

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.38:615.47

Рябинина  
Анастасия Сергеевна

**СИСТЕМА ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-36 80 08 Инженерная геометрия и компьютерная  
графика

магистрант Рябинина А.С.

Научный руководитель  
Сури́н Виталий Михайлович  
Доктор технических наук,  
профессор

Минск 2020

Работа выполнена на кафедре инженерной и компьютерной графики учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

**Сури́н Виталий Михайлович**,  
Доктор технических наук, профессор  
кафедры инженерной и компьютерной  
графики учреждения образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

**Вабищевич Антон Григорьевич**,  
доцент, кандидат технических наук

Защита диссертации состоится «26» июня 2020 года в 9<sup>00</sup> часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г.Минск, ул. П.Бровки, 6, 4 уч.корп., ауд. 804, тел.: 293-89-92, e-mail: [kafei@bsuir.by](mailto:kafei@bsuir.by)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

## ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции развития систем медицинского назначения наиболее полно проявляются в аппаратах и комплексах для терапии. Ко всем применяемым аппаратным методам лечения, должны предъявляться четкие требования: соответствие принципам доказательной медицины, понимание механизмов действия, высокая эффективность, безопасность, простота освоения медперсоналом. Методы должны быть экономически рентабельными, позволяющими ускорить выздоровление, сократить дозировку или совсем отказаться от применения медикаментозных препаратов.

В то же время рост числа решаемых в режиме диалога медицинских задач, их сложности, повышение требований к своевременности, достоверности и полноте представляемой информации обуславливает необходимость совершенствования методологии проектирования диалоговых систем для медицины, которая должна учитывать как требования по обеспечению максимальной эффективности использования технического, программного и информационного обеспечения диалоговых систем и их типизации, так и особенности человека (ограниченный объем внимания, забывчивость, потерю внимания при длительном ожидании ответа и др.), должны помогать человеку преодолевать его слабости и предоставлять ему возможность максимально полно использовать свои способности для решения главной задачи, ради которой он воспользовался услугами машины. При создании диалоговых систем приходится также принимать во внимание, что пользователи образуют группу, неоднородную по потребностям и уровню подготовки, и они нечетко представляют себе возможности системы. Кроме того, характеристики каждого пользователя заметно изменяются во времени.

Таким образом, при проектировании и создании эффективных диалоговых систем необходимо учитывать широкий круг различных параметров: разнообразие и взаимосвязь решаемых пользователем задач, используемых при их решении данных, неравномерность, слабую предсказуемость и различную приоритетность поступающих запросов и т.д.

Целью данной работы является разработка методов и процедур, позволяющих максимально эффективно осуществлять проектирование информационных систем для применения их при решении задач медицинского назначения. Эти методы должны учитывать специфику предметной области и охватывать практически все стадии разработки информационных систем, и в итоге составить поэтапный процесс принятия рациональных решений в ходе задач и требований пользователей, проектирования, реализации, отладки и внедрения новой информационной системы.

В таких условиях основной сложностью при решении данной проблемы является разработка программно-аппаратного продукта, который бы одновременно удовлетворял требованиям заказчика проекта, регламентам,

используемым при разработке систем медицинского назначения, и отвечал эргономическим требованиям и требованиям пользователя системы.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

Современные тенденции в развитии систем медицинского назначения базируются на основе согласования информационной и технической составляющих проектируемых систем.

Разработка и проектирование информационной системы в диссертационной работе заключается в разработке эффективной диалоговой систем, что представляет собой комплексную проблему, включающую в себя анализ и типизацию информационных требований пользователей, синтез типовой модели процесса диалога для заданного множества пользователей, информационные запросы которых принадлежат одной предметной области, синтез информационного и прикладного программного обеспечения, рационального для данной предметной области.

Широкий масштаб аналитических работ по созданию и внедрению в техническую медицинскую систему диалоговых систем различного класса и назначения обуславливают высокую актуальность предлагаемой работы.

Кроме того, актуальность работы связана с разработкой программно-аппаратного комплекса медицинского назначения, который удовлетворяет требованиям заказчика проекта, регламентам, используемым при разработке систем медицинского назначения, и отвечает эргономическим требованиям и требованиям пользователя системы.

### **Тема исследования**

Темой исследования является проектирование и разработка системы медицинского назначения на примере системы транскраниальной электростимуляции.

Тема исследования обусловлена научной новизной, теоретической и практической значимостью.

Научная новизна работы заключается в проектировании системы программно-аппаратного комплекса путем разработки методов и процедур, позволяющих максимально эффективно осуществлять проектирование информационных систем для применения их при решении задач медицинского назначения.

Теоретическая значимость: рассмотрены вопросы, связанные с поэтапными процессами проектирования программного обеспечения систем медицинского назначения. Проведен анализ методов и систем медицинского назначения на примере системы транскраниальной электростимуляции, выявлены преимущества и недостатки современных систем.

Практическая значимость работы заключается в том, что приведенный алгоритм поэтапного проектирования и разработки пользовательского интерфейса системы транскраниальной электростимуляции может быть применен для проектирования и разработки подобных систем медицинского назначения.

### **Цель и задачи исследования**

Целью данной работы является проектирование и разработка информационного и технического обеспечения системы транскраниальной электростимуляции.

В соответствии с поставленной целью в диссертационной работе решаются следующие задачи:

- анализ современных методов и систем транскраниальной электростимуляции;
- предпроектный анализ проектирования системы медицинского назначения;
- анализ пользовательского интерфейса системы;
- анализ назначения и целевой аудитории системы;
- разработка высокоуровневых и функциональных требований системы;
- разработка алгоритма работы пользователя;
- разработка сценариев и дизайна информационных моделей пользовательского интерфейса;
- эргономическая оценка пользовательского интерфейса;
- разработка эскизно-структурной модели системы.

Основное внимание в данной работе уделяется проектированию оптимальных экранных форм медицинских диалоговых систем; реструктуризация базы знаний экспертного модуля для обработки пользовательских запросов с различной степенью конкретизации; рационализация распределения информационных ресурсов в медицинских диалоговых системах реального времени.

### **Объект исследования**

Объектом данного исследования является система транскраниальной электростимуляции.

### **Предмет исследования**

Предметом данного исследования является информационное, программное, техническое обеспечение системы транскраниальной электростимуляции.

### **Область исследования**

В основу работы легли исследования ученых в таких областях, как анализ и проектирования систем медицинского назначения, разработка требований к программному обеспечению систем медицинского назначения, разработка пользовательского интерфейса и программно-аппаратных комплексов.

Информационная база исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, предоставляемой производителями микроконтроллеров, технических нормативно-правовых актов, сведений из ресурсов Интернет, а также материалов научных изданий, конференций и семинаров.

Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-36 80 08 «Инженерная геометрия и компьютерная графика»

### **Публикации**

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в статье в сборнике материалов научной 55-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР.

### **СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав с краткими выводами по каждой главе, заключения и библиографического списка.

Общий объем диссертационной работы составляет 107 страниц. Из них 89 страницы основного текста, 40 иллюстраций, 16 таблиц, библиографический список из 47 наименований, список собственных публикаций соискателя из 1 наименования, 4 приложения на 18 страницах.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В первой главе проведен анализ и оценка существующих методов и систем транскраниальной электростимуляции. Рассмотрены лечебные эффекты от использования данных систем и их применение. Определены основные недостатки и преимущества современных систем транскраниальной электростимуляции, а также определены параметры для проведения стимуляции.

Вторая глава посвящена предпроектному анализу проектирования систем медицинского, информационного и технического назначения, в котором представлена теоретическая основа, а также поставлены основные задачи для проектирования системы транскраниальной электростимуляции.

В третьей главе диссертации представлен анализ и поэтапное проектирование пользовательского интерфейса системы транскраниальной электростимуляции. В результате анализа выявлено основное назначение

системы, также проведен анализ профилей заинтересованных лиц, в ходе которого были определены основные пользователи системы, и соответствующие им потребности.

При детальном рассмотрении профилей классов пользователей было выявлено два основных пользователя системы: пользователь-врач и пользователь-пациент. В соответствии с целями и задачами, которые данные классы пользователей должны иметь возможность выполнять с системой, были составлены пользовательские требования, представленные в виде пользовательских историй. На основании пользовательских историй были разработаны функциональные требования системы и соответствующий алгоритм поведения системы для реализации этих требований.

В системе присутствуют два основных алгоритма. Первый алгоритм разработан в соответствии с задачами пользователя-пациента, в данном случае основной функционал системы работает автоматически. Второй алгоритм удовлетворяет задачам пользователя-врача, в данном случае система работает в ручном режиме, система предоставляет расширенный функционал.

Четвертая глава была посвящена разработке прототипа пользовательского интерфейса системы.

Разработаны сценарии информационных моделей пользовательского интерфейса. В разрабатываемой системе транскраниальной электростимуляции существуют два основных сценария использования, основанных на составленных ранее алгоритмах работы пользователя в «автоматическом» или в «ручном» режимах стимуляции.

Для графического отображения сценариев использования были разработаны макеты информационных моделей при помощи инструмента прототипирования графического интерфейса Ninjamock.com.

Также проведена эргономическая оценка пользовательского интерфейса системы, на основании которой было выявлено, что эргономичность системы составляет 0,81, что соответствует первой градации, а именно эргономические характеристики изделия соответствуют базовым значениям.

Пятая глава посвящена эскизно-структурному проектированию системы транскраниальной электростимуляции, в которой были разработаны структурная и принципиальная схема программно-аппаратного комплекса.

Путем моделирования работы схемы в инженерной программе Proteus 8.1. была проверена работа основных блоков электрической схемы системы транскраниальной электростимуляции. Схема успешно прошла проверку. Разработана программа работы микропроцессорного блока системы транскраниальной электростимуляции, которая была реализована в ПО AVRStudio 5.

В результате технико-экономического обоснования инвестиций по производству нового изделия были получены следующие значения показателей их эффективности: чистый дисконтированный доход за четыре года производства продукции составит 103043,7 б.руб., все инвестиции окупаются на второй год, рентабельность инвестиций составляет 94,4 %. Таким образом,

производство нового вида изделия является эффективным и инвестиции в его производство целесообразны. Себестоимость разработанного изделия составляет 213,22 б.р., что дешевле в два раза существующих аналогов.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Главный результат представленной работы заключается в исследовании, проектировании и разработке системы медицинского назначения на примере системы транскраниальной электростимуляции, которая удовлетворяет требованиям заказчика проекта, регламентам, используемым при разработке систем медицинского назначения, а также отвечает эргономическим требованиям и требованиям пользователя системы.

В диссертационной работе проведен анализ и оценка современных методов и систем транскраниальной электростимуляции, рассмотрены лечебные эффекты от использования данных систем и их применение. На основании этого были определены основные недостатки и преимущества современных систем транскраниальной электростимуляции, а также определены параметры для проведения стимуляции.

На основании предпроектного анализа проектирования систем медицинского, информационного и технического назначения были определены основные задачи для проектирования системы транскраниальной электростимуляции.

Разработан пользовательский интерфейс системы транскраниальной электростимуляции. На основе анализа назначения и целевой аудитории системы были выявлены и разработаны высокоуровневые, пользовательские и функциональные требования системы.

В соответствии с требованиями системы были разработаны два основных алгоритма работы пользователя. Первый алгоритм разработан в соответствии с задачами пользователя-пациента, в данном случае основной функционал системы работает автоматически. Второй алгоритм удовлетворяет задачам пользователя-врача, в данном случае система работает в ручном режиме, система предоставляет расширенный функционал.

В разрабатываемой системе транскраниальной электростимуляции существуют два сценария использования, базирующихся на двух алгоритмах работы пользователя в “автоматическом” или в “ручном” режимах стимуляции. Для графического отображения сценариев использования были разработаны макеты информационных моделей при помощи инструмента прототипирования графического интерфейса Ninjamock.com.

Разработан дизайн пользовательского интерфейса, отвечающий всем требованиям эргономики. Эргономическая оценка пользовательского интерфейса системы составляет 0,81, что соответствует наивысшей градации от 0,8 до 1,0, а именно эргономические характеристики изделия соответствуют базовым значениям.

На этапе эскизно-структурного проектирования системы транскраниальной электростимуляции был проведен анализ технического



задания, разработаны структурная и принципиальная схема программно-аппаратного комплекса. Путем моделирования работы схемы в инженерной программе Proteus 8.1. была проверена работа основных блоков электрической схемы системы транскраниальной электростимуляции. Схема успешно прошла проверку. Разработана программа работы микропроцессорного блока системы транскраниальной электростимуляции, которая была реализована в ПО AVRStudio 5.

Также в работе приведено технико-экономическое обоснование разработки системы транскраниальной электростимуляции, в соответствии с которым рентабельность инвестиций составляет 94,4 %, себестоимость разработанного изделия составляет 213,22 б.р., что дешевле в два раза существующих аналогов.

Магистерская диссертация выполнена самостоятельно, проверена в системе «Антиплагиат». Процент оригинальности составляет 78,07. Цитирования обозначены ссылками на публикации, указанные в «Списке использованных источников».

### **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

1–А. Рябина, А. С. Система транскраниальной электростимуляции / Рябина А. С. // Электронные системы и технологии: 55-я юбилейная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22-26 апреля 2019 г.: сборник тезисов докладов / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск: БГУИР, 2019. – С. 619.