

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

¹Анисимова Г.Б., ¹Ярош Д.А.

¹Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В настоящей статье рассмотрена деятельность логистического предприятия, специализирующегося на грузоперевозках с использованием грузового автомобильного транспорта. Проведено имитационное моделирование ряда процессов, происходящих в стратегии доставки груза с использованием промежуточного пункта перегрузки. В AnyLogic Personal Learning Edition версии 8.7 построена дискретно-событийная модель, которая предполагает представление моделируемой системы в виде процесса, то есть последовательности операций, выполняемых с агентами.

Построена имитационная модель этапа разгрузки автомобилей, которая включает в себя процесс прибытия автотранспорта, процесс разгрузки автотранспорта, процесс перемещения груза на склад и последующий выезд автотранспорта с территории складского центра. Это позволило подобрать оптимальные параметры и характеристики, описывающие деятельность склада. Построение данной имитационной модели является предварительным этапом моделирования процессов формирования сборного заказа и его погрузки и всей модели деятельности складского центра.

Ключевые слова. Логистика, имитационное моделирование, имитационная модель, моделирование процессов, дискретно-событийная модель, AnyLogic.

LOGISTIC CENTER'S SIMULATION MODELING

¹Anisimova G.B., ¹Yarosh D.A.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The activities of logistic business, specialized in cargo transportation by trucks, were considered in the article. A simulation modelling of some processes occurring in a cargo delivery strategy using an intermediate cargo handling point was carried out. A discrete-events model was designed in AnyLogic Personal Learning Edition version 8.7 that assumes the simulated system's representation as a process, that is, an operations' sequence performed on agents.

A truck unloading stage simulation model was designed, which includes vehicles' arrival process, vehicles' unloading process, cargo's moving process to the warehouse and subsequent vehicles' departure from the warehouse center's territory. This made it possible to select the optimal parameters and characteristics, describing the warehouse's activities. This simulation model's design is a preliminary stage of modeling the prefabricated order formation processes and its loading and the warehouse activity's entire model.

Keywords. Logistic, simulation modeling, simulation model, processes' modeling, discrete-events model, AnyLogic.

Введение. Основой деятельности логистического предприятия, специализирующегося на грузоперевозках с использованием автомобильного транспорта является доставка груза, от грузоотправителя грузополучателю. Существует несколько разных стратегий, применяемых при транспортировке грузов:

1. Прямая доставка груза с полной загрузкой. Данная стратегия предполагает использование для прямой перевозки от грузоотправителя грузополучателю автотранспорта с единственным заказом. Применение данной стратегии актуально, в случае перевозки большого груза из одного пункта в другой.

2. Прямая доставка груза с составной загрузкой. Данная стратегия предполагает использование для прямой перевозки от грузоотправителя грузополучателю автотранспорта с различными или сборными заказами. Применение данной стратегии актуально, в случае перевозки большого количества небольших груза из одного пункта в другой.

3. Доставка груза с использованием промежуточного склада. Данная стратегия предполагает использование для перевозки от грузоотправителя грузополучателю промежуточного пункта для выгрузки, переформирования объединенного груза, и последующая погрузка, и доставка. Данная

стратегия используется в случае перевозки небольшого количества малых грузов из разных пунктов отправления в различные пункты назначения.

Для наглядного отображения деятельности промежуточного склада воспользуемся методикой имитационного моделирования. Имитационное моделирование, позволяет построить модель, описывающую процессы таким образом, как-будто они проходят в реальном времени [1].

Целью данной работы является наглядное воплощение стратегии доставки груза с использованием промежуточного склада путем проведения имитационного моделирования. При построении имитационной модели деятельности логистического центра необходимо провести моделирование деятельности складского центра, который будет в дальнейшем использован в качестве промежуточного пункта для выгрузки, и реформирования заказов, их сборки, а также дальнейшей погрузки.

Для проведения имитационного моделирования деятельности логистического центра выбран AnyLogic Personal Learning Edition версии 8.7 [2].

С его помощью можно построить агентную модель [3], показывающую как поведение агентов влияет на поведение всей системы в целом.

Также можно воспользоваться дискретно-событийным моделированием, которое предполагает представление моделируемой системы в виде процесса, то есть последовательности операций, выполняемых с агентами.

Кроме этого можно воспользоваться методом системной динамики [4, 5], который позволяет моделировать систему как закрытую структуру, которая сама определяет собственное поведение.

Для построения данной имитационной модели выбрано дискретно-событийное моделирование в AnyLogic. Проведено имитационное моделирование этапа разгрузки автомобилей.

Произведено моделирование процессов, происходящих в данном центре при разгрузке автотранспорта:

1. В промежуточный складской центр приезжает автотранспорт с грузом. Груз в грузовиках находится на паллетах. Поскольку перевозка осуществляется крупногабаритным автотранспортом, необходимо предусмотреть его разворот и парковку в зоне выгрузки.

2. Паллеты, находящиеся на грузовике, разгружаются автопогрузчиками в зоне выгрузки. Количество автопогрузчиков в данном случае должно быть ограничено, так как территория зоны выгрузки имеет ограниченные размеры и большое количество погрузчиков будут только мешать друг другу.

3. Далее паллеты, также автопогрузчиками перемещаются на склад из зоны выгрузки. В этом случае можно задействовать большее количество автопогрузчиков, так как расстояния значительно больше, и территория склада позволяет одновременно перемещаться большому количеству погрузчиков, не создавая помех друг другу.

4. После того как выгрузка завершилась, грузовик покидает зону выгрузки и территорию склада. Как только прибьет следующий грузовик, он занимает его место в зоне выгрузки.

На рисунке 1 приведена построенная имитационная модель, симулирующая прибытие и разгрузку прибывшего автотранспорта, а также перемещение выгруженных паллетов на склад.

Проведение дискретно-событийного моделирования и построение имитационной модели состоит из нескольких этапов.

На первом этапе строится модель самого склада. На ней отображаются зоны хранения – стеллажи, зона выгрузки, также оснащенная стеллажами, зона парковки автопогрузчиков, а также пути перемещения автотранспорта и автопогрузчиков. На путях следования автотранспорта должны находиться узлы входа и выхода, узлы разворота и парковки. На путях следования автопогрузчиков располагаются узлы загрузки. Отдельно, следует убедиться, что ко всем стеллажам проложены пути и обеспечен доступ.

На втором этапе производится формулирование процесса в виде последовательности операций. Для создания дискретно-событийных моделей используется «Библиотека моделирования процессов» в AnyLogic. С ее помощью процессы описываются в виде, собираемых из блоков графических диаграмм процесса.

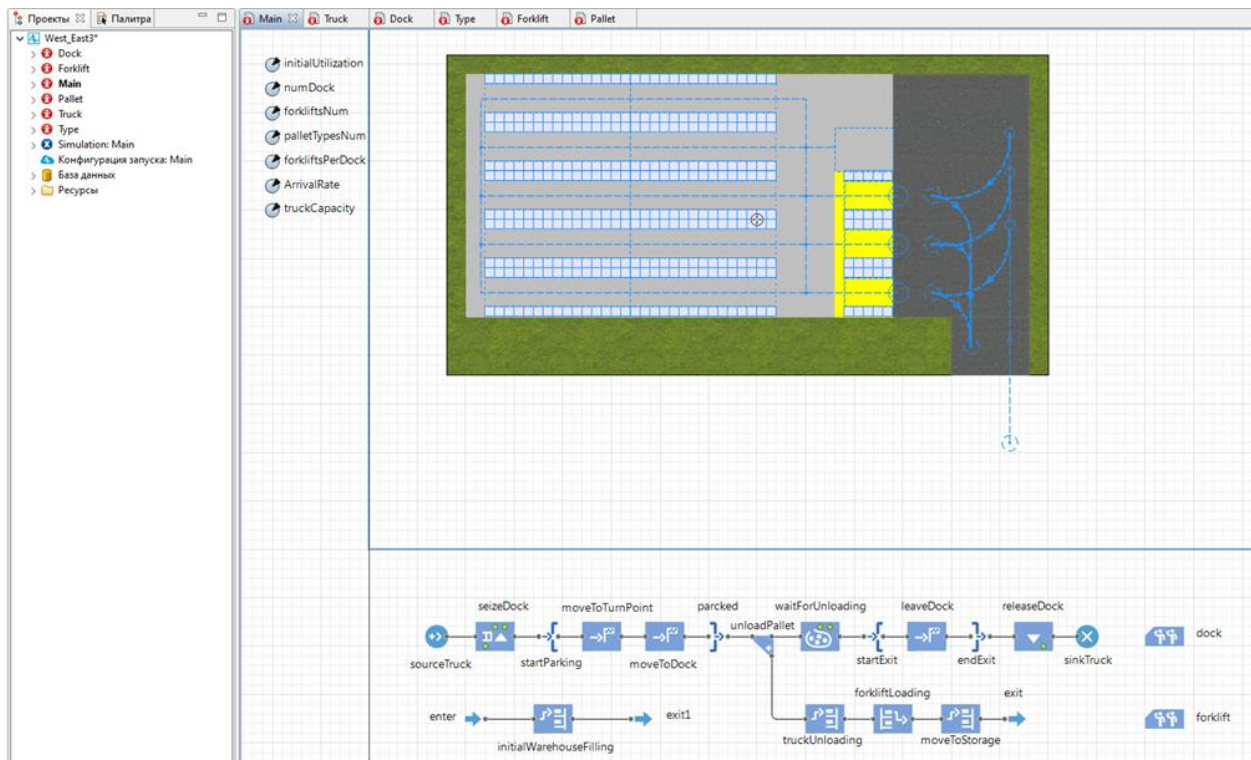


Рисунок 1 – Имитационная модель

На данной модели при помощи графических блоков изображен процесс разгрузки автотранспорта. Для построения модели использованы следующие графические блоки:

- **sourceTruck** – начальный блок диаграммы процесса. Он создает агента, в данном случае «Грузовик».

- **seizeDock** – производится захват ресурсов агентом, что бы другие агенты не могли их использовать.

- **startParking** – ограничивает область, в которой может находиться только один агент. Данный блок ограничивает возможность одновременного въезда нескольких грузовиков, во избежание аварийных ситуаций.

- **moveToTurnPoint** – перемещает агента в новое место. Созданный агент «Грузовик» движется до узла TurnPoint.

- **moveToDock** – перемещает агента в новое место. «Грузовик» движется от места разворота к месту парковки.

- **parked** – обозначает выход из ограниченной области. Данный блок завершает действие блока «startParking».

- **unloadPallet** – блок создает из поступающих агентов новых, или копии агентов. При появлении агента «Грузовик» происходит его разделение на сам грузовик, и на груз, который он перевозит. «Грузовик» продолжает движение по одной ветке, а новые агенты – «Паллеты», груз, который перевозил грузовик, по другой.

После прохождения блока «unloadPallet» агенты «Грузовик» и «Паллеты» продолжают движение по разным веткам диаграммы процессов. Рассмотрим движение агента «Паллеты»:

- **truckUnloading** – перемещает агента в зону хранения. Производится разгрузка автотранспорта. Агент «Паллеты» перемещается из грузовика в зону разгрузки.

- **forkliftLoading** – извлекает агента из зоны хранения и перемещает его на склад. Агент «Паллеты» перемещается из зоны разгрузки на склад.

- **moveToStorage** – перемещает агента в ячейку стеллажа. Производится загрузка на склад. Агент «Паллеты» размещается в стеллаже на складе.

- **exit** – извлекает поступающих агентов из диаграммы процессов. Агент «Паллеты» извлекается из диаграммы процессов, но не уничтожается, а остается в популяции агентов.

Рассмотрим движение агента «Грузовик»:

- **waitForUnloading** – производит удержание агента. Агент «Грузовик» удерживается до его разгрузки. Как только все паллеты выгружены, агент «Грузовик» высвобождается, и продолжает движение по диаграмме процессов.

- **startExit** – ограничивает область, в которой может находиться только один агент. Данный блок ограничивает возможность одновременного выезда нескольких грузовиков, во избежание аварийных ситуаций.
- **leaveDock** – перемещает агента в новое место. Агент «Грузовик» движется от места парковки и разгрузки к выезду.
- **endExit** – обозначает выход из ограниченной области. Данный блок завершает действие блока «**startExit**».
- **releaseDock** – освобождает занятые агентом ресурсы. Данный блок завершает действие блока «**seizeDock**». Ресурсы, занятые агентом «Грузовик» высвобождаются, что бы другие агенты могли их использовать.
- **sinkTruck** – уничтожает поступивших агентов. Агент «Грузовик», после выезда с территории складского центра уничтожается.

При построении диаграммы процессов использовалось такое понятие как ресурсы. Для того что бы использовать ресурс, его необходимо описать. На рисунке 2 изображены ресурсы, использованные в дискретно-событийной модели.

Для построения диаграммы процессов были использованы ресурсы «**dock**» и «**forklift**». Ресурс «**dock**» объединяет в себе узлы разворота, парковки, разгрузки, зону разгрузки и стеллажи в зоне разгрузки. Ресурс «**forklift**» создается в зоне парковки, в заданном количестве. Данный ресурс будет использоваться для перемещения агентов «Паллеты», т.е. автопогрузчик будет перевозить паллеты, производить погрузку и выгрузку.



Рисунок 2 – Ресурсы и процесс первоначальной загрузки

Для полноценной имитации работы складского центра необходимо предусмотреть первоначальную его загрузку. Данный процесс изображается на отдельной диаграмме процессов и выполняется перед началом работы всей модели. Перед запуском симуляции уровень заполнения складского центра задается при помощи переменной «**initialUtilization**», которая может принимать значения от 0 до 1, и характеризует долю склада, заполненную паллетами. Процесс первоначальной загрузки изображен на рис.2.

Далее создаются сами агенты. Первым делом создадим агент «**Dock**». К данному агенту относится вся складская зона. Она начинается с узла «**truckPoint**», включает узел парковки грузовика «**turnPoint**», узел разгрузки «**loadPoint**», зону разгрузки, стеллажи и другие элементы складского центра. Для данного агента необходимо задавать количество работающих зон разгрузки. Как видно из построенной модели, складской центр расположено три пункта разгрузки. Но очевидно, что какой-либо пункт может не работать по какой-нибудь причине. Соответственно, необходимо задавать количество работающих пунктов разгрузки в соответствующей переменной «**numDock**».

Следующим создаваемым агентом является «**Truck**». С появления данного агента и начинается весь процесс. Для данного объекта характерной особенностью является его вместимость. Она также задается перед запуском симуляции в переменной «**truckCapacity**». Также необходимо задать интенсивность поступления агентов. Данный показатель задается при помощи переменной «**arrivalRate**».

Как уже было сказано выше, с прибытием грузовика на склад поступают паллеты, соответственно создаем агент «**Pallets**». Основным свойством паллетов является пункт доставки. Соответственно необходимо задавать конечный пункт назначения. Для этого создадим агент «**Types**», при помощи которого паллеты будут маркироваться разным цветом, в зависимости от пункта назначения. Количество возможных пунктов назначения также задается перед запуском симуляции при помощи переменной «**palletTypesNum**».

И последний, необходимый агент – «**Forklifts**». С его помощью создается популяция автопогрузчиков. Автопогрузчики применяются для разгрузки автотранспорта и для перемещения выгруженных паллетов на стеллажи.

Результатом проведенной работы является готовая рабочая имитационная модель деятельности складского центра, происходящих в данном центре при разгрузке автотранспорта. Далее можно перейти к запуску симуляции и демонстрации работы созданной имитационной модели. Работа имитационной модели представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Результат работы имитационной модели

Построена дискретно-событийная имитационная модель процесса прибытия и разгрузки прибывшего автотранспорта в AnyLogic. Это позволило подобрать оптимальные параметры и характеристики, описывающие деятельность склада, такие как, оптимальное количество погрузчиков, скорость и пути их движения, а также сократить время на формирование объединенного заказа и на погрузку и выгрузку. В продолжение, проводится моделирование процессов формирования сборного заказа и его погрузки.

Список использованных источников

1. Эльберг М.С. Цыганков Н.С. Имитационное моделирование: учебное пособие. Красноярск: СФУ, 2017. 126 с.
2. Григорьев И. Anylogic за три дня. Практическое пособие по имитационному моделированию. – Интернет-издание, 2016. – 202 с.
3. Вдовенко В.В., Анисимова Г.Б. Агентное моделирование распространения эпидемии ККГЛ. Тенденции развития науки и образования Изд. Научный центр «Journal», (Самара). №85, 2022.
4. Минаев В. А., Сычев М. П., Вайц Е. В., Киракосян А. Э. Имитационное моделирование эпидемий компьютерных вирусов. Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. № 3, 2019.
5. Baturina, N., Anisimova, G. The cholera spread Simulation. E3S Web of Conferences, 2020, 224, 03024.