



Оригинальная статья / Original article

УДК 004. 891. 3

<http://dx.doi.org/10.21285/1814-3520-2018-2-57-66>

АНАЛИЗ МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

© В.В. Илющенко¹

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

РЕЗЮМЕ. ЦЕЛЬ. В данной работе проведен анализ инструментальных средств и методики создания новых экспертных систем с использованием оболочек экспертных систем (ЭС). **МЕТОДЫ.** В процессе эксплуатации автоматизированных систем управления технологическими установками постоянно приходится оценивать значения различных параметров. При этом нередко случаи, когда значения этих параметров не удается получить традиционными методами (непосредственно измерить или вычислить по известным аналитическим зависимостям). Такая ситуация особенно характерна для систем с высоким уровнем неопределенности, не имеющих достаточной предыстории функционирования. В этих случаях приходится пользоваться эвристическими методами, основанными на оценках специалистов-экспертов в соответствующей области. **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.** По результатам проведенного исследования систематизированы знания по применению методики создания новых экспертных систем с использованием оболочек ЭС, учитывающей особенности различных инструментальных средств программирования и позволяющей достигнуть более высокой эффективности за счет перебора большего числа альтернатив при выборе решения. **ВЫВОДЫ.** Методика создания с использованием оболочек ЭС, опираясь на высококачественный опыт группы специалистов, анализирует влияние большего объема новых факторов, оценивая их при построении стратегий, а также добавляя возможности прогноза.

Ключевые слова: искусственный интеллект, инструментальные средства программирования, логические исчисления, фреймы, семантические сети, производственные системы.

Информация о статье. Дата поступления 22 ноября 2017 г.; дата принятия к печати 23 января 2018 г.; дата онлайн-размещения 27 февраля 2018 г.

Формат цитирования: Илющенко В.В. Анализ методики создания и инструментальных средств разработки систем искусственного интеллекта // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 2. С. 57–66. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-2-57-66

ANALYSIS OF METHODS AND TOOLS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEM DEVELOPMENT

V.V. Ilyushchenko

Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russian Federation

ABSTRACT. PURPOSE. The paper provides the analysis of tools and methods of new expert system development using expert system shells. **METHODS.** The operation process of automated control systems of process plants requires constant estimation of the values of various parameters. It is often when these parameter values can not be obtained by traditional methods involving direct measurement or calculation by known analytical dependencies. This situation is especially typical for the systems with a high level of uncertainty which do not have a sufficient past history of operation. Heuristic methods based on the assessments of experts in the relevant field are appropriate in this case. **RESULTS AND THEIR DISCUSSION.** The obtained results of the study have allowed to systematize the knowledge on the application of the development methods of new expert systems using expert system (ES) shells which take into account the features of different programming tools and provide higher efficiency through the exhaustive search for more alternatives when choosing a solution. **CONCLUSIONS.** Based on the high-quality experience of a group of specialists the development methods using ES shells analyze the effect of a larger volume of new factors through their evaluation under the construction of strategies and addition of prediction capabilities.

Keywords: artificial intelligence, programming tools, logical calculi, frames, semantic networks, production systems

Article info. Received November 22, 2017; accepted January 23, 2018; available online February 27, 2018.

¹Илющенко Владимир Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электропривода и электрического транспорта Института энергетики, e-mail: iluchenko_62@mail.ru

Vladimir V. Ilyushchenko, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Electric Drive and Electric Transport of the Institute of Power Engineering, e-mail: iluchenko_62@mail.ru



For citation: Ilyushchenko V.V. Analysis of methods and tools of artificial intelligence system development. Proceedings of Irkutsk State Technical University. 2018, vol. 22, no. 2, pp. 57–66. (In Russian). DOI: 10.21285/1814-3520-2018-2-57-66

Введение

Для создания систем искусственного интеллекта (ИИ) и экспертных систем (ЭС), в частности, необходимо использование специальных инструментальных средств (ИС) программирования.

В последние годы, с появлением мощных компьютеров и новых инструментальных средств, предоставляющих разработчику широкий спектр возможностей, процесс создания экспертных систем претерпел значительные изменения. Существенно сократились сроки разработки, а также снизилась трудоемкость построения ЭС. Существующая на сегодняшний день классификация инструментальных средств, позволяет представить их в виде трех основных типов [1]:

- языки программирования высокого уровня;
- среды программирования для создания ЭС;
- оболочки ЭС (интегрированные с языками высокого уровня).

К числу языков программирования относятся языки обработки символьной информации, наиболее известными из которых являются PROLOG и LISP – языки высокого уровня, имеющие строгое теоретическое обоснование и ориентированные на использование концепций и методов математической логики. Как следует из названия, язык PROLOG предназначен для программирования экспертных систем в терминах логики. Основной особенностью PROLOG, отличающей его от всех других языков, является декларативный характер написанных на нем программ. Язык LISP отличается способностью обрабатывать списковые структуры. Кроме того, языки программирования LISP и PROLOG имеют встроенные механизмы для манипулирования знаниями.

Помимо LISP и PROLOG создано множество других языков, ориентированных на обработку символьной информации

и разработку ЭС: SMALLTALK, FRL, INTERLISP и т.д. Кроме специализированных, для разработки экспертных систем используются и обычные языки программирования общего назначения: C, ASSEMBLER, PASKAL, FORTRAN, BASIC и др.

Общими недостатками языков программирования, как единственного инструментального средства для создания экспертных систем, являются:

- высокая трудоемкость разработки системы;
- необходимость наличия высокой квалификации программистов;
- трудности с внесением изменений в готовую систему.

Все это делает применение языков программирования в качестве инструментального средства для реализации ЭС весьма дорогостоящим и трудоемким.

Использование ИС второго типа, а именно сред программирования, дает разработчику возможность не программировать некоторые или все компоненты ЭС, а выбирать их из заранее составленного набора.

Средства этой категории включают несколько программных модулей, что позволяет пользователю комбинировать в процессе разработки экспертной системы разные стили программирования. Среди первых проектов такого рода – исследовательская программа LOOP, допускавшая использование двух типов представления знаний: базирующегося на системе правил и объектно-ориентированного. На основе этой архитектуры во второй половине 1980-х годов было разработано несколько коммерческих программных продуктов, из которых наибольшую известность получили KEE, KnowledgeCraft и ART. Данные программы предоставили в распоряжение квалифицированного пользователя множество опций и для последующих разработок, та-



ких как KAPPA и CLIPS, стали своего рода стандартом. Однако освоить эти языки программистам так же непросто, как языки, отнесенные к предыдущей категории [2].

При применении оболочек ЭС специалист полностью освобождается от создания программ и занимается лишь наполнением базы знаний, поэтому с точки зрения разработчика экспертных систем их использование представляет наибольший интерес.

Типичным представителем этой группы инструментальных средств является пакет EXSYS Professional 5.0 for Windows (разработчик – компания MultiLogic Inc., США) и его последующая

модификация – пакет EXSYS Developer 8.0, предназначенный для создания прикладных экспертных систем в различных предметных областях. Система построена на использовании сложных правил вида ЕСЛИ–ТО–ИНАЧЕ. Для выбора стратегии получения заключения в системе по умолчанию используется обратная цепочка вывода. Прямая цепочка может быть задана при настройке системы. Система обладает развитым графическим интерфейсом, способна обращаться к внешним базам данных, проверять правила на непротиворечивость. При определенной настройке может работать с русскоязычными текстами [3].

Оболочки экспертных систем

Тип программ, которые называются оболочкой экспертной системы, создавался с целью позволить различным специалистам по знаниям воспользоваться результатами работы команд инженеров и программистов, решавших аналогичные задачи.

К сожалению, уже сейчас можно сделать вывод о том, что большинство коммерческих продуктов типа оболочек экспертных систем подходит только для тех проблем, в которых пространство поиска невелико. Как правило, в них применяется метод исчерпывающего поиска с построением обратной цепочки вывода и ограниченными возможностями управления процессом. Но некоторые современные оболочки, как утверждают их разработчики, могут применяться для решения широкого круга задач, поскольку они поддерживают множество функций представления знаний и управления, включая и моделирование прямой цепочки логического вывода, процедуры, передачу сообщений и т.п.

Простота языков представления знаний, применяемых в большинстве оболочек экспертных систем, является, с одной стороны, достоинством, а с другой – недостатком такого рода экспертных систем.

Используемый в оболочках форма-

лизм и недостаточная структурированность набора правил затрудняет разделение разных (эвристических, управляющих, знаний об ожидаемых значениях параметров) и восприятие новых видов знаний, поскольку добавление в базу знаний нового правила требует внесения изменений в различные компоненты экспертной системы.

Еще одно критическое замечание касается не столько конкретной системы, сколько функциональных возможностей систем, базирующихся на правилах, а также и всех оболочек экспертных систем, в которых наборы правил используются в качестве основного языка представления знаний.

Дело в том, что значительная часть экспертных знаний – это знания о типовых случаях, т.е. довольно часто встречающихся в предметной области. Эксперты легко распознают известные типовые случаи и способны без особого труда классифицировать их даже при наличии определенных помех или неполных данных. Они интуитивно различают подходящие случаю или необычные значения исходных данных и принимают адекватное решение о том, как поступить в дальнейшем при решении проблемы. Такие знания очень трудно представить в экспертной системе, если пользоваться только правилами в форме



«условие – действие» [3].

В качестве примера смоделируем следующую ситуацию. При очередном включении в сеть электродвигатель механизма не проворачивает вал и гудит (заклинивание). При этом произошло повышение температуры корпуса электродвигателя. Допустим, электродвигатель механизма, возможно, перегружен. Каким образом ЭС свяжет перегрузку двигателя с его заклиниванием?

Сформулируем задачу в общем виде, т.е. то, что должна определить ЭС [4]. В нашем случае это вероятная причина – перегрузка. Имеет место ситуация (двигатель при пуске не разворачивается и гудит), требуется предсказать ее последствие (повышенный нагрев корпуса двигателя). Итак, прежде всего зафиксировано возникновение определенного состояния (двигатель при пуске не разворачивается и гудит), а затем в работу включаются относящиеся к нему правила:

Правило № 1:

ЕСЛИ двигатель при пуске не разворачивается и гудит, ТО наблюдается повышенный нагрев корпуса двигателя.

Правило № 2:

ЕСЛИ наблюдается повышенный нагрев корпуса двигателя, ТО двигатель перегружен.

Каким образом можно прийти к выводу о том, что перегрузка приведет к заклиниванию двигателя? Используем прямую цепочку рассуждений. Отправной точкой служит возникшая ситуация. Затем срабатывает условная часть (часть ЕСЛИ) первого правила. Поскольку возникшая ситуация удовлетворяет содержащемуся в ней условию, согласно констатирующей части этого правила (части ТО) выводится новая ситуация (наблюдается повышенный нагрев корпуса двигателя). Цепочка рассуждений продолжается. Условие, содержащееся в части ЕСЛИ второго правила, удовлетворяется, если уже сработало первое правило. Следовательно, вывод о перегрузке двигателя можно сделать при возникновении двух ситуаций:

– двигатель при пуске не разворачи-

вается и гудит;

– наблюдается повышенный нагрев корпуса двигателя.

Описанная последовательность рассуждений называется прямой цепочкой потому, что констатирующая часть правила (часть ТО) выполняется только в том случае, если удовлетворяется условная часть правила (часть ЕСЛИ). Отправной точкой рассуждений, таким образом, служит уже возникшая ситуация, а затем делаются выводы.

Существует и обратная цепочка рассуждений. Здесь результат известен, и нужно найти вызвавшие его причины.

Известный результат повлечет за собой цепочку рассуждений, которая приведет нас к вызвавшим его причинам. Причины возникают раньше следствий, поэтому в процессе обратной цепочки рассуждений просматриваются логические выводы и устанавливаются условия, которые к ним привели. Таким образом, определяется, связаны ли эти условия с предыдущими логическими выводами. Например, в приведенной задаче сначала надо обратиться ко второму правилу, поскольку содержащийся в нем логический вывод: «ТО двигатель перегружен» соответствует реально возникшей ситуации. Обратная цепочка рассуждений всегда начинается со следствия (часть ТО правила). Причина, по которой двигатель перегружен, содержится в условной части правила 2: «ЕСЛИ наблюдается повышенный нагрев корпуса двигателя». Рассуждения продолжаются, так как надо выяснить, почему же двигатель нагрелся. Ответ на этот вопрос дает правило 1. В условной части правила записано: «ЕСЛИ двигатель при пуске не разворачивается и гудит». Если эти условия выполняются, то, продолжив цепочку, можно выявить причину, по которой двигатель перегружен.

В то же время причинами заклинивания двигателя и нагрева его корпуса могут быть также: отсутствие напряжения в одной из фаз, низкое напряжение, межвитковое замыкание в обмотке статора и т.д. Поэтому придется создать и проверить



другие правила, относящиеся к данной ситуации, проследить еще и другие цепочки, что приведет к значительному усложнению логической модели ЭС. При этом может возникнуть ситуация, когда в правилах, относящихся к проблемной области, не удастся найти условную часть с выполняющимися условиями. Тогда возникнет необходимость обратиться к экспертам или запросить дополнительную информацию, что снизит эффективность самой ЭС.

В оболочках экспертных систем существует также проблема с реализацией механизма обработки неопределенности. Некоторые оболочки уже включают в себя определенный формальный механизм работы с неопределенностью, например MYCIN, основанный на использовании условной вероятности [5].

Условная вероятность – это вероятность наступления какого-то события s при условии, что уже наступило какое-то другое событие e . Вероятность наступления двух событий вычисляется следующим образом:

$$P(e/s) = P(s/e) * P(e). \quad (1)$$

Методика создания новой экспертной системы

Создание и использование экспертных систем является одним из концептуальных этапов развития современных информационных технологий. Процесс разработки экспертных систем имеет существенные отличия от разработки других программных продуктов, поскольку в основе интеллектуального решения проблем в некоторой предметной области лежит принцип воспроизведения знаний опытных специалистов – экспертов.

В литературе приведено несколько подходов к созданию ЭС [6]. Более привлекательными и конструктивными выглядят три подхода:

- по эволюции решаемых задач;
- по набору основных компонент (информационно программных изделий);
- по экспериментально пополняемой базе формализованных уникальных знаний экспертов.

То есть вероятность того, что произойдут два события, e и s , причем e произойдет первым, равна вероятности наступления события s , если известно, что произошло событие e , умноженной на вероятность появления события e .

В экспертных системах используется еще одно уравнение условной вероятности:

$$P(s) = P(s/e) * P(e) + P(s/NOTe) * P(NTe). \quad (2)$$

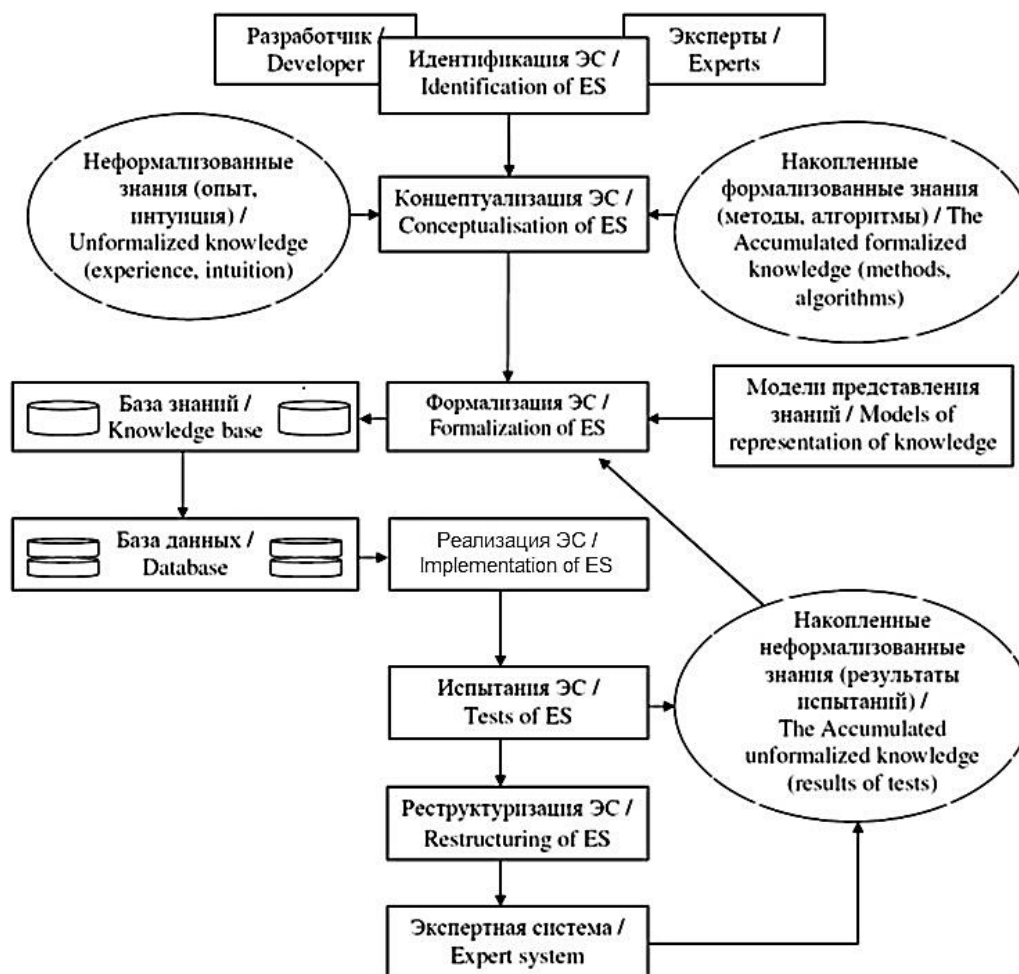
Вероятность появления события s , $P(s)$ – равняется вероятности появления события s при условии появления события e , $P(s/e)$, умноженной на вероятность появления события $P(e)$, плюс вероятность появления события s при условии, что событие e не произошло, $P(s/NOTe)$, умноженная на вероятность, что событие e не произошло, $P(NTe)$.

Очевидно, что использованные в оболочках экспертных систем механизмы такого рода не всегда согласуются с выводами теории вероятностей и обладают свойствами, которые с трудом поддаются анализу.

Процесс создания ЭС разделяют на шесть основных этапов: *идентификации, концептуализации, формализации, реализации, испытаний и реструктуризации* (см. рисунок).

Эти этапы не являются четко очерченными и детально проработанными. Они лишь приблизительно описывают процесс создания, который в каждом из конкретных примеров может иметь различный вид.

На первом этапе идентифицируем создаваемую экспертную систему. Экспертные системы, как любой сложный объект, структурируются по некой совокупности признаков. Современные ЭС структурируются: по решаемой задаче; по связи с реальным временем; по степени интеграции; по способу использования знаний; по поколению ЭС; по классам ЭС; по стадии разработки и т.д.



Методика создания экспертной системы
Expert system development procedure

Вновь создаваемую экспертную систему имеет смысл *идентифицировать* по решаемой задаче:

– **ЭС интерпретации данных.** В эту категорию включаются ЭС, ориентированные на распознавание каких-либо образов, понимание речи, анализ изображений, идентификацию сигналов и другие аналитические задачи.

– **ЭС мониторинга.** Экспертные системы данного типа ориентированы на непрерывную интерпретацию данных в реальном масштабе времени и сигнализацию о выходе параметров за допустимые пределы. Экспертные системы мониторинга являются предупредительными. Разрабатываются для атомных электростанций, воздушного движения, регулирования и управления финансами.

– **ЭС прогнозирования.** Способны

давать вероятностные оценки задаваемых пользователем ситуаций. Эти системы используются при решении таких задач, как прогноз погоды, демографические прогнозы, оценки будущего урожая, прогнозы в военной области, а также прогнозирование кадрового потенциала фирмы на определенный период времени.

– **ЭС диагностики.** Выполняют процессы классификации объекта к некоторым системам и обнаружения неисправностей в них. Неисправностью в данном случае считается любое отклонение от нормы. Такая трактовка позволяет с единых теоретических позиций рассматривать и неисправности оборудования в технических системах, и заболевания живых организмов, и природные аномалии. ЭС делает выводы о нарушениях в работе каких-либо объектов по данным наблюдений за ними. Такие си-



системы известны в медицине, при анализе электронных, радиотехнических и других схем, а также при анализе работы различных механических устройств и систем программного обеспечения.

– **ЭС проектирования.** Подобные ЭС готовят спецификации на создание объектов с заранее заданными свойствами. Под спецификацией понимается весь набор необходимых технических графических и текстовых документов. Выделяют: компоновку электронных схем, проектирование зданий и составление бюджета. Для этих задач характерен принцип многовариантного решения, т.е. варьируя налагаемые ограничения и возможные варианты исполнения, проектируется такая конструкция, которая будет удовлетворять заданным ограничениям с наименьшими затратами. Затраты здесь выступают в роли целевой функции. Таким образом, в системах данного типа реализуется принцип целенаправленного поведения.

– **ЭС отладки.** Системы этого типа не принято считать полностью экспертными. Они обобщают в себе элементы планирования, проектирования и прогнозирования, т.е. в них выдаются рекомендации по исправлению обнаруженных затруднений в процессе функционирования объектов. К таким ЭС относятся, например, машинные системы отладки программ для компьютера.

– **ЭС ремонта.** В системах этого типа формируются и выполняются планы устранения обнаруженных нарушений в работе определенных объектов. Применяются в автомобильной промышленности, при эксплуатации инженерных сетей, в авиации, для обеспечения работы аппаратной части компьютеров.

– **ЭС планирования.** К этим системам относятся: автоматическое программирование, планирование, поведение робота, составление маршрута, планирование коммуникаций, планирование проведения какого-либо эксперимента, планирование в экономической области, например, ресурсов, а также планирование в военной области.

– **ЭС обучения.** Эти системы констатируют и отлаживают знания ученика. В таких системах создается некая модель знаний ученика. Фактические знания сравниваются с существующей моделью, затем ЭС диагностирует слабости в познаниях ученика и находит соответствующие средства для их ликвидации. Экспертные системы такого рода могут использоваться при проведении мероприятий по обучению персонала.

– **ЭС управления.** Системы этого типа можно назвать интегрированными, поскольку они объединяют в себе элементы всех рассмотренных выше систем. С их помощью решаются задачи управления транснациональными компаниями, воздушным транспортом, деловой активностью, боевыми действиями.

Следующий этап – *концептуализация*, в ходе которой выявляются основные понятия, отношения и характер информационных потоков для описания процесса решения задач в определенной предметной области. Происходит выявление подзадач, стратегий и ограничений.

При *формализации* происходит отображение множества понятий и отношений в абстрактные элементы формальных моделей знаний. При формализации знаний используются, как правило, искусственные языковые средства, например, пустые оболочки ЭС.

Существует несколько моделей представления знаний, из которых можно выделить четыре основные: логические исчисления, фреймы, семантические сети и продукционные системы [7].

На сегодняшний день стержневым подходом к работе с данными, структурированными при помощи классов в объекты, является процедурный подход на основе продукционных правил. Экспертные системы, в общем случае, работают полным перебором графа всевозможных состояний предоставленных системе данных при помощи последовательного применения продукционных правил и, таким образом, выработывают решение самостоятельно, либо доказывают, что задача неразрешима на



текущем наборе знаний. Тем не менее, при рассмотрении даже относительно простых задач полный перебор зачастую оказывается неприемлем в силу его трудоемкости, поэтому базовыми понятиями программирования на основе продукционных правил являются также понятия механизмов исключений и возврата.

Исключения – это, по сути, программное отображение эвристик известных разработчику системы и позволяющих отсеять заведомо ложные пути на графе возможных решений задачи. В случае, когда система попадает в такое состояние, происходит возврат к ее предыдущему состоянию при помощи механизма возврата: система полностью восстанавливает свои данные и позицию их обработчика за одним исключением – продукционное правило, приведшее систему к исключению, никогда более не применяется к аналогичному набору знаний в системе.

Однако при использовании этого способа разработки ЭС может возникнуть проблема несоответствия управляющих стратегий, вложенных в процедуры вывода базовой системы. Кроме того, принятый язык представления знаний может не подходить для данного приложения. Все это затрудняет выбор подходящей оболочки ЭС и ее применение. Уже в процессе создания прикладной системы иногда выясняется, что возможности, заложенные в используемом инструментальном средстве, не позволяют реализовать необходимые процедуры вывода и представление предметных знаний, требующиеся для успешной работы.

В ходе *реализации* разработчик ЭС комбинирует и реорганизует формализованные знания, добиваясь их совместимости с характером информационных потоков задачи. Множество результирующих правил и соответствующих управляющих структур определяют формализованные знания, которые можно предъявить для контрольных испытаний.

В ходе *испытаний* производится оценка предъявленных знаний и их просмотр с целью приведения в соответствие

с принятым стандартом высокого качества функционирования. Он определяется специалистами, работающими в данной предметной области. По результатам оценки качества знаний возможна их модификация.

Реструктуризация знаний производится: в связи с появлением новых задач и соответствующих предметных областей; новых экспертов, обладающих другими специфическими знаниями; новых тестовых примеров, позволяющих выявить несоответствие знаний требованиям качества решения задач и др.

Реструктуризация знаний практически всегда увеличивает объем базы знаний, что приводит к изменениям в худшую сторону характеристик процессов взаимодействия пользователей с ЭС, в первую очередь быстродействия. В результате потребуется переосмысление накопленных в системе знаний. Возможно, что в процессе этого могут быть удалены неактуальные знания, факты и рассуждения, не приводящие к положительному решению задач, а также добавлены новые факты или правильные рассуждения.

Информационное обеспечение экспертной системы складывается из трех компонент: базы данных, базы целей и базы знаний.

База данных содержит структурированные данные, обеспечивает интегрированное представление и многоцелевое использование хранимых данных, однократный ввод и редактирование данных, их многократное использование, санкционированный доступ к данным пользовательских программ.

База целей содержит информацию о целевом поведении предметной области, которая определяет поведение самой системы и побуждает ее к действию.

База знаний, в которой представляются знания о конкретной предметной области, является основой экспертной системы, она накапливается в процессе ее построения. Знания выражаются в реальном виде, позволяющим сделать явным способ мышления и решения задач, и организова-



ны так, чтобы упростить принятие решений.

База знаний отражает возможность использования высококачественного опыта на уровне мышления квалифицированных специалистов, что делает экспертную систему рентабельной в соответствии с нуждами бизнеса и заказчика. База знаний, обуславливающая компетентность экспертной системы, воплощает в себе знания специалистов учреждения, отдела, опыт группы специалистов и представляет собой институциональные знания (свод квалифицированных, обновляющихся стратегий, методов, решений).

Знания от эксперта посредством модуля приобретения знаний поступают в базу знаний, которая тесно связана с базой целей. База данных (БД) формируется в

процессе первоначального общения пользователя с системой. Именно для информации, составляющей эту БД, будет осуществляться поиск решения проблемы путем привлечения к работе модуля механизма логических выводов. Результат работы ЭС выдается пользователю в понятной и удобной форме.

Стоит отметить, что по сравнению с первыми разработками современные оболочки экспертных систем более гибкие, по крайней мере, в том, что без особого труда могут быть интегрированы в большинство операционных систем, доступных на рынке программного обеспечения, и оснащены достаточно развитыми средствами пользовательского интерфейса.

Заключение

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Создание ЭС с использованием языков и сред программирования зачастую является трудоемкой и дорогостоящей задачей, кроме того требует знания основ программирования. Поэтому применение этого способа целесообразно только в случае создания ЭС, не требующих внесения изменений в готовую систему.

2. В случае применения оболочек, процесс создания ЭС оказывается вполне оправданным и удобным. Например, возможность для разработчика производить небольшие, вполне адекватные экспертные системы за короткие сроки.

3. Одним из наиболее важных последствий разработки экспертных систем является модификация знаний и развитие ЭС в интеллектуальные. Перспектива развития состоит в слиянии концепций оборудования, средств их создания (языков,

оболочек) и самих экспертных систем.

4. Искусственная компетентность экспертных систем не заменяет полностью человека. Эксперт - человек способен реорганизовать информацию и знания и использовать их для синтеза новых знаний.

5. Экспертные системы менее приспособлены к обучению на уровне новых концепций и новых правил. Бывает, что они оказываются неэффективны и малопригодны в тех случаях, когда надо учитывать всю сложность реальных задач.

Однако, несмотря на все недостатки, область применения экспертных систем расширяется. Интеллектуальные системы уже разрабатываются и внедряются как за рубежом, так и в России для коммерческого использования. Зарубежный опыт показывает, что экспертные системы разрабатываются в основном в университетах, научно-исследовательских центрах и коммерческих организациях, в том числе и для финансовой индустрии.

Библиографический список

1. Илющенко В.В., Балканов В.А., Сеньков И.В. Анализ инструментальных средств разработки экспертных систем // Повышение эффективности производства и использования электроэнергии в усло-

виях Сибири: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Иркутск, 21–25 апреля 2015 г.). Иркутск, 2015. Т. 1. С. 139–143.



2. Экспертные системы. Инструментальные средства экспертных систем [Электронный ресурс]. URL: http://expertsistem.ucoz.ru/index/instrumentalnye_sredstva_ekspertnykh_sistem/0-14 (21.11.2017).
3. Оболочки экспертных систем [Электронный ресурс]. URL: <http://tpl-it.wikispaces.com> (21.11.2017).
4. Дунаев М.П. Экспертные системы для электроприводов. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2011. 128 с.
5. Frank Puppe. Einfuehrung in Expertsystemen. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 1991. 143 p.

6. Филиппович Ю.Н., Филиппович А.Ю. Экспертные системы. Сер. кн. «Системы искусственного интеллекта». Кн. 2. М.: Наука, 2003. 289 с.
7. Илющенко В.В., Карлов Р.В., Карлова Л.Н. Методика создания экспертных систем // Повышение эффективности производства и использования электроэнергии в условиях Сибири: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Иркутск, 24–28 апреля 2017 г.). Иркутск, 2017. Т. 1. С. 47–52.

References

1. Ilyushchenko V.V., Balkanov V.A., Sen'kov I.V. *Analiz instrumental'nykh sredstv razrabotki ekspertnykh system* [Analysis of tools of expert system development]. *Materialy Vserossiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Povyschenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya elektroenergii v usloviyah Sibiri"* [Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Increasing efficiency of electrical energy production and use in Siberia"]. Irkutsk, 2015, part I, pp. 139–143. (In Russian).
2. *Expertnye sistemy. Instrumental'nye sredstva sistem* [Expert systems. System expert tools]. Available at: http://expertsistem.ucoz.ru/index/instrumentalnye_sredstva_ekspertnykh_sistem/0-14 (accessed 21 November 2017).
3. *Obolochki ekspertnykh system* [Expert system shells]. Available at: <http://tpl-it.wikispaces.com> (accessed 21 November 2017).
4. Dunaev M.P. *Expertnye sistemy dlya elektropri-*

- od* [Expert systems for electric drives]. Irkutsk, IRGTU Publ., 2011, 128 p. (In Russian).
5. Frank Puppe. Einfuehrung in Expertsystemen. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 1991. 143 p.
6. Philipovich U.N., Philipovich A.U. *Expertnye sistemy. Seriya knig "Sistemy isskustvennogo intellekta"* [Expert systems. A series of books "Systems of artificial intelligence"]. Moscow, Nauka Publ., 2003, 289 p. (In Russian).
7. Ilyushchenko V.V., Karlov R.V., Karlova L.N. *Metodika sozdaniya ekspertnykh sistem* [Methods of expert system development]. *Materialy Vserossiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Povyschenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya elektroenergii v usloviyah Sibiri"* [Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Increasing efficiency of electrical energy production and use in Siberia"], Irkutsk, 2017, p. I, pp. 47–52. (In Russian).

Критерии авторства

Илющенко В.В. имеет на статью авторские права и несет ответственность за плагиат

Authorship criteria

Ilyushchenko V.V. has copyrights for this article and bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.