

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 ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
КАРДИОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 481 группы

направления 27.03.03 — Системный анализ и управление

факультета компьютерных наук и информационных технологий

Савенко Станислава Сергеевича

Научный руководитель

к. т. н., доцент

Д. Ю. Петров

Заведующий кафедрой

к. ф.-м. н., доцент

И. Е. Тананко

Саратов 2021

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. На сегодняшний день все больше и больше компаний сталкиваются с необходимостью полной перестройки, или реинжиниринга бизнес-процессов для повышения устойчивости и конкурентоспособности в условиях глобализации мировой экономики и усложнения характера хозяйственной деятельности. Очевидно, что реинжиниринг требует разработок в методологических основах и применениях формальных методов для ее разработки с целью уменьшения отрицательных последствий неверных управленческих решений. Только при разработке имитационной модели бизнес процессов можно повысить эффективность работы компании. Имитационная модель бизнес-процессов позволяет проанализировать текущие связи между процессами, оценить эффективность структуры предприятия и усовершенствовать существующую систему. Неотъемлемой частью моделирования становится и упрощение представления системы для управленческих решений, а значит модель системы помогает увидеть особенности отдельных процессов с помощью схематичного представления данных процессов. А с помощью дискретно-событийного моделирования ключевого отдела предприятия, можно проанализировать его эффективность функционирования и сделать соответствующие выводы о возможных изменениях в системе для получения лучших результатов работы системы.

Цель данной работы состоит в анализе функционирования кардиологического центра, описании элементов функционирования системы, анализе методов системного анализа и имитационного моделирования и программных комплексов для системного анализа и имитационного моделирования кардиологического центра.

Также целью работы является системный анализ процессов функционирования кардиологического центра, разработка моделей бизнес процессов, разработка структуры СМО процессов функционирования

кардиологического центра, с применением анализа статистических данных по обслуживанию и разработки моделирующего алгоритма для последующей реализации данной системы массового обслуживания на языке программирования C# и в программном комплексе AnyLogic.

В работе необходимо проанализировать результаты моделирования и оценить качества модели и провести эксперименты с имитационной моделью для сокращения времени ожидания пациентов и повышения загрузки медицинского персонала.

Цель бакалаврской работы – Проведение системного анализа и разработка имитационной модели обслуживания пациентов кардиологического центра 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 процессов функционирования кардиологического центра и разработка системы целей и показателей
2. Разработка моделей бизнес процессов и их оптимизация
3. Разработка СМО процессов функционирования кардиологического центра
4. Реализация СМО процессов функционирования кардиологического центра на языке C#
5. Реализация СМО процессов функционирования кардиологического центра в программном комплексе AnyLogic
6. Анализ результатов моделирования и оценка качества модели
7. Проведение экспериментов с ИМ для сокращения времени ожидания пациентов и повышения загрузки медицинского персонала

Методологические основы моделирования процессов функционирования кардиологического центра представлены в работах Акапова, Журавлева, Бахвалова и Куприяшкина.

Практическая значимость бакалаврской работы. Моделируя процессы функционирования реальной системы кардиологического центра, можно вычислить характеристики системы, с помощью которых проанализировать работу модели с точки зрения ее эффективности. Также можно провести эксперименты с варьированием параметров системы для прогнозирования возможных состояний системы и принятия решений на основе полученных прогнозов.

Структура и объём работы. Бакалаврская работа состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка использованных источников и 1 приложения. Общий объём работы – 72 страницы, из них 59 страниц – основное содержание, включая 30 рисунков и 6 таблиц, 13 страниц приложения, список использованных источников информации – 20 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первый раздел «Анализ функционирования кардиологического центра» посвящен методам анализа функционирования кардиологического центра.

В подразделе 1.1 описываются основные функциональные блоки системы кардиологического центра и их взаимосвязи между ними. Выделяется несколько подходящих блоков:

- 1. Отдел кадров,** основной функцией которого является набор новых сотрудников и повышение квалификации уже нанятых врачей.
- 2. Отдел хранения материалов и оборудования.** Его основные задачи – это закупка, хранение и выдача материалов и оборудования необходимого для каждого отдела диспансера.

3. **Аптека** осуществляет продажу лекарств и составление отчета о продажах.
4. **Лечебное отделение** – основная часть всей системы, осуществляющая лечение пациентов.
5. **Бухгалтерия** осуществляет сбор и систематизацию данных об оказанных каждым врачом услугах, о расходах на хранение и закупку новых материалов, оборудования и лекарств, а также о расходах на обучение персонала.
6. **Администрация** вырабатывает решения для каждого отдела предприятия согласно функциям этого отдела.

В подразделе 1.2 анализируются методы системного анализа и имитационного моделирования кардиологического центра. Для проведения имитационного моделирования исследуемая деятельность сначала представляется в виде моделей операций, процессов, событий, ресурсов. Затем на основе этих моделей движок имитации создает объекты, имитирующие реальность: имитирующие экземпляры операций, процессов, событий, ресурсов. При этом, помимо прямого взаимодействия между экземплярами имитирующих операций, которое моделируется на диаграммах процессов, движок имитации учитывает 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 (экземпляра операции, процесса, события, ресурса) движок имитации сохраняет информацию о его параметрах и, в результате, по окончании имитации для каждого имитирующего объекта доступны статистические данные о его параметрах.

В подразделе 1.3 анализируются программные комплексы для системного анализа и имитационного моделирования кардиологического центра, такие как GPSS и Arena.

В подразделе 1.4 происходит постановка целей и задач всей работы.

Второй раздел «Выполнение системного анализа» посвящен представлению модели методами системного анализа.

В подразделе 2.1 описаны основные процессы модели, а также сама модель описана с точки зрения системного анализа.

Описание видов работ кардиологического центра выглядит следующим образом:

1. Лечение пациентов стационара: отслеживание состояния в течении дня (выписка необходимых анализов, процедур и лекарств), реагирование на жалобы о недомогании.
2. Осмотр пациентов в порядке живой очереди
3. Выписка пациентов стационара – оформление документации, выписка справок и лекарственных препаратов.
4. Запись нового пациента – запись в базу данных, оформление медицинской карты и осмотр пациента.
5. Экстренная помощь – помощь пациентам в критическом состоянии. Помощь как пациентам стационара, так и пациентам, которых привозит скорая.

В подразделе 2.2 описана нотация средств графического моделирования системы IDEF0 и BPMN, также разработана модель деятельности IDEF0 кардиологического центра и модель отдельных процессов BPMN 2.0 кардиологического центра, а именно диаграмма процесса лечения пациента.

Третий раздел «Разработка структуры СМО процессов функционирования кардиологического центра» посвящен анализу системы, поиску ключевых параметров и их значений и разработке схем и алгоритмов процессов функционирования системы.

В подразделе 3.1 проводится анализ статистических данных по обслуживанию пациентов кардиологического центра.

Исходя из данных о времени выполнения заявок пациентами врачами, можно заметить, что на него действует множество случайных факторов с ограниченной дисперсией. А значит, согласно центральной теореме теории вероятностей, данная величина имеет нормальный закон распределения с заданными параметрами.

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

где $\mu_{об}$ и $\sigma_{об}$ - соответственно оценка мат. ожидания и дисперсия входного потока изделий. Этими двумя параметрами и задается распределение времени обслуживания заявок пациентов.

Простейшим пуассоновским потоком называется поток, удовлетворяющий следующим свойствам: стационарность (вероятность появления событий на интервале времени, зависит от его расположения на временной оси), ординарность (вероятность появления двух или более событий в течении элементарного интервала времени, есть величина бесконечно малая по сравнению с вероятностью появления одного события на этом интервале) и отсутствие последствия (для любых непересекающихся интервалов времени число событий, попадающих на один из них, не зависит от числа событий попадающих на другой). Входящий поток пациентов удовлетворяет данным условиям, а значит является простейшим пуассоновским потоком.

Формула для данного типа потока имеет вид:

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

где $\lambda_{вх}$ - средняя интенсивность поступления пациентов в медицинский центр, параметр, которым задаются потоки сети.

В подразделе 3.2 происходит разработка структуры СМО процессов функционирования кардиологического центра. Для моделирования медицинского центра задаются следующие параметры СМО: n – число узлов сети; p_r – вероятности появления во входном потоке пациентов типа r , R – число типов заявок пациентов; m_i и D_i – среднее время и дисперсия времени обработки заявки 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 i -го узла к j -му узлу, $i, j = 1, \dots, n$; $\lambda_{\text{вх}}$ – интенсивность входящих потоков пациентов.

В подразделе 3.3 приводится подробное описание разработанного моделирующего алгоритма.

В качестве показателей эффективности функционирования системы используются : коэффициенты загрузки работников медицинского центра; средняя длительность пребывания пациентов в очередях. Перечисленные показатели связаны со структурой и параметрами моделируемой системы.

Моделирующий алгоритм определяет изменения состояний системы, происходящие в моменты совершения событий: поступление пациента в систему; завершение обслуживания заявок пациента; вывод промежуточных результатов моделирования. Состояния системы меняются только при совершении событий. Механизм продвижения модельного времени основан на поиске ближайшего события.

В результате моделирование сводится к выполнению упорядоченной последовательности логически взаимосвязанных событий.

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 обслуживания заявки на 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 кардиологического центра);
- обработки результатов моделирования. Длина реализации соответствует интервалу моделирования системы и в данном случае составляет смену.

Четвертый раздел «Реализация и анализ имитационной модели»

посвящен реализации и анализу имитационной модели.

В подразделе 4.1 описывается реализация имитационной модели СМО процессов функционирования кардиологического центра на языке C#. Приводятся описание основных классов и описание алгоритмов, используемых в программе. Также представлено руководство пользователя, с детальным описанием запуска программы, примером работы программы и результатами работы.

В подразделе 4.2 описывается реализация СМО процессов функционирования кардиологического центра в программном комплексе AnyLogic. Представлено описание основных блоков программы, описание графического интерфейса, предназначенного для работы с моделью и приведен пример работы с последующим подсчетом и выводом оценок основных характеристик системы.

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.

Пятый раздел «Проведение экспериментов с имитационной моделью» посвящен разработке разных параметров имитационной модели, соответствующих возможным состояниям реальной системы, проведению экспериментов с имитационной моделью и выводу графиков необходимых для анализа характеристик.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе было проанализировано функционирование кардиологического центра, были описаны элементы функционирования системы, проведен анализ методов системного анализа и имитационного моделирования и программных комплексов для системного анализа и имитационного моделирования поликлиники.

Был произведен системный анализ процессов функционирования кардиологического центра, разработаны модели бизнес процессов, также структуры СМО процессов функционирования кардиологического центра, с применением анализа статистических данных по обслуживанию и разработкой моделирующего алгоритма. Была реализована СМО на языке программирования C# и в программном комплексе AnyLogic.

В итоге работы были проанализированы результаты моделирования и была произведена оценка качества модели, а также были проведены эксперименты с ИМ для сокращения времени ожидания пациентов и повышения загрузки медицинского персонала.

Основные источники информации:

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

3 Каталевский Д. Ю. Основы имитационного моделирования и системный анализ в управлении / Д. Ю. Каталевский. Москва: Техносфера, 2013. – 325 с.

4 Куприяшкин А. Г. Основы моделирования систем / А. Г. Куприяшкин. СПб.: Питер, 2015. – 437 с.

5 Кофман, А. Массовое обслуживание. Теория и приложения // А. Кофман, Р. Крюон. Пер. с фран. М: Изд-во «Мир», 1965.— 303 с.

6 Назаров А. А. Теория массового обслуживания: Учебное пособие / А. А. Назаров. Томск : Изд-во «НЛТ», 2010. – 228 с.

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

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

9 Borschev A., Grigoryev Y. The Big Book of Simulation Modeling / A. Borschev, Y. Grigoryev. СПб.: Питер: Киев: Издательская группа ВНУ, 2004. 687 с.

10 Емельянов А. А. Имитационное моделирование экономической динамики. / А. А. Емельянов. М.: Изд-во Синергия, 2010. С. 63 – 87.