

А.В. Супруновский¹

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская федерация

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ANYLOGIC ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УЧАСТКОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ

Аннотация. В статье рассмотрен один из возможных подходов к описанию работы участковой железнодорожной станции, основанный на применении агентного моделирования, которое предполагает использование специальных активных объектов – агентов, обладающими атрибутами и связями. Выделены три основных типа агентов: поезд, станция, оперативное управление. Они связаны как между собой, так и с внешними факторами. На основе технологического процесса работы станции для каждого агента выделена группа основных операций. В качестве среды моделирования выбрана система Anylogic. Она позволяет создать имитационную модель, а также дает возможность представить рассматриваемые объекты в 3D графике. Разработанная модель позволяет определить проблемные места в технологическом процессе работы станции и дает возможность выработать мероприятия по улучшению показателей ее работы.

Ключевые слова: железнодорожная станция, имитационное моделирование, система Anylogic.

A. V. Suprunovsky¹

¹ Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

APPLICATION OF ANYLOGIC SYSTEM FOR SIMULATION OF RAILROAD STATION

Abstract. The article considers one of the possible approaches to describing the operation of a local railway station, based on the use of agent-based modeling, which involves the use of special active objects - agents with attributes and connections. There are three main types of agents: train, station, operational management. They are related both to each other and to external factors. Based on the technological process of the station, a group of basic operations is allocated for each agent. Anylogic system was chosen as the simulation environment. It allows you to create a simulation model, and also makes it possible to represent the objects in question in 3D graphics. The developed model makes it possible to identify problem areas in the technological process of the station's operation and makes it possible to develop measures to improve its performance indicators.

Key words: railway station, simulation modeling, anylogic system.

Введение

Для совершенствования работы железнодорожных станций моделирование является одним из важных и удобных инструментов. При разработке моделей, в зависимости от целей моделирования, используются подходы, предусматривающие различную степень конкретизации в описании исходного транспортного объекта [1].

Детальное моделирование подробно отражает функциональные элементы станции: стрелки, пути, фронта погрузки и другие структурные части. В этом случае необходимо учитывать множество составных элементов, участвующих в организации работы станции, которые следует подробно описать и установить связи между ними. Такой подход является трудозатратным и влечет за собой создание модели со сложной структурой, что отрицательно сказывается на дальнейшей работе. Положительной стороной данного подхода является подробное и детальное описание изучаемого транспортного объекта [2].

При укрупненном моделировании элементы станции могут группироваться в блоки, некоторые функции элементов можно объединять, за счет этого возможно часть элементов не учитывать. При таком подходе модель станции состоит из нескольких блоков, выполняющих определенные функции. Плюс данного метода в том, что он прост и позволяет четко

проследить системные взаимосвязи и отношения между блоками. Минусом является неполное отражение функций объекта [3].

Для создания модели участковой станции целесообразно использовать подход, обладающий преимуществами как детального, так и укрупненного моделирования, каковым является агентное моделирование [4]. В ходе него сначала устанавливаются параметры активных объектов – агентов, и определяется их поведение. Затем определяются связи между агентами, задается окружающая среда и запускается моделирование. Индивидуальные действия каждого из агентов образуют глобальное поведение моделируемого объекта [5].

Целью данной работы является создание имитационной модели работы участковой станции на основе агентного подхода. В качестве инструмента моделирования был выбран программный комплекс Anylogic. Разработанная модель позволяет определить проблемные места в технологическом процессе работы станции и дает возможность выработать мероприятия по улучшению показателей работы станции.

Инструменты моделирования

В качестве среды моделирования используется система Anylogic, позволяющая создавать имитационные модели различных объектов на основе языка программирования Java. Система Anylogic используется при создании моделей в архитектуре, логистике, транспорте, геоинформационных системах. Модель представляет собой описание проблемы в терминах языка моделирования Anylogic. Каждая модель создается отдельно и представляет собой набор агентов. Под агентами понимаются блоки, которые обладают поведением, памятью и имеют связи между собой [6].

Anylogic содержит в себе встроенную железнодорожную библиотеку, которая дает возможность эффективно моделировать и визуализировать работу железнодорожных узлов и транспортных систем любой сложности и масштаба. Разработанные модели применяются в оперативном планировании, управлении парком подвижного состава, техническом обслуживании и ремонте транспортных средств. В железнодорожных моделях поезда двигаются в соответствии с логикой, заданной диаграммой процесса, и, в то же время, каждый вагон и поезд в модели — агент со своими состояниями и свойствами. Это, наряду с возможностью взаимодействия с другими библиотеками, позволяет адекватно моделировать сложные железнодорожные системы [7].

Принципы моделирования

Объектом моделирования является участковая станция. Основные функции станции, которые необходимо представить в модели:

- работа нечетного и четного парка, по формированию и расформированию участковых и сборных поездов;
- грузовая работа на подъездных путях, подача и уборка вагонов;
- маневровая работа, выполняемая на станции;
- работа локомотивного и вагонного хозяйства;
- технологические процессы, проводимые с транзитными грузовыми и пассажирскими поездами.

Разрабатываемая модель направлена на решение задачи работы с местным вагонным парком.

Оперативное управление работой с вагонами выполняет маневровый диспетчер. Руководство работой с местными вагонами осуществляется на основании следующих документов и параметров:

- сменно-суточный и текущий план местной работы;
- подходы местных вагонов;
- нормативных характеристик мест выполнения операций с подвижным составом на станции;
- текущих дислокации и состояния местных вагонов на станции;
- договоров на эксплуатацию железнодорожных путей необщего пользования;
- договоров на подачу и уборку вагонов;

- инструкций о порядке обслуживания и организации движения на железнодорожных путях необщего пользования.

Организация местной работы на участковой станции включает в себя операции с вагонами на самой станции и работу с вагонами для станций прилегающих участков. Работа с собственными вагонами связана с обеспечением погрузки и выгрузки на станции [8,9].

Участковая железнодорожная станция имеет сложную структуру управления, для разработки модели необходимо выделить несколько уровней детализации (Рисунок 1). На первом уровне рассматривается входящий вагонопоток. На втором – выполняется моделирование технологического процесса управления потоком, а также моделирование функционирования систем управления, регулирующих движение объектов на станции. На третьем – осуществляется описание обслуживания отдельных объектов и их движения по назначениям [10].

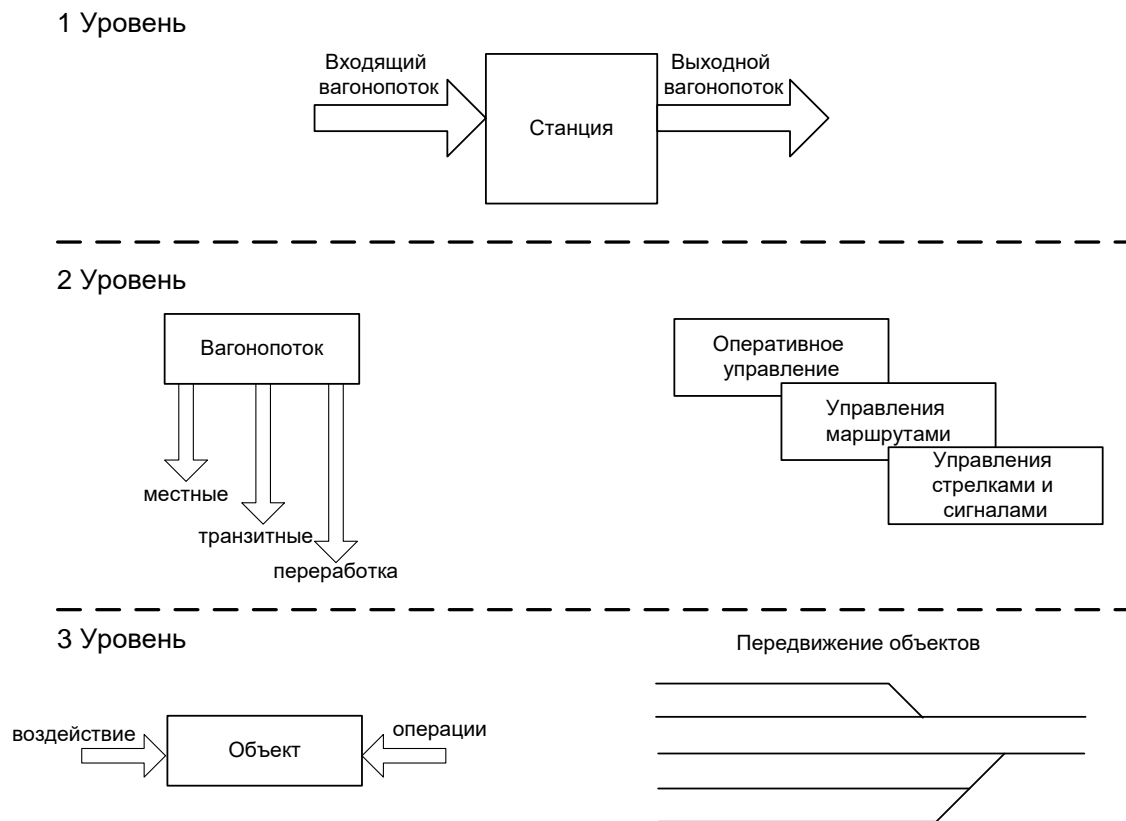


Рис. 1 Уровни модели станции

Построение модели

Построение имитационных моделей железнодорожных станций базируется на основных принципах:

- системный подход к построению моделей отдельных подсистем и модели станции в целом;
- иерархическая структура модели, ее модульная организация, универсальность отдельных элементов;
- детализация технологических процессов обслуживания объектов до отдельных операций;
- моделирование передвижений транспортных единиц с учетом их параметров и конструкции путевого развития;
- регулирование движения транспортных единиц на основе моделирования функций систем станционной автоматики;

- использование геометрических моделей станций в качестве информационной базы для функционального моделирования [11].

На основании технологического процесса работы станции и с учетом условий создания имитационных моделей, разработаем модель участковой станции. Применение агентного подхода позволяет определить зависимости между функциями объектов станции.

Под объектами станции понимаем пути общего и необщего пользования, грузовые дворы. Каждый из объектов имеет свои технологические операции.

Выполним разделение этих процессов, на более мелкие подпроцессы с целью удобной интерпретации в команды языка программирования:

1. Операции по прицепки, отцепки вагонов от транзитных, сборных и участковых поездов на станционных путях;
2. Грузовая работа, проводимая на путях общего и необщего пользования;
3. Организация подбора вагонов на станции прилегающего участка, сбор вагонов с прилегающего участка;
4. Оперативное управление перевозочным процессом на станции, с определением круга участников и их обязанностей.

Следующим шагом были выбраны три типа агентов (таблица 1): агент – поезд, агент – станция, агент – оперативное управление. Эти агенты взаимосвязаны между собой и с внешними факторами.

На основе разобранного технологического процесса работы станции для каждого агента была выделена группа основных технологических операций.

Агент «Оперативное управление»

Получение информации о прибывающих поездах. Изменение массы и длины поезда. Оповещение работников о номере поезда, пути и времени прибытия с указанием характера предстоящих работ. Проверка перевозочных документов, внесение изменений в документы. Задание на подготовку групп вагонов, с определением номера пути нахождения вагонов.

Агент «Поезд»

Номер поезда, категория. Длина и вес поезда, вид груза, тип вагонов. Отцепка, прицепка групп вагонов. Перемещение групп вагонов.

Агент «Станция»

Операции погрузки, выгрузки вагонов. Перемещение вагонов на пути необщего пользования. Технические операции, проводимые с вагонами на станционных путях. Маневровые операции по подбору вагонов для формирования групп.

Передвижение маневрового локомотива по станции.

В таблице 1 указаны кратко основные характеристики каждого из агентов.

Таблица 1 Описание агентов

Агент	Цель	Описание	Примечание
Агент – поезд	Доставит вагоны до места назначения.	Тип поезда, номер поезда, индекс, время прибытия/отправления, станция назначения, вид груза, вес груза.	В данный агент входят вагоны. Информация в агент задается на основании плана формирования. Влияет на агент «станция»
Агент – станция	Переработать максимальное количество поездов; обработка местных вагонов.	Количество и виды парков, количество приемоотправочных путей, количество путей необщего пользования.	Получает параметры от агента «поезд». Получает параметры от агента «оперативное управление» Получает внешние дополнительные параметры.
Агент – оперативное управление	Контроль плана работы; контроль выполнения операций.	Оформление поездной документации, технологические операции.	Контроль выполнения операций. Контроль времени отведенного на операции. Обработка полученной информации.

Для определения функциональных взаимодействий между агентами рассмотрим схему (Рисунок 2).

Агент «Оперативное управление» имеет перечень команд, при помощи которых воздействует на других агентов. Также агент получает информацию об изменении состояния агента «Поезд» и «Станция».

Агент «Поезд» содержит информацию и передает ее агенту «Оперативное управление», также передает информации о смене своего состояния.

Агент «Станция» получает информацию от агента «Поезд», изменяет свое состояние под воздействием агента «Оперативное управление».

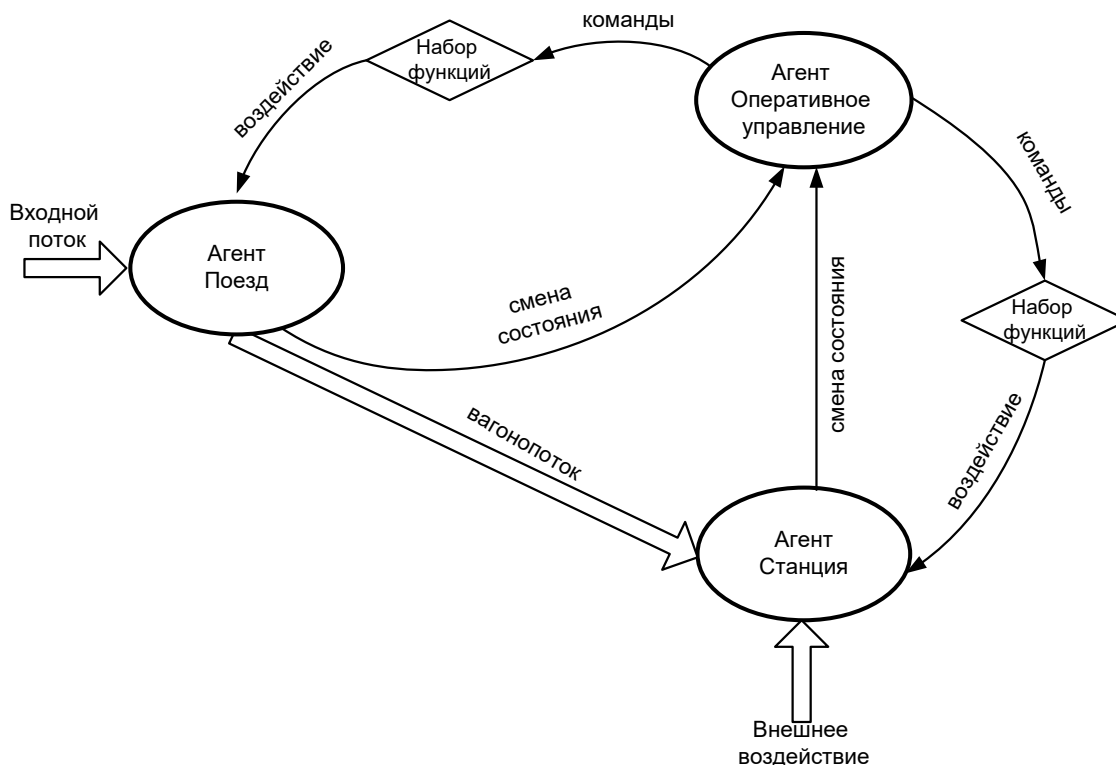


Рис. 2 Схема агентов модели станции

Определим критерии для оценки качества работы предлагаемой модели, учитывая эксплуатационные показатели работы станции.

1. Количество вагонов прибывающих на станцию;
2. Операции, проводимые с вагонами (отцепка/прицепка, перестановка);
3. Время выполнения операций.

Разработанная модель участковой станции даст возможность представить наглядную 3D модель процессов выполняемых на станции.

На основании полученных результатов работы модели, можно выделить проблемные места в технологическом процессе работы станции. Также модель позволяет рассматривать станцию как часть диспетчерского участка, что дает возможность изучить влияние работы одной станции на участок в целом.

Заключение

В работе предложена оригинальная технология создания модели участковой железнодорожной станции, особенность которого состоит в использовании агентного подхода, что позволяет представить технологические процессы работы станции в виде отдельных самостоятельных блоков с возможностью настройки параметров их работы. Кроме того, применение системы Anylogic для реализации предложенного подхода позволяет создать и визуализировать имитационную модель участковой станции.

Разработанный программно-алгоритмический инструментариум предполагается адаптировать для конкретных участковых станций и применять для проведения сценарного моде-

лирования. В дальнейшем предложенный подход планируется использовать при разработке модели диспетчерского участка.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проекты № 18-07-00604, 20-010-00724; РФФИ и Правительства Иркутской области, проект № 20-47-383002.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смахов А. А. Математические модели процессов грузовой работы. М.: Транспорт, 1982. 256 с.
2. Шмулевич М. И., Стариков А. Е. Структура имитационной модели промышленных железнодорожных станций и ее реализация в системе AnyLogic // Промышленный транспорт XXI век.– 2015.– № 1.
3. Слободянюк, И.Г. Макромоделирование транспортных узлов / П.А. Козлов, Н.А. Тушин, В.Ю. Пермикин, И.Г. Слободянюк // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 10. С. 38-40.
4. Bobrovskiy V.I. Functional simulation of railway stations on the basis of finite state automata // Transport Problems The Silesian University of Technology, Faculty of Transport, Katowice, Poland. – 2014. – Vol. 9, Iss. 3. – P. 57-66.
5. Павлов А.И., Столбов А.Б. Прототип системы поддержки проектирования агентов для имитационных моделей сложных систем // Программные продукты и системы. 2016. №3. С. 79-84.
6. Шабунин А.Б. Разработка мультиагентной системы адаптивного управления ресурсами ОАО «РЖД» / Н.А. Кузнецов, П.О. Скобелев, И.О. Бабанин, С.С. Кожевников, Е.В. Симонова, М.Е. Степанов, А.В. Царев // Мехатроника автоматизация управление. 2013. №1(142). С. 23-29.
7. Grigoryev I. Anylogic in three days [Электронный ресурс]: a quick course in simulation modeling / I. Grigoryev — 2018.— 251 с.
8. Казаков А.Л., Пavidис М.М. Об одном подходе к моделированию работы сортировочных станций // Транспорт Урала. 2019, № 1(60). С. 29-35.
9. Казаков А.Л. Применение многофазных систем массового обслуживания для моделирования сортировочной станции / М.М. Пavidис, М.Л. Жарков // Вестник УрГУПС. 2018. № 2 (38). С. 4-14.
10. Павлов А.И., Столбов А.Б. Особенности реализации системы поддержки проектирования имитационных моделей на основе декларативного описания агентов // Седьмая Всероссийская научно-практическая конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2015). Труды конференции. С. 256-261.
11. Bhardwaj A., Ghosh S., Dutta A. Modeling of Multiagent Based Railway System using BDI Logic // Proc. of the Intl. Conf. on Future Trends in Computing and Communication – FTCC 2013. – P. 60-65.

REFERENCES

1. Smekhov A.A. Mathematical models of cargo work processes. Moscow: Transport, 1982.256 p.
2. Shmulevich M.I., Starikov A.E. The structure of the simulation model of industrial railway stations and its implementation in the AnyLogic system // Industrial transport XXI century.– 2015.– № 1.
3. Slobodyanyuk, I.G. Macromodeling of transport hubs / P.A. Kozlov, N.A. Tushin, V.Yu. Permikin, I. G. Slobodyanyuk // Railway transport. - 2015. - №. 10. P. 38-40.

4. Bobrovskiy V.I. Functional simulation of railway stations on the basis of finite state automata // Transport Problems The Silesian University of Technology, Faculty of Transport, Katowice, Poland. – 2014. – Vol. 9, Iss. 3. – P. 57-66.
5. Pavlov A.I., Stolbov A.B. Prototype of the agent design support system for simulation models of complex systems // Software products and systems. 2016. №. 3. P. 79-84.
6. Shabunin A.B. Development of a multi-agent system for adaptive resource management for Russian Railways / N.A. Kuznetsov, P.O. Skobelev, I.O. Babanin, S.S. Kozhevnikov, E.V. Simonova, M.E. Stepanov, A.V. Tsarev // Mechatronics automation control. 2013. №. 1 (142). P. 23-29.
7. Grigoryev I. Anylogic in three days [Электронный ресурс]: a quick course in simulation modeling / I. Grigoryev — 2018.— 251 с.
8. Kazakov A.L., Pavidis M.M. On one approach to modeling the operation of marshalling yards // Transport of the Urals. 2019, №. 1 (60). P. 29-35.
9. Kazakov A.L. Application of multiphase queuing systems for modeling a marshalling yard / M.M. Pavidis, M.L. Zharkov // Bulletin of USTU. 2018. №. 2 (38). P. 4-14.
10. Pavlov A.I., Stolbov A.B. Features of the implementation of the support system for the design of simulation models based on the declarative description of agents // The Seventh All-Russian Scientific and Practical Conference “Simulation Modeling. Theory and Practice”(IMMOD-2015). Conference proceedings. P. 256-261.
11. Bhardwaj A., Ghosh S., Dutta A. Modeling of Multiagent Based Railway System using BDI Logic // Proc. of the Intl. Conf. on Future Trends in Computing and Communication – FTCC 2013. – P. 60-65.

Информация об авторах

Супруновский Антон Викторович – старший преподаватель кафедры «Управление эксплуатационной работой» Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: as.irgups@gmail.com

Authors

Suprunovskiy Anton Viktorovich - senior lecturer, "Management of operational work" Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: as.irgups@gmail.com

Для цитирования

Супруновский А. В. Применение системы Anylogic для моделирования участковой железнодорожной станции [Электронный ресурс] / А. В. Супруновский // Молодая наука Сибири: электрон. научн. журн. – 2020 – №2 – Режим доступа: <http://mnv.irgups.ru/toma/28-20>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 25.08.2020).

For citation

Suprunovskiy A. V. *Primenenie sistemy Anylogic dlya modelirovaniya uchastkovej zheleznodorozhnoj stancii* [Application of Anylogic system for simulation of rail-road station]. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2020, no. 2. [Accessed 25/08/20]