

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ
INFORMATION TECHNOLOGY AND TELECOMMUNICATIONS

УДК 004.942



DOI: 10.21822/2073-6185-2024-51-3-54-59

Оригинальная статья /Original article

Исследование методов моделирования предприятия массового обслуживания

Ш.М. Джафарова, С.М.Ахмедова, А.Г. Алиева

Сумгаитский государственный университет,

AZ5008, г.Сумгаит, ул. Баку, 1, 43-й квартал, Азербайджан

Резюме. Цель. Целью исследования является применение инструментов искусственного интеллекта для оптимизации и моделирования автоматизированной организации работы предприятия массового обслуживания. **Метод.** Исследование основано на применении сети Петри как инструмента моделирования, а также математических аппаратных средств, позволяющих реализовывать имитационные модели подсистем и проводить дополнительные исследования моделей искусственного интеллекта GPSS. **Результат.** Для обработки результатов процесса моделирования был использован метод сети Петри и разработан граф модели сетевой активности. Процесс моделирования, используемый с помощью приложения сети Петри, позволяет более четко описывать такие функции. Рассмотрены принципы моделирования систем на основе языка GPSS и сети Петри. **Вывод.** Целесообразно использовать языковые аппараты GPSS и сети Петри для информационного обеспечения деятельности организации массового обслуживания, моделирования структуры организации и информационных потоков.

Ключевые слова: искусственный интеллект; моделирование; сервисное предприятие, сеть Петри; граф-схема

Для цитирования: Ш.М. Джафарова, С.М. Ахмедова, А.Г. Алиева. Исследование методов моделирования предприятия массового обслуживания. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2024; 51(3):54-59. DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-3-54-59

Research of methods of modeling of mass service enterprise

Sh.M. Jafarova, S.M. Akhmedova, A.G. Aliyeva

Sumgait State University,

1 Baku St., 43rd district, Sumqayit AZ5008, Azerbaijan

Abstract. Objective. The purpose of the study is to use artificial intelligence tools to optimize and model the automated organization of work at a mass service enterprise. **Method.** The research is based on the use of a Petri net as a modeling tool, as well as mathematical hardware that makes it possible to implement simulation models of subsystems and conduct additional research on GPSS artificial intelligence models. **Result.** To process the results of the modeling process, the Petri net modeling method was used and a network activity model graph was developed. The modeling process used with the Petri Net application allows such functions to be described more clearly. The principles of modeling systems based on the GPSS language and Petri nets are considered. **Conclusion.** It is advisable to use the language devices GPSS and SP, which provide information support for the activities of a mass service enterprise, modeling the structural organization and information flows.

Keywords: artificial intelligence, modeling, service enterprise, Petri net, graph-scheme

For citation: Sh.M. Jafarova, S.M. Akhmedova, A.G. Aliyeva. Research of methods of modeling of mass service enterprise. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2024; 51(3):54-59. DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-3-54-59

Введение. Поскольку информационные технологии – постоянно развивающаяся сфера, все чаще включаются услуги, направленные на развитие этой сферы. Учитывая

плотность процесса обслуживания клиентов на предприятиях массового обслуживания (ПМО), применение средств искусственного интеллекта для оптимизации и моделирования автоматизированной организации их работы является одним из актуальных вопросов.

В настоящее время созданы новые информационные системы, позволяющие повысить качество государственных услуг за счет четкого управления документооборотом и потоками пользователей. В тоже время официализация и представление процессов государственной службы в виде информационных моделей позволяют выявить недостатки. Как правило, ПМО имеет значительные скрытые ресурсы для улучшения своей структуры и организации процесса обслуживания [1-4].

Постановка задачи. Существуют разные формы решения задачи, и одна из них – построение бизнеса предприятия, например, с помощью языка моделирования GPSS [3]. Решением этой проблемы является обеспечение правильного управления ресурсами в процессе обслуживания. Ресурсами здесь могут быть люди, оборудование или объекты, например служебные помещения. В целях повышения эффективности обслуживания людей на предприятиях сферы услуг создается модель информационного обеспечения управления ресурсами.

Методы исследования. Поскольку ПМО является большой организацией, то для эффективного анализа эффективности такой организации используется имитационное моделирование. Для изучения работы сервисных предприятий, анализа их эффективности и последующей оптимизации могут использоваться различные инструменты моделирования, среди которых выделяют язык GPSS (General Purpose Simulation System) [5-7]. Возможности моделирования этого языка обширны и для построения GPSS необходима модель структуры сервисного предприятия, исходя из нее определяются загруженность отдельных подразделений, наличие очередей, среднее время пребывания людей в системе.

По результатам отчета GPSS возможно оптимизировать работу предприятия массового обслуживания, то есть устранить очереди, перераспределить рабочий поток, улучшить график работы сотрудников и т.д.

В рассматриваемом примере создана имитационная модель предприятия с регистрацией и тремя приемными отделениями. Структура ПМО и схема взаимодействия с человеком показаны на рис. 1.

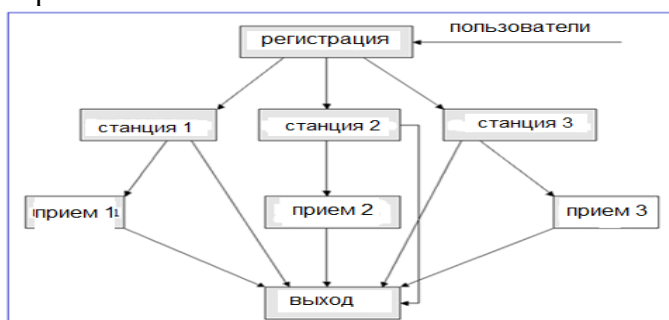


Рис. 1. Структура предприятия массового обслуживания

Fig. 1. Structure of a mass service enterprise

Основной проблемой крупных предприятий сферы услуг являются системы массового обслуживания. Работа указанной структуры осуществляется следующим образом: в модели GPSS активный элемент (приложение, человек) называется операцией, а блок создания приложения формирует поток транзакций, имитирующий поток запросов людей. Люди выстраиваются в очередь на стойке регистрации, где их обслуживают в течение определенного периода времени. После регистрации им предоставляется соответствующий приоритет. После этого человека (пользователя) направляют в одну из трех приемных. В зависимости от запроса пользователя он остается на объекте определенный период времени и после его обслуживания выходит из модели. После прохождения модели операция уничтожается, чтобы не занимать память.

GPSS-модель представлена на рис. 2.

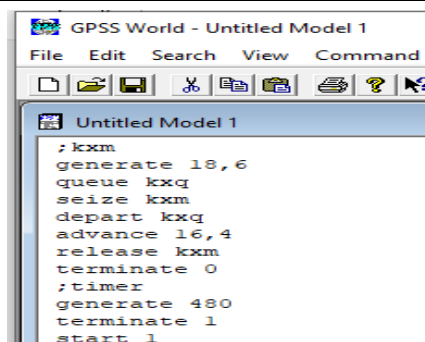


Рис. 2. Модель GPSS предприятия массового обслуживания
Fig. 2. GPSS model of a queuing enterprise

На рис. 3 показан пример фрагмента программного обеспечения, моделирующего работу предприятия сферы услуг по заданным входным потокам людей.

GPSS World - [Untitled Model 1.3.1 - REPORT]

File Edit Search View Command Window Help

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.3.1

Wednesday, October 18, 2023 23:06:05

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	480.000	9	1	0

NAME	VALUE
KXM	10001.000
KXQ	10000.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT	COUNT	RETRY
	1	GENERATE	26		0	0
	2	QUEUE	26		0	0
	3	SEIZE	26		0	0
	4	DEPART	26		0	0
	5	ADVANCE	26		1	0
	6	RELEASE	25		0	0
	7	TERMINATE	25		0	0
	8	GENERATE	1		0	0
	9	TERMINATE	1		0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
KXM	26	0.863	15.926	1	27	0	0	0

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
KXQ	1	0	26	15	0.078	1.441	3.407

FEC	XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
27	0		482.664	27	5	6		
28	0		482.707	28	0	1		
29	0		960.000	29	0	8		

Рис. 3. Программа GPSS, моделирующая работу предприятия массового обслуживания
Fig. 3. GPSS program simulating the work of a mass service enterprise

Символы, используемые в модели GPSS:

Услуга 480 охватывает период 8 часов, т.е. 480 минут;

18.6 – пользователи подают заявку в течение 18 минут и предоставляют услугу в течение 6 минут;

26 – количество запросов пользователей на очереди;

25 – количество обслуживаемых пользователей.

Обсуждение результатов. Детальный анализ всей работы предприятия с использованием модели показывает, где наблюдаются большие задержки в уходе за людьми, что удлиняет очередь. Поэтому по результатам модели становятся понятны пути оптимизации работы и повышения качества сервиса.

Устройства сети Петри (СП) также могут использоваться для описания ПМО [8]. СП является одним из наиболее выразительных средств моделирования параллельных, синхронных и асинхронных процессов, отражающих деятельность предприятий. Аппаратные средства СП – это математические аппаратные средства, позволяющие реализовывать имитационные модели подсистем и проводить дополнительные исследования моделей GPSS. Модель элементов ПМК описывается с помощью СП:

$$N=(P, T, I, O, \mu), \quad (1)$$

где, $P=\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – множество позиций;

$T=\{t_1, t_2, \dots, t_r\}$ – множество переходов;

I – является входной функцией – отображением из переходов в комплекты позиций;

О – выходная функция – отображение из комплектов позиций в переходы;
 μ – начальная разметка позиций.

Структура сети получается путем определения позиций СП, количества переходов, а также функций ввода и вывода для каждой позиции и перехода. СП отражает логическую последовательность событий, позволяет отслеживать информационные потоки и прорабатывать взаимодействие процессов. Следовательно, они являются удобным инструментом для моделирования людских потоков и описания процесса организации очередей. Их преимущество заключается в простоте человеческого восприятия и понимания графических изображений, в том числе динамических. Узлы СП представлены графом с позициями (отмечены кружками) и переходами и соединены направленными дугами. Активный элемент (маркер) определяет, как работает сеть.

На рис. 4 показана схема СП, которая моделирует работу ПМО, обслуживающего поток приложения [9,10].

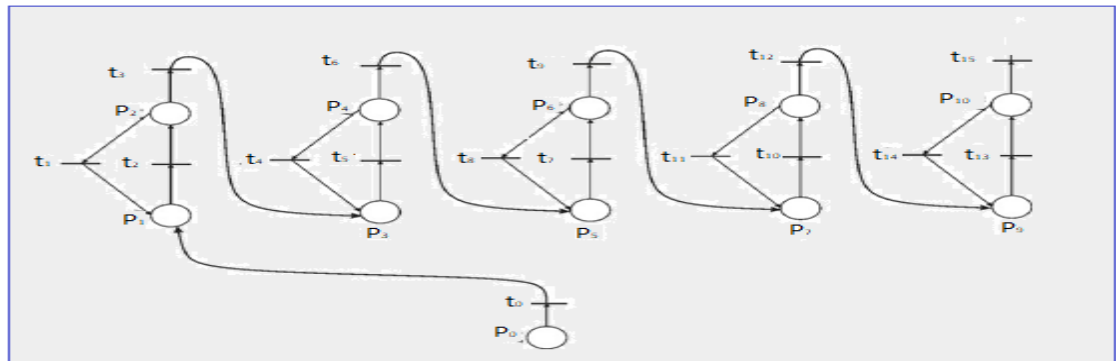


Рис. 4. Граф-схема СП, моделирующая работу предприятия массового обслуживания

Fig. 4. Flow chart of a service center simulating the operation of a mass service enterprise

Для встраиваемых моделей предусмотрены следующие символы:

Количество позиций следующее:

p_0 – Выпуск распознавания искусственного интеллекта;

p_1 – Регистрация;

p_2 – Прием заявок;

p_3 – Переадресация на пункты приема;

p_4 – Приемная станция 1 принимает;

p_5 – Приемник передает на выход точку 1;

p_6 – Приемная станция 2 принимает;

p_7 – точка приема 2 передает на выход;

p_8 – Прием принимает 3 станции;

p_9 – Прием передает на выход 3 точки;

p_{10} – Результаты обработки на выходе;

Набор переходов следующий:

t_0 – Запуск службы;

t_1 – Процесс регистрации;

t_2 – Направление по заявлениям;

t_3 – Переход на станцию Приема 1;

t_4 – Передача от входа 1 к выходу;

t_5 – Переход от точки приема 1 к выходу;

t_6 – Переход на Прием 2;

t_7 – Передача с точки приема 2 на выход;

t_8 – Переход от точки приема 2 к выходу;

t_9 – Переход на прием 3;

t_{10} – Передача с пункта приема 3 на выход;

t_{11} – Переход от точки приема 3 к выходу;

t_{12} – Переход от приема 1 к регистрации;

t_{13} – Переход от приема 2 к регистрации;

t_{14} – Переход от приема 3 к регистрации;

t_{15} – Переход на общий сервис.

Рассмотрим связь между моделями GPSS и СП. Позиции СП моделируются операторами языка GPSS следующим образом: SEIZE и RELEASE, которые описывают процессы загрузки и освобождения устройства; оператор ADVANCE, реализующий задержку, и операторы QUEUE и DEPART, моделирующие организацию очереди.

Операция перехода обычно моделируется в три этапа:

1. Проверка условия наличия хотя бы одного маркера во входных позициях и удаление (сбор) маркера оператором ASSEMBLE или GATHER;
2. Если это временная сеть Петри, то шаг задержки операции перехода выполняется оператором ADVANCE;
3. Перенос маркеров на выходные позиции операторами TRANSFER.

СП получает возможность рассмотреть и проанализировать внутреннюю структуру предприятия массового обслуживания, смоделировать имеющуюся у него техническую оснащенность. Также моделирование позволяет проверить алгоритмы обработки документооборота и определить эффективность структурной организации, например, учреждений здравоохранения. GPSS не имеет инструментов СП для визуализации работы системы и визуального отображения ее структуры.

Таким образом, когда язык моделирования GPSS и СП используются вместе, можно более полно проанализировать производительность такой сложной системы как коммунальное предприятие.

Вывод. Целесообразно использовать языковые аппараты GPSS и СП, обеспечивающие информационное обеспечение деятельности ПМО, моделирование структуры организации и информационных потоков.

Рассмотрение ПМО как сервиса самообслуживания позволяет оценивать ситуацию и управлять потоками людей, находить пробки и ограничивать нагрузку на отдельные отделения при возникновении очередей.

Моделирование предоставляет руководителям общую и детальную информацию, позволяет контролировать работу различных подразделений и служб, анализировать динамику изменения основных показателей деятельности сервисного предприятия.

Библиографический список:

1. Фенина О. В., Фенин А. О., Брик М. В. Сети Петри для моделирования искусственного интеллекта // Всероссийская научная конференция «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений» Уфа, 2018. Т. 1. С. 290–299
2. Mamedov J.F., Abdullayev Q.S., Aliyev I.S., Safarova T.A. Developing Flexible Manufacture Cell in University Industrial Park and its Modeling // Proceedings 2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon) Sochi, Russia September 8-14, 2019
3. Suraj Z. An Approach to Modeling Decision-Making Systems Based on Uninorms and Petri Nets Submitted to 2023 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE 2023), August 13-17, 2023, Songdo Incheon, Korea (2023)
4. Yue W., Wan X., Li S., Ren H. and H. He, Simplified Neutrosophic Petri Nets Used for Identification of Superheat Degree, International Journal of Fuzzy Systems, (2022)
5. Valdez F. and, Castillo O and P. Melin, Bio-Inspired Algorithms and Its Applications for Optimization in Fuzzy Clustering, Algorithms (2021), 14, 122
6. Pascual-Fontanilles J., Valls A., A. Moreno and P. Romero-Aroca, Continuous Dynamic Update of Fuzzy Random Forests, International Journal of Computational Intelligence Systems, 15(1) (2022), art. no. 74.
7. Hafram, S.M., Valery, S. and Hasim, A.H., "Calibrating and validation microscopic traffic simulation models vissim for enhanced highway capacity planning", International Journal of Engineering, Transactions B: Applications, Vol. 36, No. 8, (2023), 1509-1519. doi: 10.5829/IJE.2023.36.08B.11
8. Mercan, M.C., Kayalica, M.Ö., Kayakutlu, G. and Ercan, S., "Economic model for an electric vehicle charging station with v ehicletogrid functionality", International Journal of Energy Research, Vol. 44, No. 8, (2020), 6697-6708. <https://doi.org/10.1002/er.5407>

9. Taheri, M., Arkat, J., Farughi, H. and Pirayesh, M., "Modeling the traffic signal control system at an isolated intersection using queuing systems", International Journal of Engineering, Transactions C: Aspects, Vol. 34, No. 9, (2021), 2077-2086. <https://doi.org/10.5829/IJE.2021.34.09C.05>
10. Джафарова Ш.М. Моделирование работы гибкого производственного модуля с помощью сетей Петри. // Вестник компьютерных и информационных технологий, ISSN:1810-7206, №2, Москва-2022, стр.19-25. <http://www.vkit.ru/index.php/current-issue-rus/1123-019-025>

References:

1. Fenina O. V., Fenin A. O., Brik M. V. Petri nets for modeling artificial intelligence. All-Russian scientific conference "Information technologies for intelligent decision support" Ufa, 2018; 1: 290– 299 (In Russ).
2. Mamedov J.F., Abdullayev Q.S., Aliyev I.S., Safarova T.A. Developing Flexible Manufacture Cell in University Industrial Park and its Modeling. *Proceedings 2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon) Sochi, Russia September 8-14, 2019.*
3. Suraj Z. An Approach to Modeling Decision-Making Systems Based on Uninorms and Petri Nets Submitted to 2023 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE 2023), August 13-17, 2023, Songdo Incheon, Korea (2023)
4. Yue W., Wan X., Li S., Ren H. and H. He, Simplified Neutrosophic Petri Nets Used for Identification of Superheat Degree, International Journal of Fuzzy Systems, (2022)
5. Valdez F. and, Castillo O and P. Melin, Bio-Inspired Algorithms and Its Applications for Optimization in Fuzzy Clustering, Algorithms. 2021;14:122.
6. Pascual-Fontanilles J., Valls A., A. Moreno and P. Romero-Aroca, Continuous Dynamic Update of Fuzzy Random Forests, International Journal of Computational Intelligence Systems, 2022; 15(1), art. no. 74.
7. Hafram, S.M., Valery, S. and Hasim, A.H., "Calibrating and validation microscopic traffic simulation models vissim for enhanced highway capacity planning", International Journal of Engineering, Transactions B: Applications, 2023; 36(8):1509-1519. doi: 10.5829/IJE.2023.36.08B.11
8. Mercan, M.C., Kayalica, M.Ö., Kayakutlu, G. and Ercan, S., "Economic model for an electric vehicle charging station with v ehiclegrid functionality", International Journal of Energy Research, 2020; 44(8):6697-6708. <https://doi.org/10.1002/er.5407>
9. Taheri, M., Arkat, J., Farughi, H. and Pirayesh, M., "Modeling the traffic signal control system at an isolated intersection using queuing systems", International Journal of Engineering, Transactions C: Aspects, Vol. 34, No. 9, (2021), 2077-2086. <https://doi.org/10.5829/IJE.2021.34.09C.05>
10. Jafarova Sh.M. Modeling the operation of a flexible production module using Petri nets. *Bulletin of Computer and Information Technologies*, ISSN: 1810-7206, No. 2, Moscow-2022, Art. 19-25. <http://www.vkit.ru/index.php/current-issue-rus/1123-019-025> (In Russ).

Сведения об авторах:

Джафарова Шалала Мехти, доктор философии по техническим наукам, доцент, доцент кафедры «Информационные технологии»; shalala.cafarova@sdu.edu.az

Ахмедова Светлана Магеррам, доктор философии по техническим наукам, доцент кафедры «Информационные технологии»; svetlana.ahmadova@sdu.edu.az

Алиева Арзу Габил, доктор философии по техническим наукам, старший преподаватель кафедры «Информационные технологии»; arzu.aliyeva@sdu.edu.az

Information about authors:

Shalala M. Jafarova, Ph.D. (Technology), Assoc. Prof., Assoc. Prof., Department of Information Technologies; shalala.cafarova@sdu.edu.az

Svetlana M. Akhmedova, Ph.D. (Technology), Assoc. Prof., Department of Information Technology; svetlana.ahmadova@sdu.edu.az

Arzu G. Aliyeva, Ph.D. (Technology), Senior Lecturer, Department of Information Technologies; arzu.aliyeva@sdu.edu.az

Конфликт интересов/Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/ Received 13.05.2024.

Одобрена после рецензирования / Revised 10.06.2024.

Принята в печать /Accepted for publication 10.06.2024.