

МОДЕЛИРОВАНИЕ СКЛАДСКИХ ОПЕРАЦИЙ В СРЕДЕ ANYLOGIC

П.О. Бялошицкая (Санкт-Петербург)

Для оптимизации операций товарооборота на складе, и имеющихся ресурсов, в том числе и трудовых, может помочь имитационное моделирование. Имитационное моделирование – это инструмент исследования работы систем путем построения модели в виде алгоритма на компьютере и проведения опытов на этой модели. Процедура формирования и испытания моделей является имитационным моделированием, а алгоритм называется имитационной моделью.

Имитационная модель – многофункциональный инструмент изучения сложных систем, который является логико-алгоритмическим изображением поведения отдельных составляющих системы и процедур их взаимодействия, которое описывает цепь событий, происходящих в моделируемой системе.

Одной из программ для реализации имитационного моделирования для различных целей является AnyLogic.

Программное обеспечение AnyLogic является разработкой отечественной компании, которая осуществляет построение и исследование имитационных моделей. AnyLogic разработан на результатах, которые были достигнуты в теории моделирования и в информационных технологиях в последние годы. Язык, использующийся в данной программе, постоянно демонстрирует свою эффективность при использовании для моделирования больших систем высокого уровня сложности.

Выполним моделирование склада в программной среде AnyLogic. Построим модель склада с помощью агентного моделирования, так как агентное моделирование предполагает моделирование множества индивидуальных объектов (агентов) и их окружения, а не одного объекта. Поведение самой системы рассматривается на индивидуальном уровне; всеобщее поведение системы анализируется на основе результатов совокупной работы агентов, которые являются взаимосвязанными составляющими всей среды модели.

Для того, чтобы создать модель, в верхнем левом углу нужно нажать «Файл/Создать/модель». Появляется окошко, в котором задается имя модели - Sklad, местоположение ее на компьютере и выбор единиц модельного времени - минуты.

Получилась модель с главным объектом «Main», который является корневым. Построение модели осуществляется с помощью добавления объектов в графическое поле объектов «Main».

Для начала построим анимационную модель нашего склада, представляющую из себя:

- Путь движения грузовика, привозящего паллеты;
- Место разгрузки паллетов;
- Место приема паллетов;
- Место хранения паллетов (4 стеллажа);
- Место нахождения рабочих;
- Место нахождения электропогрузчиков;
- Место отгрузки паллетов;
- Внутренние пути склада;
- Путь движения грузовика, забирающего паллеты.

Построенная анимационная модель изображена на рисунке 1.

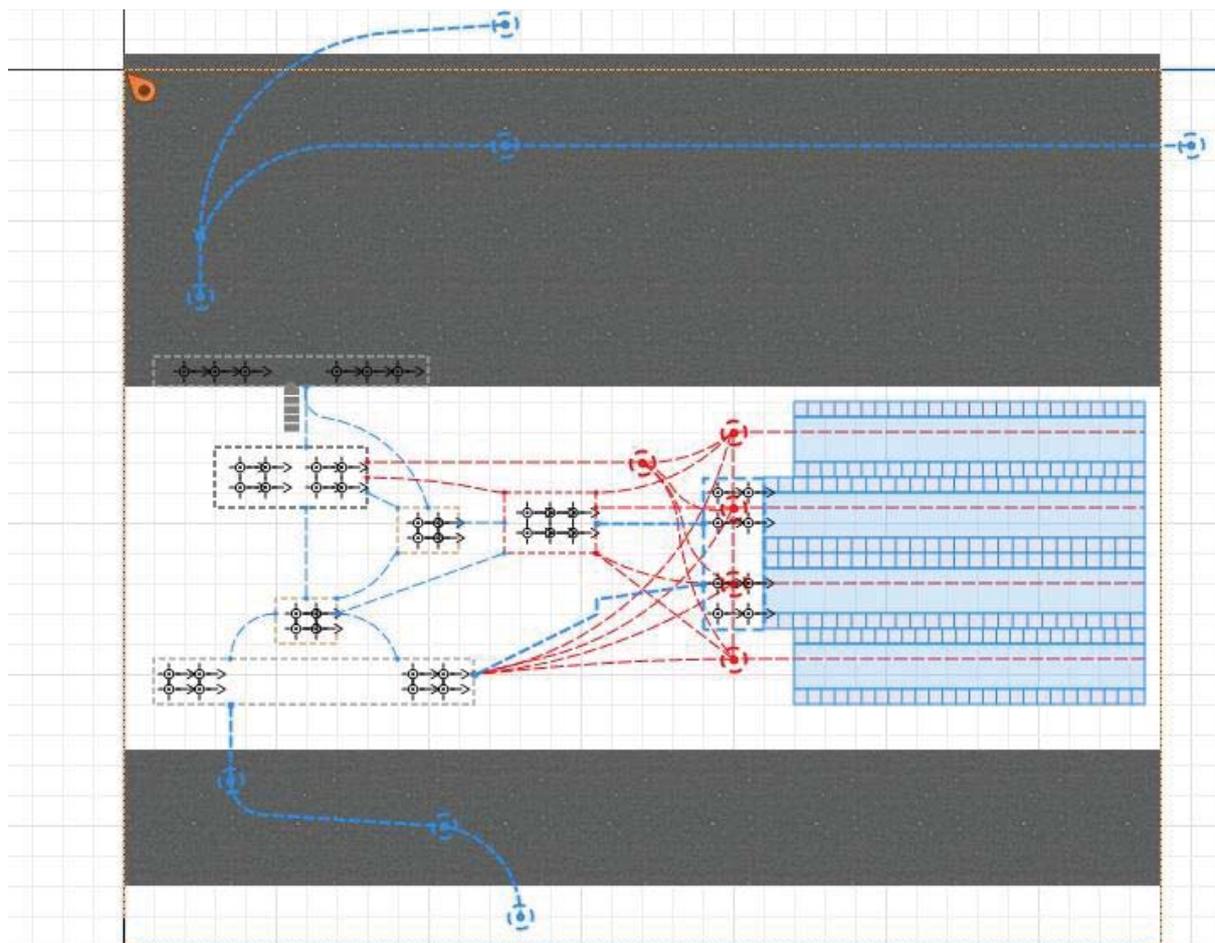


Рис. 1. Оконная форма анимационной модели склада в AnyLogic

Теперь осуществим построение элементов склада, которые будут отражать его работу.

Этап 1. Добавление характеристик склада

Шаг 1. Добавление агентов работы склада.

В рамках заданной модели необходимо создать четыре агента: Паллет, Грузовик, Рабочий, Электропогрузчики. Для того, чтобы создать агента Паллет нажимается «Файл/создать/тип агента». В открывшемся окне добавляется имя агента «Pallet». Нажимается кнопку «Далее». В новом окне надо выбрать анимационного агента. Анимационный агент – это рисунок, который изображает агента на анимации. Для агента «Pallet» можно выбрать, например, изображение «Коробка 1 Закрытая», нажимаем «Готово».

Аналогично создаются агенты: Грузовик «Truck»; Рабочий «Employee»; Электропогрузчик «Forklift».

Шаг 2. Добавление количества агентов

Необходимо задать количество агентов каждого типа, которое имеется на складе. Для этого необходимо нажать «Палитра/Агент/Параметр» и перенести параметр на поле. Задается в параметре имя и значение по умолчанию. Тип выбирается «int», что означает «целочисленные». Количество рабочих пусть будет 15. Аналогично добавляются параметры агентов Электропогрузчиков и Грузовиков. Электропогрузчиков в модели 10, а грузовиков 2.

Добавим количество паллетов на грузовик – «palletsPerTruck», значение по умолчанию задается равномерное распределение, которое ограничено минимальным числом – 10, и максимальным числом – 30 и записывается как «uniform_discr(10,30)».

Шаг 3. Добавление вспомогательных временных характеристик

Добавляются также еще параметры, которые понадобятся для построения модели:

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

- Минимальное и максимальное время разгрузки грузовика «TruckUnloadingTimeMin» - 5 и «TruckUnloadingTimeMax» - 15.
- Минимальное и максимальное время, через которое грузовик прибывает на склад «TruckInterarrivalTimeMin» - 30 и «TruckInterarrivalTimeMax» - 60.

Шаг 4. Добавление набора ресурсов рабочих

Набор ресурсов будет захватывать агентов для работы. Наборы ресурсов добавляются из «Библиотеки моделирования процессов» путем перетаскивания на поле блока «ResourcePool». Для набора ресурсов Рабочих «employees» помимо имени задаются следующие свойства:

- Тип «движущийся»;
- Количество задано «напрямую» и количество ресурсов «employeeNum», означает, что количество ресурсов задано определённым числом, равном количеству «employeeNum»;
- При уменьшении количества «ресурсы сохраняются (конец смены)» означает, что должно происходить с ресурсами, которые не имеют задач;
- Новый ресурс «Employee»;
- Скорость, с которой движется ресурс - 5 км/ч;
- Базовые местоположения (узлы) «employeeBase» и «employeeBase1» - места, где изначально находятся ресурсы и куда они вернуться при окончании задания.

Аналогичные действия необходимо совершить по созданию наборов ресурсов Электропогрузчиков и Грузовика.

Шаг 4. Добавление параметров места хранения - стеллажа

Также нужно создать стеллажную систему хранения с помощью блока «RackSystem», который объединит наши 4 стеллажа в одну стеллажную систему.

Шаг 5. Создание события.

Для того, чтобы в будущем запустить модель, необходимо добавить «событие», с которого будет начинаться наша модель – приход первого грузовика с паллетами «firstTruckArrival». Данное событие будет происходить только один раз и будет создавать действие «sourceTruck.inject(1);», которое заставляет первого грузовика начать движение.

Этап 2. Добавление процессов.

Шаг 6. Появление грузовика

Теперь добавим блоки моделирования процессов склада. Первый блок, который необходимо добавить называется Source. Он создает входящий поток агентов. Назовем блок «SourceTruck», в построенной модели он будет задавать прибывающие на склад грузовики с грузом. Отметим, что грузовики прибывают на склад согласно «времени между прибытиями» и что время между прибытиями равно «uniform(TruckInterarrivalTimeMin, TruckInterarrivalTimeMax)». Это означает, что новые грузовики будут прибывать согласно равномерному закону распределения в пределах между значениями «aircraftInterarrivalTimeMin» и «aircraftInterarrivalTimeMax». Также указываем, «Местоположение прибытия», в котором грузовик начинает свое движение на анимационной модели. И добавляем скорость, например, 60 км/ч.

Шаг 7. Передвижение грузовика

Следующий элемент, который нужно добавить на модель является блок «MoveTo», который осуществляет перемещение агента из одного места в другой. Устанавливаем, что агент перемещается в нужный узел. С помощью этого блока грузовик из начала своего пути переместится в зону отгрузки товаров.

Шаг 8. Разгрузка грузовика

Дальше добавляем блок, который называется «Delay». Данный блок помогает нам смоделировать процесс разгрузки товаров, благодаря ему грузовики задерживаются на некоторое время, как бы на время разгрузки товара. В свойствах указываем время задержки «uniform(TruckUnloadingTimeMin, TruckUnloadingTimeMax)».

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

Шаг 9. Создание объекта товаров

Дальше добавляем блок «Split», необходимый для того, чтобы разделить наши грузовики от паллетов. В свойствах устанавливаем, что количество копий равно «palletsPerTruck» для того, чтобы разгрузилось нужное нам количество товаров. Новым агентом устанавливаем «Pallet». В специфических свойствах нужно указать тип оригинала – «Truck» и тип копии – «Pallet».

Шаг 10. Отъезд грузовика

После «Split» у нас появляются два разветвления. Рассмотрим первое, связанное с перемещением грузовиков. Добавляем снова блок «MoveTo», только теперь устанавливаем такие параметры, чтобы грузовик отправился уже пустым с нашего склада для дальнейшей своей работы.

Шаг 11. Завершение цикла грузовика

Для того чтобы завершить процесс работы этого грузовика нужно добавить блок «Sink», удаляющий агентов из поля видимости модели. Никаких свойств в данный объект добавлять не нужно.

Рассмотрим вторую часть ветки, которая идет после «Split», и обозначает дальнейшее движение паллетов с товарами по складу.

Шаг 12. Очередь разгрузки

Следующим блоком необходимо добавить «Queue», которая будет обозначать очередь товаров, ожидающих перемещение в зону разгрузки. Из свойств нужно указать место агентов, где будут эти товары приниматься.

Шаг 13. Перемещение товаров в зону приемки

Далее добавляет «Conveyor», который будет показывать перемещение товаров из зоны разгрузки в зону приемки. В свойствах нужно зафиксировать как длина задается (явно), сколько она составляет (10 м) и скорость перемещения (1 км\ч) агентов на этом участке, а также место агентов, то есть, место этого участка на анимации.

Шаг 14. Приемка товара по количеству и качеству

Следующим блоком, «Service», мы моделируем процесс проверки товаров с помощью рабочих. В свойствах мы указываем тип ресурсов – «employees», количество ресурсов – 1, место назначения. Также указывается время задержки: «triangular(5, 10, 15)» - это означает треугольное распределение, или непрерывное распределение, ограниченное с обеих сторон. В нашем случае получается, что минимальное значение скорости задержки составит 5 минут, максимальное 15 минут, а наиболее вероятное 10 минут.

Шаг 15. Перемещение в зону хранения

Следующим блоком, который называется «rackStore», мы обозначаем процесс перемещения товаров из зоны приемки в зону хранения, а именно стеллаж «palletStore». Добавляем свойства блока: ячейка «выбирается автоматически»; выбрать ячейку, ближайшую к «началу стеллажа/зоны хранения»: переместить агента в «ячейку (с повышением уровня)»; время поднятия на уровень 10 минут; ставим галку у «добавлять задержку»; время задержки « triangular(0.5, 1, 1.5)», а также место агентов, откуда они должны перемещаться в данную ячейку.

Шаг 16. Хранение товаров

Потом добавляем снова блок «Delay». Теперь он будет задерживать товары, хранящиеся в стеллаже, на некоторое время (время хранения). В свойствах указываем время, на которое мы хотим, чтобы товары задерживались «triangular(15, 20, 25)». Тем самым обозначая процесс хранения этих товаров.

Шаг 17. Отбор товаров

Далее добавляется блок «RackPick», благодаря которому товары из стеллажа будут перемещаться в следующий блок, в зону собранных заказов. В свойствах необходимо указать стеллаж, где хранятся агенты, и узел, куда они будут перемещаться.

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

Шаг 18. Управление электропогрузчиками

Снова добавим блок «Service», который теперь будет захватывать электропогрузчиков из зоны их стоянку в зону собранных заказов, где они будут осуществлять свою работу. Отмечаем нужную нам информацию в свойствах: тип ресурсов «forklift»; количество ресурсов «1»; максимальная вместимость – галочка; время задержки – «triangular(1, 2, 3)» и место агентов.

Для того, чтобы электропогрузчики захватывали товары и увозили их в зону отгрузки, используем блок «Batch». Фиксируем размер партии, которую перемещают погрузчики, 2, а также местоположения агентов и их скорость.

Добавляем процесс перемещения «MoveTo» электропогрузчиков с паллетами из зоны собранных заказов в зону отгрузки товара. Здесь необходимо указать только место назначения, куда они должны прийти.

А также присоединяем блок «Unbatch», который будет освобождать паллеты от электропогрузчиков.

Шаг 19. Отделение товаров от электропогрузчиков

Так как у нас теперь два агента, то нам необходимо добавить элемент «Split». Свойства данного блока указаны на рисунке. Указываем место агентов и их начальную скорость движения.

Шаг 20. Завершение работы электропогрузчиков

Сначала рассмотрим ту часть, которая продолжает движение электропогрузчика, а если быть точнее, возвращает его на базу электропогрузчиков. Для этого создаем элементы «MoveTo» и «Sink».

В элементе «MoveTo» указывается место, куда погрузчик должен прийти и скорость, с которой он должен совершить это перемещение. Блок «Sink» добавляет для обозначения завершения работы агента.

Шаг 21. Ожидание сборки заказов

Продолжим же построение процессов, происходящих с товарами. После того, как они пришли в зону отгрузки, они должны ожидать, когда за ними придет грузовик. Для этого прибавляем блок «Queue». Добавляем максимальную вместимость ожидания объектов и их уход по принципу FIFO – «первый пришёл, первый ушёл».

Шаг 22. Приезд грузовиков для забора заказов с товарами

Следующим этапом товары приходят в блок «assembler». Но прежде необходимо рассмотреть еще элементы, которые приходят в этот блок. Это грузовики для отгрузки товара. Их появление начинается с элемента «Source». Там мы указываем: прибывают согласно «времени между прибытиями»; время между прибытиями – 50 минут.

Далее опять добавляем элемент «MoveTo», фиксирующий перемещение грузовика с их места появления до их места загрузки товарами.

Шаг 23. Погрузка товаров в грузовик

Наконец, грузовик и паллеты приходят в блок «Assembler», который осуществляет создание нового объекта на основе сборки из предыдущего. В нашем случае, 1 грузовик и 10 единиц товара создают просто 1 грузовик, готовый к отправлению со склада.

Шаг 24. Увоз товаров грузовиком

Потом добавляем элемент «MoveTo», который отправляет грузовик перемещаться со склада по заданному маршруту.

И последний элемент, который нам необходим для завершения процесса моделирования, «Sink1».

Построенная модель продемонстрирована на рисунке 2.

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

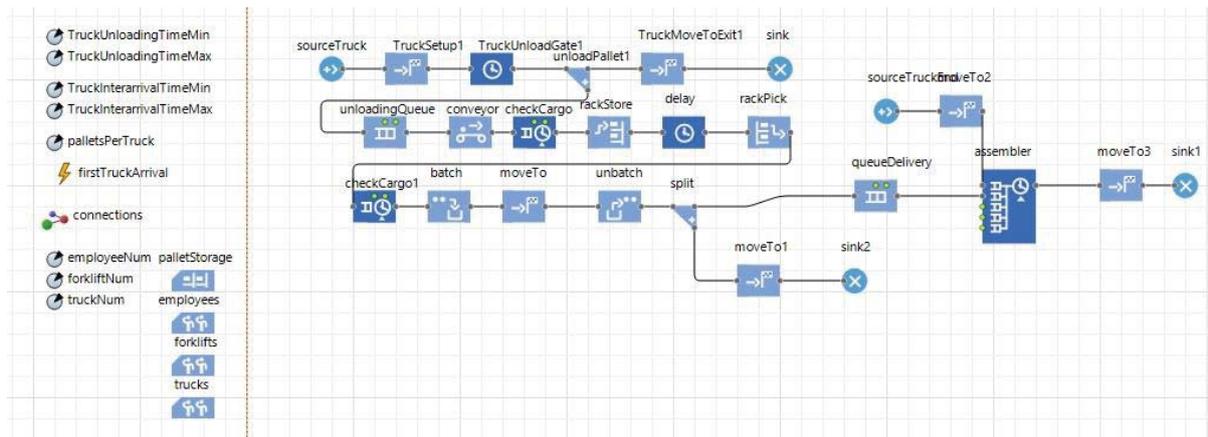


Рис. 2. Построенная модель склада

Работа представляет пошаговую инструкцию по созданию простейшей модели склада, которую можно использовать для примера по проектированию и дальнейшему анализу собственной складской системы.

Литература

1. Акопов, А. С. Имитационное моделирование : учебник и практикум для академического бакалавриата [Текст] / А. С. Акопов. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 389 с.
2. Бабина, О. И. Имитационное моделирование процессов планирования на промышленном предприятии: монография [Текст] / О. И. Бабина, Л. И. Мошкович – Красноярск: Сиб. Федер. Ун-т, 2014. – 152 с.
3. Боев, В. Д. Имитационное моделирование систем : учебное пособие для прикладного бакалавриата [Текст] / В. Д. Боев. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 253 с.
4. Куприяшкин, А.Г. Основы моделирования систем [Текст] / А.Г. Куприяшкин; - Норильский индустр. ин-т. – Норильск, 2015. – 135 с.
5. Лимановская, О. В. Имитационное моделирование в AnyLogic 7. В 2 ч., ч. 1 : учебное пособие [Текст] / О. В. Лимановская. - Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 152 с.
6. Федотова, В. С. Технологии имитационного моделирования в системе AnyLogic [Текст] / В. С. Федотова // Царскосельские чтения, 2013. - №XVII. С. 146-151.