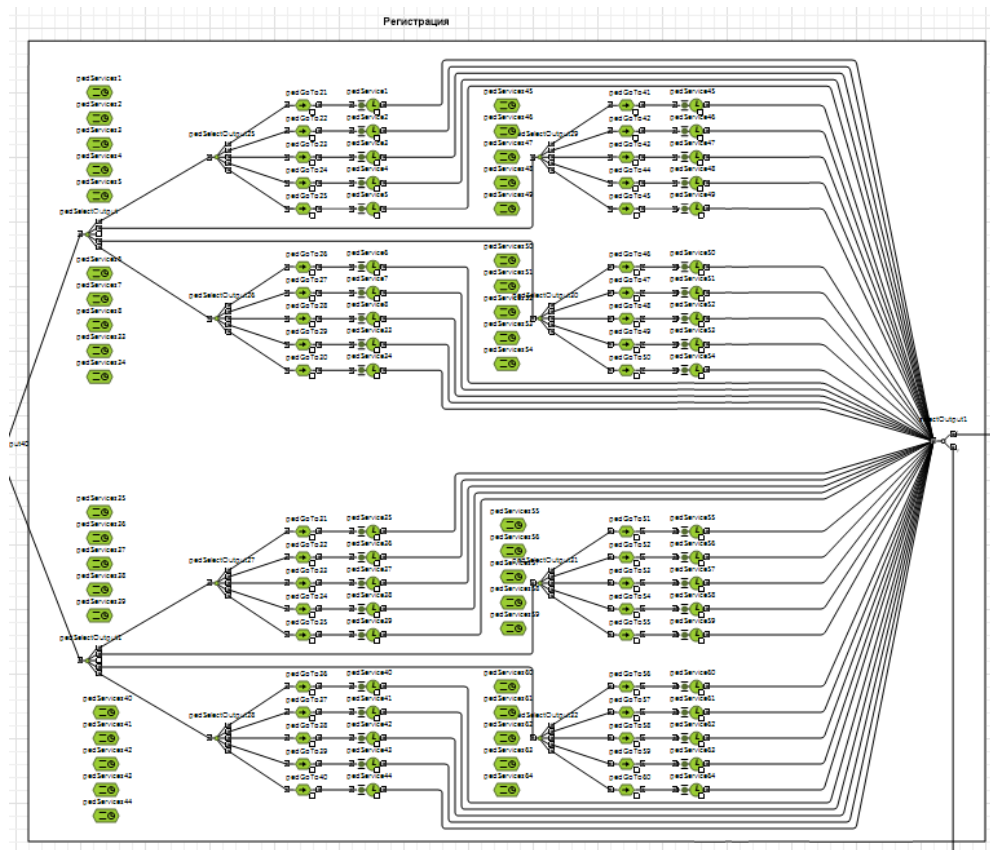


Рис. 5. Реализация обслуживания пассажиров на сервисе «Регистрация» с помощью блоков в AnyLogic

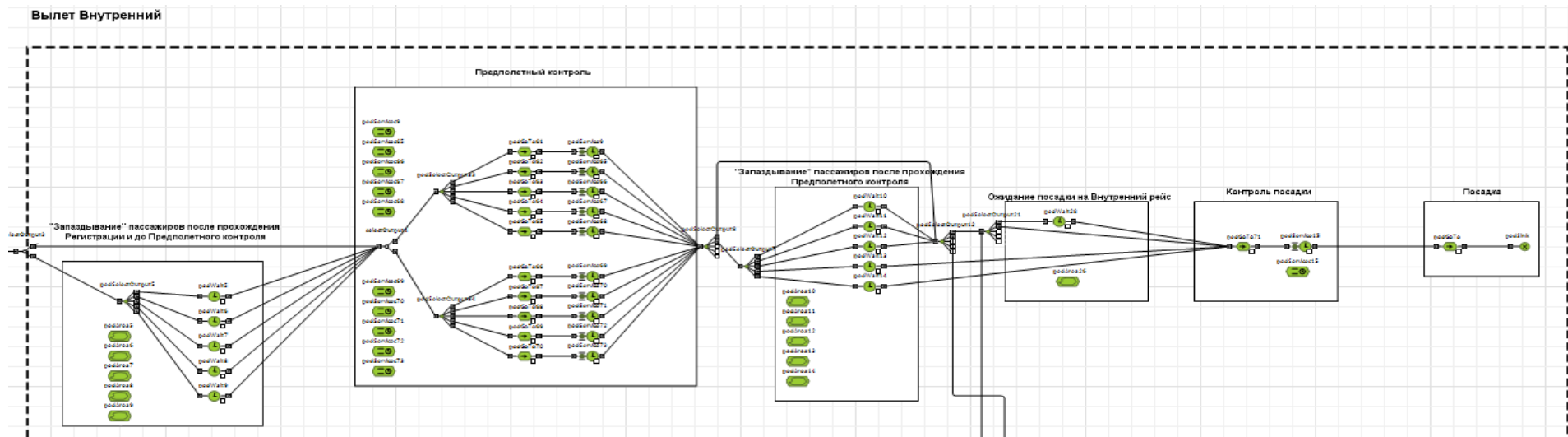


Рис. 6. Реализация перемещения и обслуживания пассажиров, осуществляющих внутренний вылет с помощью блоков в AnyLogic

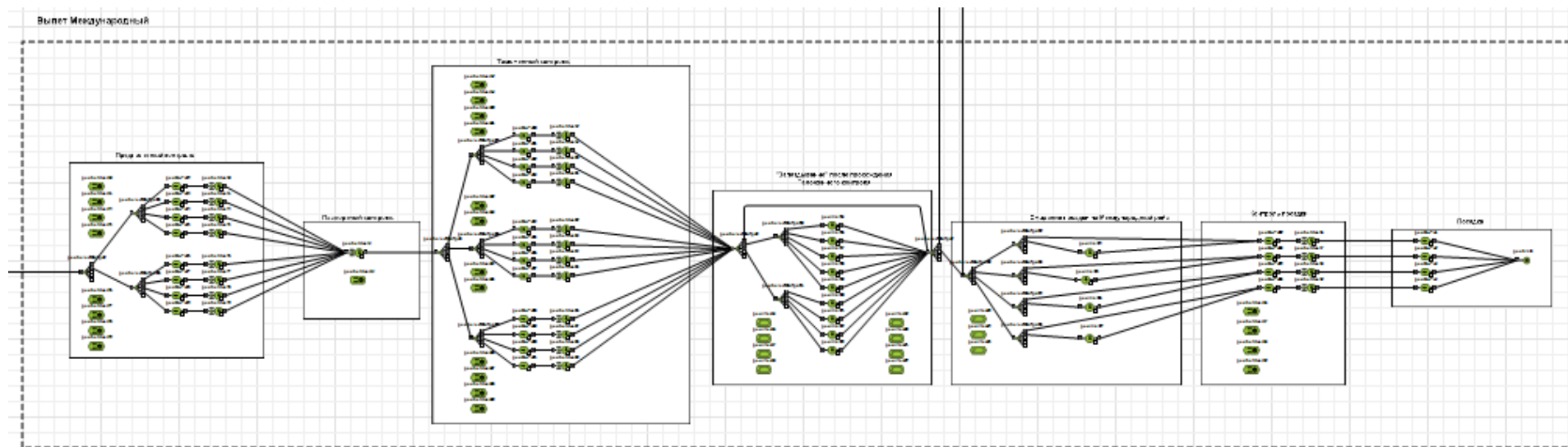


Рис. 7. Реализация перемещения и обслуживания пассажиров, осуществляющих международный вылет с помощью блоков в AnyLogic

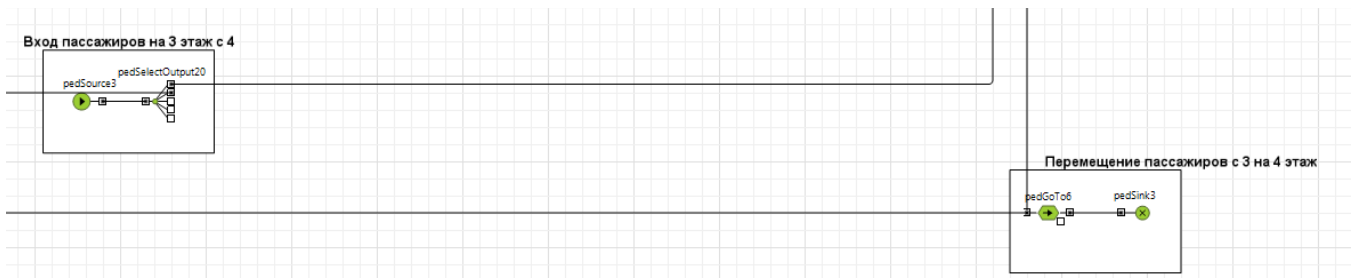


Рис. 8. Реализация перемещения пассажиров с 4 на 3 этаж и с 3 на 4 этаж с помощью блоков в AnyLogic

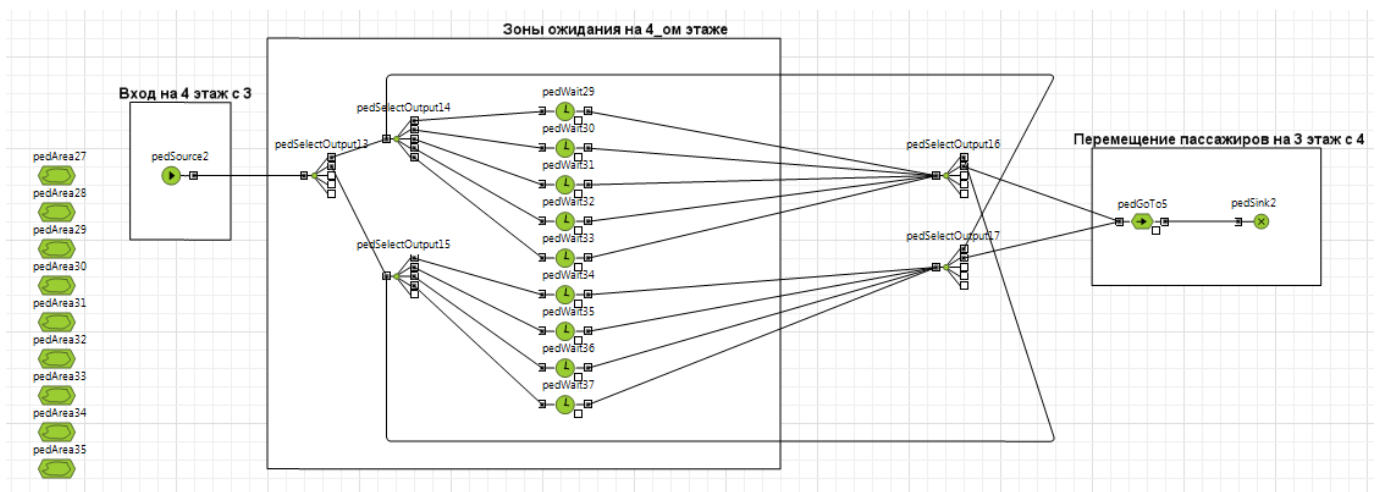


Рис. 9. Реализация перемещения пассажиров на 4 этаже с помощью блоков в AnyLogic

В результате проведения экспериментов пользователь получает качественные, количественные и графические характеристики о загруженности и среднем времени обслуживания работы каждого сервиса аэровокзала, а также получает возможность спрогнозировать различные ситуации, путем генерации различных сценариев. Статистика о загруженности и среднем времени обслуживания работы каждого сервиса аэропорта Пулково приведена соответственно на рисунках 10, 11, 12 13.

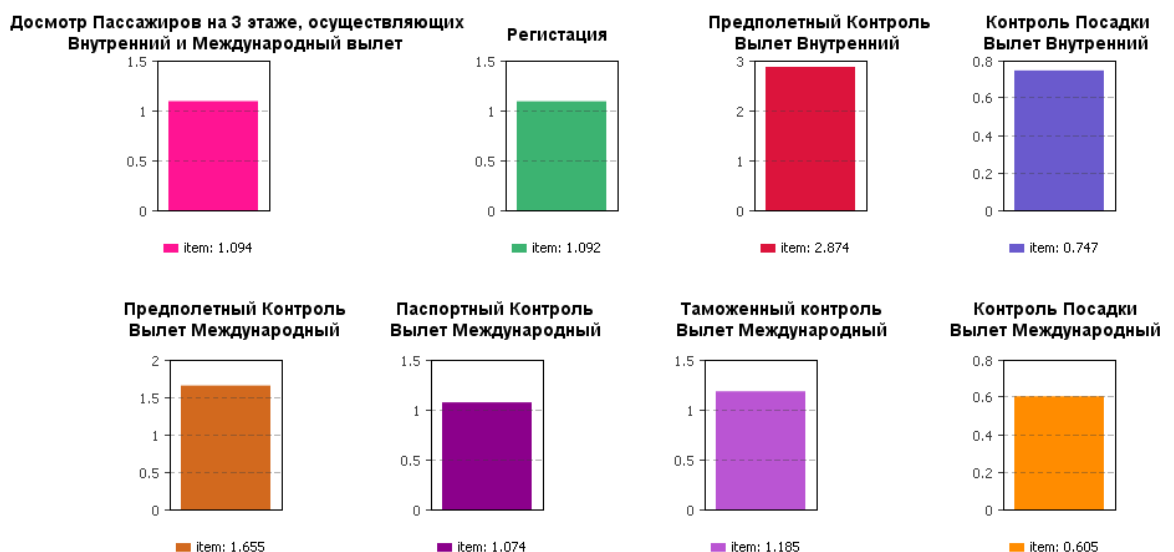


Рис. 10. Среднее время обслуживания пассажиров, осуществляющих В/М вылет, на каждом из сервисов аэропорта Пулково в AnyLogic

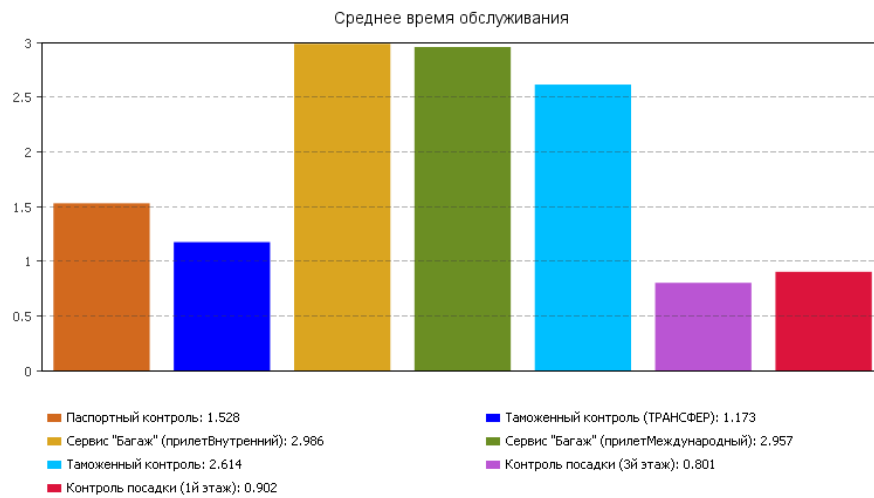


Рис. 11. Среднее время обслуживания пассажиров, осуществляющих В/М прилет и/или трансфер, на каждом из сервисов аэропорта Пулково в AnyLogic

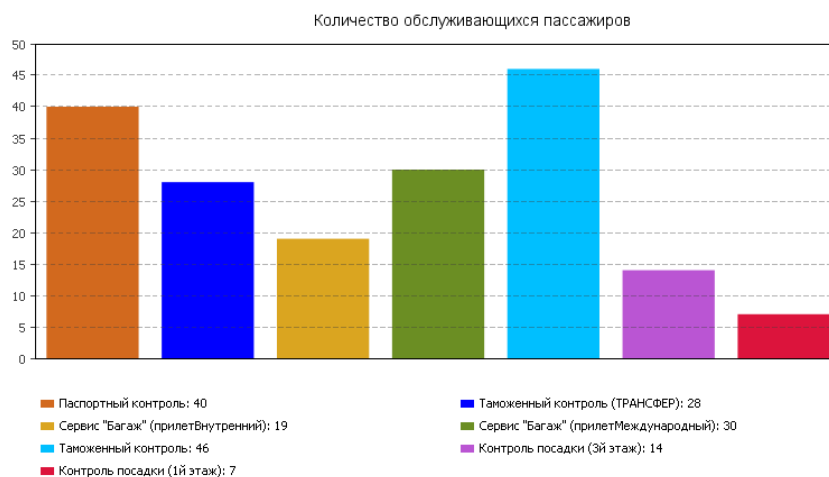


Рис. 12. Количество обслуживаемых пассажиров, осуществляющих В/М прилет и/или трансфер, на каждом из сервисов аэропорта Пулково в AnyLogic

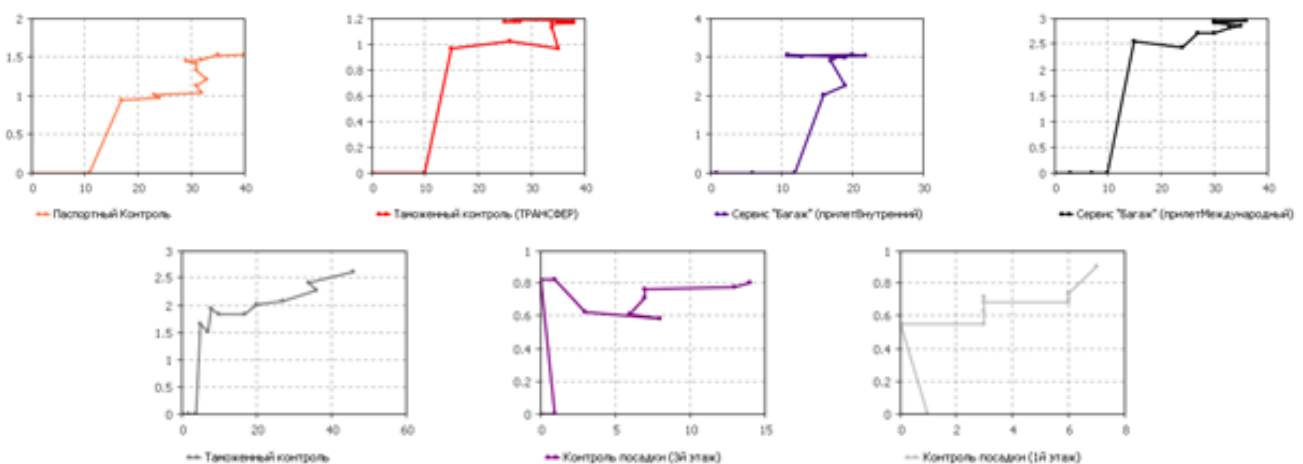


Рис. 13. Графические характеристики о загрузке и среднем времени обслуживания пассажиров, осуществляющих В/М прилет и/или трансфер, на каждом из сервисов аэропорта Пулково в AnyLogic



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт аэропорта Пулково [Электронный ресурс]. — URL: <https://pulkovoairport.ru/about/media-about-us/2020/3254/> (дата обращения: 15.02.2020).
2. *Фетисов В.А., Майоров Н.Н.* Моделирование транспортных систем // СПб.: ГУАП, 2011. — 165 с.
3. *Фетисов В.А., Майоров Н.Н., Таратун В.Е.* Моделирование транспортных процессов // СПб.: ГУАП, 2013. — 31 с.
4. *Карпов Ю.* Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 // СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 400 с.
5. *Кельтон, В.* Имитационное моделирование / В. Кельтон, А. Лоу. — СПб. : Питер, 2004. — 847 с.
6. *Боев, В.Д.* Компьютерное моделирование: пособие для курсового и дипломного проектирования / В.Д.Боев, Д.И.Кирик, Р.П. Сыпченко. — СПб.: ВАС, 2011. — 348 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Таратун Виталий Евгеньевич –

старший преподаватель кафедры системного анализа и логистики
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д.67, лит. А
E-mail: taratun.vitaliy@gmail.com

Шаперова Виктория Сергеевна –

студент кафедры системного анализа и логистики
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д.67, лит. А
E-mail: v5302@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Taratun Vitaliy Evgenievich –

Senior Lecturer of the Department of Systems Analysis and Logistics
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
Email: taratun.vitaliy@gmail.com

Shaperova Victoria Sergeevna –

Student of the Department of Systems Analysis and Logistics
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
E-mail: v5302@yandex.ru