



Литература

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. – М.: Высшая школа, 1999. – 263 с.
2. Карлащук В. И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение. – М.: Солон-Р, 2000. – 506 с.
3. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Практикум на Electronics Workbench. В 2-х томах. Под ред. Д. И. Панфилова. – М.: Додэко, 2000. – 287 с.
4. Гизатуллин З.М., Гизатуллин Р.М., Зиатдинов И.Н. Моделирование электромагнитного воздействия на электронные средства по сети электропитания здания // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2014. – №7-8. – С. 104-110.
5. Гизатуллин Р.М., Гизатуллин З.М. Помехоустойчивость и информационная безопасность вычислительной техники при электромагнитных воздействиях по сети электропитания: монография. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014. – 142 с.
6. Гизатуллин З.М. Электромагнитная совместимость электронных средств объектов электроэнергетики при внешних электромагнитных воздействиях по сети питания // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2007. – №9-10. – С. 37-45.

А.Л. Нуруллина, Г.Л. Нуруллина, П.С. Медведев, А.Т. Садыкова

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СКЛАДА В СРЕДЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ANYLOGIC

(АФ КНИТУ-КАИ им А.Н.Туполева)

Ключевые слова: имитационное моделирование, оптовый склад, система AnyLogic.

Для решения практических задач используют компьютерное моделирование. Зачастую невозможно провести натурные эксперименты для нахождения ошибок, так как это очень затратно. В таких случаях её описывают на языке моделирования. Одним из таких языков является AnyLogic. В данной статье представлена структурная схема склада в виде диаграмм. Вышеуказанная модель работы склада представляет человеческие ресурсы средствами системы имитационного моделирования AnyLogic. Обоснованием возможности использования предложенного алгоритма являются временные характеристики нахождения паллет на складе, а также загруженность человеческих ресурсов, транспорта, используемых на данном складе, сведенные вместе с результатами имитационного моделирования.



Введение

Система – это множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство [1].

Имитационное моделирование позволяет провести разработку компьютерной модели, и на её основе выполнить необходимые вычисления. Это позволяет определить оптимальные параметры разрабатываемого, или уже существующего склада. Имитационная модель даёт возможность уже на стадии планирования определить эффективность структуры.

Планирование склада – это главный этап при строительстве современных оптовых складов. Наличие ошибки при планировании может привести к неэффективности использования склада, что повлечёт за собой крупные финансовые потери. Моделирование склада позволяет рассчитать количество человеческих ресурсов, необходимого транспорта, площадь свободного пространства, время загрузки, разгрузки, позволяет предотвратить простаивания каких-либо ресурсов, то есть очереди не скапливаются. Также планирование позволяет сделать правильную планировку склада.

Имитационное моделирование систем востребована, так как ежедневно появляются новые системы.[2-6]. К примеру, информационные системы, системы массового обслуживания, системы предоставления услуг, систем как правило, существующими аналогами есть существенная разница. Что приводит к невозможности разработки универсальных алгоритмов расчета при их проектировании [7]. Аналитические расчеты часто не позволяют учесть корреляционные воздействия элементов системы, не говоря уже о самой сложности таких расчетов для сложных систем, которые год от года лишь усложняются. Методика и методы анализа подобных сложных систем представлены в работах [8-12].

В представленной работе рассматривается разработка такой системы как оптовый склад за счет человеческих ресурсов средствами среды имитационного моделирования AnyLogic.

Описание системы работы склада

Рассмотрим производственные процессы, представленные в модели более подробно.

Разработанная имитационная модель позволяет распределять имеющиеся ресурсы, такие как количество занятых транспортных средств, человеческих ресурсов, времени загрузки, разгрузки, площадь свободного пространства и это позволяет предвидеть ошибки, которые могут возникнуть в запланированных процессах.

Разработанная модель даёт возможность решить следующие задачи:

1. Определить оптимальное количество рабочей силы, необходимой для бесперебойной работы склада.
2. Разработать наиболее эффективные алгоритмы управления транспортными средствами.



3. Определить наиболее лучшее расположение зон для загрузки, разгрузки для предотвращения создания каких-либо неудобств, которые повлекут за собой появление очередей, задержек.

4. Для определения минимального необходимого количества парковочных мест в зонах загрузки и разгрузки, нужно учитывать время пребывания транспортных средств в этих зонах.

5. Среда AnyLogic даёт возможность спроектировать площадь парковочного места с целью экономии занятой площади.[13-17]

Машины с товарами (Forklifts) пребывают на склад (Unloading docks), где происходит разгрузка транспортных средств и переносит их в зону приема, а после чего происходит загрузка (Loading docks).

Грузовые машины приезжают на склад (Unloading docks), а скорость их прибытия регулируется в Arrival rate of unloading trucks, per hour. Скорость прибытия грузовых автомобилей для погрузки Arrival rate of unloading trucks, per hour. Скорость поступления заказов регулируется в Arrival rate of orders, per hour. Также регулируется емкость тележки (Truck capacity), размер минимального (Minimum order size) и максимального заказа (Maximum order size). Визуальное представление работы оптового склада представлена на рисунке 1.

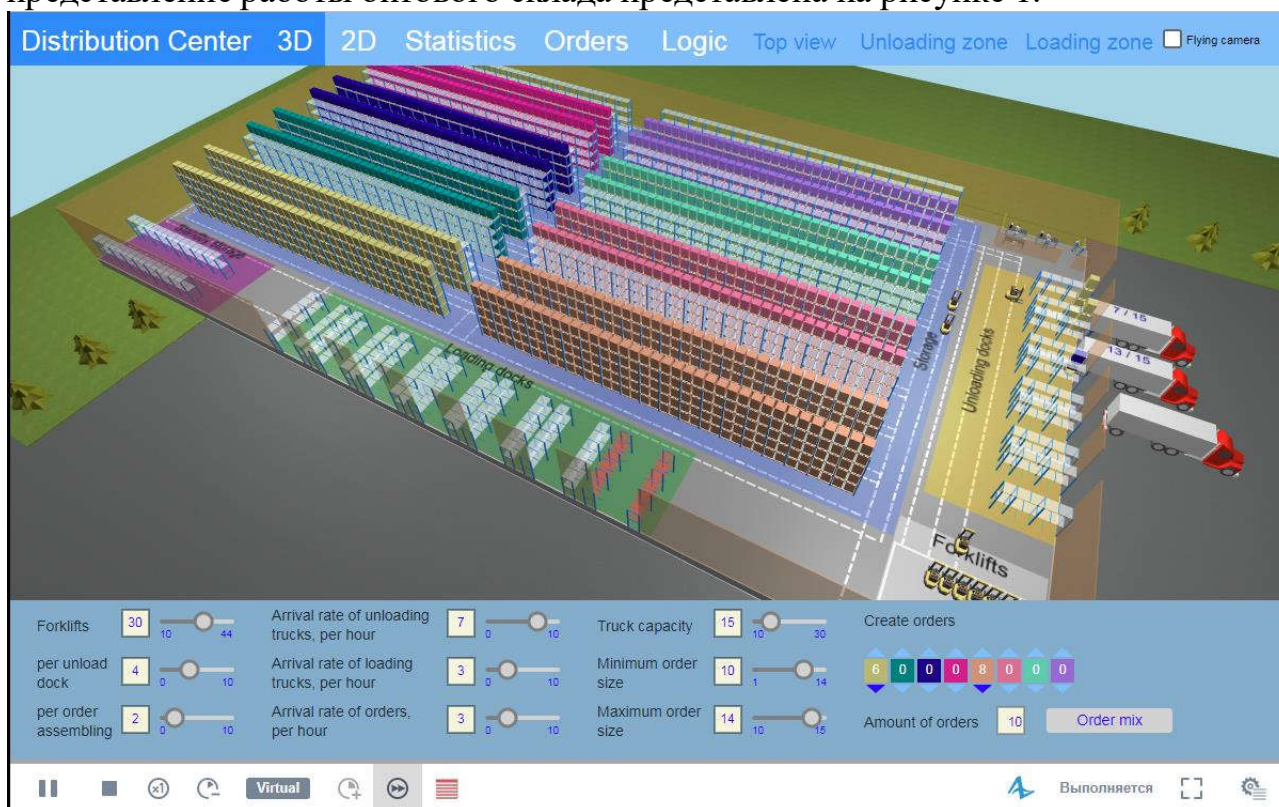


Рис. 1. Визуальное представление работы оптового склада

Моделирование

В качестве системы имитационного моделирования была выбрана система AnyLogic, так как она имеет большое количество возможностей для детального моделирования процессов и систем.



Система AnyLogic – программное средство для структурного и имитационного моделирования процессов и систем, разработанное российской компанией «Экс Джей Текнолоджис» в 2003 году [6]. Система AnyLogic включает в себя графический язык моделирования и позволяет пользователю расширять созданные модели с помощью языка Java [8,4]. Последняя версия AnyLogic 8.4 разработана в 2019 году.

Модель работы оптового склада в системе AnyLogic была разработана в среде AnyLogic [18-20]. Ее схема представлена на рис. 2.

Выводы

Осуществлена разработка структурной модели работы оптового склада.

Построена имитационная модель работы оптового склада за счет человеческих ресурсов. Предложенная модель позволяет сохранить (с незначительными отклонениями) время нахождения паллет на складе, уменьшив при этом используемый в работе оптового склада человеческий ресурс, уменьшив свободное пространство и тем самым снизив затраты.

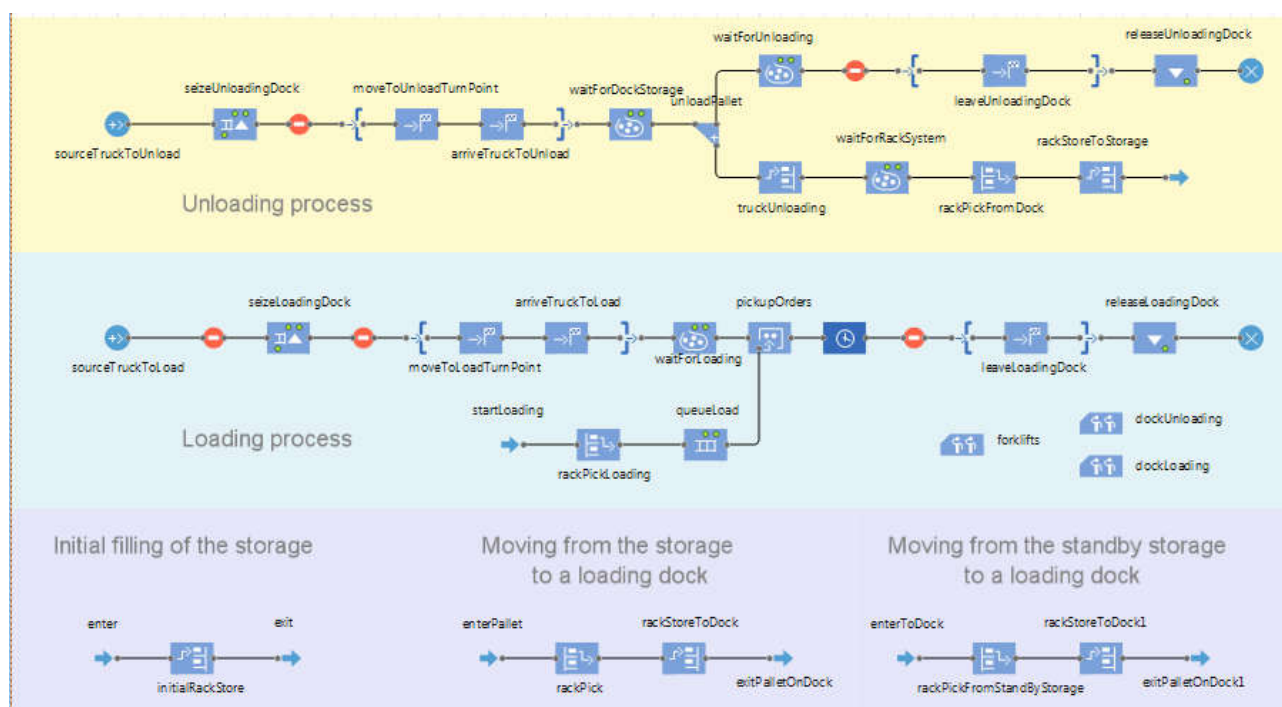


Рис. 2. Модель работы оптового склада в системе AnyLogic

Литература

1. <https://terme.ru/termin/sistema.html>
2. И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, В.В. Мокшин, М.Т. Махмутов, М.Л. Пейсахова, А.Х. Валиева, Б.А. Низамиев, Вестник Казанского технологического университета, **17**, 10, 249-256 (2014).
3. И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, В.В. Мокшин, Г.В. Костюхина, Т.А. Шигаева, Вестник Казанского технологического университета, **17**, 6, 287-292 (2014).



4. И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, В.В. Мокшин, Вестник Казанского технологического университета, **17**, 4, 298-303 (2014).
5. Якимов И.М., Абзалова Л.Р., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Вестник Казанского технологического университета, **17**, 17, 213-221 (2014).
6. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Мухутдинов Т.А. Вестник Технологического университета, **18**, 5, 184-188 (2015).
7. В.В. Мокшин, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, **3**, 89-93 (2009).
8. Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Якимов И.М., Захарова З.Х. Вестник Технологического университета, **20**, 18, 120-126 (2017).
9. В.В. Мокшин, А.П. Кирпичников, Л.М. Шарнин, Вестник Технологического университета, **20**, 17, 99-103 (2017).
10. В.В. Мокшин, И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, Л.М. Шарнин, Вестник Технологического университета, **20**, 19, 75-81 (2017).
11. В.В. Мокшин, А.П. Кирпичников, Л.М. Шарнин, Вестник Технологического университета, **20**, 21, 80-85 (2017).
12. Э.И. Салихова, В.В. Мокшин, А.П. Кирпичников, П.И. Тутубалин, О.П. Михайлова, Вестник Технологического университета, **21**, 2, 163-168 (2018).
13. Перминова Н.С. Разработка модели магазина и складского комплекса в среде AnyLogic // Синергия наук. 2017. № 14. – С. 408-413. – URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article0845>
14. В.С. Моисеев, П.И. Тутубалин, Р.Р. Шафигуллин, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, **1**, 120-128 (2012).
15. В.С. Моисеев, П.И. Тутубалин, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, **2**, 129-135 (2011).
16. В.С. Моисеев, П.И. Тутубалин, Нелинейный мир, **9**, 8, 497-499 (2011).
17. В.С. Моисеев, П.И. Тутубалин, А.Н. Козар, Г.Е. Борзов, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, **4**, 112-116 (2008).
18. В.С. Моисеев, В.В. Дятчин, П.И. Тутубалин, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, **2**, 55-58 (2007).
19. В.С. Моисеев, А.Н. Козар, П.И. Тутубалин, К.В. Бормотов, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, **1**, 40-45 (2005).
20. В.С. Моисеев, В.В. Дятчин, П.И. Тутубалин, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, **4**, 36-39 (2005).