

## **Заключение**

В результате анализа достоинств и недостатков существующих алгоритмов кластеризации была разработана методика автоматического выявления обобщенных приемов совершенствования эксплуатационных характеристик элементов информационно-измерительных и управляющих систем. Созданная методика была реализована в подсистеме Patent Search программно-технического комплекса «Интеллект», по результатам опытной эксплуатации был сделан **вывод** об эффективности принятых алгоритмических решений. В дальнейшем планируется дальнейшее развитие разработанной подсистемы с целью автоматического формулирования выявленных обобщенных приемов.

*Исследование было выполнено частично при поддержке РФФИ (грант №116-37-00258/16).*

## **Список литературы**

1. Мандель И. Д. Кластерный анализ. М. : Финансы и статистика, 1988.
2. Jain A. Clustering methods and algorithms. Prentice-Hall Inc., 1988.
3. Zahn C. T. Graph-theoretical methods for detecting and describing gestalt clusters // IEEE Trans. Comput., 1971. С-20. P. 68–86.
4. Kohonen T. Self-Organization and Associative Memory. 3rd ed. Springer information sciences series. Springer-Verlag, New York, 1989.
5. Zamir O. Clustering Web Documents: A Phrase-Based Method for Grouping Search Engine Results // A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. University of Washington, 1999.
6. Goldberg D. E. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA, 1989.
7. Зарипова В. М., Цырульников Е. С., Киселев А. А. «Интеллект» для развития навыков инженерного творчества // Alma Mater (Вестник высшей школы). 2012 (1). С. 58–61.
8. Автоматизированная система выявления приемов улучшения эксплуатационных характеристик на основе кластеризации патентной информации : патент № 2016613179 от 18.03.2016/ А. А. Пучкова, И. Ю. Петрова.
9. Петрова И. Ю., Зарипова В. М., Лежнина Ю. А., Сокольский В. М., Митченко И. А. Энергоинформационные модели биосенсоров // Вестник АГТУ. Серия управление, вычислительная техника и информатика. 2015. № 3. С. 35–48.

## **ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВЫБОРА СМАРТФОНА БРЕНДА SAMSUNG**

***Л. С. Смирнов, Т. Л. Тен***

*Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза*

В данной статье рассмотрены теоретические и практические основы построения экспертной системы, реализованной на языке программирования #. Рассмотрены и предложены решения по ключевым вопросам, касающимся программного проектирования достаточно качественных элементов экспертной системы, приме-

няемой в области торговли. Получены возможность интеграции экспертной системы в процесс торговли, возможность накопления и развития базы данных, а также дальнейшего наращивания базы знаний, построенной на гибких правилах.

**Ключевые слова:** база знаний, экспертная система, эвристические правила, интерфейс пользователя.

## THE EXPERT SYSTEM IS FOR SELECTION OF SMARTPHONE SAMSUNG BRAND

*L. S. Smirnov, T. L. Ten*

*Karaganda Economic University of Kazpotrebsoyuz*

In this article theoretical and practical basics of creation of the expert system realized in the c# programming language are covered. Solutions on key questions, enough qualitative elements of the expert system applied in the field of trade concerning program projection are considered and proposed. Ability to integrate expert system into trade process, a possibility of accumulation and development of the database, and also further accumulation of the knowledge base constructed on flexible rules is received.

**Key words:** knowledge base, expert system, heuristic rule, user's interface.

Экспертные системы развивались как новая информационная технология, позволяющая при решении задач преобразовывать как данные, так и знания. Экспертные системы (ЭС) явились результатом практической реализации теории искусственного интеллекта (ИИ), применение которых существенно расширило область использования вычислительной техники.

Цель данной работы – ознакомиться с принципами разработки и функционирования ЭС, приобретения и обработки знаний, достижениями в области использования ЭС в торговой сфере деятельности специалистов.

В данной работе предложена методология проектирования компонентов экспертной системы как комплекса технологии наиболее применимых в задачах автоматизации линейных процессов, позволяющих разработать на ее базе интеллектуальную среду торгового назначения.

Проектирование торговой среды.

Одной из главных проблем является проектирование торговой среды, способной полноценно функционировать при минимальном участии продавца и при этом обеспечивать надлежащий контроль процесса продаж [1].

Структура экспертной системы включает в себя четыре основных элемента: блок принятия решений, базу знаний, базу данных и интерфейс взаимодействия с внешней средой.

Блок принятия решений (БПР) является ядром, придающим интеллектуальность всей системе. Принципы функционирования БПР

обеспечивают применимость системы в целом в решении поставленной задачи. Все остальные элементы исполняют вспомогательную роль [2].

В базе знаний содержатся функции, управляющие реакцией БПР на возникающие в процессе работы события и представляют собой алгоритмическую модель принятия решений экспертами в данной области знаний. Функции, управляющие реакцией, алгоритмизируются в виде нечетких правил, которые относительно просто редактируются в соответствии с прикладной спецификой. Логистика информационных потоков БПР во многом зависит от функций реакций на события [3].

База данных является хранилищем информации любого формата, относящейся к данной теме в настоящий момент.

Интерфейс пользователя – это способ взаимодействия между пользователем и системой. В мощных системах пользователю предоставляется возможность задавать вопросы и получать ответы на обычном языке, однако разработка такой системы – довольно сложная задача, проще создать систему, в которой вопросы и ответы выбираются из заданного списка. База знаний содержит известные факты, выраженные в виде объектов и условий. Помимо описательных представлений о действительности, она включает выражения неопределенности – ограничения на достоверность факта [4]. В этом отношении она отличается от традиционной базы данных вследствие своего символического, а не числового или буквенного содержания. При обработке информации базы данных используются заранее определенные логические правила. Соответственно, база знаний, представляющая более высокий уровень абстракции, имеет дело с классами объектов, а не с самими объектами. Центральной составляющей экспертной системы является механизм, осуществляющий поиск в базе знаний по правилам рациональной логики для получения решений [5]. Этот компонент активизируется при получении запроса пользователя и выполняет следующие задачи:

- сравнивает информацию, содержащуюся в запросе пользователя, с информацией базы знаний;
- производит поиск определенной цели или причинные связи;
- оценивает относительную определенность факторов, основываясь на соответствующих коэффициентах доверия, связанных с каждым фактором. Следующий компонент экспертной системы – уровень доверия. В базу знаний поступают факты. Связь между фактами представлена эвристическими правилами – выражениями декларативного знания об отношениях между объектами [6]. Каждое такое правило имеет составляющую «если» (предпосылку) и компонент «то» (заключение), которые определяют прямую и обратную причинно-следственные связи. Рассмотрим пример. Факт: «Если клиент выбрал смартфон

класса S и камеру до 13 mp, и 2 ядра, то он получит Galaxy s1». Предпосылка: «Если покупатель получил Galaxy s1, то он выбрал смартфон класса S». Действительные утверждения только вероятны, то есть степень их определенности не всегда абсолютна. Такие утверждения относительной уверенности часто основываются на статистических, вероятностных или просто субъективных предпосылках [7].

Разделим обобщенную проблему на ряд подзадач.

Представление фактов в базе знаний. База знаний состоит из фактов и правил. Факты описывают то, что известно о предметной области в данный момент. Правила устанавливают ситуационные, концептуальные, причинные или прецедентные взаимосвязи между этими фактами [8]. Представим факты, определяя объекты, описывая их атрибуты и придавая им эквиваленты или значения. Под словом «объект» подразумевается как физический предмет (например, «класс телефона» или «количество ядер»), так и общие представления [9]. С объектами связываются атрибуты, по которым и активизируются объекты в системе (например, «неудовлетворительная оценка», «прогул»). Для упорядочивания выражений фактов объединяем их в пары «объект – значение», соединив имя объекта с именем атрибута. Для представления объектов в базе знаний используются цепные списки. Каждая единица этого списка называется узлом и содержит поля, в которые заносится информация об объекте. Одно из полей служит указателем, сообщаящим системе, где искать следующий узел списка. Кроме того, каждый узел в списке объектов имеет указатель на список значений, связанных с именем данного объекта.

Коэффициенты определенности. Поскольку не все знания строго определены, экспертная система должна иметь средства обработки различной степени доверия в заданных выражениях фактов. Это особо значимо, так как субъективные утверждения склонны к абсолютности.

Правила экспертной системы. Экспертная система обрабатывает символическое представление реальности с помощью эвристических правил и метода обратной цепочки. В этом методе консультация (совет) начинается с определенной конкретной цели или конечного результата [10]. Этот подход противоположен методу прямой цепочки, где рассуждение начинается с определения проблемы. Правило состоит из двух частей: предпосылки и заключения. Как предпосылка, так и заключение являются фактами базы знаний, выраженными парами «объект – значение». В нашей системе правила имеют следующий формат [11]:

Если ПРЕДПОСЫЛКА, то ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Его смысл в том, что если верна предпосылка, то верно и заключение. Эти простые отношения «если-то» представляют узлы решения,

по которым машина вывода продвигается к поставленной цели. Правило может включать в себя булевский оператор «И» для образования более сложных выражений [12].

Поиск решения – решатель. База знаний представляет описание предметной области экспертной системы. Решатель является интерпретатором правил, который использует факты этой базы знаний для решения поставленных проблем. Она осуществляет это путем формулирования пробных гипотез и проверки их на соответствие указанной цели. Оператор задает цель консультации в виде имени объекта. Решатель использует набор правил, пытаясь получить значение указанного объекта-цели. Система продолжает поиск до тех пор, пока одно из предполагаемых решений не окажется верным.

Постановка конечных целей. Прежде всего, нужно определить отдаленную, конечную цель – какой результат ожидаем получить, когда экспертная система решит проблему. Цель должна выражать действие или событие, отображающее воздействие экспертной системы на общий ход событий. На этом уровне описания степень неопределенности может быть достаточно большой.

Определение промежуточных целей. Для каждой конечной цели система может иметь ряд промежуточных целей-действий или частные проблемы. Бывают цели, достижение которых приводит к достижениям конечных целей. На этом уровне цели тоже выражаются как действия или события, но их неопределенность намеренно сокращается. Когда определены промежуточные цели, проблема распадается на подзадачи. Каждая цель представляет предполагаемый результат, предлагаемый программой при решении частной проблемы. Кроме установления желаемых результатов решения проблемы, промежуточная цель выполняет и другую важную функцию вследствие своей специфической проблемы: она может потребовать для своего решения отдельных или изолированных систем знаний [13].

Определение проблем. После того, как специалисты (продавцы) по знаниям определили цели экспертной системы, становятся достаточно очевидными типы проблем, которые предстоит решать, и способ подхода системы к их решению.

Извлечение знаний. После определения целей и задач системы группа разработчиков сталкивается с проблемой эффективного извлечения экспертных знаний. Наиболее очевидным методом является простой опрос. Интервьюированные эксперты или получение знаний из справочников – это прямой путь, однако он отнимет слишком много времени. Использование аналогий или моделей может значительно сократить эту работу. Вот один из вариантов: собрать файл экспертных решений, связанных с проблемами в рассматриваемой предметной области, затем проанализировать главные правила, на которых основаны

ваются эти экспертные решения. Третий источник информации – прямое наблюдение или экспериментирование. Классический способ извлечения экспертных знаний заключается в том, чтобы пройти через все стадии процесса экспертизы, наблюдая, как в том или ином случае поступает эксперт (продавец).

#### *Применение экспертных систем в процессе торговли*

Качественной системы продажи напрямую зависит от точного определения характеристик товара по нескольким ключевым показателям: класс смартфона, характеристики диагонали экрана, характеристики камеры, количество ядер.

Проблема выбора дальнейших действий решается экспертной системой на основе этих показателей. Это может быть как продолжение предложения нового смартфона.

По достижении конечного результатов в вопросах определенной группы покупатель может перейти к смартфону. Этот переход даст возможность покупателю ознакомиться с полным набором характеристик, а также актуальной ценой.

#### *Функциональное проектирование системы контроля знаний*

Одним из перспективных способов повышения эффективности функционирования систем технического контроля знаний является применение комплексных интеллектуальных компьютерных технологий, а именно систем, основанных на разнородных знаниях гибридных экспертных систем (ЭС). В гибридных ЭС представлены разные виды знаний как концептуальные, экспертные, фактографические, так и соответствующие разные методы их обработки.

Главная задача при разработке гибридных систем состоит в том, как наилучшим образом сочетать разные формы представления и методы обработки знаний в процессе принятия решений ЭС, то есть актуальной задачей является исследование возможностей оптимального соединения разных механизмов обработки знаний с целью повышения качества, мобильности и эффективности ЭС при решении задач и контроля знаний в условиях неопределенности. Мобильность ЭС обусловлена мобильностью баз знаний (БЗ) и возможностью ее пополнения из разных информационных составляющих (БД, баз экспертных знаний (БЭЗ), баз концептуальных знаний (БКЗ), динамических файлов и т. д.), а также различными процедурами вывода. Конкретизация знаний при решении задач декомпозирует их на точные и неточные, полные и неполные, статические и динамические, однозначные и многозначные и т. д.

Кроме того, сами экспертные знания неточны в силу их субъективного характера. Приблизительность и многозначность знаний приводят к тому, что ЭС имеет дело как бы не с одной, а с несколькими альтернативными областями. Поэтому неполнота знаний позволяет использовать не один, а несколько источников знаний [15]. Применение

нечеткой логики гибридной ЭС контроля знаний может иметь, по крайней мере, три реализации:

1) обработка нечеткостей высказываний экспертов, то есть когда предпосылка имеет нечеткие переменные, а машина вывода – механизм извлечения данных из них;

2) использование матрицы нечетких отношений, определяющей множество факторов и множество предпосылок. Матрица содержит нечеткие переменные отношения, мера которых представляется в виде вещественного числа  $[0, 1]$ , чтобы определить причины состояния, производится преобразование матрицы и факторов к виду уравнений нечетких отношений, а затем полученную систему решают методом композиции минимума- максимума;

3) использование нечетких выводов. Данный подход наиболее часто используется при построении нечетких баз знаний [16]. Применение нечетких гибридных ЭС для решения задач и контроля параметров знаний расширяет возможности такого класса интеллектуальных систем, повышает их гибкость и мобильность, позволяет при равных вычислительных ресурсах ЭВМ проводить экспертную оценку большего количества вариантов, повышая достоверность и точность оценки полученных результатов. В данной работе рассматриваются основные принципы построения нейронечеткой гибридной ЭС с разнородными знаниями и анализируется ее функционирование в условиях неопределенности ряда параметров объекта контроля (знаний) с учетом применения в качестве динамической базы знаний комбинированных моделей НС. В гибридной нейронечеткой ЭС эталонная модель (ЭМ) знаний хранится в БЗ и уточняется в процессе приобретения новых знаний. Реальная модель формируется в среде БД, а связь с ЭМ осуществляется через запросы пользователя. Решение задачи по построению интеллектуальной системы контроля качества знаний на базе гибридной ЭС производилось с учетом особенностей среды ЭС.

Гибридная ЭС состоит из следующих функциональных частей: база данных, в которой хранятся эталонные и фактические данные о процессе, результаты их сравнения, концептуальная, инфологическая и физические модели знаний; база знаний (БЗ): статическая (знания хранятся в виде экспертных знаний (продукции)), а также формул, фактов, зависимостей, таблиц, понятий конкретной предметной области); динамическая (знания хранятся комбинированными моделями НС в виде эталонных динамических процессов с учетом частичной или полной неопределенности параметров контролирования); механизм логического вывода, основанный на алгоритме порождения причинно-следственной сети событий функционально-структурной модели; механизм адаптации, координирующий работу баз данных (БД) и БЗ в процессе логического вывода зависимости от сложившейся ситуации; механизм объяснения, который представляет собой интерпретацию

процесса логического вывода; планировщик, координирующий процесс решения задачи; решатель, позволяющий находить эффективные решения прямой, обратной и смешанной постановок задач. Содержание, форма и алгоритмы представления информации гибридной ЭС имеют возможность варьирования зависимости от сложности моделируемой ситуации, специфики и индивидуальных особенностей пользователя. Пользователь-эксперт представляет экспертные знания в виде наборов примеров. Внутренняя форма представления экспертных знаний – дерево вывода [15]. Набор примеров описывается при помощи атрибутов и содержит примеры одинаковой структуры, определяемой его атрибутами, которые могут быть связаны логическими переходами. В этом случае соответствующие деревья вывода объединяются таким образом, что на терминальную вершину одного дерева добавляется другое дерево. Вычислительная модель ЭС и БД при решении задач в условиях неопределенности задается в обобщенном виде:

$$W = \langle A, B, J, F, H \rangle,$$

где  $A$  – множество атрибутов БД и БЗ;  $B$  – домены (значения атрибутов БД и БЗ);  $J$  – множество функциональных зависимостей, определенных над атрибутами;  $F$  – множество описаний типов всех используемых в  $B$  функциональных зависимостей;  $H$  – совокупность нечетких отношений над множеством атрибутов  $A$ .

Необходимо учитывать следующее: в каждой гибридной ЭС свои определенные требования к форме представления знаний, а так как они различны (фреймы, семантические сети, БД, понятия в БЗ ЭС, нейросети, нечеткая логика, генетические алгоритмы), то, даже в рамках единого информационного пространства в гибридной ЭС, объединить разные знания достаточно сложно. Так, например, в гибридной ЭС разнородные знания хранятся статической ЭС, а динамические знания о состоянии знаний – нейронными сетями. Современные информационные компьютерные технологии (на основе подхода OLE-технологий) позволяют легко обмениваться разнородными знаниями в рамках единого информационного пространства гибридной нейронечеткой ЭС. В заключение следует отметить, что рассмотренный в работе подход к построению интеллектуальной системы торговли смартфонами на базе гибридной ЭС [16], функционирующей в условиях неопределенности, позволяет:

- активно применять разнородные знания (концептуальные, конструктивные, процедурные, фактографические, базы правил с функциями принадлежностей, правила и нечеткие правила БД, БЗ, БЭЗ, процедуры) с комбинацией механизмов вывода для эффективного определения потребности клиента;
- обобщить и усовершенствовать концептуальную модель представления разнородных знаний в среде реляционной БД (Access, FoxPro

и Informix), управляемой СУБД и взаимодействующей с ядром гибридной ЭС;

### *Программный продукт*

При открытии приложения попадаем на главную форму программного продукта.

Нажатие на кнопку «Запуск» переводит нас на форму знакомства с пользователем, где ему предлагается ввести свое имя.

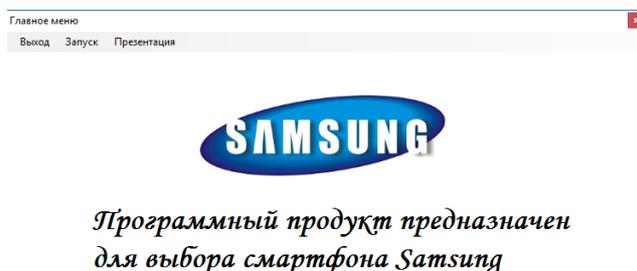


Рис. 1. Главная форма экспертной системы

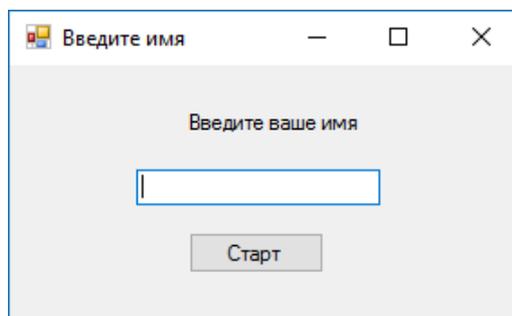


Рис. 2. Форма ввода имени пользователя

После нажатия кнопки «Старт» пользователь попадает в окно вопроса вершины дерева решения.

После ответов на определенно рода вопросы система предлагает смартфон, отвечающий заданным характеристикам.

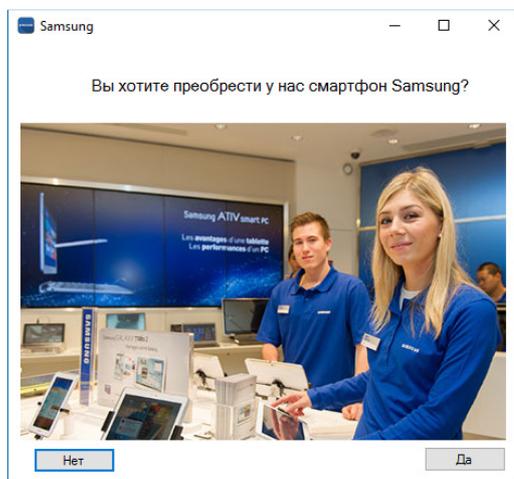


Рис. 3. Форма вопроса



Рис. 4. Форма вывода

### *Заключение*

Целью этой работы является разработка правил, знаний и алгоритмов, которые позволят реально перевести большую часть процесса продаж в компьютерную среду. Заложенная в системе возможность редактирования и наращивания базы знаний будет способствовать своевременной корректировке правил и фактов, управляющих процессом

обучения. Все описанное выше говорит о мощности и гибкости алгоритмов и функций, заложенных в экспертной системе и позволяющих проектировать на ее базе современные комплексы нового поколения.

### Список литературы

1. Альтшуллер Г. С. На пороге 2000 года // Литературная газета. 1984. 4 янв.
2. Викентьев И. Л. Приемы рекламы и public relations: 215 примеров, 130 учебных задач и 18 практических приложений. СПб. : ТРИЗ-ШАНС ; Бизнес-пресса, 2001. 256 с.
3. Викентьев И. Л. Три приема Максима Соколова. URL: [http://www.triz-chance.ru/m\\_sok.html](http://www.triz-chance.ru/m_sok.html)
4. Викентьев И. Л. Методика оценки методик: контрольные вопросы для оценки методик в области менеджмента, маркетинга, рекламы и PR (версия 1.2). URL: [http://www.triz-chance.ru/estimation\\_techniques.html](http://www.triz-chance.ru/estimation_techniques.html)
5. Викентьев И. Л. О подготовке исследователей. URL: <http://www.triz-chance.ru/researchers.html>
6. Викентьев И. Л., Соколов Г. Б. Системе консалтинговых фирм «ТРИЗ-ШАНС» – 10 лет. URL: <http://www.triz-chance.ru/triz-chance10.html>
7. Плетнев П. В., Левкин И. В. Алгебраический подход к оценке информационной безопасности // Известия Алтайского государственного университета. 2010. № 1–2. С. 124–127.
8. Kozhakhmet, G. Bortsova, A. Inoue, L. Atymtayeva. Expert System for Security Audit Using Fuzzy Logic, Kazakh-British Technical University, Tole bi st., 59, Almaty, Kazakhstan. MAICS, 2012 (material of conference).
9. ESET | Описание используемых технологий. URL: <https://www.esetnod32.ru/company/why/technology/> (дата обращения: 04.03.2016).
10. Что такое компонент *Проактивная защита* в Антивирусе Касперского 2012? URL: <https://support.kaspersky.ru/6658> (дата обращения: 04.03.2016).
11. Dr. Web Katana. URL: <https://products.drweb.ru/home/katana/> (дата обращения: 20.02.2016).
12. MAXPATROL COMPLIANCE AND VULNERABILITY MANAGEMENT SYSTEM. URL: <https://goo.gl/l0gNlc> )
13. Котенко И. В., Полубелова О. В., Чечулин А. А. Построение модели данных для системы моделирования сетевых атак на основе онтологического подхода // Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 26. С. 26–39.
14. Башмаков А. И., Башмаков И. А. Интеллектуальные информационные технологии : учеб. пособие. М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. 304 с.
15. Джарратано Дж., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование : пер. с англ. М. : Вильямс, 2007. 1152 с.
16. Системы поддержки принятия решений. Караганда : КЭУК, 2012.
17. Krotov L. N., Krotova E. L., Bogdanov N. V. Identification and counteractions to attacks of malefactors in the automated working system // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2015. Vol. 10. P. 10387–10391.