

УДК 004.891

Ю.А. Скудняков, А.С. Барсук  
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ  
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Разработана производственная экспертная система диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. В качестве первоначальных заболеваний для диагностики выбраны стенокардия, очаговые дистрофии миокарда, микроинфаркт, инфаркт миокарда. Выделено 9 клинических характеристик болезней. Определена структура и несколько правил логического вывода. В качестве инструмента реализации используются язык и среда разработки экспертных систем CLIPS.

*Ключевые слова:* экспертная система; сердечно-сосудистые заболевания; база знаний; диагностика; производственная модель.

### Введение

Экспертные системы были разработаны как научно-исследовательские инструментальные средства в 1960-х годах и рассматривались в качестве искусственного интеллекта специального типа, предназначенного для успешного решения сложных задач в узкой предметной области, такой как медицинская диагностика заболеваний [1]. Экспертные системы относятся к классу интеллектуальных информационных систем, то есть основанных на использовании искусственного интеллекта. Подобные системы способны частично заменить эксперта в той или иной области деятельности. Основные функции экспертных систем – осуществлять рассуждения на основании имеющихся фактов, заданных правил логического вывода и непрерывно накапливать новые знания о предметной области. Экспертная система способна не только делать тот или иной вывод, но и обосновывать его путём описания хода рассуждений. Данные возможности могут быть очень полезными в медицинских информационных системах, так как это позволит не только предоставлять справочную информацию, но и помогать сотрудникам анализировать данные и принимать решения при диагностике заболеваний.

В данной работе рассматривается процесс диагностики ряда сердечно-сосудистых заболеваний и пути его автоматизации при помощи достижений в области проектирования и разработки интеллектуальных информационных систем. Для этого были решены следующие задачи: изучение предметной области и разработка модели экспертной системы.

### Предметная область

Сердечно-сосудистые заболевания представляют собой группу болезней сердца и кровеносных сосудов, в которую входят [2]:

- 1) ишемическая болезнь сердца – болезнь кровеносных сосудов, снабжающих кровью сердечную мышцу;
- 2) болезнь сосудов головного мозга – болезнь кровеносных сосудов, снабжающих кровью мозг;
- 3) болезнь периферических артерий – болезнь кровеносных сосудов, снабжающих кровью руки и ноги;
- 4) ревмокардит – поражение сердечной мышцы и сердечных клапанов в результате ревматической атаки, вызываемой стрептококковыми бактериями;
- 5) врожденный порок сердца – существующие с рождения деформации строения сердца;

**СЕКЦИЯ 4.2 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ)**

б) тромбоз глубоких вен и эмболия легких - образование в ножных венах сгустков крови, которые могут смещаться и двигаться к сердцу и легким.

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются основной причиной смерти во всем мире: ни по какой другой причине ежегодно не умирает столько людей, сколько от ССЗ. По оценкам, в 2012 году от ССЗ умерло 17,5 миллиона человек, что составило 31% всех случаев смерти в мире. Из этого числа 7,4 миллиона человек умерли от ишемической болезни сердца и 6,7 миллиона человек в результате инсульта [2].

В данной работе рассмотрена диагностика лишь некоторых отдельно взятых ССЗ, поскольку охватить всю область является сложной задачей. Предполагается, что со временем проектируемая экспертная система будет расширяться, получит возможность диагностировать больше заболеваний. Первоначально экспертная система будет помогать диагностировать следующие заболевания: стенокардия, очаговые дистрофии миокарда, микроинфаркт, инфаркт миокарда.

Стенокардией называются приступы внезапной боли, возникающие из-за острого недостатка кровоснабжения миокарда. Как правило, это раннее проявление развивающейся ишемической болезни сердца [3].

Инфаркт миокарда – острая сердечная недостаточность, сопровождающаяся некрозом участка миокарда [3]. Инфаркт миокарда развивается вследствие закупоривания участка миокарда тромбом, вследствие чего в поражённый участок прекращает поступать кровь и он начинает отмирать. Чаще всего инфаркт миокарда возникает в стенке левого желудочка и иногда распространяется на правый желудочек и предсердие [3].

Очаговые дистрофии миокарда и микроинфаркт являются промежуточными этапами между стенокардией и средним/тяжёлым инфарктом миокарда.

Основные клинические характеристики данного заболевания приведены в табл.1 [3].

**Таблица 1**

**Диагностика различных форм коронарной недостаточности**

Клиническая характеристика	Форма коронарной недостаточности			
	стенокардия	очаговые дистрофии миокарда	микроинфаркт	инфаркт миокарда
1	2	3	4	5
Условия возникновения болей	Физическое и нервно-психологическое перенапряжение, выход на холод, подъём на возвышенность, реже в покое	Физическое и нервно-психологическое перенапряжение, выход на холод, подъём на возвышенность, реже в покое	Физическое и нервно-психологическое перенапряжение, выход на холод, подъём на возвышенность, реже в покое	В покое, а также после больших физических и эмоциональных нагрузок

1	2	3	4	5
Длительность болей	До 10 минут	30-40 минут	30-60 минут	От 30 минут до нескольких часов и более
Эффект от приёма нитроглицерина или валидола	Имеется	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Сердечная недостаточность (одышка, отёк лёгкого, тахикардия, увеличение печени)	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Может иметь место
Падение артериального давления	Отсутствует	Отсутствует	Может иметь место	Может иметь место
Повышение температуры тела	Отсутствует	Отсутствует	Небольшое повышение температуры через 6-8 часов после начала приступа, которое сохраняется 1-2 дня	Небольшое повышение температуры через 6-8 часов после начала приступа, которое сохраняется 1-2 дня
Нарушение ритма	Отсутствует	Может иметь место	Может иметь место	В 50-60% случаев, при непрерывном наблюдении за ЭКГ – в 90% случаев
Лейкоцитоз	Отсутствует	Небольшой в первый день	Имеет место	Имеет место чаще всего в течение нескольких дней
Шум трения перикарда	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Может иметь место на 2-3-й день

Таким образом, в этом разделе были кратко рассмотрены основные характеристики выбранных для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Данные характеристики положены в основу модели разрабатываемой экспертной системы.

#### **Разработка модели экспертной системы**

Структура стандартной экспертной системы представлена на рис.1. Такая система включает следующие компоненты [1]:

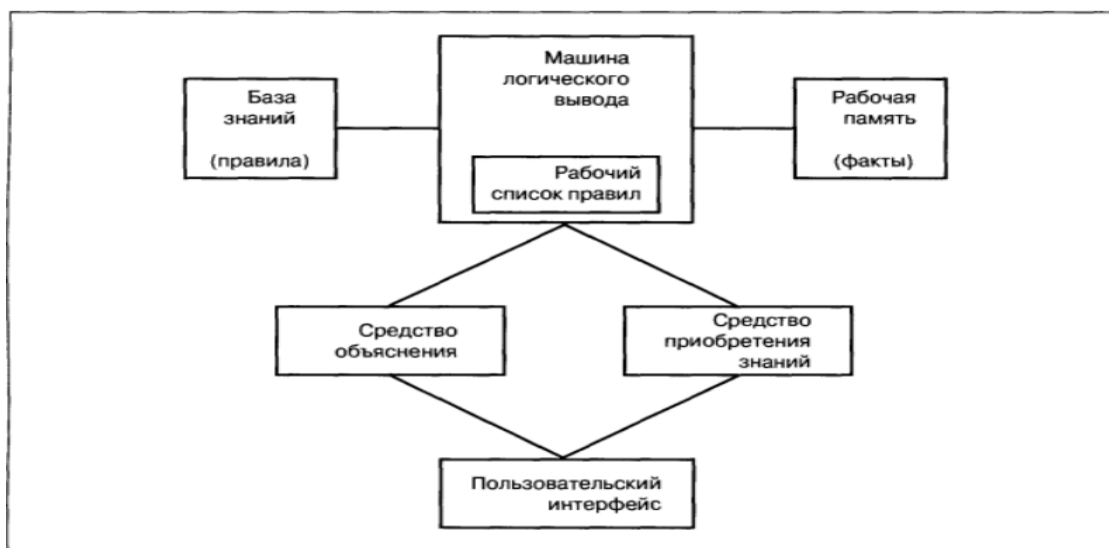
- 1) пользовательский интерфейс – механизм, с помощью которого происходит взаимодействие пользователя и экспертной системы;
- 2) средство объяснения – компонент, позволяющий объяснить пользователю ход рассуждения системы;
- 3) рабочая память – глобальная база фактов, используемая в правилах;

**СЕКЦИЯ 4.2 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ)**

4) машина логического вывода – программный компонент, который обеспечивает формирование логического вывода (принимаются решения о том, каким фактам удовлетворяют правила или объекты), располагает выполняемые правила по приоритетам и выполняет правила с наивысшим приоритетом;

5) рабочий список правил – созданный машиной логического вывода и расположенный по приоритетам список правил, шаблоны которых удовлетворяют фактам или объектам, находящимся в рабочей памяти;

б) средство приобретения знаний – автоматизированный способ, позволяющий пользователям



**Рис.1. Структура экспертной системы, основанной на правилах[2]**

вводить знания в систему без привлечения инженера по знаниям.

В системе, основанной на правилах, знания в проблемной области, необходимые для решения задач, закодированы в форме правил и содержатся в базе знаний или продукционной памяти [1]. Данные экспертные системы основаны на продукционной модели знаний. По своей сути продукционные модели знаний близки к логическим моделям, что позволяет организовать весьма эффективные процедуры логического вывода данных[4]. Правила (продукции) в продукционной модели можно представить в следующем виде [4]:

$$(i) Q; P; A > B; N,$$

где  $i$  – это имя продукционной модели знаний или ее порядковый номер;  $Q$  – сфера применения правила;  $A > B$  – ядро продукции, представляющая условную конструкцию “ЕСЛИ-ТО”;  $P$  – условие применимости ядра продукции;  $N$  – постусловие продукции.

Таким образом, главными задачами разработки экспертной системы, основанной на правилах, является создание правил вывода и наполнение ими базы знаний. Поскольку правила обрабатывают факты, то необходимо также определиться с набором первоначальных параметров, которые будут содержать факты для обработки правилами.

В качестве основных параметров разрабатываемой экспертной системы используются клинические характеристики форм коронарной недостаточности (табл.1). Возможный набор продукций для диагностики вышеперечисленных заболеваний представлен в табл.2.

Примеры правил для разрабатываемой диагностической системы

(i)	Q	P	A > B	N
1	Диагностика	-	ЕСЛИ есть боль, длит_болеи <= 10 ТО приём валидола или нитроглицерина	-
2	Диагностика	Принят валидол или нитроглицерин	ЕСЛИ приём дал эффект ТО подозрение на стенокардию	-
3	Диагностика	Принят валидол или нитроглицерин	ЕСЛИ приём не дал эффекта ТО измерить артериальное давление	-
4	Диагностика	-	ЕСЛИ длит_болеи > 10, длит_болеи <= 40 ТО измерить артериальное давление	-
5	Диагностика	Измерено артериальное давление	ЕСЛИ давление не понижено ТО проверить сердечный ритм	Подозрение на очаговые дистрофии миокарда
6	Диагностика	Измерено артериальное давление	ЕСЛИ давление понижено ТО измерить температуру	Подозрение на микроинфаркт или инфаркт миокарда
7	Диагностика	Измерена температура	ЕСЛИ температура повышена ТО проверить наличие шума трения миокарда	-

Приведённый список правил далеко не полный, однако он отражает принципы, по которым могут быть построены правила логического вывода базы знаний разрабатываемой экспертной системы. В качестве машины логического вывода используется одна из известных систем разработки продукционных экспертных систем, таких как CLIPS [1]. Основными компонентами CLIPS являются: список фактов, база знаний и машина логического вывода. Для описания фактов используются шаблоны, представляющие собой объекты с полями для хранения значений. В этом случае приведённые выше правила должны быть переписаны в соответствии с правилами языка CLIPS. Для сбора клинических характеристик необходимо определить соответствующий шаблон, где каждой характеристике отведено собственное поле. В качестве пользовательского интерфейса используются как веб-страница, взаимодействующая со средством объяснения и средством приобретения знаний на сервере, так и настольное и мобильное приложение.

### Заключение

В данной работе была определена предметная область: избраны заболевания для диагностики и определены их основные клинические характеристики. Для разрабатываемой экспертной системы была определена структура, выбрана продукционная модель представления знаний и разработан ряд первоначальных правил, хотя их список на данный момент не полный. Результаты данной работы будут использованы в дальнейшей разработке базы знаний экспертной системы.

**Библиографический список**

1. Джарратано, Д., Райли, Г. Экспертные системы. Принципы разработки и программирование // 4-е издание / Вильямс, 2007. – 1152с.
2. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]: Сердечно-сосудистые заболевания. – Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/>. – Дата доступа: 20.02.2018.
3. Гардиенко, А. Н. Справочник врача-кардиолога / А. Н. Гардиенко – Мн.: Современный литератор, 2002. – 128с.
4. Базы данных: конспект лекций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.libma.ru/kompyutery\\_i\\_internet/bazy\\_dannyh\\_konspekt\\_lekcii/](http://www.libma.ru/kompyutery_i_internet/bazy_dannyh_konspekt_lekcii/). – Дата доступа: 21.02.2018.

**Y.A. Skudnyakov, A.S. Barsuk**

**DESIGNING THE EXPERT SYSTEM FOR DIAGNOSIS OF CARDIOVASCULAR DISEASES**

Belarusian state University of Informatics and Radioelectronics

Developed a product expert system for diagnosis of cardiovascular diseases. As initial diseases for the diagnosis selected angina, focal dystrophies of the myocardium, microinfarction, myocardial infarction. There are 9 clinical characteristics of diseases. The structure and several rules of inference are defined. As a tool for implementation, the language and the development environment for CLIPS expert systems are considered.

*Key words:* expert system; cardiovascular diseases; knowledge base; diagnosis; production model.