



И. А. Исмаилов (Университет Хазар, Баку, Азербайджанская Республика);
e-mail: r_h_a_i@yahoo.com

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

Проанализировано современное состояние групп батарей и кластеров экспертных систем (БЭС и КЭС). Рассмотрены психодиагностическая БЭС «Ориентир», батарея интегрированных ЭС для задач определения коллекторских свойств и нефтегазонасыщенности пластов, а также КЭС MED-Expert. В результате анализа выявлено, что для успешного решения задач в сложных междисциплинарных проблемных областях следует разрабатывать группы взаимосвязанных локальных ЭС. Предложен процесс разработки ЭС как некоторого множества структурно-связанных Под-ЭС, который можно назвать методом структурной разработки ЭС. Данный метод разработки группы ЭС полезен для решения проблем в сложных, междисциплинарных предметных областях и заключается в планировании разработки ЭС как совокупности взаимосвязанных Под-ЭС, аналогично методу структурного программирования компьютерных программ, состоящих из подпрограмм (процедур и функций). Для демонстрации возможностей нового метода представлена структурная разработка ЭС в специальной междисциплинарной предметной области для решения задачи установления правильных этимологий огузских (тюркских) этнонимов, что позволяет решать не только лингвистические задачи, но и исторические, географические, этнографические и другие подзадачи. Приведена подробная блок-схема предлагаемой системы и дано описание принципов работы некоторых Под-ЭС единой системы.

Ключевые слова: экспертная система; батарея экспертных систем; кластерная экспертная система; база знаний; экспертные правила; структурное программирование.

I. A. Ismayilov (Khazar University, Baku, Republic of Azerbaijan)

DEVELOPMENT OF STRUCTURAL EXPERT SYSTEM

In article are analyzed the current state of expert system's groups (batteries and clusters) (BES and CES). In detail psychodiagnostic BES "Orientir", the battery of the integrated ES for the problem's determination of collector's properties and layer's oil-and-gas saturation and CES "MED-Expert" are considered. As a result of the analysis it is revealed that in difficult inter-subject problem domains with need it is necessary to develop groups of the interconnected local ES for the successful solution of tasks. This developing process is possible to call as the method of expert system's structural development or simply "Development of structural ES". This method is especially useful to the problem's solution in difficult, cross-disciplinary subject domains and which consists in planning of ES's development as sets of interconnected Sub-ES, similar to a structural programming method for the computer programs consisting of subroutines and functions. Within structural ES's development model knowledge engineers can abstract from a main goal and other local goals and concentrate only on a concrete Sub-ES creation's problem. It is also possible simultaneous parallel developing of several Sub-ES by knowledge engineers's group. To demonstrate the possibilities of the new method, structural ES's development in special cross-disciplinary subject domain, namely for the solution to a problem of establishment the correct etymologies the Oghuz (Turkic) ethnonyms is presented. To solve such tasks it is necessary to solve not only purely linguistic problems, but also historical, geographical, ethnographic and other subtasks. The offered structural ES is designed from six Sub-ES and consisted of three linguistic Sub-ES (Turkic, Khotanish, Chinese), not linguistic Sub-ES (where knowledge of experts – historians, geographers, ethnographers, etc. is used), Data Mining Sub-ES (for additional expert rules extraction without the expert-person participation) and Fuzzy Sub-ES "Estimates of Hypothetical Etymologies" (where the conclusions illegibility of all previous Sub-ES is considered). In article the detailed flowchart of the offered system is shown and work's principles of the some Sub-ES are described.

Keywords: Expert system; Batteries of expert systems; Clusters of expert systems; Knowledge base; Expert rules; Structured programming.

Статья поступила в редакцию 15.12.2017 г.

Введение

В настоящее время даже очень продвинутые *экспертные системы (ЭС)* отличаются своей конкретностью, узкой предметной направленностью [1] и испытывают трудности в решении мультидисциплинарных задач, требующих привлечения знаний и навыков специалистов из разных отраслей науки и производства. В результате анализа современных ЭС установлено, что сегодня для решения сложных задач в смежных предметных областях все чаще разрабатываются группы взаимосвязанных ЭС в рамках одной экспертной или интеллектуальной системы, получившие наименования *батарей ЭС (БЭС)* или *кластеров ЭС (КЭС)*. Примерами таких систем можно считать психодиагностическую БЭС «Ориентир» [2], *батарейю интегрированных ЭС (БИЭС)* для задач определения коллекторских свойств и нефтегазонасыщенности пластов [3], медицинскую КЭС MED-Expert [4].

Отличительная особенность групп ЭС – объединение результатов, получаемых от отдельных локальных ЭС различной модальности в рамках единой интеллектуальной системы. Разработка БЭС предполагает четкое различие в них нескольких задач [2]. Организация групп ЭС такого рода создает определенные связи или отношения между локальными ЭС, едиными в целом.

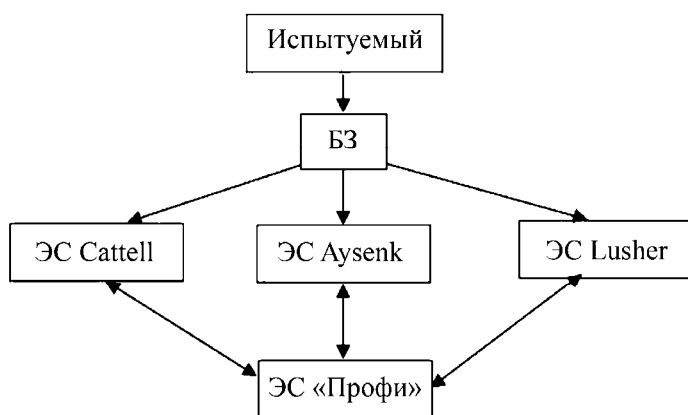


Рис. 1. Структурная схема батареи экспертной системы «Ориентир»

Анализ современных групп экспертных систем

В качестве примеров современной тенденции расширения функциональности классических ЭС проведем анализ трех групп.

Батарея экспертных систем «Ориентир»

Данная БЭС состоит из четырех локальных ЭС, составляющих исполнительные блоки общей батареи: Cattell, Aysenk, Lusher и «Профи». Три первые локальные ЭС – отдельные диагностические системы различной модальности. Они являются компьютерной реализацией многофакторных психодиагностических тестов и независимы друг от друга. Задача четвертой ЭС «Профи» – работа с базами знаний первых трех локальных ЭС. Здесь в рамках единой интеллектуальной системы объединяются результаты, получаемые от отдельных диагностических ЭС. Таким образом, систему связей локальных ЭС БЭС «Ориентир» можно представить с помощью структурной схемы, показанной на рис. 1, где БЗ – база знаний.

Анализ данной БЭС выявил ее двухуровневую структуру. Локальные ЭС Cattell, Aysenk и Lusher вместе с локальными БЗ, где хранятся знания о самих тестах, можно обозначить как ЭС *первого уровня*. В каждую локальную ЭС первого уровня поступает соответствующая психологическая информация от испытуемых. Результаты работы каждой ЭС первого уровня поступают на вход ЭС *второго уровня*, а именно в ЭС «Профи». Здесь в терминах связей/отношений имеем в системе параллельные и последовательные соединения локальных ЭС. Три локальные ЭС первого уровня являются не имеющими связей между собой параллельно действующими ЭС, а четвертая локальная ЭС «Профи» второго уровня последовательно соединена с тремя системами первого уровня (выходы ЭС первого уровня поступают на вход ЭС второго уровня). Таким образом, данную батарею можно классифицировать как ЭС с параллельно-последовательной структурой.

Батарея интегрированных экспертных систем для задач нефтегазовых месторождений

Число локальных ЭС данной батареи ограничивается лишь конечным числом нефтегазовых месторождений Апшеронского полуострова Азербайджанской Республики. В архитектуру системы заложена возможность ее расширения за счет включения дополнительных локальных ЭС [3]. Графически структура БИЭС для задач нефтегазовых месторождений представлена на рис. 2, где N – число месторождений. Очевидно, что данная система, так же как и БЭС «Ориентир», – структурно многоуровневая, где различаются ЭС-1 первого уровня, локальная база знаний БЗ-1 которой есть вход для локальной базы знаний БЗ-2 локальной ЭС-2 второго уровня и т.д. Выход каждой предыдущей локальной ЭС – вход для последующей локальной ЭС. Таким образом, в структуре данной ЭС задействованы только последовательные связи локальных ЭС. Следовательно, данную батарею можно классифицировать как ЭС с последовательной структурой.

Кластерная экспертная система MED-Expert

Данная КЭС предназначена для медицинских исследований и состоит из основного модуля, в котором расположены подсистемы приобретения знаний, БЗ, принятия решений, оценки точности решений, формирования

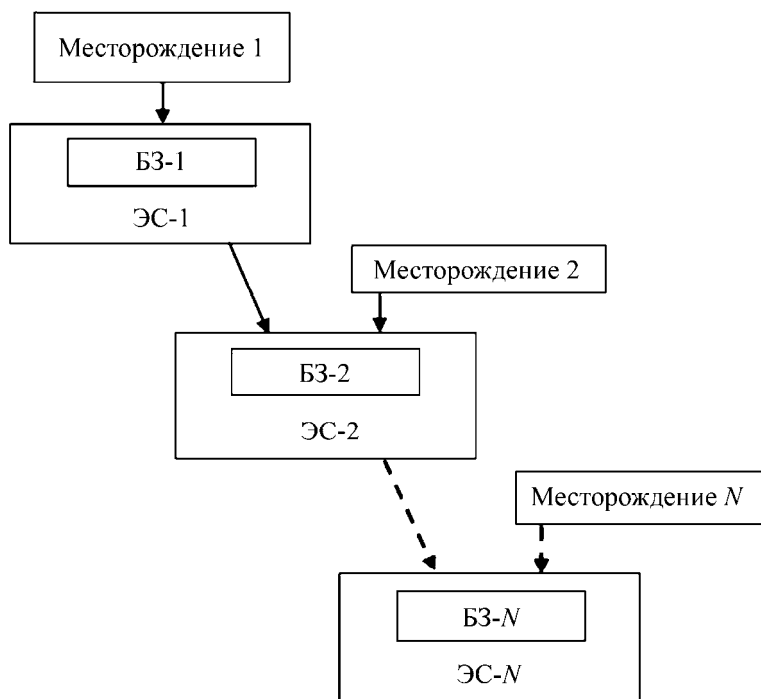


Рис. 2. Структурная схема батареи интегрированных экспертных систем для задач нефтегазовых месторождений

заклучений и рекомендаций, пояснения решений и четырех локальных ЭС (для диагностики следующих инфекций: ЭС-1 – кишечных; ЭС-2 – кровяных; ЭС-3 – кожных покровов; ЭС-4 – дыхательных путей). Структурная схема КЭС MED-Expert представлена на рис. 3. В данном случае в терминах связей/отношений имеем в системе параллельные соединения основного модуля с четырьмя локальными ЭС одинаковой модальности.

Из анализа трех показательных систем – групп ЭС сделаем выводы:

1) возможно использование группы локальных ЭС в пределах одной системы для решения задач в межпредметных проблемных областях;



Рис. 3. Структурная схема кластерной экспертной системы MED-Expert

2) слаборазвитость межпредметности в проблемных областях:

– БЭС «Ориентир» включает разные психологические тесты, но не выходит за границы собственно психологии;

– БИЭС, хотя и включает разные нефтегазовые месторождения, но ограничивается лишь нефтегазовыми месторождениями Апшеронского полуострова Азербайджана;

– КЭС MED-Expert включает различные методы диагностики и лечения инфекций разных частей человеческого организма, но ограничивается лишь собственно инфекциями.

В случае слаборазвитости межпредметности в проблемной области, проектировщики ЭС разрабатывают не одну отдельную ЭС, а группу. Следовательно, для успешного решения задач в сложных межпредметных проблемных областях, необходимо разрабатывать группы ЭС;

3) системы – группы (батареи и кластеры) ЭС имеют некую структуру из последовательно и(или) параллельно соединенных элементов – локальных ЭС.

Постановка задачи

В современной практике использования группы ЭС для решения сложных междисциплинарных задач имплицитно присутствует идея разбивки сложной задачи разработки большой ЭС на множество частных разработок мелких подсистем, которые назовем «Под-ЭС», для решения подзадач общей сложной глобальной проблемы в предметной области. Данный процесс можно сравнить с процессом структурного программирования, где сложная программная система состоит или разбивается на мелкие и простые легко управляемые компоненты (функции). Структурное программирование облегчает разработку в целом большой и сложной программы-системы [5]. Процесс разработки ЭС под таким углом зрения, как процесс разработки структурно-связанного n -го числа Под-ЭС в зависимости от специфики, сложности и междисциплинарности проблемной области, можно назвать «структурная разработка ЭС» (англ.

Structured Building of Expert Systems) или «разработка структурной ЭС». В процессе структурной разработки ЭС задействованы в зависимости от предметной области параллельные и последовательные связи локальных или Под-ЭС между собой. В рамках структурной модели разработки ЭС облегчается процесс разработки ЭС в целом, так как инженеры знаний могут абстрагироваться от главной цели и других подцелей и концентрироваться на задаче построения конкретной Под-ЭС. Кроме того, возможна одновременная параллельная разработка нескольких Под-ЭС группой инженеров знаний, аналогично тому, как разрабатываются подпрограммы или функции больших компьютерных программ.

Разработка структурной экспертной системы

Предпримем попытку структурной разработки ЭС в специальной междисциплинарной предметной области, где наиболее ярко проявляются преимущества структурного подхода к ее разработке, а именно, используем ЭС для решения задачи установления правильных этимологий огузских этнонимов.

Этимологизировать – значит устанавливать первоначальное значение слова, т.е. отыскивать исходное слово (этимон), от которого произошло рассматриваемое слово [6]. Этимология собственных имен, к которым в частности относятся этнонимы (названия наций, народов, племен, родов и т.п.), отличается большей сложностью. Этимологическому исследованию свойственна множественность возможных решений, проблематичность, гипотетичность [6]. Для решения таких задач требуется решать исторические, географические, этнографические и другие подзадачи, т.е. нужны знания историков, лингвистов по разным языкам, специалистов по фольклору, мифологии, географов и т.д. Относительно этимологий огузских этнонимов отдельными учеными (экспертами в узкой предметной области) – историками, лингвистами или этнонимами и т.д. предприняты узконаправленные исследования, которые страдают однобокостью,

не имеют достаточно веских аргументов в пользу предлагаемых этимологий.

Учитывая сложности в рассматриваемой предметной области, для построения ЭС в целях установления этимологии этнонимов необходима разработка группы Под-ЭС в рамках единой ЭС, извлекающих и обрабатывающих информации из разных наук. Группа предполагает структуру, где отдельные локальные подсистемы должны каким-то образом взаимодействовать друг с другом для достижения общей цели – установления правильной этимологии огузских этнонимов.

Наименования огузских этнонимов приводятся в нескольких источниках, самым ранним (70-е годы XI века) и наиболее надежным из которых является собрание тюркских языков [7].

На рис. 4 представлена детальная блок-схема структурной ЭС для установления правильных этимологий огузских этнонимов. Извлеченные из хотанских текстов и китайских хроник VIII–IX вв. тюркские этнонимы являются предметными фактами для БЗ хотанской и китайской Под-ЭС, которые снабжены специальными экспертными правилами. С помощью данных правил происходит реконструкция этнонимов из иноязычных форм к их исконной тюркской форме. После более или менее адекватной реконструкции тюркские этнонимы поступают на вход «Тюркской Под-ЭС». Однако основные источники фактического материала, т.е. входная информация для «Тюркской Под-ЭС» – тюркоязычные источники, в качестве которых используются древнетюркские и уйгурские тексты VIII–IX вв. рунического (древнетюркского) и уйгурского письма.

Извлеченные из текстов тюркские этнонимы вместе с реконструированными из иноязычных Под-ЭС являются предметными фактами для базы знаний «Тюркской Под-ЭС» и аккумулируются в базе этнонимических данных, которые затем после обработки поступают в виде предметных фактов-этнонимов в БЗ «Тюркской Под-ЭС».

База знаний «Тюркской Под-ЭС» снабжена тюркскими историко-фонетическими правилами [8], сформированными на основе знаний,

извлеченных из трудов экспертов, в роли которых выступают известные тюркологи, начиная от М. аль-Кашгари (XI в.) до современных. В процессе этнонимообразования активно принимают участие и так называемые этнонимообразующие аффиксы (форманты), которые учитываются в БЗ с помощью специальных процедур обработки этнонимов. Кроме того, некоторые этнонимы списка М. аль-Кашгари являются сложными словами – так называемые этнонимы-композицы [7]. Данная особенность также учитывается в БЗ с помощью экспертных правил обработки этнонимов.

Для представления знаний в лингвистических и нелингвистических Под-ЭС предлагаемой структурной ЭС выбрана логическая модель. В экспертных системах, основанных на логических моделях представления знаний, сами БЗ представляются набором экспертных правил, которые проверяются на группе фактов. Существует два способа использования правил [1]:

– прямая цепочка рассуждений <ЕСЛИ «посылки» → ТО «следствие»>;

– обратная цепочка <ТО «следствие» → → ЕСЛИ «посылки»>.

Прямой порядок означает, что рассуждения отталкиваются от данных (условий) к гипотезам. Обратный порядок – рассуждения отталкиваются от цели (гипотезы) к условиям, при которых возможно достижение цели [9]. Обратная цепочка рассуждений (обратный логический вывод), как более рентабельная [1], использована при разработке БЗ лингвистических и нелингвистических Под-ЭС.

В результате процесса инженерии тюркских историко-фонетических знаний сформированы фонетические экспертные правила для БЗ, некоторые из которых представлены в [9].

Компонент автоматического доказательства теорем – основной компонент большинства систем искусственного интеллекта и, в частности, языков программирования искусственного интеллекта, таких как Prolog [10] (выбран для программирования «Тюркской Под-ЭС»), является системой опровержения резолюций [9], которые используются в языке исчисления предикатов первого порядка (выбранной логической модели для построения рассматриваемых Под-ЭС).

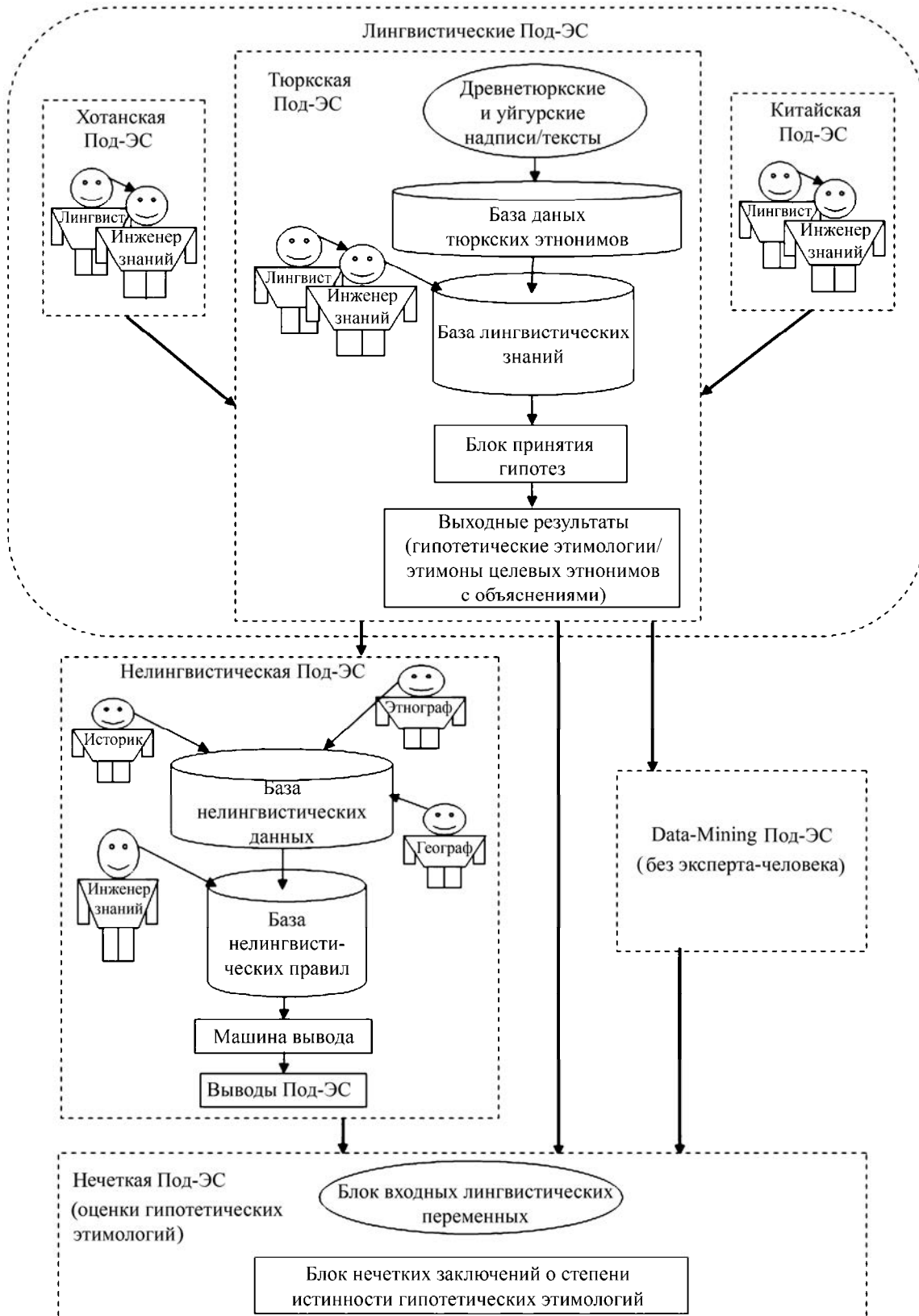


Рис. 4. Блок-схема структурной экспертной системы для установления правильных этимологий огузских этнонимов

Представим некоторые логические посылки и заключение на языке исчисления предикатов первого порядка для моделирования одного из правил базы знаний:

– посылка-правило:

$$\begin{aligned}
 & (\forall x)(\forall y)(\forall z)(\text{contained_sound}(X, "d") \wedge \\
 & \wedge \text{sound_position}(Y, "middle") \wedge \\
 & \wedge \text{vowel_relation}(Z, "after")) \rightarrow \\
 & \rightarrow (\exists w)\text{evolution_d} > y(W);
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

– посылка-факт:

$$\begin{aligned}
 & (\exists x)(\exists y)(\exists z)(\text{contained_sound}(X, "d") \wedge \\
 & \wedge \text{sound_position}(Y, "middle") \wedge \\
 & \wedge \text{vowel_relation}(Z, "after"));
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

– логическое заключение:

$$(\exists w)\text{evolution_d} > y(W), \tag{3}$$

где предикаты введены для следующих отношений:

contained_sound(*X*, "d") – «этним-этимон содержит звук 'd'»;

sound_position(*Y*, "middle") – «звук 'd' находится в середине слова»;

vowel_realtion(*Z*, "after") – «звук 'd' идет после гласного»;

evolution_d > *y*(*W*) – «звук 'd' переходит в 'y'».

На основе предметных фактов и экспертных правил машина логического вывода формирует логические заключения – предполагаемые древнетюркские/древнеуйгурские прототипы для 22-х огузских этнонимов из книги М. аль-Кашгари [7]. Результаты работы машины вывода в виде этимологических цепей (последовательностей фонетических и(или) грамматических изменений этимона на пути к целевому этнониму) поступают в блок «Выходные результаты (гипотетические этимологии/этимоны целевых этнонимов с объяснениями)» (см. рис. 4).

Выходные результаты (гипотетические этимологии целевых этнонимов) «Тюркской

Под-ЭС» поступают на вход «Нелингвистической Под-ЭС», где обрабатываются с помощью исторических, географических и этнографических экспертных правил. Если они удовлетворяют условиям правил, то соответствующая этимология получает дополнительный аргумент в свою пользу.

Выходные результаты (гипотетические этимологии целевых этнонимов) «Тюркской Под-ЭС» параллельно поступают на вход «Data-Mining Под-ЭС», где используется технология деревьев решений (decision trees), являющаяся мощным инструментом искусственного интеллекта для выявления эвристических экспертных правил без участия эксперта-человека. Гипотетические этимологии этнонимов обрабатываются с помощью правил решений (decision rules) на основе дерева решений (decision tree) и если удовлетворяют условиям правил, то соответствующая этимология получает дополнительный аргумент в свою пользу.

Нечеткость выводов рассмотренных Под-ЭС учитывается в оценке гипотетических этимологий блока «Нечеткой Под-ЭС». В данной подсистеме используются технологии нечетких множеств и нечеткой логики, предложенные Л. Заде [11], которые являются незаменимым средством для представления и обработки человеческих нечетких рассуждений в рамках интеллектуальных систем. Применение технологии нечетких множеств и нечеткой логики не только полезно в нечетких, неточных, приближительных, гипотетических предметных областях, но и обладает лучшей (по сравнению с обычными четкими ЭС) способностью представлять мнения многих экспертов, порой не схожих и даже прямо противоположных [12]. В настоящее время блоки «Data-Mining Под-ЭС» и «Нечеткая Под-ЭС» находятся в стадии разработки.

Заключение

Предложен новый структурный метод разработки группы экспертных систем для решения проблем в сложных, междисциплинарных предметных областях, который заключается в плани-

ровании разработки экспертных систем как совокупности взаимосвязанных Под-ЭС аналогично методу структурного программирования компьютерных программ, состоящих из подпрограмм (процедур и функций). Впервые в научный обиход вместо термина «локальные экспертные системы» батареи экспертных систем или кластерной экспертной системы вводится термин «Под-ЭС».

Для демонстрации возможностей предложенного структурного метода разработки экспертных систем предложена разработка структурной экспертной системы в абсолютно новой для приложения технологии экспертных систем предметной области, а именно для установления этимологий огузских этнонимов. В предлагаемой структурно-разрабатываемой экспертной системе для решения задач проблемной области (для чего собственно и разрабатывается данная система) используется не только естественный интеллект ученых-экспертов в различных науках, но и искусственный интеллект (технология экспертных систем, Data-Mining, деревья решений, нечеткие множества, нечеткая логика).

В базах знаний различных Под-ЭС единой структурной экспертной системы задействованы четкие экспертные правила из различных наук, нечеткие экспертные правила для оценки степени истинности предлагаемых экспертными системами решений, а также правила, автоматически генерируемые с помощью технологий деревьев решений и Data-Mining.

Библиографический список

1. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам: пер. с англ. / под ред. В. Л. Стефанюка. М.: Мир, 1989. 388 с.
2. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2001. 384 с.
3. Nusratov O. G., Abdullayeva G. G., Ismayilov I. A. Integrated Expert Analytical System for Assessment of Oil-and-Gas Saturation of Strata // *Intelligent Control and Automation*. 2014. No. 5. P. 224 – 232. doi: 10.4236/ica.2014.54024
4. Янаева М. В. Разработка и исследование кластерных экспертных систем: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01. Краснодар, 2006. 16 с.

5. Lee M. C++ Programming for the Absolute Beginner. Second Edition. Course Technology, 2009. 376 p. URL: <https://libgen.pw/item/adv/5a1f04833a044650f5fe4702> (дата обращения: 03.09.2018).

6. Введенская Л. А., Колесников Н. П. Этимология: учеб. пособие. СПб.: Питер, 2004. 221 с.

7. Аль-Кашгари М. Диван Лугатат-Турк / пер., пред. и коммент. З.-А. М. Ауэзовой; индексы сост. Р. Эрмерсом. Алматы: Дайк-Пресс, 2005. 1288 с.

8. Абдуллаева Г. Г., Исмаилов И. А. Конструкция батареи экспертных систем для установления этимологий этнонимов (на примере огузских этнонимов) // *Transactions of Azerbaijan National Academy of Sciences. Series of Physical-Technical and Mathematical Sciences. Informatics and Control Problems*. 2016. V. XXXVI, No. 3. P. 123 – 130.

9. Джексон П. Введение в экспертные системы: пер. с англ. М.: Вильямс, 2001. 624 с.

10. Адаменко А., Кучуков А. Логическое программирование и Visual Prolog. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 990 с.

11. Zadeh L. A. Fuzzy Logic, Neural Networks and Soft Computing // *Communications of the ACM*. 1994. V. 37, Is. 3. P. 77 – 84.

12. Negnevitsky M. Artificial Intelligence. A Guide to Intelligent Systems. Harlow, England: Addison-Wesley, 2005. 407 p.

References

1. Stefanyuk V. L. (Ed.), Uotermen D. (1989). *Expert Systems Textbook*. Moscow: Mir. [in Russian language]
2. Gavrilova T. A., Horoshevskiy V. F. (2001). *Knowledge Base Intelligent Systems*. Saint Petersburg: Piter. [in Russian language]
3. Nusratov O. G., Abdullayeva G. G., Ismayilov I. A. (2014). Integrated Expert Analytical System for Assessment of Oil-and-Gas Saturation of Strata. *Intelligent Control and Automation*, (5), pp. 224-232. doi: 10.4236/ica.2014.54024
4. Yanaeva M. V. (2006). *Development and research of cluster expert systems*. Krasnodar. [in Russian language]
5. Lee M. (2009). *C++ Programming for the Absolute Beginner*. Second Edition. Course Technology. Available at: <https://libgen.pw/item/adv/5a1f04833a044650f5fe4702> (Accessed: 03.09.2018). [in Russian language]
6. Vvedenskaya L. A., Kolesnikov N. P. (2004). *Etymology*. Saint Petersburg: Piter. [in Russian language]
7. Ermers R., Auezovaya Z.-A. M., Al'-kashgari M. (2005). *Sofa Lugatat-Turk*. Almaty: Dayk-Press. [in Russian language]

8. Abdullaeva G. G., Ismailov I. A. (2016). The design of a battery of expert systems for establishing the etymologies of ethnonyms (using the example of the Oguz ethnonyms). Transactions of Azerbaijan National Academy of Sciences. Series of Physical-Technical and Mathematical Sciences. *Informatics and Control Problems*, XXXVI(3), pp. 123-130.

9. Dzhekson P. (2001). *Introduction to expert systems*. Moscow: Vil'yams. [in Russian language]

10. Adamenko A., Kuchukov A. (2003). *Logical Programming and Visual Prolog*. Saint Petersburg: BHV-Peterburg. [in Russian language]

11. Zadeh L. A. (1994). Fuzzy Logic, Neural Networks and Soft Computing. *Communications of the ACM*, 37(3), pp. 77-84.

12. Negnevitsky M. (2005). *Artificial Intelligence. A Guide to Intelligent Systems*. Harlow, England: Addison-Wesley.



Потапов А.И., Сясько В.А.

НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЙ И ИЗДЕЛИЙ

Год издания: 2009. Издание: 1-е. Объем: 904 стр. Формат: 60 x 90 1/8. ISBN 5-86050-335-0

Цена (с НДС 10%) – 3280 руб.

Представлены результаты контроля толщины покрытий и изделий из различных материалов неразрушающими методами: вихретоковыми, магнитными, акустическими, оптическими, радиоволновыми и др. Значительное внимание уделено теоретическим и физическим принципам неразрушающего контроля, конструктивным основам построения и методическим вопросам применения широкого класса толщиномеров в различных отраслях техники для большой номенклатуры покрытий и изделий. Издание предназначено для специалистов, преподавателей, аспирантов и студентов ВУЗов, связанных с проектированием, изготовлением и применением толщиномеров для решения производственных и научных задач.

ООО «Издательский дом «Спектр», 119048, Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1

Заявки принимаются по почте, по телефону или по e-mail: info@idspektr.ru, idezakaz@rambler.ru

Контактные телефоны: (495) 514-26-34, 514-76-50. Подробная информация на сайте www.idspektr.ru

ООО «Издательский дом «Спектр», 119048, Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1.

[Http://www.idspektr.ru](http://www.idspektr.ru). E-mail: info@idspektr.ru

Учредитель – ООО «Издательский дом «Спектр».

Редакция журнала: тел. (495) 589 56 41, (495) 514 76 50; <http://www.vkit.ru>; e-mail: vkit@idspektr.ru
 Корректор Евсейчев А. И. Инженеры по компьютерному макетированию: Евсейчев А. И., Корабельникова Г. Ю.
 Сдано в набор 20.09.18 г. Подписано в печать 16.10.18 г. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 6,95. Уч.-изд. л. 7,1. Свободная цена.

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены в ООО «Издательский дом «Спектр».

Отпечатано в типографии ООО «Белый Ветер»

115054, Москва, ул. Щипок, 28. E-mail: wwprint@mail.ru. [Http://www.wwprint.ru](http://www.wwprint.ru)