

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

УДК 004.418:61

На правах рукописи

ЛОЙКО
Евгений Иванович

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ МЕДИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ
ЧЕЛОВЕКА**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание степени
магистра техники и технологий

по специальности 1-39 81 01 – Компьютерные технологии
проектирования электронных систем

Минск 2019

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **ПАШКОВСКАЯ Ирина Дмитриевна**,
кандидат биологических наук, ведущий научный
сотрудник РНПЦ неврологии и нейрохирургии

Рецензент: **РУДИКОВА Лада Владимировна**,
кандидат физико-математических наук, доцент,
заведующая кафедрой технологий
программирования учреждения образования
«Гродненский государственный университет
имени Янки Купалы»

Защита диссертации состоится «27» июня 2019 г. года в 13³⁰ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П. Бровки, 6, копр. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by

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

ВВЕДЕНИЕ

Клинические функциональные исследования (КФИ) играют важнейшую роль в практической медицине. Их результаты являются основой для диагностики многих заболеваний, для подбора рационального лечения. Применение функциональных исследований является неотъемлемой частью работ профилактического характера. Данные, получаемые при функциональных исследованиях, являются материалом для дальнейшего развития медицинской науки и практики здравоохранения. Учитывая массовость КФИ, их непосредственное влияние на эффективность диагностики и лечения, во всем мире отчетливо прослеживается тенденция к автоматизации сбора и обработки данных, непосредственно получаемых при проведении исследований. Количество автоматизированных систем для функциональной диагностики нарастает быстрыми темпами, а их качественные характеристики постоянно улучшаются. В их создании участвуют представители различных областей науки и техники – специалисты в области проектирования систем автоматизации исследований, создания технического и программно-алгоритмического обеспечения.

В настоящее время весьма активно разрабатываются как самостоятельно работающие автоматизированные рабочие места (АРМ) медицинских служб функциональных исследований, так и АРМ служб функциональных исследований, работающих в составе интегрированных информационно-технологических медицинских систем. Второе направление представляется наиболее перспективным, однако работы в этом направлении сдерживаются отсутствием единой методологии проектирования и большой разнородностью исходной информации, связанной с весьма обширным кругом функциональных исследований.

Современный уровень развития вычислительной техники делает возможным создание информационных продуктов нового поколения – компьютерных систем, предлагающих те или иные научно-обоснованные врачебные решения в зависимости от особенностей клинической ситуации, складывающейся на каждом конкретном этапе ведения больного. Такие системы, выступающие в качестве полноправных участников медицинского технологического процесса, в состоянии обеспечить недостижимое для обычных клинических рекомендаций сочетание широты охвата решаемых проблем и детальности их проработки. Перспективность проектов подобного рода не вызывает сомнений, однако, их практическая реализация очень сложна.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Учитывая массовость клинических функциональных исследований, их непосредственное влияние на эффективность диагностики и лечения, во всем мире отчетливо прослеживается тенденция к автоматизации сбора и обработки данных, непосредственно получаемых при проведении исследований. В связи с этим возникает необходимость в разработке компьютерных систем, обеспечивающих требуемый уровень информационной и интеллектуальной поддержки деятельности врача функциональной диагностики.

Степень разработанности проблемы

Можно сказать, что на сегодняшний день отставание практических врачей от уровня последних достижений медицинской науки приобрело непреодолимый для усилий отдельного врача характер.

Уменьшить это отставание можно путем переработки поступающего потока сведений в информационный продукт, пригодный для массового использования врачами. В последние годы такой подход получил широкой распространение в виде подготовки группами экспертов клинических рекомендаций, систематических обзоров и литературных дайджестов по наиболее важным проблемам медицины.

Предложенное исследование направлено на устранение этого отставания на основе разработки технологии, которая позволяет создавать автоматизированные рабочие места, обеспечивающие информатизацию диагностического процесса в сочетании с интеллектуальной поддержкой деятельности персонала клинико-диагностических отделений функциональных исследований.

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является повышение качества работы лечебно-профилактических учреждений путем разработки автоматизированной информационно-аналитической системы, обеспечивающей информационную и интеллектуальную поддержку врачей функциональной диагностики лечебно-профилактических учреждений.

Для достижения поставленной цели потребовалось решение следующих задач:

– определить свойства, структуру и диапазон функций «АРМ функциональных исследований», а также построить обобщенную схему создания и совершенствования искомого АРМ;

– разработать информационно-логическую модель для построения АРМ функциональных исследований и технологию работы персонала, проектирующего и использующего эти АРМы с соответствующей системой дружеских интерфейсов;

– предложить способы представления медицинских данных и знаний, необходимых для построения АРМ функциональных исследований и позволяющих проводить их автоматический анализ.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-39 81 01 «Компьютерные технологии проектирования электронных систем».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли работы белорусских и зарубежных авторов в области методологии искусственного интеллекта и ситуационного управления, элементы теории моделирования, распознавания образов и нечеткой логики.

Научная новизна

Научная новизна и теоретическая значимость полученных результатов работы заключается в следующем:

– предложена технология разработки информационно-алгоритмического обеспечения автоматизированных рабочих мест, ориентированных на применение в службах функциональных исследований, сочетающая компьютерное ведение медицинской документации с предложением интеллектуальной поддержки на уровне автоматического принятия основных типов заключений;

– разработаны способы формализованного представления медицинских данных и знаний, необходимых для обеспечения компьютерной поддержки профессиональной деятельности медицинских специалистов, формирующих и использующих данные функциональных исследований (диагностика, управление планом дальнейших исследований, принятие тактических рекомендаций);

– разработаны элементы проблемно-ориентированного языка, позволяющего путем анализа формальных описаний первичных данных КФИ осуществлять их содержательную интерпретацию;

– разработан метод синтеза локальных заключений, позволяющий получать однотипные решающие правила для всех типов функциональных исследований.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что предложенная технология разработки «АРМ Функциональных исследований» позволяет создавать автоматизированные рабочие места, обеспечивающие информатизацию диагностического процесса в сочетании с интеллектуальной поддержкой деятельности персонала клинικο-диагностических отделений функциональных исследований.

Использование «АРМ Функциональных исследований», разработанных по предлагаемой технологии, в свою очередь, позволяет:

– повысить качество медицинской помощи в лечебных учреждениях путем предоставления врачу возможности использования информации, отражающей современные достижения в области медицины;

– интенсифицировать деятельность врача за счет освобождения отведения бумажной документации и оптимизации способов работы со справочными материалами;

– накапливать большие объемы качественно формализованных клинических данных, которые в дальнейшем могут служить основой научных исследований.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Анализ требований к организации процесса разработки информационно-аналитических систем, ориентированных на применение в кабинетах функциональной диагностики, и требований к источникам медицинских знаний.

2. Моделирование технологии разработки информационно-алгоритмического обеспечения автоматизированных рабочих мест на базе проблемно-ориентированной среды «Терапевтическая автоматизированная информационная система».

3. Вопросы реализации компьютерной поддержки деятельности врача функциональной диагностики путем разработки способов формализованного представления медицинских данных и знаний, а также элементов проблемно-ориентированного языка.

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 8 печатных работах. Данные статьи были опубликованы в научных журналах.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе кратко характеризуется состояние проблемы в области автоматизации деятельности медицинских служб функциональных исследований. **Во второй главе** описывается проблемно-ориентированная среда «Терапевтическая автоматизированная информационная система». **В третьей главе** рассматриваются вопросы реализации компьютерной поддержки основных элементов деятельности врача функциональной диагностики.

Объем основного текста диссертации – 129 страниц. Работа содержит 5 таблиц, 19 рисунков. Библиографический список включает 110 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено влияние клинических функциональных исследований на практическую медицину и на эффективность диагностики и лечения, прослеживается тенденция к автоматизации сбора и обработки данных, непосредственно получаемых при проведении исследований.

В **общей характеристике** работы показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований.

В **первой главе** кратко характеризуется состояние проблемы в области автоматизации деятельности медицинских служб функциональных исследований. В ней выделяются элементы деятельности персонала клинко-диагностических служб функциональных исследований, подлежащие информатизации, излагаются общие требования к организации процесса разработки медико-технологических систем, а также требования к источникам медицинских знаний и разработчикам информационного и алгоритмического обеспечения, принятые в качестве основы при проведении данной работы.

Во **второй главе** описывается проблемно-ориентированная среда «Терапевтическая автоматизированная информационная система» (ТАИС), которая представляет собой универсальное средство для разработки информационно-аналитических медицинских систем, включая автоматизированные системы функциональной диагностики (ИАС ФД).

В пункте 2.1 рассматриваются общие принципы организации работы в среде ТАИС трех типов пользователей: медицинского персонала, разработчиков информационно-алгоритмического обеспечения и администраторов. Определяются общие требования к формированию интерфейсов всех типов пользователей. Разрабатывается информационно-логическая модель системы, состоящая из двух автоматизированных рабочих мест (АРМ) – АРМ службы функциональных исследований и АРМ врача диагноста, взаимодействующих между собой в сетевом варианте или при передаче информации с помощью внешних носителей (рисунок 1).

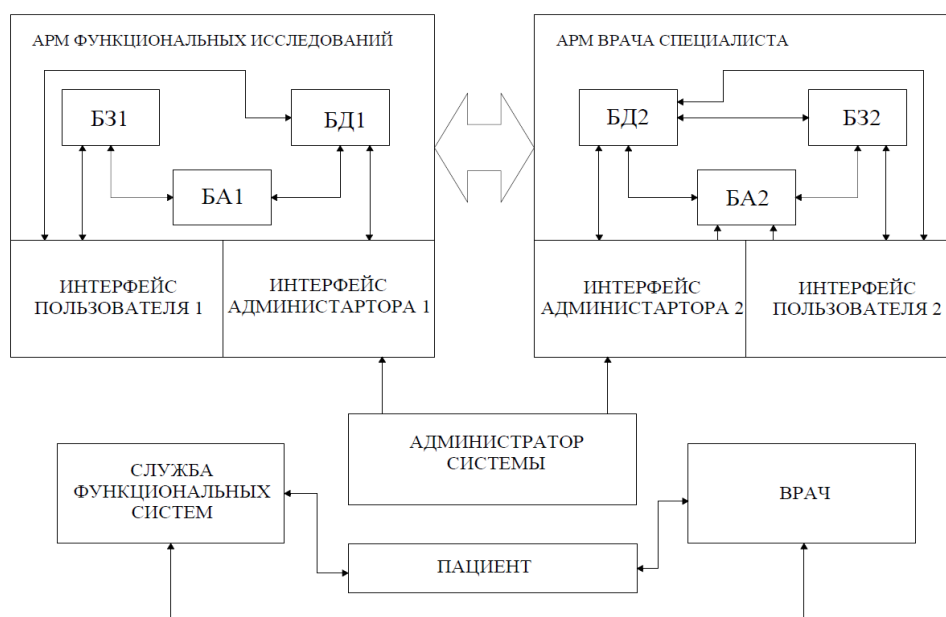


Рисунок 1 – Информационно-логическая модель системы

Каждый из АРМов в своем составе содержит базу данных (БД1 и БД2), базу знаний (БЗ1 и БЗ2), блок адаптации (БА1 и БА2). В базах данных хранятся формы стандартных документов, оформляемых при организации функциональных исследований; система иерархически организованных вопросников (текстов), позволяющих формировать готовые фрагменты текстов документов и готовить стандартные траектории проведения обследований; систему необходимой сопровождающей документации и нормативных актов; справочники по службам лечебно-профилактических учреждений и графики работы; данные по обслуживаемым пациентам. В базах знаний хранятся правила принятия решений по данным функциональных исследований, как с четким, так и нечетким выводом. Блоки адаптации позволяют на языке пользователя произвести настройку системы под конкретные запросы пользователей, структуры и оснащённость автоматизируемого лечебного учреждения. Взаимодействие пользователей с

системой осуществляется на языке пользователей через систему дружеских интерфейсов. В функции администратора входят задачи контроля за деятельностью системы и начального определения законов и параметров ее функционирования.

В пункте 2.2 описан интерфейс системы ТАИС, поддерживающий назначение функциональных диагностических исследований. Особое внимание уделяется вопросам сохранения традиционной врачебной работы в сочетании с требованиями, накладываемыми особенностями информационных технологий.

В пункте 2.3 рассматриваются вопросы проектирования интерфейса, поддерживающего ввод результатов функциональных диагностических исследований. Этот интерфейс определяет параметры сеансов работы, позволяет выбрать пациента, формирует схемы и результаты обследования. Все используемые бланки и вопросы для их заполнения хранятся в специальных разделах базы данных.

В пункте 2.4 описан интерфейс ИАС ФД, ориентированный на разработчика информационно-алгоритмического обеспечения. Этот интерфейс представляет собой систему иерархических меню со специальными заголовками. Под заголовком «Информационная база» объединены редакторы локальных для конкретной системы баз данных.

В **третьей главе** рассматриваются вопросы реализации компьютерной поддержки основных элементов деятельности врача функциональной диагностики: формализации первичной информации, разработке информационно-логических структур баз данных и знаний, разработке алгоритмов актуализации информации, проблемно-ориентированному языку программирования.

Пункт 3.1 посвящен вопросам формализации описания функциональных диагностических исследований. В нем дается описание и форматы всех полей, обеспечивающих организацию процессов обследования.

В пункте 3.2 описывается структура базы вопросов, поддерживающая работу с тремя типами данных: качественными, порядковыми и количественными признаками.

Структура базы вопросов представляет собой линейно-упорядоченную последовательность записей, каждая из которых описывает один вопрос. Описание включает в себя собственно вопрос (его текст) и дополнительные данные, определяющие особенности использования вопроса при вовлечении его в диалоги, ведущиеся между системой и пользователем.

Оптимизация структуры вопросников обеспечивается тем, что он имеет динамически ветвящуюся в процессе диалога структуру. Наряду с безусловно

задающимися вопросами в него включаются вопросы, которые предлагаются пользователю только в случае определенных предшествующих ответов. В разделе рассмотрены описание и форматы всех полей, необходимых для реализации соответствующей базы данных.

Для реализации смысловой обработки данных разработан формализованный проблемно-ориентированный язык, позволяющий строить логические конструкции, аналогичные тем, которые использует врач при принятии решений. В таблице 1 показаны все варианты записей, использующихся для извлечения информации о полученных системой ответах на вопросы, с пояснением их смысла.

Таблица 1 – Примеры записей на проблемно-ориентированном языке, использующихся для анализа первичной информации

Пример записи	При обработке записи возвращается
(123, +)	...логический результат: «да» если на вопрос с идентификатором 123 на исследуемом промежутке времени был получен положительный ответ, «нет» в любом другом случае
(13, -)	...логической результат: «да» если на вопрос с идентификатором 13 был получен отрицательный ответ
(18, >7.6)	...логической результат: «да» если на вопрос с идентификатором 18 был получен ответ, значение которого больше, чем 7.6 (при сравнении допускается использовать также знаков <, ≤, ≥, =)
(41, =)	...число, полученное в качестве ответа на вопрос с идентификатором 41**
(4014, ~улучшилось)	...логический результат: «да» если в текстовом ответе на вопрос с идентификатором 4014 содержится указанный фрагмент
(19, ?)	...логический результат: «да» если в текстовом ответе на вопрос с идентификатором 19 не было получено никакого ответа

Первый и второй варианты записей ориентированы на анализ качественных признаков. Третий и четвертый применяются для анализа количественных признаков. Пятый для исследования ответов на вопросы с типами ответов «текст». Шестой вариант можно использовать для любых типов ответа.

В пункте 3.3 рассматриваются вопросы автоматического формирования заключений по данным функциональных исследований. На примере принятия решений при выборе терапии бронхообструктивного синдрома, когда в роли локальных заключений выступают вопросы с типом ответа «первичный плюс».

В пункте 3.4 даются рекомендации по разработке формализованных бланков-вопросников в виде динамически ветвящихся структур.

В пункте 3.5 описываются вопросы обмена информацией между АРМ функциональных исследований и произвольными компьютерно-ориентированными методиками обследования посредством специального файл-буфера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

В ходе выполнения работы были реализованы следующие задачи:

– определены свойства, состав, структура и диапазон функций АРМ функциональных исследований и построена обобщенная схема создания и совершенствования разрабатываемых АРМ, отличающаяся полнотой охвата всех функций, осуществляемых соответствующими медицинскими службами, что позволяет синтезировать АРМ функциональных исследований любой сложности под требования конкретных лечебно-профилактических учреждений;

– разработана информационно-логическая модель для построения АРМ функциональных исследований и технология работы персонала как проектирующего, так и использующего эти АРМы с соответствующей системой дружеских интерфейсов, которая позволяет врачам-пользователям оперативно формировать запросы на функциональные исследования для различных типов анализов, со стороны служб функциональных исследований на языке пользователей оперативно оформлять все виды анализов и готовить их для передачи лечащим врачам и врачам-специалистам, синтезировать новые и корректировать уже эксплуатирующиеся АРМ функциональных исследований с помощью унифицированной системы операторов не требующих специальных знаний в области программирования, что делает удобным работу по созданию и коррекции автоматизированных рабочих мест специалистами-медиками;

– предложены способы представления медицинских данных и знаний, необходимых для построения АРМ функциональных исследований и позволяющих проводить их автоматический анализ, отличающиеся тем, что дают возможность синтезировать однотипные решающие правила логического типа для всех видов функциональных исследований, что в свою очередь обеспечивает возможность проектирования эффективно работающих систем поддержки принятия решений для служб функциональных исследований всех типов и назначений.

Разработанные методы, информационно-алгоритмическое и программное обеспечение прошли экспериментальную проверку, а также доказали работоспособность методики и актуальность ее использования.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования “Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники” в учебную дисциплину “Проектирование электронных модулей, устройств и систем”.

СПИСОК СОБСТВЕННЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

1. Лойко, Е.И. Анализ состояния проблемы компьютерной поддержки врачебной деятельности / Е.И. Лойко, В.С. Пятлин, В.Ю. Цвирко // материалы международного научного журнала «Научные горизонты», Россия, Российская Федерация / № 3(7)-2018 – С. 216.

2. Лойко, Е.И. Развитие технологических средств анализа изображений медико-биологических микрообъектов / Е.И. Лойко, В.С. Пятлин, В.Ю. Цвирко // материалы международного научного журнала «Научные горизонты», Россия, Российская Федерация / № 3(7)-2018 – С. 154.

3. Лойко, Е.И. Деятельность службы функциональной диагностики как объект информатизации / Е.И. Лойко, В.С. Пятлин, В.Ю. Цвирко // материалы международного научного журнала «Научные горизонты», Россия, Российская Федерация / № 10(14)-2018 – С. 216.

4. Лойко, Е.И. Анализ процесса разработки информационно-аналитических систем функциональной диагностики / Е.И. Лойко, В.С. Пятлин, В.Ю. Цвирко // материалы международного научного журнала «Научные горизонты», Россия, Российская Федерация / № 11(15)-2018 – С. 128.

5. Лойко, Е.И. Реализация средств ввода изображений и видео микрообъектов в компьютерный анализатор медиафайлов / Е.И. Лойко, В.С. Пятлин, В.Ю. Цвирко, Д.С. Дулевич // материалы международного научного журнала «Научные горизонты», Россия, Российская Федерация / № 12(16)-2018 – С. 171.

6. Лойко, Е.И. Сегментация изображений микрообъектов / Е.И. Лойко, В.С. Пятлин, В.Ю. Цвирко, Д.С. Дулевич // материалы международного научного журнала «Научные горизонты», Россия, Российская Федерация / № 4(20)-2019 – С. 187.

7. Лойко, Е.И. Отслеживание объектов в видеопотоке и обработка перекрытия / Е.И. Лойко, В.С. Пятлин, В.Ю. Цвирко, Д.С. Дулевич // материалы международного научного журнала «Научные горизонты», Россия, Российская Федерация / № 6(22)-2019 – С. 172.

8. Лойко, Е.И. Методы описания объектов на сегментированном изображении / Е.И. Лойко, В.С. Пятлин, В.Ю. Цвирко, Д.С. Дулевич // материалы международного научного журнала «Научные горизонты», Россия, Российская Федерация / № 6(22)-2019 – С. 106.

РЭЗІЮМЭ

Лойка Яўгеній Іванавіч

Аўтаматызаваная медыка-тэхналагічная сістэма для функцыянальных даследаванняў стану здароўя чалавека

Ключавыя словы: аўтаматызаваная сістэма, функцыянальныя даследаванні.

Мэта працы: павышэнне якасці працы лячэбна-прафілактычных устаноў шляхам распрацоўкі аўтаматызаванай інфармацыйна-аналітычнай сістэмы, якая забяспечвае інфармацыйную і інтэлектуальную падтрымку лекараў функцыянальнай дыягностыкі лячэбна-прафілактычных устаноў.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: вызначаны ўласцівасці, склад, структура і дыяпазон функцый АРМ функцыянальных даследаванняў і пабудавана абагульненая схема стварэння і ўдасканалення распрацоўваемых АРМ. Распрацавана інфармацыйна-лагічная мадэль для пабудовы АРМ функцыянальных даследаванняў і тэхналогія працы персаналу які праектуе, так і які выкарыстоўвае гэтыя АРМы. Прапанаваны спосабы прадстаўлення медыцынскіх ведаў, неабходных для пабудовы АРМ функцыянальных даследаванняў.

Ступень выкарыстання: вынікі ўкаранёны ў навучальны працэс на кафедры праектавання інфармацыйна-камп'ютэрных сістэм ўстанова адукацыі “Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі” ў вучэбную дысцыпліну “Праектаванне электронных модуляў, прылад і сістэм”.

Вобласць ужывання: медыцынская сфера, інфармацыйныя тэхналогіі.

РЕЗЮМЕ

Лойко Евгений Иванович

Автоматизированная медико-технологическая система для функциональных исследований состояния здоровья человека

Ключевые слова: автоматизированная система, функциональные исследования.

Цель работы: повышение качества работы лечебно-профилактических учреждений путем разработки автоматизированной информационно-аналитической системы, обеспечивающей информационную и интеллектуальную поддержку врачей функциональной диагностики лечебно-профилактических учреждений.

Полученные результаты и их новизна: определены свойства, состав, структура и диапазон функций АРМ функциональных исследований и построена обобщенная схема создания и совершенствования разрабатываемых АРМ. Разработана информационно-логическая модель для построения АРМ функциональных исследований и технология работы персонала как проектирующего, так и использующего эти АРМы. Предложены способы представления медицинских данных и знаний, необходимых для построения АРМ функциональных исследований.

Степень использования: результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования “Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники” в учебную дисциплину “Проектирование электронных модулей, устройств и систем”.

Область применения: медицинская сфера, информационные технологии.

SUMMARY

Loika Yauheni Ivanavich

Automated medical technology system for functional studies of human health

Keywords: automated system, functional studies.

The object of study: improving the quality of work of health care facilities through the development of an automated information and analytical system that provides information and intellectual support for doctors of functional diagnostics of health care facilities.

The results and novelty: the properties, composition, structure, and range of functions of an AWP of functional studies are determined, and a generalized scheme of creation and improvement of the developed AWS is constructed. An information-logical model has been developed for the construction of an automated workplace for functional research and a technology for the work of the personnel of both the designer and those using the automated workplaces. Ways of presenting medical data and knowledge necessary for the construction of an AWP of functional studies are proposed.

Degree of use: the results were introduced into the educational process at the department of design of information-computer systems of the educational institution “Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics” in the academic discipline “Design of electronic modules, devices and systems”.

Sphere of application: medical field, information technology.