

Научная статья
УДК 510.644.4
DOI: <https://doi.org/10.24866/VVSU/2073-3984/2022-3/158-167>

Нечеткая модель расчета численности персонала контактного центра

Еськов Владимир Александрович
Солодухин Константин Сергеевич

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
Владивосток, Россия

Аннотация. Статья посвящена проблеме прогнозирования численности персонала центра обслуживания вызовов в условиях нечетких входных данных. В работе решается задача разработки нечеткой модели расчета плановой численности персонала контактного центра на каждый час в течение суток. Модель нечеткого логического вывода, представляющая собой модель Мамдани, позволяет рассчитать необходимое на линии каждый час количество операторов при заданных входных параметрах. Модель реализована в пакете MATLAB Fuzzy Logic Toolbox с использованием графического интерфейса, что позволяет быстро и удобно производить необходимые расчеты. Приводятся результаты апробации модели на примере контактного центра крупного оператора связи. Продемонстрированы преимущества использования предложенной нечеткой модели по сравнению с расчетами на основе формул Эрланга. Полученные результаты вносят вклад в развитие инструментария для расчета основных показателей функционирования контактных центров на основе нечетких методов. Практическая значимость результатов определяется возможностью прямого использования предложенной модели при планировании численности персонала центров обслуживания вызовов компаний любых сфер деятельности.

Ключевые слова: контактный центр, центр обслуживания вызовов, прогнозирование численности операторов, нечеткая модель, нечеткий логический вывод, алгоритм Мамдани.

Для цитирования: Еськов В.А., Солодухин К.В. Нечеткая модель расчета численности персонала контактного центра // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2022. Т. 14, № 3. С. 158–167. DOI: <https://doi.org/10.24866/VVSU/2073-3984/2022-3/158-167>.

Original article

Fuzzy model for calculating the number of contact center staff

Vladimir A. Eskov
Konstantin S. Solodukhin

Vladivostok State University of Economics and Service
Vladivostok, Russia

Abstract. The article is devoted to the problem of predicting the number of personnel of the call service center under conditions of fuzzy input data. The paper solves the problem of developing a fuzzy model for calculating the planned number of personnel of the contact center for every hour during the day. The fuzzy inference model, which is the Mamdani model, allows you to calculate the number of operators required on the line every hour for given input parameters. The model is implemented in the MATLAB Fuzzy Logic Toolbox package using a graphical interface, which allows you to quickly and conveniently perform the necessary calculations. The results of testing the model on the example of a contact center of a large telecom operator are presented. The advantages of using the proposed fuzzy model in comparison with calculations based on Erlang formulas are demonstrated. The obtained results contribute to the development of tools for calculating the

© Еськов В.А., 2022
© Солодухин К.С., 2022

main indicators of the functioning of contact centers based on fuzzy methods. The practical significance of the results is determined by the possibility of direct use of the proposed model when planning the number of staff of call service centers of companies in any field of activity.

Keywords: *contact center, call service center, forecasting the number of operators, fuzzy model, fuzzy inference system, Mamdani algorithm.*

For citation: *Eskov V.A., Solodukhin K.S. Fuzzy model for calculating the number of contact center staff // The Territory of New Opportunities. The Herald of Vladivostok State University of Economics and Service. 2022. Vol. 14, № 3 P. 158–167. DOI: <https://doi.org/10.24866/VVSU/2073-3984/2022-3/158-167>.*

Введение

В настоящее время подавляющее большинство средних и крупных компаний предоставляют своим клиентам круглосуточную информационную и техническую поддержку, реализуемую через контактный центр или центр обслуживания вызовов (ЦОВ).

Компании, имеющие собственные контактные центры, несут значительные затраты, связанные с закупкой лицензий и специального оборудования, содержанием помещений, организацией рабочих мест, рекрутингом, оплатой труда сотрудников. В свою очередь, количество операторов может исчисляться сотнями, а зачастую и тысячами штатных единиц. В этой связи компании стремятся, по возможности, сокращать количество сотрудников ЦОВ. При этом, однако, возникает риск снижения качества работы контактного центра, что может привести к снижению лояльности клиентов и их оттоку, а значит, и сокращению доходов. В этих условиях особое значение играет точность планирования численности персонала контактного центра.

Важно отметить, что центры обслуживания вызовов функционируют в условиях априорной неопределенности поведения внешней среды, что отражается в том числе в неопределенности интенсивностей заявок в ЦОВ при ограниченности состава операторов [4]. При этом для расчета основных показателей функционирования ЦОВ (в том числе численности персонала) в подавляющем большинстве случаев используются простейшие аналитические модели, построенные на базе формул Эрланга, которые не способны адекватно отражать реальные процессы, происходящие в контактных центрах с приоритетными заявками и «нетерпеливыми» клиентами [2, 7].

В научной литературе представлены и более сложные модели, основанные в основном на методах теории массового обслуживания [1, 5, 6, 8, 11–13, 16]. В качестве инструментов мониторинга загруженности операторов и прогнозирования их нагрузки активно применяются методы интеллектуального анализа данных и нейронных сетей [9, 15]. Отдельного внимания заслуживают работы, в которых операторская составляющая ЦОВ рассматривается как одна из трех основных его подсистем (наряду с канальной и технической), каждая из которых представлена соответствующей моделью массового обслуживания. При этом при решении задач оптимального распределения ресурсов между подсистемами применяются методы динамического программирования, имитационного моделирования и теории игр [3, 10].

При моделировании систем массового обслуживания мы имеем дело со стохастической неопределенностью, поскольку переменные представляют собой

случайные величины, числовые характеристики (и распределения) которых известны либо могут быть получены статистическим путем (сбором и обработкой соответствующих статистических данных). Это объясняет популярность использования моделей систем массового обслуживания.

Однако возможен и другой подход к моделированию неопределенности, основанный на использовании инструментов теории нечетких множеств. В этом случае переменные модели будут задаваться не функциями распределения, а терм-множествами с соответствующими функциями принадлежности.

Существует большое количество методов построения функций принадлежности. В каждом из этих методов предполагается участие экспертов (поскольку мы имеем дело с лингвистическими шкалами, а значит, возникает лингвистическая неопределенность), однако роли экспертов различны. Одним из таких методов является метод статистических данных, применяемый в случае, когда есть возможность наблюдения за объектом в течение значительного времени и фиксации частоты появления различных фактов. В этом случае функция принадлежности создается на основе статистических данных по определенному алгоритму, но параметры этого алгоритма определяются экспертно. Привлекательность использования данного метода при моделировании деятельности ЦОВ связана с возможностью накопления различных статистических данных за большие промежутки времени. При этом функции принадлежности некоторых других переменных модели могут определяться иными методами.

Нечетко-множественный подход также дает возможность построения и использования систем нечеткого логического вывода, представляющих собой экспертные системы, основанные на нечеткой логике, и позволяющих на основе использования различных алгоритмов получать четкие значения выходной переменной на основе четких значений входных переменных.

Цель данной работы состоит в разработке модели нечеткого логического вывода для расчета плановой численности персонала контактного центра на каждый час.

Основная часть

Представим нечеткую модель для расчета количества операторов, задействованных каждый час времени непосредственно на линии. Ниже приведены переменные модели:

– Incoming Flow (звонковая нагрузка, IF) – количество входящих звонков за определенный интервал времени, ед.;

– Average Handling Time (среднее время обслуживания, АНТ) – продолжительность времени, которая требуется оператору для обслуживания вопроса клиента, с;

– Average Speed of Answer (среднее время ожидания ответа клиентом, ASA) – показатель, демонстрирующий, сколько времени теряет клиент при обращении в колл-центр, ожидая ответа оператора, с;

– Service Level (уровень сервиса, SL) – отношение обслуженных оператором звонков в рамках заданного промежутка времени к общему количеству поступивших в очередь вызовов, %;

– Number of Operators (количество операторов, NO) – плановая численность операторов на линии каждый час, чел.

Лингвистические шкалы для данных показателей и соответствующие функции принадлежности нечетких множеств приведены в табл. 1–5. Заметим, что функции принадлежности определялись методом статистических данных.

Таблица 1

Преобразование вербальных оценок переменной «звонковая нагрузка» в нечеткие множества

Вербальная оценка	Значения x									
	900	800	700	600	500	400	300	200	100	0
	Значения $U(x)$									
Высокая (ВН)	1	0,8	0,5	0,15	0	0	0	0	0	0
Средняя (СН)	0	0	0	0,5	1	1	0,5	0	0	0
Низкая (НН)	0	0	0	0	0	0	0,15	0,5	0,8	1

Таблица 2

Преобразование вербальных оценок переменной «время обслуживания» в нечеткие множества

Вербальная оценка	Значения x						
	600	500	400	300	200	100	0
	Значения $U(x)$						
Высокое (ВДД)	1	0,65	0,35	0	0	0	0
Среднее (СДД)	0	0	0,5	1	0,5	0	0
Низкое (НДД)	0	0	0	0	0,35	0,65	1

Таблица 3

Преобразование вербальных оценок переменной «среднее время ожидания ответа клиентом» в нечеткие множества

Вербальная оценка	Значения x									
	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0
	Значения $U(x)$									
Высокое (ВДО)	1	0,8	0,5	0,15	0	0	0	0	0	0
Среднее (СДО)	0	0	0	0,5	1	1	0,5	0	0	0
Низкое (НДО)	0	0	0	0	0	0	0,15	0,5	0,8	1

Таблица 4

Преобразование вербальных оценок переменной «уровень сервиса» в нечеткие множества

Вербальная оценка	Значения x									
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
	Значения $U(x)$									
Высокий (BC)	1	0,8	0,5	0,15	0	0	0	0	0	0
Средний (CC)	0	0	0	0,5	1	1	0,5	0	0	0
Низкий (NC)	0	0	0	0	0	0	0,15	0,5	0,8	1

Таблица 5

Преобразование вербальных оценок переменной «количество операторов» в нечеткие множества

Вербальная оценка	Значения x									
	168	147	126	105	84	63	42	21	0	
	Значения $U(x)$									
Критично много (КМН)	1	0,7	0,4	0,1	0	0	0	0	0	
Очень много (ОМН)	0,7	1	0,7	0,4	0,1	0	0	0	0	
Много (МН)	0,4	0,7	1	0,7	0,4	0,1	0	0	0	
Выше среднего (BC)	0,1	0,4	0,7	1	0,7	0,4	0,1	0	0	
Среднее (C)	0	0,1	0,4	0,7	1	0,7	0,4	0,1	0	
Ниже среднего (NC)	0	0	0,1	0,4	0,7	1	0,7	0,4	0,1	
Мало (M)	0	0	0	0,1	0,4	0,7	1	0,7	0,4	
Очень мало (OM)	0	0	0	0	0,1	0,4	0,7	1	0,7	
Критично мало (KM)	0	0	0	0	0	0,1	0,4	0,7	1	

В таблице 6 представлен фрагмент базы данных лингвистических правил оценивания эндогенной переменной «количество операторов» на трехуровневом классификаторе по четырем входным переменным. Общее число правил равно $3^4 = 81$.

Модель расчета четких значений переменной «количество операторов» при заданных четких значениях четырех входных переменных на основе алгоритма Мамдани [14] реализована в пакете MATLAB Fuzzy Logic Toolbox с использованием графического интерфейса. Это позволяет удобно и быстро рассчитать необходимое количество операторов, необходимое на линии каждый час, при заданных входных параметрах.

Фрагмент базы лингвистических правил

Номер нечеткого правила	Оператор	Лингвистические значения показателей				Оператор	Количество операторов (NO)
		1-IF	2-АНТ	3-ASA	4-SL		
1	IF	ВН	ВДД	НДО	BC	THEN	КМН
14	IF	ВН	СДД	СДО	CC	THEN	BC
27	IF	ВН	НДД	ДО	HC	THEN	М
39	IF	СН	СДД	НДО	HC	THEN	С
45	IF	СН	СДД	ДО	HC	THEN	М
55	IF	НН	ДД	НДО	BC	THEN	МН
63	IF	НН	ДД	ДО	HC	THEN	М
68	IF	НН	СДД	СДО	CC	THEN	HC
81	IF	НН	НДД	ДО	HC	THEN	KM

Так, например, при следующих значениях переменных: Incoming Flow (звонковая нагрузка) = 780, Average Handling Time (время обслуживания) = 356, Average Speed of Answer (среднее время ожидания ответа клиентом) = 30, Service Level (уровень сервиса) = 80 необходимое на линии количество операторов составляет 113 человек.

Следует заметить, что при расчете каждый час необходимого количества операторов полученные на основе нечеткой модели значения следует умножить на коэффициенты замещения и сменности.

Коэффициент замещения позволяет учесть необходимость перерывов операторов в течение рабочего дня (в том числе обеденный перерыв), а также отсутствие части операторов по причине отпусков, болезней, тренингов и т.п.

Коэффициент сменности позволяет учесть график работы ЦОВ (например, резкое падение количества звонков в ночные часы).

Разработанная нечеткая модель была апробирована в макрорегиональном филиале «Дальний Восток» (г. Владивосток) компании ПАО «Ростелеком». Компания имеет многомиллионную базу абонентов, которая постоянно расширяется. Это вызывает необходимость качественного и своевременного предоставления услуг технической и информационной поддержки, реализуемых с помощью большого числа дистанционных каналов обслуживания, включая один из крупнейших в России контакт-центр.

В настоящее время необходимое количество операторов контактного центра в компании рассчитывается на основе формул Эрланга. Нами были проведены соответствующие расчеты на основе разработанной нечеткой модели для выбранных суток. Полученные результаты приведены в табл. 7.

Таблица 7

**Результаты расчетов необходимого на линии количества операторов
контактного центра на основе нечеткой модели и калькулятора Эрланга**

Время	IF	АНТ	ASA	SL	NO	
					нечеткая модель	калькулятор Эрланга
0:00:00	29	189	30	80	3	3
1:00:00	23	421	30	80	5	5
2:00:00	45	288	30	80	6	6
3:00:00	65	259	30	80	7	7
4:00:00	116	298	30	80	13	13
5:00:00	171	326	30	80	19	19
6:00:00	339	335	30	80	36	36
7:00:00	347	349	30	80	39	39
8:00:00	348	331	30	80	37	37
9:00:00	414	358	30	80	46	47
10:00:00	375	377	30	80	45	45
11:00:00	430	339	30	80	45	46
12:00:00	460	340	30	80	48	49
13:00:00	466	350	30	80	49	51
14:00:00	416	342	30	80	45	45
15:00:00	377	397	30	80	46	47
16:00:00	394	365	30	80	45	45
17:00:00	478	418	30	80	61	62
18:00:00	371	391	30	80	45	46
19:00:00	272	456	30	80	40	40
20:00:00	181	393	30	80	24	24
21:00:00	82	365	30	80	11	11
22:00:00	28	428	30	80	6	6
23:00:00	18	242	30	80	3	3

Заметим, что значения показателей ASA и SL не меняются в связи с принятым в компании целевым уровнем сервиса, при котором 80% звонков должны быть приняты за 30 с ожидания ответа клиентом. Полученные значения количества операторов на линии отличаются лишь в пиковые часы нагрузки. Вместе

с тем суммарные суточные расчетные значения различаются на 7 человек. Если учесть коэффициент замещения, который в компании «Ростелеком» сезонно колеблется от 1,15 до 1,36, то суммарное суточное различие необходимого количества операторов может составлять до 10 человек. С учетом того, что рабочая смена операторов обычно оставляет 9 ч (с перерывом для отдыха и питания), в реальности экономия в количестве операторов на линии может составить лишь 3 человека (если ориентироваться на различия в расчетах для пикового по нагрузке часа с учетом коэффициента замещения). Но надо понимать, что такая ситуация будет повторяться каждые сутки, что может привести к существенной экономии за счет сокращения затрат на оплату труда и социальные выплаты, подбор персонала, организацию дополнительных рабочих мест, покупку лицензий и др.

Заключение

В статье представлена нечеткая модель расчета плановой численности персонала контактного центра на каждый час. Приводятся результаты апробации модели на примере контактного центра крупного оператора связи. Теоретическая значимость представленных результатов состоит в расширении инструментария для расчета основных показателей функционирования центра обслуживания вызовов на основе методов нечеткой логики. Практическая значимость результатов состоит в возможности прямого использования предложенной модели при планировании численности персонала контактных центров компаний любых сфер деятельности.

Список источников

1. Завалишин Д.С., Тимофеев Н.А. Оптимизация режима работы контакт-центра // Информационные технологии моделирования и управления. 2015. Т. 92, № 2. С. 138–144.
2. Зарубин А.А. Call и контакт-центры: эволюция технологий и математических моделей // Вестник связи. 2003. № 8. С. 85–89.
3. Листова Н.В. Математическое моделирование и алгоритм формирования разноприоритетных групп операторов в центре обслуживания вызовов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2008. № 2. С. 30–34.
4. Листова Н.В. Метод многоуровневого моделирования и оптимизации структуры Центров обслуживания вызовов: автореф. дис.... канд. тех. наук: 05.13.01. Ставрополь, 2011. 19 с.
5. Носова М.Г., Дегтярева М.В. Математическая модель для оптимизации обслуживания вызовов в контакт-центре // Colloquium-journal. 2020. № 11-2 (63). С. 23–25.
6. Носова М.Г., Дегтярева М.В. Построение и анализ модели контакт-центра как системы массового обслуживания с многоуровневым IVR и нетерпеливыми запросами // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 9-1. С. 101–106.
7. Росляков А.В., Ваняшин С.В., Решодько А.А. Сравнительный анализ математических моделей центров обслуживания вызовов // Электросвязь. 2004. № 9. С. 32–34.
8. Росляков А.В., Самсонов М.Ю., Шibaева И.В. Центры обслуживания вызовов (Call Centre). Москва: Эко-Трендз, 2002. 272 с.
9. Хитрова Т.И. Развитие автоматизированных систем управления на основе интеграции информационных и интеллектуальных компонент // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права). 2013. № 1. URL: <http://brj-bguerp.ru/reader/article.aspx?id=18696>

10. Червяков Н.И., Листова Н.В. Задача оптимального распределения ресурса между составляющими центра обслуживания вызовов // Инфокоммуникационные технологии. 2008. Т. 6, № 4. С. 55–58.
11. Aksin Z., Armony M., Mehrotra V. The modern call center: A multi - disciplinary perspective on operations management research // *Production and Operations Management*. 2007. Vol. 16, No. 6. P. 665–688.
12. Garnett O., Mandelbaum A., Reiman M. Designing a call center with impatient customers // *Manufacturing and Service Operations Management, INFORMS*. 2002. Vol. 4, Is. 3. P. 208–227.
13. Gilson K.A., Khandelwal D.K. Getting more from call centers // *The McKinsey Quarterly*. 2005. No. November 22. P. 1–8.
14. Mamdani E.H. Application of fuzzy algorithm for control of simple dynamic plant // *Proc. IEE*. 1974. Vol. 121, No.12. P. 1585–1588.
15. Online flow size prediction for improved network routing / P. Poupart, Z. Chen, P. Jaini [et al.] // *ICNP 2016: 24th IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP 2016)*. – Singapore, 2016. P. 1–6.
16. Timofeev N.A. Call center work optimization on the basis of Markovian process theory // *Herald of the Ural State University of Railway Transport*. 2010. No. 2(6). P. 22–28.

References

1. Zavalishin D.S., Timofeev N.A. Optimizing Contact Center Mode. *Modeling and Management Information Technology*. 2015; 92 (2): 138–144.
2. Zarubin A.A. Call and Contact Centers: evolution of technologies and mathematical models. *Communication Bulletin*. 2003; (8): 85–89.
3. Listova N.V. Mathematical modeling and algorithm of formation of different priority groups of operators in the call service center. *Automation, Telemechanization and Communications in the Petroleum Industry*. 2008; (2); 30–34.
4. Listova N.V. Multilevel Modeling and Optimization of Call Center Structure: autoref. ... dis. cand. teh. sciences: 05.13.01. Stavropol; 2011. P. 19.
5. Nosova M.G., Dektyareva M.V. Mathematical model for optimizing call service in a contact center. *Colloquium-journal*. 2020; 11-2 (63): 23–25.
6. Nosova M.G., Dektyareva M.V. Building and Analyzing a Contact Center Model as a Mass Service with Tiered IVR and Impatient Reguests. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*. 2019; (9-1): 101–106.
7. Roslyakov A.V., Vanyashin S.V., Reshodko A.A. Comparison of Call Center Mathematical Models. *Telecommunication*. 2004; (9): 32–34.
8. Roslyakov A.V., Samsonov M.Yu., Shibaeva I.V. Call Centre. Moscow: Eco-Trends; 2002. 272 p.
9. Khitrova T.I. Development of automated control systems based on integration of information and intelligent components. *Izvestia of the Irkutsk State Economics Academy (Baikal State University of Economics and Law)*. 2013; (1). URL: [http:// brj-bguep.ru/reader/article.aspx?id=18696](http://brj-bguep.ru/reader/article.aspx?id=18696)
10. Chervyakov N.I., Listova N.V. The task of optimally allocating a resource to the components of a call center. *Infocommunication technologies*. 2008; 6 (4): 55–58.
11. Aksin Z., Armony M., Mehrotra V. The modern call center: A multi - disciplinary perspective on operations management research. *Production and Operations Management*. 2007; 16 (6): 665–688.
12. Garnett O., Mandelbaum A., Reiman M. Designing a call center with impatient customers. *Manufacturing and Service Operations Management, INFORMS*. 2002; 4 (3); 208–227.

13. Gilson K.A., Khandelwal D.K. Getting more from call centers. *The McKinsey Quarterly*. 2005; (22): 1–8.
14. Mamdani E.H. Application of fuzzy algorithm for control of simple dynamic plant. *Proc. IEE*. 1974; 121 (12): 1585–1588.
15. Online flow size prediction for improved network routing / P. Poupart, Z. Chen, P. Jaini [et al.]. *ICNP 2016: 24th IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP 2016)*. Singapore; 2016. P. 1–6.
16. Timofeev N.A. Call center work optimization on the basis of Markovian process theory. *Herald of the Ural State University of Railway Transport*. 2010; 2 (6): 22–28.

Информация об авторах:

Еськов Владимир Александрович, аспирант кафедры экономики и управления ВГУЭС, г. Владивосток. E-mail: vova95_@mail.ru

Солодухин Константин Сергеевич, д-р экон. наук, профессор кафедры математики и моделирования ВГУЭС, г. Владивосток. E-mail: Konstantin.Solodukhin@vvsu.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3619-1219>

DOI: <https://doi.org/10.24866/VVSU/2073-3984/2022-3/158-167>

Дата поступления:
25.07.2022

Одобрена после рецензирования:
28.07.2022

Принята к публикации:
27.08.2022