

Волков З.И.

Студент кафедры прикладной информатики

и информационных технологий

НИУ «БелГУ», 4 курс (Белгород, Россия)

Научный руководитель: Гахова Н.Н.

старший преподаватель

кафедры прикладной информатики

и информационных технологий

НИУ «БелГУ», (Белгород, Россия)

Volkov Z.I.

Student of the Department of Applied Informatics

and Information Technology

NRU "BelSU", 4rd year (Belgorod, Russia)

Scientific supervisor: Gahova N.N.

Associate Professor of the Department of Applied Informatics

and Information Technology

NRU "BelSU", (Belgorod, Russia)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА
ПРОВЕДЕНИЯ АНЕСТЕЗИИ СРЕДСТВАМИ GPSS WORLD
DETERMINATION OF STATISTICAL INDICATORS OF THE PROCESS OF
ANESTHESIA BY GPSS WORLD**

Аннотация: в статье проводится имитационное моделирование процесса проведения анестезии с целью исследования потока пациентов и распределения ресурсов для повышения эффективности работы медицинского учреждения. Анализируется загрузка системы и предлагаются пути повышения качества медицинского обслуживания.

Abstract: the article conducts simulation modeling of the anesthesia process in order to study the flow of patients and resource allocation to improve the

efficiency of a medical institution. The system load is analyzed and ways to improve the quality of medical care are proposed.

Ключевые слова: имитационное моделирование, анестезия, поток пациентов, медицинская оптимизация, ресурсы.

Keywords: simulation modeling, anesthesia, patient flow, medical optimization, resources.

Проведение анестезии является важной составляющей в поддержании качественного обслуживания пациентов в стационарном медицинском учреждении и рационального расходования его ресурсов. В данной статье проводится моделирование процесса подготовки и проведения анестезии с целью оптимизации загрузки системы, управления потоком пациентов и повышения эффективности медицинского обслуживания. Моделирование было проведено в среде GPSS World [1].

Моделируется процесс проведения анестезии с целью исследования потока пациентов и распределения ресурсов для улучшения работы стационара. При этом предполагалось, что в медицинском учреждении пациенты поступают в блок подготовки к анестезии в среднем каждые 30 минут, где процесс подготовки занимает 60 ± 30 минут. После подготовки 50% пациентов направляются непосредственно на анестезию, а 50% проходят дополнительное обследование, которое длится 45 ± 10 минут. После проведения анестезии 70% пациентов сразу отправляются в операционную, а 30% нуждаются в дополнительной стабилизации, занимающей 30 ± 15 минут, после чего они также направляются на операцию. Моделирование охватывает 12-часовой рабочий день (720 минут) для анализа загруженности системы, оптимизации потока пациентов и повышения эффективности медицинского обслуживания.

Для моделирования процесса была использована имитационная модель, основанная на описанных данных. Моделирование включало генерацию пациентов, последовательное прохождение ими всех этапов

подготовки и проведения анестезии, а также учет времени на каждом этапе. В модели также учитывались вероятности направления пациентов на дополнительные обследования и стабилизацию перед операцией.

На рисунке 1 представлена имитационная модель, реализованная в среде GPSS World [2].

```

* Создание таблиц мониторинга времени ожидания в очередях
Time_to_prep QTABLE OCHPREP,10,10,25
Time_to_exam QTABLE OCHEXAM,10,10,25
Time_to_stab QTABLE OCHSTAB,10,10,25

* Определение ресурсов
PREP STORAGE 1 ; подготовка к анестезии
EXAM STORAGE 1 ; дополнительное обследование
STAB STORAGE 1 ; стабилизации пациентов

* Генерация пациентов каждые 30 минут
GENERATE 30

* Подготовка к анестезии
QUEUE OCHPREP ; Пациент встает в очередь на подготовку
ENTER PREP,1 ; Захват ресурса подготовки
DEPART OCHPREP ; Уход из очереди
ADVANCE 60,30 ; Время подготовки: 60 ± 30 минуты
LEAVE PREP,1 ; Освобождение ресурса
TRANSFER .5,ANESTHESIA,EXAMINATION ; 50% на анестезию и 50% на доп. обследование

* Дополнительное обследование перед анестезией
EXAMINATION QUEUE OCHEXAM ; Очередь на обследование
ENTER EXAM,1 ; Захват ресурса обследования
DEPART OCHEXAM ; Уход из очереди
ADVANCE 45,10 ; Время обследования: 45 ± 10 минут
LEAVE EXAM,1 ; Освобождение ресурса

* Введение анестезии
ANESTHESIA TRANSFER .3, OPERATION,STABILIZATION; 70% на операцию и 30% на стабилизацию

* Дополнительная стабилизация перед операциями
STABILIZATION QUEUE OCHSTAB ; Очередь на стабилизацию
ENTER STAB,1 ; Захват ресурса
DEPART OCHSTAB ; Уход из очереди
ADVANCE 30,15 ; Время стабилизации: 30 ± 15 минуты
LEAVE STAB,1 ; Освобождение ресурса

OPERATION TERMINATE ; Завершение процесса - пациент отправляется на операцию

* Генерация пациентов в течение 12-часового рабочего дня (720 минут)
GENERATE 720
TERMINATE 1 ; Завершение всех процессов после 720 минут

```

Рисунок 1 - Имитационная модель

На рисунке 2 изображены статистические данные по этой модели.

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
OCHPREP	10	10	23	1	4.725	147.912	154.636	0
OCHEXAM	1	0	7	6	0.016	1.628	11.394	0
OCHSTAB	1	0	8	6	0.039	3.547	14.190	0

Рисунок 2 – Статистические данные модели

На рисунке 2 представлены данные, характеризующие статистику работы очередей на различных этапах процесса введения анестезии.

Отображены ключевые показатели: максимальная длина очереди (MAX), среднее время ожидания (AVE.TIME), общее количество пациентов (ENTRY) и их распределение на этапах подготовки, обследования и стабилизации (QUEUE). Очередь на этап подготовки к анестезии (OCHPREP) демонстрирует наибольшую загруженность, достигая максимальной длины в 10 пациентов и среднего времени ожидания 147,912 минуты. В отдельных случаях время ожидания может превышать 154 минуты, что указывает на необходимость дальнейшего анализа и возможной оптимизации процесса. Напротив, этапы дополнительного обследования (OCHEXAM) и стабилизации пациента (OCHSTAB) характеризуются меньшей загруженностью, с максимальной длиной очереди 1 пациент и существенно более короткими временами ожидания — 1,628 и 3,547 минуты соответственно.

На рисунке 3 представлена статистика по очереди.

TABLE	MEAN	STD.DEV.	RANGE	RETRY	FREQUENCY	CUM.%
TIME_TO_PREP	134.768	82.080	-	0		
			10.000 -		1	7.69
			10.000 - 20.000		0	7.69
			20.000 - 30.000		0	7.69
			30.000 - 40.000		0	7.69
			40.000 - 50.000		0	7.69
			50.000 - 60.000		2	23.08
			60.000 - 70.000		0	23.08
			70.000 - 80.000		0	23.08
			80.000 - 90.000		2	38.46
			90.000 - 100.000		0	38.46
			100.000 - 110.000		0	38.46
			110.000 - 120.000		1	46.15
			120.000 - 130.000		0	46.15
			130.000 - 140.000		1	53.85
			140.000 - 150.000		0	53.85
			150.000 - 160.000		1	61.54
			160.000 - 170.000		1	69.23
			170.000 - 180.000		1	76.92
			180.000 - 190.000		0	76.92
			190.000 - 200.000		0	76.92
			200.000 - 210.000		1	84.62
			210.000 - 220.000		0	84.62
			220.000 - 230.000		0	84.62
			230.000 - 240.000		0	84.62
			240.000 -		2	100.00
TIME_TO_EXAM	1.628	4.306	-	0		
			10.000 -		6	85.71
			10.000 - 20.000		1	100.00
TIME_TO_STAB	3.547	7.842	-	0		
			10.000 -		7	87.50
			10.000 - 20.000		0	87.50
			20.000 - 30.000		1	100.00

Рисунок 3 – Статистические данные очередей

На рисунке 3 представлены статистические данные о временных интервалах для различных этапов подготовки и введения анестезии:

TIME_TO_PREP, TIME_TO_EXAM и TIME_TO_STAB. Таблица включает следующие параметры: среднее время выполнения этапа (MEAN), стандартное отклонение (STD.DEV.), диапазон значений времени (RANGE), частоту случаев в каждом диапазоне (RETRY FREQUENCY) и кумулятивный процент выполнения (CUM.%).

Для улучшения работы системы было проведено перераспределение ресурсов на ключевых этапах процесса. В рамках оптимизации увеличена доступность подготовки к анестезии (PREP STORAGE 2), что позволило сократить время ожидания пациентов и уменьшить перегрузку на данном этапе.

Результаты представлены на рисунке 4.

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)	RETRY
OCHPREP	3	3	24	8	0.584	17.505	26.258	0
OCHEXAM	1	0	7	6	0.030	3.096	21.675	0
OCHSTAB	1	0	12	7	0.117	7.044	16.906	0

TABLE	MEAN	STD.DEV.	RANGE		RETRY FREQUENCY	CUM.%
TIME_TO_PREP	15.720	19.255			0	
			-	10.000		11 52.38
			10.000	-	20.000	2 61.90
			20.000	-	30.000	4 80.95
			30.000	-	40.000	0 80.95
			40.000	-	50.000	3 95.24
			50.000	-	60.000	0 95.24
			60.000	-	70.000	1 100.00
TIME_TO_EXAM	3.096	8.193			0	
			-	10.000		6 85.71
			10.000	-	20.000	0 85.71
			20.000	-	30.000	1 100.00
TIME_TO_STAB	7.044	11.470			0	
			-	10.000		8 66.67
			10.000	-	20.000	2 83.33
			20.000	-	30.000	2 100.00

Рисунок 4 – Динамика работы модели с добавлением сотрудников

Итоговое распределение ресурсов составило: два места на этапе подготовки к анестезии, по одному месту на этапах дополнительного обследования и стабилизации перед операцией. Данное изменение позволило сбалансировать нагрузку между этапами, снизить время ожидания в очередях и повысить общую пропускную способность системы.

В ходе исследования, проведенного с использованием имитационного моделирования, был проанализирован процесс обработки заявок на открытые вакансии в отделе кадров крупной компании. Результаты моделирования выявили недостаточную эффективность текущей системы, основными проблемами которой стали нехватка ресурсов на этапах собеседования и одобрения заявок. Для оптимизации работы были добавлены дополнительные сотрудники на ключевых этапах процесса, что позволило перераспределить нагрузку, снизить время ожидания в очередях и повысить общую пропускную способность системы. В результате внесенных изменений значительно сократилось время обработки заявок, что способствует повышению скорости работы стационара.

Использованные источники:

1. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS WORLD [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://djvu.online/file/0WCWHpdclwfNA> (дата обращения: 11.03.2025)
2. Официальный сайт GPSS [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://www.webgpss.com/> (дата обращения: 11.03.2025)