

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра математической  
кибернетики и компьютерных наук

**РАЗРАБОТКА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ С  
АПРИОРНЫМИ ВЕРОЯТНОСТЯМИ**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 4 курса 411 группы  
направления 02.03.02 — Фундаментальная информатика и информационные  
технологии  
факультета КНиИТ  
Полякова Вячеслава Андреевича

Научный руководитель  
доцент, к. ф.-м. н.

\_\_\_\_\_

А. С. Иванов

Заведующий кафедрой  
к.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_

С. В. Миронов

Саратов 2016

## ВВЕДЕНИЕ

Искусственный интеллект, как научная дисциплина, состоит из нескольких крупных течений. Одно из них — экспертные системы.

Как правило, экспертные системы создаются для решения практических задач в некоторых узкоспециализированных областях, где большую роль играют знания «бывалых» специалистов. Экспертные системы были первыми разработками, которые смогли привлечь большое внимание к результатам исследований в области искусственного интеллекта.

Экспертные системы имеют одно большое отличие от других систем искусственного интеллекта: они не предназначены для решения каких-то универсальных задач, как например нейронные сети или генетические алгоритмы. Экспертные системы предназначены для качественного решения задач в определенной разработчиками области, в редких случаях — областях.

Экспертные системы применяются для решения только трудных практических задач. По качеству и эффективности решения экспертные системы не уступают решениям эксперта-человека. Решения экспертных систем обладают прозрачностью, т.е. могут, быть объяснены пользователю на качественном уровне (в отличие от решений, полученных с помощью числовых алгоритмов, и в особенности от решений полученных статистическими методами). Это качество экспертных систем обеспечивается их способностью рассуждать о своих знаниях и умозаключениях. Экспертные системы способны пополнять свои знания в ходе взаимодействия с экспертом. Необходимо отметить, что в настоящее время технология экспертных систем используется для решения различных типов задач (интерпретация, предсказание, диагностика, планирование, конструирование, контроль, отладка, инструктаж, управление) в самых разнообразных проблемных областях, таких, как финансы, нефтяная и газовая промышленность, энергетика, транспорт, фармацевтическое производство, космос, металлургия, горное дело, химия, образование, целлюлозно-бумажная промышленность, телекоммуникации и связь и др.

Основным преимуществом экспертных систем с априорными вероятностями является то, что они могут работать в условиях неоднозначности информации.

Целью настоящей работы является исследование механизма работы экспертных систем с априорными вероятностями и реализация ее на языке про-

граммирования Java.

Для достижения данной цели поставлены следующие задачи:

- рассмотрение основных понятий искусственного интеллекта;
- анализ принципов функционирования экспертных систем;
- исследование принципов функционирования экспертных систем с априорными вероятностями;
- разработка программы;
- проведение серии экспериментов.

В качестве материалов исследования были использованы основные принципы искусственного интеллекта, принципы разработки и функционирования экспертных систем с априорными вероятностями, основные понятия нечеткой логики.

Бакалаврская работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников и трёх приложений. Объем работы 53 страницы. Работа содержит 11 таблиц и 6 рисунков. Список литературы включает 13 наименований. Названия глав:

Глава 1. Основные понятия искусственного интеллекта. Принципы функционирования экспертных систем.

Глава 2. Экспертные системы с априорными вероятностями. .

Глава 3. Разработка экспертной системы.

## 1 Основное содержание работы

Введение содержит в себе основные положения работы.

В первой главе рассмотрены основные понятия искусственного интеллекта, задачи, решаемые с помощью искусственного интеллекта, понятия интеллектуальной задачи и интеллектуальной системы, а также основные принципы экспертных систем. Данная информация разделена на логически завершенные части следующим образом.

- До первого раздела приводится определение искусственного интеллекта, перечисляются задачи, решаемые с помощью искусственного интеллекта и рассматривается функциональная структура использования искусственного интеллекта
- В первом разделе «Понятие интеллектуальной задачи» приводятся определения интеллекта, алгоритма, интеллектуальной задачи и рассматривается разница между интеллектуальными и неинтеллектуальными задачами.
- Во втором разделе «Понятие интеллектуальной системы» приводятся определения индукции и дедукции, а также рассматриваются основные признаки интеллектуальных систем.
- В третьем разделе «Тест Тьюринга» рассматривается тест для проверки программы на интеллектуальность, предложенный Аланом Тьюрингом.
- В четвертом разделе «Основные понятия экспертных систем» приводится определение экспертной системы и основные отличия экспертных систем от классических программ и других систем искусственного интеллекта. Также в данном разделе приведены характерные черты экспертной системы и качества, отличающие экспертную систему от других программ:
  - компетентность;
  - способность к символическим рассуждениям;
  - глубина;
  - самосознание.
- В пятом разделе «Ограниченность применения экспертных систем» рассматриваются факторы, препятствующие созданию экспертной системы и требования к эксперту, участвующему в создании экспертной системы.
- В шестом разделе «Неопределенность знаний в экспертных системах»

рассматриваются типы источников неопределенности информации, причины использования неточных методов и возможность использования теории вероятности для решения задач представления неопределенности знаний.

- В седьмом разделе «Возможность и оправданность создания экспертной системы» рассматриваются условия, необходимые чтобы создание экспертной системы было возможным и оправданным, а также основные критерии соответствия задачи методам экспертных систем.
- В восьмом разделе «Структура экспертной системы» приведены различия между динамическими и статическими экспертными системами, а также описание основных компонентов экспертной системы:
  - механизм логического вывода
  - рабочая память;
  - база знаний;
  - подсистема приобретения и пополнения знаний;
  - подсистема объяснения;
  - подсистема диалога.
- В девятом разделе «Базы знаний» приведено определение знаний и их существенные свойства:
  - внутренняя интерпретируемость;
  - активность;
  - связность;
  - структурированность;
  - семантическая метрика;
  - конвертируемость представления.

Также приведены определения факта, метазнаний, формальное представление факта и основные компоненты системы семантической обработки информации, основанной на концепции баз знаний:

- база знаний;
  - механизм логического вывода;
  - интерфейс;
  - база целей.
- В десятом разделе «Преимущество экспертных систем перед человеком-экспертом» рассмотрены следующие преимущества экспертных систем:

- стабильность;
- простота передачи;
- устойчивость и воспроизводимость результатов;
- стоимость.

Во второй главе приведены основные положения нечеткой логики и классической вероятности, а также приведена Байесовская модель логического вывода, используемая в экспертных системах с априорными вероятностями. Данная информация разделена на логически завершённые части следующим образом.

- В первом разделе «Нечеткая логика в экспертных системах» приведены основные принципы нечеткой логики, определения нечеткой логики, неопределенности, вероятности, а также классификация ошибок, являющихся причиной неопределенности:
  - неоднозначность информации;
  - неполнота информации;
  - неадекватность информации;
  - погрешности измерения;
  - случайные ошибки.
- Во втором разделе «Классическая вероятность» приведена формула классической вероятности и рассмотрено понятие априорной вероятности.
- В третьем разделе «Байесовская модель логического вывода» приведена форма правил в логическом выводе:

ЕСЛИ  $\langle H \text{ является истиной} \rangle$  ТО  $\langle E \text{ будет наблюдаться с вероятностью } p \rangle$

Далее в данном разделе приведена формула Байеса в терминах гипотез и свидетельств:

$$p(H|E) = \frac{p(E|H) \cdot p(H)}{p(E|H) \cdot p(H) + p(E|\neg H) \cdot p(\neg H)},$$

где

- $H$  — событие, заключающееся в том, что данная гипотеза верна;
- $E$  — событие, заключающееся в том, что наступило определенное доказательство (свидетельство), которое может подтвердить правильность указанной гипотезы.

Также приведена формула Байеса для множественных гипотез:

$$p(H_i|E) = \frac{p(E|H_i) \cdot p(H_i)}{\sum_{k=1}^m p(E|H_k) \cdot p(H_k)}, i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

и ее запись в случае множественных свидетельств:

$$p(H_i|E_1 E_2 \dots E_n) = \frac{p(E_1 E_2 \dots E_n|H_i) \cdot p(H_i)}{\sum_{k=1}^m p(E_1 E_2 \dots E_n|H_k) \cdot p(H_k)}, i = \overline{1, m}. \quad (2)$$

Далее приведены преимущества и недостатки данной формулы, а также несколько примеров её работы.

- В четвертом разделе «Распространение вероятностей» рассмотрен механизм распространения вероятностей в экспертных системах.

В третьей главе содержится описание разработанной экспертной системы. Экспертная система написана на языке программирования Java. Областью знаний является медицина. Была собрана база знаний, состоящая из 80 симптомов и 44 заболеваний. Описание включает в себя:

- перечисление элементов интерфейса и их измененных атрибутов;
- внешний вид приложения;
- описание механизма работы экспертной системы;
- рассмотрение базы знаний.

Внешний вид приложения: (рис. 1)

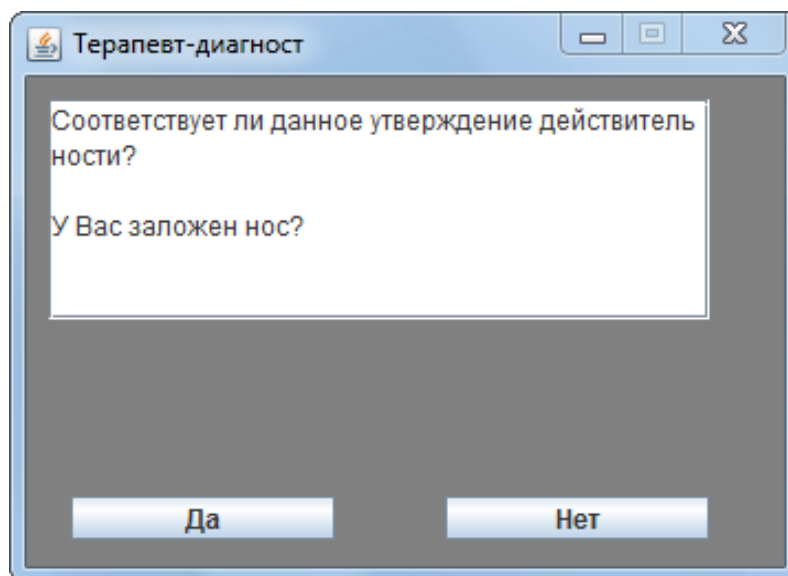


Рисунок 1 – Внешний вид приложения

Механизм работы экспертной системы следующий:

1. Экспертная система задает пользователю вопрос, позволяющий подтвердить гипотезу с наибольшей априорной вероятностью и не использованный до этого. Если для гипотезы с наибольшей априорной вероятностью такого вопроса нет, то берется следующая по величине вероятности гипотеза и т.д. Пользователь отвечает на него «Да» или «Нет», нажимая соответствующую кнопку.
2. Экспертная система помечает вопрос как заданный и пересчитывает априорные вероятности на основании ответа пользователя по формуле Байеса.
3. Экспертная система проверяет, достигла ли одна из априорных вероятностей значения, достаточного чтобы принять решение, гипотеза верна. Если да, то вывести данную гипотезу пользователю, предложить пользователю пройти тест заново и перейти к пункту 5. Иначе перейти к пункту 4.
4. Экспертная система проверяет, остались ли еще вопросы, которые не были заданы. Если нет, то вывести гипотезу с наибольшей априорной вероятностью пользователю, предложить пользователю пройти тест заново и перейти к пункту 5. Иначе перейти к пункту 1.
5. Увеличить стартовую априорную вероятность верной гипотезы в 1.01 раз и сохранить ее в файл. Если пользователь решит пройти тест заново, то перейти к пункту 1 и использовать вероятности из записанного на этом шаге файла.

После описания разработанной программы приведены условия и результаты проведенных тестов.

В настоящей работе была проведена серия экспериментов, согласно условиям которых была выбрана группа человек, которые гипотетически больны некоторой болезнью из базы знаний экспертной системы. В таблице 1 приведён один из экспериментов, в таблице 2 — его результаты.



Таблица 1 – Ответы на вопросы в тесте 1

Предполагаемая болезнь: Холецистит	
Вопрос	Ответ
У Вас заложен нос?	Нет
Першит ли у Вас в горле?	Нет
У Вас сильно повышена температура (выше 37.5)?	Да
У Вас запор?	Да
У Вас бывают резкие боли в нижней части живота?	Нет
У Вас жидкий стул?	Нет
У Вас бывают приступы рвоты?	Да
Болит ли у Вас живот после острой/жирной пищи?	Да
Тошнит ли вас?	Да
Подтвержденная гипотеза: Холецистит	

Таблица 2 – Априорные вероятности в тесте 1

Заболевание	Вероятность
Простуда	0.089
Аллергический ринит	0.260
Острый синусит	0.179
Фарингит	0.076
Хронический тонзилит	0.076
Грипп	0.547
Ларингит	0.076
Острый бронхит	0.179
Хронический бронхит	0.300
Астма	0.300
Плеврит	0.300
Пневмоторакс	0.300
Бронхоэктаз	0.335
Абсцесс легкого	0.374
Пневмокониоз	0.300
Отек легких	0.300
Гастрит	0.522
Язва двенадцатиперстной кишки	0.522
Язва желудка	0.522
Аппендицит	0.135
Пищевое отравление	0.179
Гастроэнтерит	0.405
Острый пиелонефрит	0.563
Холецистит	0.903
Тромбоз глубоких вен	0.335
Ревматоидный артрит	0.300
Сердечная недостаточность	0.300
Депрессия	0.300
Ангина	0.289
Гипотериоз	0.300

Язвенный колит	0.089
Болезнь Меньера	0.518
Менингит	0.571
Глаукома	0.300
Височный артериит	0.300
Блокада сердца	0.300
Чесотка	0.300
Корь	0.481
Ветряная оспа	0.530
Розацеа (розовые угри)	0.300
Сахарный диабет	0.300
Инфекционный мононуклеоз	0.530
Гепатит	0.335
Панкреатит	0.289

Тесты показали, что в среднем для постановки диагноза, экспертной системе необходимо задать пользователю 10 вопросов. При этом почти в каждом случае, вероятность одной гипотезы сильно превышает вероятности других гипотез. Предполагаемые болезни отвечающих выбирались произвольным образом.

Так как ни один из отвечающих не болел выбранной болезнью, у отвечающего был список симптомов, характеризующих болезнь, не всегда совпадающих со списком симптомов, соответствующих болезни в базе знаний программы, так как разные люди переносят одни и те же болезни по-разному. Однако в 100% случаев программа определяет верный диагноз.

В приложении А приведен список вопросов, задаваемых пользователю в ходе работы экспертной системы.

В приложении Б приведен список соответствия заболеваний симптомам.

В приложении В приведен программный код экспертной системы. Структура программы представлена двумя классами: `FrameBuilder.java` и `MainClass.java`

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной работы была реализация экспертной системы с априорными вероятностями на языке программирования Java. Для этого в данной работе были выполнены следующие задачи:

- рассмотрение основных понятий искусственного интеллекта;
- анализ принципов функционирования экспертных систем;
- исследование принципов функционирования экспертных систем с априорными вероятностями;
- разработка программы;
- проведение серии экспериментов.

В результате была создана экспертная система, способная работать в условиях неопределенности знаний.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 *Люгер, Д.* Искусственный интеллект / Д. Люгер. — Москва: Мир, 2003.
- 2 *Девятков, В. В.* Системы искусственного интеллекта / В. В. Девятков. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001.
- 3 *Лорьер, Ж. Л.* Системы искусственного интеллекта / Ж. Л. Лорьер. — М.: Мир, 1993.
- 4 *Хант, Э.* Искусственный интеллект / Э. Хант. — М.: Мир, 1978.
- 5 *Нильсон, Н.* Принципы искусственного интеллекта / Н. Нильсон. — Москва: Мир, 1985.
- 6 *Рассел, С.* Искусственный интеллект. Современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. — Вильямс, 2015.
- 7 *Джарратано, Д.* Экспертные системы: принципы разработки и программирование / Д. Джарратано. — Москва: Вильямс, 2006.
- 8 *Джексон, П.* Введение в экспертные системы / П. Джексон. — Москва: Вильямс, 2001.
- 9 Портал искусственного интеллекта) [Электронный ресурс]. — URL: <http://aiportal.ru> (Дата обращения 17.02.2016). Загл. с экр. Яз. рус.
- 10 *Гаврилова, Т. А.* Базы знаний интеллектуальных систем. Учебник / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. — СПб.: Питер, 2000.
- 11 *Круглов, В. В.* Нечеткая логики и искусственные нейронные сети / В. В. Круглов. — М.: Издательство Физико-математической литературы, 2001.
- 12 *Заде, Л.* Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. — Москва: Мир, 1976.
- 13 *Новак, В.* Математические принципы нечёткой логики / В. Новак, И. Перфильева, И. Мочкрож. — Физматлит, 2006.