

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра системного анализа и автоматического управления

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАЦИЕНТОВ
ПОЛИКЛИНИКИ
АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 4 курса 481 группы

направления 27.03.03 — Системный анализ и управление

факультета компьютерных наук и информационных технологий

Зверева Антона Алексеевича

Научный руководитель:

к. т. н., доцент

_____ Д. Ю. Петров

Зав. кафедрой:

к. ф.-м. н., доцент

_____ И. Е. Тананко

Саратов 2021

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Имитационная модель бизнес-процессов позволяет проанализировать текущие связи между процессами, оценить эффективность структуры предприятия и усовершенствовать существующую систему. Модель системы помогает увидеть особенности отдельных процессов с помощью схематичного представления данных процессов. А с помощью дискретно-событийного моделирования, можно проанализировать его эффективность функционирования и сделать соответствующие выводы о возможных изменениях в системе для получения лучших результатов работы системы.

Цель бакалаврской работы – проведение системного анализа и разработка имитационной модели обслуживания пациентов поликлиники с применением дискретно-событийного подхода для проведения экспериментов, которые позволят сократить время ожидания пациентов и повысят загрузку медицинского персонала.

Поставленная цель определила **следующие задачи:**

1. Системный анализ обслуживания пациентов поликлиники и разработка системы целей и показателей
2. Разработка моделей бизнес-процессов и их оптимизация
3. Разработка СМО обслуживания пациентов поликлиники
4. Реализация СМО обслуживания пациентов поликлиники на языке C#
5. Реализация СМО обслуживания пациентов поликлиники в программном комплексе AnyLogic
6. Анализ результатов моделирования и оценка качества модели.

Методологические основы исследования методов имитационного моделирования представлены в работах Журавлева С. С. [1], Рыжикова Ю. И., Соколова, Б. В., Юсупова, Р. М. [2], Бахвалова Л. А. [3], Боева В. Д. [4].

Практическая значимость бакалаврской работы. заключается в возможности дальнейшего использования программного продукта для анализа эффективности обслуживания пациентов поликлиники.

Структура и объём работы. Бакалаврская работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников и двух приложений. Общий объем работы – 68 страниц, из них 44 страниц – основное содержание, включая 15 рисунков и 2 таблицы, список использованных источников информации – 20 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первый раздел «Анализ функционирования поликлиники» посвящен анализу функционирования поликлиники.

В подразделе 1.1 приводится подробное описание функционирования отдельных рабочих блоков медицинского центра непосредственно отвечающих за оказание медицинских услуг.

В подразделе 1.2 описываются анализ методов системного анализа и имитационного моделирования поликлиники. Приводятся основные этапы системного анализа обобщенных динамических систем:

1. Постановка задачи, в рамках которого определяются: объект исследования, цели и критерии для изучения объекта и управления им.
2. Определение структуры и границ изучаемой системы.
3. Разработка математической модели изучаемой системы, в рамках которого определяются элементы системы, элементарные воздействия на систему с помощью параметров и задание области определения каждого параметра.
4. Прогнозирование развития системы и исследование математических моделей.

Приводятся основные этапы имитационного моделирования обобщенных динамических систем. Исследуемая деятельность сначала представляется в виде моделей операций, процессов, событий, ресурсов.

Затем на основе этих моделей программа имитационного моделирования создает объекты, имитирующие реальность: имитирующие экземпляры операций, процессов, событий, ресурсов. При этом помимо прямого взаимодействия между экземплярами имитирующих операций, которое моделируется на диаграммах процессов, учитывается и косвенное взаимодействие, выражающееся, например, в конкуренции между экземплярами имитирующих операций за доступ к имитирующим временным и материальным ресурсам. Во время проведения имитации для каждого имитирующего объекта сохраняется информация о его параметрах и, в результате, по окончании имитации для каждого имитирующего объекта доступны статистические данные о его параметрах.

В подразделе 1.3 производится описание и анализ программных комплексов, используемых для системного анализа и имитационного моделирования поликлиники, таких как ARIS, Plant Simulation, Business Studio, Anylogic.

В подразделе 1.4 производится описание основных задач и постановка целей работы.

Второй раздел «Выполнение системного анализа» посвящен выполнению системного анализа.

В подразделе 2.1 были описаны основные особенности функционирования и структуры объекта моделирования, этапы выполнения системного анализа для данного объекта и выполнен системный анализ обслуживания пациентов поликлиники.

В подразделе 2.2 были разработаны модели бизнес-процессов для медицинского центра используя дискретно-событийный подход к моделированию, а именно были построены комплексная иерархическая модель деятельности компании при помощи нотации IDEF0 и модель отдельных процессов при помощи нотации BPMN 2.0. Приведены описание основных критериев для проектирования модели деятельности компании

построенной при помощи нотации IDEF0, описание основных критериев для проектирования модели отдельных процессов, спроектированных при помощи нотации BPMN 2.0, описание отдельных элементов диаграммы процессов BPMN 2.0.

Третий раздел «Разработка структуры СМО обслуживания пациентов поликлиники» посвящен разработке структуры системы массового обслуживания пациентов поликлиники.

В подразделе 3.1 производится анализ статистических данных по обслуживанию пациентов поликлиники.

Входные потоки сети, в общем случае, можно считать Пуассоновскими потоками, которые обладают свойствами: отсутствия последствия, ординарности, стационарности.

Тогда Входные потоки сети будут задаваться параметром $\lambda_{\text{вх}}$ – интенсивностью входного потока.

$$f(t) = \int_b^a \lambda_{\text{вх}}(t) dt,$$

где $\lambda_{\text{вх}}$ – средняя интенсивностью поступления пациентов в медицинский центр.

Время оказания услуг пациентам принимается по нормальному закону распределения с заданными параметрами. Так как на время обслуживания действует множество случайных факторов с ограниченной дисперсией [4]. Поэтому согласно центральной теореме теории вероятностей будет иметь место нормальный закон распределения.

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_{\text{об}} \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma_{\text{об}}^2}\right),$$

Тогда распределение времени обслуживания пациентов задается параметрами $\mu_{\text{об}}$ и $\sigma_{\text{об}}$ – соответственно оценки мат. ожидания и дисперсии времени обслуживания пациента.

Определена средняя интенсивностью поступления пациентов в течении дня, оценка мат. ожидания и дисперсии времени обслуживания для каждого типа заявки. Так же определим для каждой заявки тип прибора, в котором она будет обрабатываться и вероятность ее появления.

В подразделе 3.2 описывается разработка структуры СМО обслуживания пациентов поликлиники.

Рассматриваются вопросы построения системы оптимизации медицинского центра на основе имитационного метода особых состояний моделируемой системы. Для этого медицинский центр представляется как сеть массового обслуживания, состоящая из связанных между собой систем массового обслуживания (СМО). Рабочие места вместе с врачом медицинского центра в сетевой модели отображаются как СМО, расположенные в узлах сети. Маршруты движения пациентов моделируются порядком прохождения ими узлов сети. Пациенты, находящиеся в очереди у кабинетов, отображаются в виде очередей на обслуживание в узлах сети.

Входные потоки сети аппроксимированы, в общем случае, Пуассоновскими потоками, время оказания услуг пациентам принимается распределенным по нормальному закону с заданными параметрами.

Для моделирования медицинского центра задаются следующие параметры СМО: n – число узлов сети; p_r – вероятности появления во входном потоке пациентов с заданиями r -го типа (при обработке пациентов с разными типами услуг), R – число типов заданий пациентов; m_i и D_i – среднее время и дисперсия времени обработки (оказания услуг) пациента в i -м приборе системы, $i = 1, \dots, n$; $P = (p_{ij})$ – вероятностная матрица распределения потока пациентов между узлами сети; p_{ij} – доля потока пациентов, передаваемых от i -го узла к j -му узлу, $i, j = 1, \dots, n$; $\lambda_{вх}$ – интенсивность входящих потоков пациентов.

В подразделе 3.3 приводится подробное описание разработанного моделирующего алгоритма.

Моделирующий алгоритм определяет изменения состояний системы, происходящие в моменты совершения событий: поступление пациента; завершение оказания услуг пациенту у врача; вывод промежуточных результатов моделирования. Состояния системы меняются только при совершении событий. Механизм продвижения модельного времени основан на поиске ближайшего события. В результате процесс моделирования состоит из следующих шагов:

- установки начального состояния моделируемой системы;
- определения момента наступления очередного события, связанного с изменением состояния системы;
- вывода для пользователя промежуточных результатов моделирования;
- формирования нового состояния системы после наступления очередного события, определения прибора, на который направляется пациент после завершения оказания ему услуги на очередном приборе (в случае, когда имеет место выбор прибора для дальнейшего оказания услуг);
- анализа окончания очередной реализации и конца моделирования (определения необходимого числа реализаций, для обеспечения требуемой точности вычисления показателей эффективности функционирования медицинского центра);
- обработки результатов моделирования.

Четвертый раздел «Реализация и анализ имитационной модели» посвящен реализации и анализу имитационной модели.

В подразделе 4.1 описывается реализация имитационной модели СМО обслуживания пациентов поликлиники на языке С#. Приводятся описание основных классов и описание алгоритмов, используемых в программе. Показаны пример использования программы на основе входных данных медицинского центра с последующим подсчетом и выводом оценок

основных характеристик системы таких как распределение и средние значения для времени пациентов в очереди, и для загрузки приборов.

В подразделе 4.2 описывается реализация СМО обслуживания пациентов поликлиники в программном комплексе AnyLogic. Представлено описание основных компонентов программы имитационного моделирования AnyLogic, описание графического интерфейса, предназначенного для работы с моделью и приведен пример работы с последующим подсчетом и выводом оценок основных характеристик системы таких как распределение и средние значения для времени пациентов в очереди, и для загрузки приборов.

В подразделе 4.3 производится анализ результатов моделирования и оценка качества моделей, были получены значения отклонений результатов работы программы имитационного моделирования на языке C# от программы имитационного моделирования в программном комплексе AnyLogic, сделаны предположения о границах применимости программы имитационной модели и проанализированы критерии оценки качества. Были проведены эксперименты с имитационной моделью при различных начальных состояниях. Найдены оптимальные значения входных параметров системы для сокращения времени ожидания пациентов и повышения загрузки медицинского персонала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной работы был проведен системный анализ обслуживания пациентов поликлиники. Были разработаны модели бизнес-процессов для медицинского центра используя дискретно-событийный подход к моделированию, построены комплексная иерархическая модель деятельности компании при помощи нотации IDEF0 и модель отдельных процессов при помощи нотации BPMN 2.0.

Была разработана СМО пациентов поликлиники, построена системы оптимизации медицинского центра на основе имитационного метода особых

состояний моделируемой системы. На ее основе был разработан моделирующий алгоритм.

Реализована СМО обслуживания пациентов поликлиники на языке С#, произведен подсчет основных стационарных характеристик системы.

Реализована СМО обслуживания пациентов поликлиники в программном комплексе AnyLogic, произведен подсчет основных характеристик системы таких как распределение и среднее значение для времени пациентов в очереди, и для загрузки приборов.

Проведен анализ результатов моделирования, и оценено качество модели разработанной на языке С#, были получены значения отклонений результатов имитационного, сделаны предположения о границах применимости программы имитационной модели и проанализированы критерии оценки качества. Были проведены эксперименты с имитационной моделью при различных начальных состояниях. Найдены оптимальные значения входных параметров системы для сокращения времени ожидания пациентов и повышения загрузки медицинского персонала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Журавлев, С. С. Краткий обзор методов и средств имитационного моделирования производственных систем. // Журнал: Проблемы информатики // Рубрика: Имитационное моделирование технических систем и технологических процессов, 2009. С. 47 – 53.

2 Рыжиков Ю. И, Соколов, Б. В, Юсупов, Р. М. Проблемы теории и практики имитационного моделирования // Сб. докл. III Всерос. науч.-прак. конф. “Имитационное моделирование. Теория и практика” (ИММОД2007). Санкт-Петербург, 17-19 окт. 2007. Т. 1. С. 58 – 70.

3 Бахвалов Л. А. Моделирование систем. Учеб. пособие для вузов / Л. А. Бахвалов. М.: Изд-во Московского гос. ун-та, 2006. – 295 с.

4 Боев В. Д. Имитационное моделирование систем. Учеб. пособие для прикладного бакалавриата / В. Д. Боев. М.: Изд-во Юрайт, 2017. 253 с.

5 Акапов А. С. Имитационное моделирование. Учебник и практикум для академического бакалавриата / А. С. Акапов. М.: Изд-во Юрайт, 2017. – 389 с.

6 Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS / В. Кельтон, А. Лоу. 3-е изд. СПб.: Питер: Киев: Издательская группа BHV, 2004. 847 с.

7 Троелсен Э. Язык программирования C# и платформы .NET и .NET Core / Э. Троелсен. СПб.: Питер, 2018. – 837 с.

8 Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. / Н. П. Бусленко М.: Наука, 1978. -400с.

9 Мартин Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения / Р. Мартин. СПб.: Питер, 2018. – 352 с.

10 Вишневский В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В. М. Вишневский. Москва: Техносфера, 2003. – 512 с.