

**ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ АВТОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ ЗА СЧЕТ
ВАРЬИРОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВА СОТРУДНИКОВ И РЕСУРСОВ В СРЕДЕ
ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ANYLOGIC****С.А. Ионова**

Имитационное моделирование это один из методов изучения реальных систем, с помощью создания на их основе моделей, описывающих процессы. Над моделями реальных систем проводят эксперименты, чтобы получить информацию об этих системах [1].

Применение имитационного моделирования широко используется в различных сферах, таких как военная промышленность, экономика, экология, бизнес-процессы и т.д. так как экспериментировать на реальных объектах может быть дорого, небезопасно или очень долго [2]. Имитационное моделирование может решать такие задачи как учебная деятельность, планирование экспериментов, воспроизведение динамических ситуаций, оптимизация работы какой-либо системы [3].

В статье показана оптимизация работы модели АЗС с помощью программы AnyLogic. Оптимизация — это повышение производительности модели, путем поиска значений параметров, при которых достигается наилучший результат работы модели [4]. Оптимизация работы модели АЗС достигалась за счет варьирования количества ресурсов (колонок каждого типа бензина и сотрудников-кассиров).

Описание системы работы автозаправочной станции

Клиент подъезжает к колонке (виды бензина: 92, 95, 98, 76; для каждого дублируется часть логической структурной схемы) и отправляется на оплату (блоки hold задерживают транзакт-машину, пока транзакт-водитель, созданный в блоке split совершит оплату и вернется). Далее производится заправка автомобиля. Пока автомобиль стоит у колонки, остальные клиенты не могут подъехать к ней (осуществлено с помощью блоков RestrictedArea). Затем клиент либо покидает систему, либо решает перекусить. Для этого необходимо занять место на парковке у магазина. Если на парковке нет свободных мест, клиент покидает систему. Если есть свободные места, водитель ставит автомобиль на парковку и уходит за покупками(блок hold задерживают транзакт-машину, пока транзакт-водитель, созданный в блоке split совершит покупки и вернется). Затем он возвращается (парковочное место выбирается случайно, точка возврата вычисляется динамически в блоке MoveTo с помощью жду водителя .getPosition().getX(); для координаты X; аналогично вычисляются координаты Y и Z) и покидает систему. При передвижениях учитываются длины дорог, для этого в схему добавлены блоки MoveTo и Conveyor.

Модель предоставляет возможность динамически варьировать количество ресурсов и наблюдать результат на гистограмме нахождения транзакта в системе. Модель удобна для презентации обывателям за счет 3D-визуализации.

Структурная схема представлена на рис. 1.

Моделирование и оптимизация

Данная система была разработана в среде имитационного моделирования AnyLogic 8.4. Она является мощным инструментом и позволяет моделировать сложные и высокоорганизованные системы, а также осуществлять оптимизацию этих систем [5]. AnyLogic позволяет строить графически взаимосвязанные блоки, которые могут работать с различными параметрами. При необходимости, возможно использование библиотек, расширяющих возможности моделирования, а также расширения базового класса транзактов Agent, написанного на одном из самых популярных языков программирования – Java.

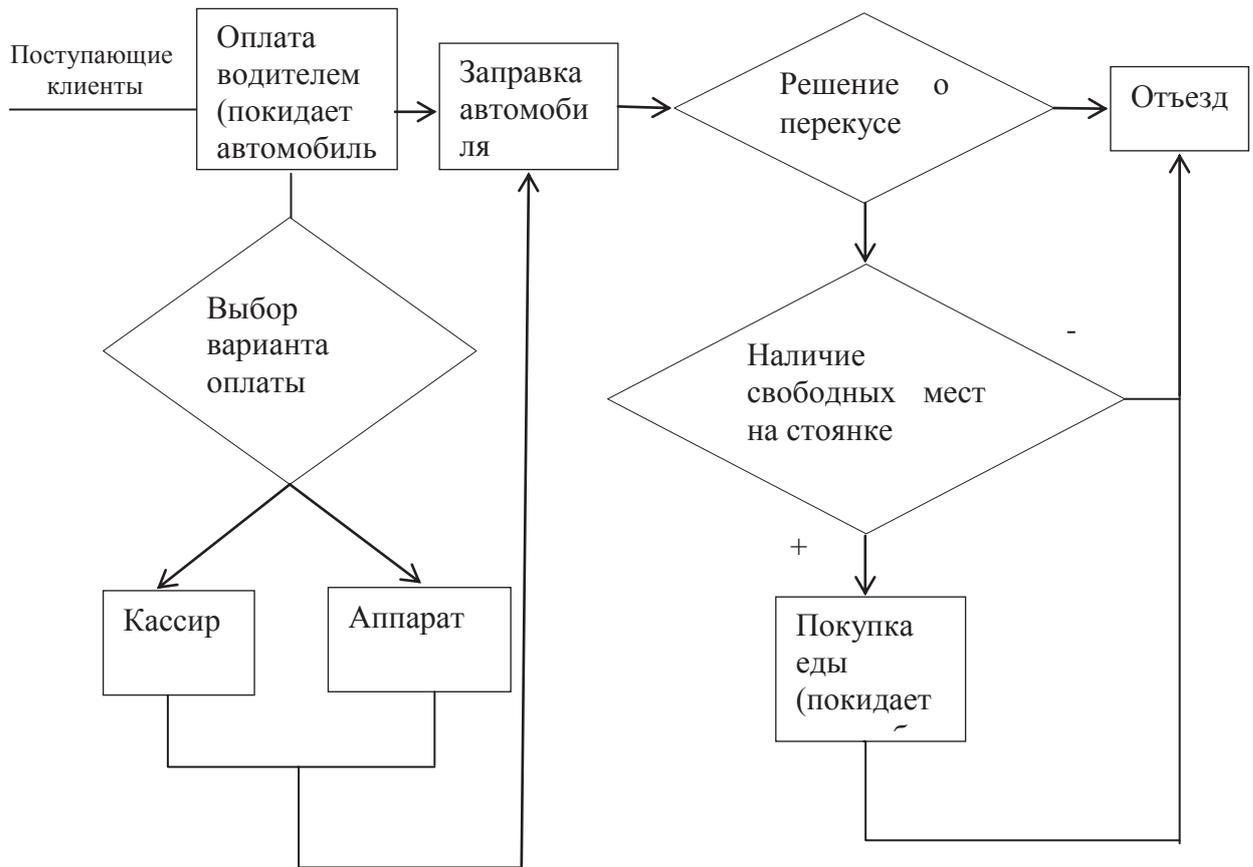


Рис.1 – Структурная схема организации работы автозаправочной станции
 Модель работы автозаправочной станции в системе AnyLogic представлена после запуска представлена на рис.2.

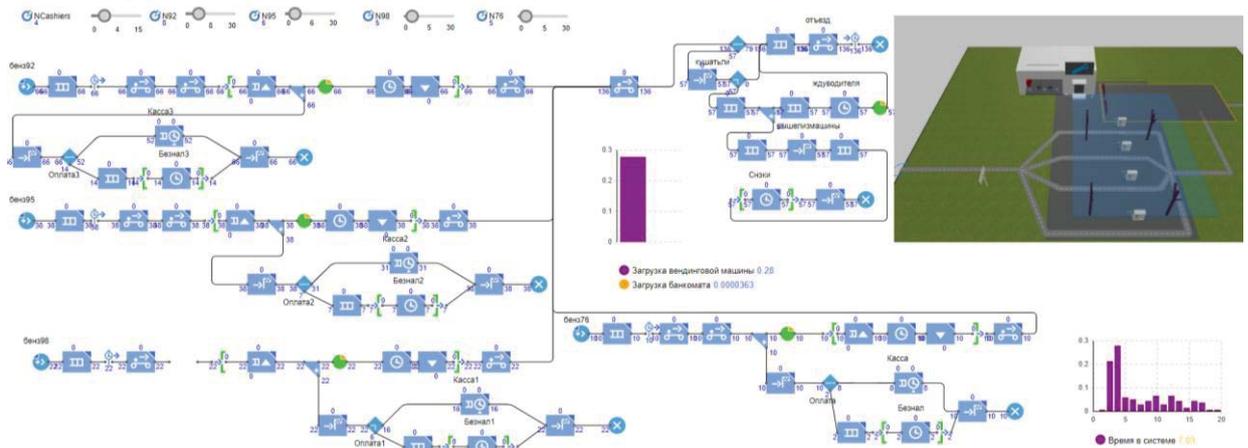


Рис.2 - Модель работы автозаправочной станции в системе AnyLogic после запуска
 Проводится оптимизация с минимизацией основного показателя у за счет выбора оптимальных значений факторов $x_1, x_2, x_3, \dots, x_M$.

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_M) \rightarrow \min$$

В дополнение к основному условию оптимизации можно налагать условия и на другие показатели эффективности (если их несколько), т.к. в их вычислении участвуют те же оптимизируемые факторы. Например, эти условия могут выглядеть так:

$$c_1 \leq f_1(x_1, x_2, \dots, x_M) \leq d_1$$

$$c_2 \leq f_2(x_1, x_2, \dots, x_M) \leq d_2 \quad \dots$$

и при ограничениях на влияющие факторы:

$$x_1^{\min} \leq x_1 \leq x_1^{\max}$$

$$x_2^{\min} \leq x_2 \leq x_2^{\max}$$

.....

$$x_M^{\min} \leq x_M \leq x_M^{\max}$$

Оптимизируемым уравнением будет регрессионное уравнение (количество решенных задач). С помощью пакетов прикладной программы Statistica 13.3, провели линейный регрессионный анализ по 80 значениям и получили уравнение регрессии, на основе которого можно оптимизировать факторы:

$y_1 = 8,190705 - 0,042887 \cdot x_1 - 0,013138 \cdot x_2 + 0,029721 \cdot x_3 + 0,018225 \cdot x_4 - 0,005464 \cdot x_5 \rightarrow \min$, где x_1 -количество колонок бензина 92, x_2 - количество колонок бензина 95, x_3 - количество колонок бензина 98, x_4 -количество колонок бензина 76, x_5 -количество кассиров.

Итоги регрессии по 80:

N=80		R= ,33063492 R²= ,10931945 Adjusted R²= ,04913833 F(5,74)=1,8165 p<,12000 Std.Error of estimate: 1,2585				
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(74)	p-value
Intercept			8,190705	0,382970	21,38733	0,000000
x1	-0,356312	0,141349	-0,042887	0,017013	-2,52080	0,013863
x2	-0,098807	0,145939	-0,013138	0,019405	-0,67705	0,500488
x3	0,255372	0,121718	0,029721	0,014166	2,09806	0,039314
x4	0,131408	0,158721	0,015089	0,018225	0,82792	0,410379
x5	-0,012762	0,117823	-0,005464	0,050443	-0,10832	0,914036

Рис.3 – Итоги регрессионного анализа

В MSExcel на основе полученного уравнения регрессии просчитали вручную значения y_1 (целевая функция) для x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 . После построили график, где показаны наблюдаемые и спрогнозированные значения.

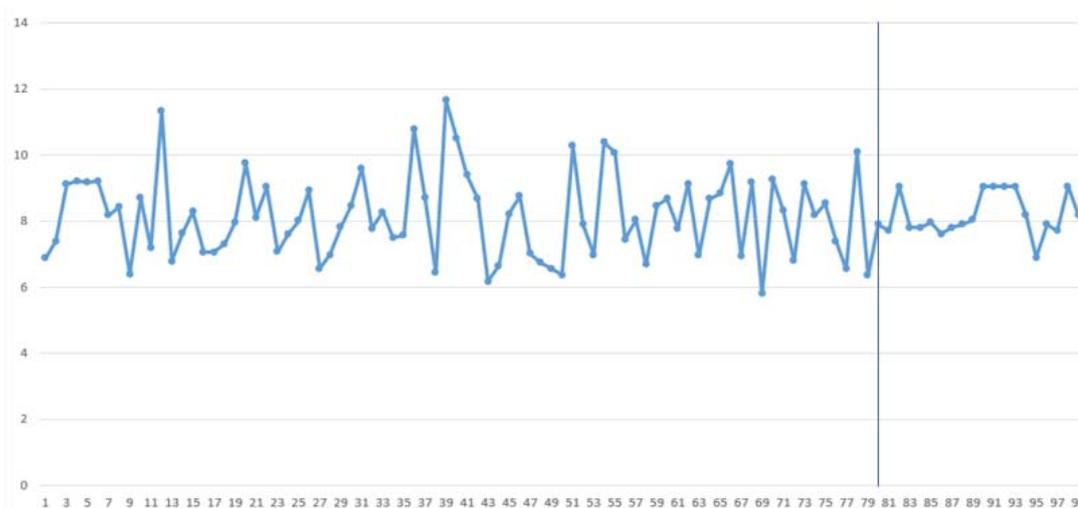


Рис.4 – График уравнения регрессии (80 наблюдаемых и 20 спрогнозированных значений)

Таблица 1. Характеристики

	Станд. Откл.	R2
100	1,27622	0,270290
80	1,220857	0,329513

Выберем следующие ограничения:

$$3 \leq x_1 \leq 30$$

$$3 \leq x_2 \leq 30$$

$$2 \leq x_3 \leq 30$$

$$1 \leq x_4 \leq 30$$

$$2 \leq x_5 \leq 30$$

$$0 \leq y_1 \leq 30$$

При этом получаем $y_1 = 8,36844$

	Текущее	Лучшее
Итерация:	223	68
Репликация:	10	10
Функционал	7.799	7.174
Параметры	Copy best	
N92	12	13
N95	11	11
N98	9	10
N76	6	7
NCashiers	6	7

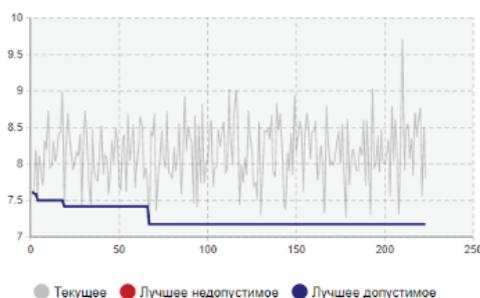


Рис.5 Оптимизация модели в системе AnyLogic

Таблица 2. Итоги пошаговой регрессии по 80

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Y ₁
Anylogic	22	12	16	28	8	7,193
Регрессионный анализ	3	3	2	30	2	8,36844
Anylogic по анализу	3	3	2	30	2	7,88

В результате оптимизации были получены оптимальные варианты параметров для минимального времени нахождения транзактов в системе.

Выводы

В процессе выполнения работы была создана модель, организующая работу автозаправочной станции. Была проведена оптимизация данной имитационной модели с помощью регулирования количества сотрудников, которые обслуживают поступающих клиентов.

Созданная модель и проведенный над ней эксперимент выявил решение, способствующее оптимизации процедур обработки и повышению эффективности работы. Данный алгоритм сокращает время обслуживания клиентов, в ходе которого обрабатывается максимальное число поступающих автомобилей с минимальным числом сотрудников, что значительно помогает сократить затраты.

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. И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, С.В. Матвеева, В.В. Мокшин, К.А. Фролова, Вестник Казанского технологического университета, 17, 15, 338-343 (2014).

6. И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, В.В. Мокшин, Вестник Казанского технологического университета, 17, 13, 352-357 (2014).
7. И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, М.В. Трусфус, В.В. Мокшин, Вестник Технологического университета, 20, 15, 118-122 (2017).
8. И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, В.В. Мокшин, З.Т. Яхина, Вестник Технологического университета, 20, 16, 113-119 (2017).
9. Якимов И.М., Абзалова Л.Р., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Вестник Казанского технологического университета, 17, 17, 213-221 (2014).
10. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Мухутдинов Т.А. Вестник Технологического университета, 18, 5, 184-188 (2015).
11. В.В. Мокшин, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, 3, 89-93 (2009).
12. Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Якимов И.М., Захарова З.Х. Вестник Технологического университета, 20, 18, 120-126 (2017).
13. В.В. Мокшин, А.П. Кирпичников, Л.М. Шарнин, Вестник Технологического университета, 20, 17, 99-103 (2017).
14. В.В. Мокшин, И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, Л.М. Шарнин, Вестник Технологического университета, 20, 19, 75-81 (2017).
15. В.В. Мокшин, А.П. Кирпичников, Л.М. Шарнин, Вестник Технологического университета, 20, 21, 80-85 (2017).
16. Э.И. Салихова, В.В. Мокшин, А.П. Кирпичников, П.И. Тутубалин, О.П. Михайлова, Вестник Технологического университета, 21, 2, 163-168 (2018).
17. В.С. Моисеев, П.И. Тутубалин, Р.Р. Шафигуллин, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, 1, 120-128 (2012).
18. В.С. Моисеев, П.И. Тутубалин, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, 2, 129-135 (2011).
19. В.С. Моисеев, П.И. Тутубалин, Нелинейный мир, 9, 8, 497-499 (2011).
20. 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).
21. В.С. Моисеев, В.В. Дятчин, П.И. Тутубалин, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, 2, 55-58 (2007).
22. 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).
23. В.С. Моисеев, В.В. Дятчин, П.И. Тутубалин, Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, 4, 36-39 (2005).
24. П.И. Тутубалин, А.П. Кирпичников, Вестник Казанского технологического университета, 20, 10, 94-99 (2017).
25. П.И. Тутубалин, А.П. Кирпичников, Вестник Казанского технологического университета, 20, 16, 102-109 (2017).
26. П.И. Тутубалин, А.П. Кирпичников, Вестник Казанского технологического университета, 20, 19, 96-102 (2017).
27. П.И. Тутубалин, А.П. Кирпичников, Вестник Казанского технологического университета, 20, 20, 101-108 (2017).
28. П.И. Тутубалин, А.П. Кирпичников, Вестник Казанского технологического университета, 20, 21, 86-92 (2017).
29. Р.В.Родина. Имитационное моделирование как средство оптимизации процессов производства // Научные достижения и открытия современной молодежи: сборник статей Международной научно-практической конференции в 2 ч. Ч.1. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2017. С.75-77
30. <https://cloud.anylogic.com/model/4b6944d0-1426-4db4-a246-6f61ccc3c4a5?mode=SETTINGS>