



ИНТЕГРАЦИЯ БАЗ ДАННЫХ В СРЕДЕ ANYLOGIC ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ МОРСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ПОРТА

М. Р. Язвенко, Н. Н. Майоров

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В данной статье представлена практическая реализация интеграции базы данных для описания входного потока и характеристик транспортной системы массового обслуживания в среде AnyLogic. Данный метод отличается универсальностью его применения, при которой изменения в инфраструктуру и расписание прибытий делаются в самой базе данных, а моделирование уже сделано под данную задачу. В качестве примера была выбрана модель морского пассажирского порта Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: система массового обслуживания, база данных, морской пассажирский терминал, имитационное моделирование.

Для цитирования:

Язвенко, М. Р. Интеграция баз данных в среде AnyLogic для моделирования систем массового обслуживания на примере морского пассажирского порта / М. Р. Язвенко, Н. Н. Майоров // Системный анализ и логистика. – 2025. – № 4(47). – с. 11-17. DOI: 10.31799/2077-5687-2025-4-11-17.

DATABASE INTEGRATION IN THE ANYLOGIC SOFTWARE FOR MODELING QUEUE SERVICE SYSTEMS USING THE EXAMPLE OF A SEA PASSENGER PORT

M. R. Yazvenko, N. N. Maiorov

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

This article presents a practical implementation of database integration for describing the incoming flow and characteristics of a queuing transport system in the AnyLogic software. This method is distinguished by its universal applicability, allowing changes to the infrastructure and arrival schedule to be made within the database itself, while the modeling itself is tailored to the task. The model of the St. Petersburg Sea passenger port was chosen as an example.

Keywords: queuing system, database, sea passenger terminal, simulation modeling.

For citation:

Yazvenko, M. R. Database integration in the Anylogic software for modeling queue service systems using the example of a sea passenger port / M. R. Yazvenko, N. N. Maiorov // System analysis and logistics. – 2025. – № 4(47). – p. 11-17. DOI: 10.31799/2077-5687-2025-4-11-17.

Введение

В современной обстановке и возрастающей неопределённости, наиболее остро стоит вопрос прогнозирования работы различных транспортных систем.

В сложных транспортных системах, в которых имеется различная приоритетность заявок, поступающих в систему, имеется проблема необходимости анализа больших данных при обосновании необходимости проведения модернизации транспортной инфраструктуры. Параметром приоритетности может выступать на усмотрение лица, принимающего решение: меньшее время обработки, меньшие размеры транспортной единицы, наибольшая прибыль за обработку и т.д. При этом в реальных системах, может оказаться, что таких параметров может быть не один, а несколько. Всё это усложняет и без того сложный процесс анализа транспортных систем. Современные технологии, в частности цифровые двойники систем, позволяют значительно упростить задачи анализа эффективности работы системы, её оптимизации и обоснования необходимости изменения инфраструктуры.

Использование цифровых имитационных моделей при планировании работы транспортной системы в краткосрочной перспективе позволяет спрогнозировать различные отклонения от первоначального плана и снизить неопределённость при принятии управленческих решений [1,2]. Быстрота и удобство расчётов позволяют проигрывать



различные сценарии в изменении месячного расписания и формировать необходимый для анализа объем данных.

Модели и методы.

1. Подготовка исходных данных.

Транспортные системы, в которых возможно наличие заранее спланированного расписания – явление распространённое. Одной из таких систем являются некоторые морские пассажирские порты. В пассажирских портах, как например в Морском Пассажирском Порту Санкт-Петербург, расписание составляется на год вперед перед началом навигации. Помимо данного расписания, возможен приём и других судов, не согласовавших своё прибытие заранее, при наличии свободного места. Данный процесс обычно носит случайный характер [1,3,4,5].

В расписании, двумя самыми важными характеристиками являются время прибытия и время обслуживания. В случае времени обслуживания, альтернативно может возникать ситуация, когда указывается время отбытия. В базу данных можно ввести не только расписание прибытий, но и характеристики морского пассажирского порта. В таком случае, при моделировании подобной системы будет использоваться множество условностей, но сильно повысится универсальность модели

В случае рассматриваемого порта, суда разделяются как по типу (Ро-Ро или нет) и по своим габаритным характеристикам. Соответственно, причалы обладают соответствующими характеристиками – длина причального фронта, наличие возможности принятия Ро-Ро судов.

Реализация будет производиться на основе реального расписания судозаходов в порт. На сайте порта имеется отдельное расписание по каждому из годов работы порта Морской Фасад [6]. Каждое расписание содержит: порядковый номер судозахода, наименование судна, время прибытия, время отправления и причал прибытия (таблица 1).

Таблица 1 – Данные расписания прибытий и отправлений круизных и паромных судов

№ п/п	Вокзал	Причал	Название судна	Прибытие	Отправление
1	1	7	Black Pearl	02.05.2015 7:00	03.05.2015 18:00
....

Как видно, в расписании имеется полная информация о событии: какой порядковый номер, на каком причале и каком вокзале будет обслужено, название самого судна, время прибытия и отправления. Для моделирования нам не нужна информация о вокзале, а время отправления придётся переделать под требования AnyLogic [7,8,9]. Из-за особенностей работы блока задержки, необходимо заранее рассчитать количество времени, затраченного паромным или круизным судном на причале. Поэтому при составлении расписания для имитационной модели, нужно будет рассчитать время обслуживания судна. Помимо этого, при моделировании судна нужно будет ввести дополнительную базу данных, в которой будут указаны существующие суда и их характеристики.

Для моделирования самого порта необходимо ограничиться условным портом, или даже не визуализировать порт вовсе, и считать время движения судна внутри акватории порта пренебрежимо малым и не принимать его во внимание. В таком случае, можно воспользоваться базой данных для задания параметров порта. Для выбранного примера достаточно описать все имеющиеся причалы и указать 3 их характеристики: номер причала; длину причального фронта и возможность приёма Ро-Ро судов.

Таким образом, для описания как входного потока судов, так и порта, потребуется 3 таблицы баз данных:

1. Таблица расписания, в которой указано судно, время его прибытия, время остановки (обслуживания) и причал, к которому оно швартуется.



Таблица 2 – Данные расписания прибытий и времени обслуживания круизных и паромных судов

№	Название паромного судна	Причал	Время прибытия	Время обслуживания
1	Black Pearl	7	02.05.2015 7:00	1.46
....

2. Таблица с характеристиками причалов.

Таблица 3 – Характеристики причалов

Номер причала	Длина причального фронта	Может принимать Ро-Ро
1	375	НЕТ
....

3. Таблица с характеристиками судов.

Таблица 4 – Характеристики судов

Название судна	Длина	Ро-Ро
Black Pearl	298	НЕТ
....

2. Интеграция с AnyLogic.

Моделирование морского пассажирского порта, различные модельные сценарии, подробно описаны и представлены в работах [9,10,11,12], поэтому рассмотрим модели к привязке баз данных. Готовые таблицы импортируются в AnyLogic как новые базы данных. При импортировании необходимо проверить тип данных для каждого столбца и исправить, если это необходимо (например, столбец импортировался как целочисленный integer, а в последующих расчётах нужен double).

Затем, создаётся новый тип агентов, моделирующий суда. Прибывающие суда будут иметь различные причалы швартовки и различное время обслуживания. Для задания индивидуальных параметров каждого из агентов одного типа в AnyLogic предусмотрена возможность задания параметров. Параметры используются для задания статических характеристик агента, которые не изменяются за весь цикл его жизни. В поле типа агента создаются четыре интересующих нас параметра, хранящие информацию о необходимом причале, размерах судна, его типе и времени задержки.

В блоке прибытия судов указывается, что они прибывают согласно расписанию из базы данных и указывается таблица БД. Указывается соответствие параметров судна соответствующему столбцу базы данных. Таким образом, блоком прибытия при наступлении необходимой даты будет создаваться агент, со значениями параметров из этой же строки таблицы. По названию судна из таблицы характеристик судов ищется размер судна и его тип, что заполняет оставшиеся параметры.

Параметры агента можно вызывать в нужный момент и сравнивать с какими-то значениями из системы. При наличии номера причала у судна – этот номер будет сравниваться с номером причала в порту, и на него судно и направится. Если же паромное судно не имеет заданного причала, то его размеры будут сравниваться с длиной причального фронта свободных причалов и судно будет направлено на подходящий причал. Время обслуживания будет использоваться блоком задержки.



Рис.1. Блок задержки

Задание порта по параметрам из базы данных происходит аналогичным образом. Единственное отличие в том, что причалы порта являются ресурсами этого самого порта и существуют на протяжении всего периода моделирования. Ресурсы задаются блоком-хранилищем этих ресурсов (рис. 2).



Рис.2. Блок-хранитель ресурсов

Ресурсы в AnyLogic представлены агентами. Агенты-причалы будут иметь 3 параметра: номер причала, длина причального фронта и тип.

В данном случае, тип – это булево выражение, поскольку рассматривается наличие или отсутствие грузовых устройств для обслуживания судов типа Ро-Ро. В любом другом случае, как при моделировании грузового порта, где судно может быть иметь навалочный, сыпучий груз или контейнеры, этот параметр будет просто хранить информацию о принимаемых типах судов/грузов с аналогичным параметром для агента-судна.

Номер причала используется для определения швартовки, как было описано ранее, как и длина причального фронта.

При создании ресурсов из базы данных, AnyLogic самостоятельно определит количество ресурсов (в нашем случае причалов) по наличию записей в базе данных. Стоит обратить особое внимание при составлении входных данных, поскольку наличие пустых записей в базе приведёт к критической ошибке и не запуску модели.

3. Реализация данных для моделирования случайного входного потока.

Реализацию случайных прибытий также можно основывать на базе данных. При этом, возможно использовать как заранее подготовленную, так и базу, которая была загружена вместе с расписанием. Далее, для удобства, будет рассматриваться последний вариант.

В имеющейся базе представлена определённая выборка судов за какой-то промежуток времени с их характеристиками и временем обслуживания. Соответственно, из этих данных можно с помощью SQL-запросов и встроенных в AnyLogic функций, которые подсчитают разброс значений.

Для подсчёта разброса значений и формирования распределения случайной величины можно воспользоваться программным модулем эмпирическое распределение. В данном модуле можно выбрать конкретные столбцы базы данных, из которых будет формироваться распределение, как приведено на рис. 3. Например, из расписания прибытий в морской пассажирский порт Санкт-Петербург получается распределение времени обслуживания судов (рис. 3):



▼ Предв. просмотр

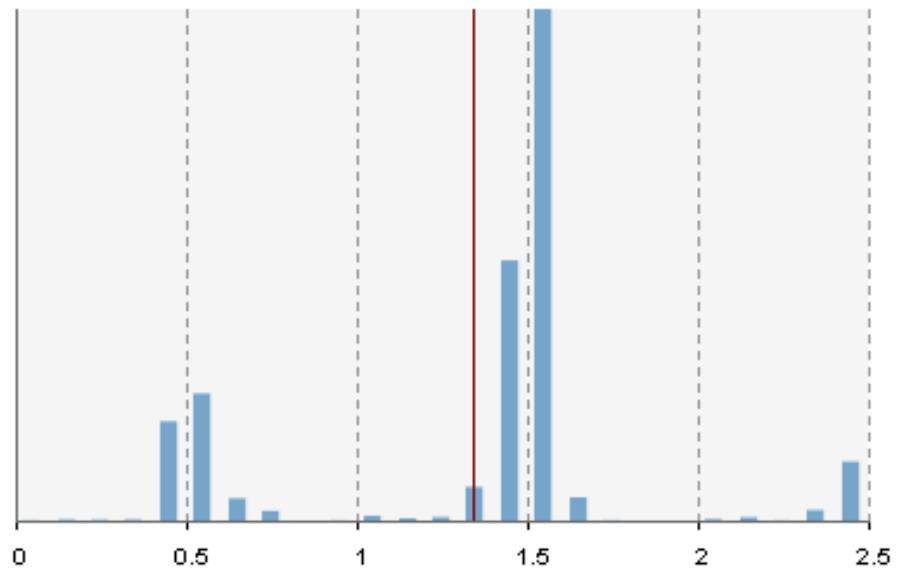


Рис.3. Выполнение эмпирического распределения в среде Anylogic

Модуль работает, как и любое другое математическое распределение случайной величины, только функция распределения основана на эмпирических данных.

Такой же модуль можно использовать и для определения распределения размеров судов и их типов. Для определения интенсивности входящего случайного потока можно подсчитать количество записей в расписании и умножить на любой, наиболее подходящий для ситуации, коэффициент.

Заключение

Все указанные решения могут быть применены при создании универсальных моделей транспортных систем. Необходимо помнить об условиях и ограничениях, которые порождает данный подход. За высокую универсальность модели приходится расплачиваться потерей некоторых деталей, присущих конкретной транспортной системе, как например, особенности акватории порта, особенности расположение причалов и т.д. Переход от моделирования одного, как в нашем случае, пассажирского морского порта к другому меняется всего лишь изменением входных данных в базе данных. Представленный подход позволяет выполнять исследовательские задачи на имитационной модели морского порта с минимальным задержками по времени и возможностью практического применения (адаптации) для других портов, в том числе и для оценки различных сценариев развития морских пассажирских портов или терминалов для лиц, принимающих решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бродецкий Г. Л.* Системный анализ в логистике. Принятие решений в условиях неопределенности / Г. Л. Бродецкий. – М.: Academia, 2010. – 336 с.
2. *Воевудский Е. Н.* Стохастические модели в проектировании и управлении деятельностью портов / Е. Н. Воевудский, М. Я. Постан. – М.: Транспорт, 1987. – 318 с.
3. *Добровольская А. А.* Теория транспортных процессов и систем. Паромные маршруты и морские пассажирские порты / А. А. Добровольская, Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов. – СПб.: ГУАП, 2022. – 99 с.



4. *Титов А. В.* Современные тенденции развития морских портов в мире и их влияние на портовую индустрию России / А. В. Титов, Д. Б. Ивашкович // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2016. – № 1. – С. 115–124.
5. *Ćorluka G.* Cruise port passenger flow analysis: A cruise port governance perspective / G. Ćorluka, I. Peronja, D. Tubić // NAŠE MORE: znanstveni časopis za more i pomorstvo. – 2020. – Vol. 67. – P. 181–191. DOI: 10.17818/NM/2020/3.1.
6. Пассажи́рский порт Санкт-Петербу́рг «Морской фасад». Расписание [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.portspb.ru/Raspisanie> (дата обращения: 06.09.2025)
7. *Krile S.* Modernization of the Infrastructure of Marine Passenger Port Based on Synthesis of the Structure and Forecasting Development / S. Krile, N. Maiorov, V. Fetisov // Sustainability. – 2021. – Vol. 13. – 11 p. DOI: 10.3390/su13073869
8. *Майоров Н. Н.* Исследование операционных процессов обслуживания пассажиров в морском пассажирском терминале с использованием моделирования / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2016. – № 6(40). – С. 70–80. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-6-70-80.
9. *Добровольская А. А., Майоров Н. Н., Язвенко М. Р.* Принятие решений при неопределенности по прогнозированию развития морского пассажирского порта на основе моделирования разных приоритетов заявок судов // Волновая электроника и инфокоммуникационные системы: сборник статей XXVI Международной научной конференции: 3 ч. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 107–112.
10. *Майоров Н. Н.* Исследование вариантов формирования данных на основе многосценарного моделирования по развитию морского пассажирского терминала для принятия решений при неопределенности / Н. Н. Майоров, М. Р. Язвенко // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2024. – Т. 16. – № 6. – С. 898–909. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-6-898-909
11. *Язвенко М. Р.* Универсальная имитационная модель потока поступления круизных и паромных судов в морской пассажирский порт / М. Р. Язвенко // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2025. – Т. 17, № 3. – С. 350–364. – DOI 10.21821/2309-5180-2025-17-3-350-364.
12. *Майоров Н. Н., Язвенко М. Р.* Универсальная имитационная модель входного потока судов в Морской пассажирский порт // Волновая электроника и инфокоммуникационные системы: Сборник статей XXVIII Международной научной конференции. – Санкт-Петербург, 2025. – С. 179–185.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Язвенко Максим Романович

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

Майоров Николай Николаевич

Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры системного анализа и логистики
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
Россия, 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д.67, лит. А
E-mail: nnm@guar.ru



INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yazvenko Maksim Romanovich

Post-graduate of the system analysis and logistics department
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
E-mail: YazvenkoM@guap.ru

Maigorov Nikolai Nikolaevich

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of System Analysis and Logistics
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
E-mail: nnm@guap.ru

Дата поступления: 16.09.2025
Дата принятия: 29.09.2025