

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Введение

Методы нечеткой логики, теории нечетких множеств и отношений в настоящее время широко применяются при моделировании систем управления и распознавания, то есть там, где необходимо оценивать ситуацию и принимать решение в условиях неточной информации или при наличии нечетких целей и ограничений. Аппарат нечеткой математики позволяет формализовать и преобразовывать количественно нечеткие (качественные) понятия, которыми оперирует эксперт при описании своих представлений о реальной системе, своих пожеланий, рекомендаций, целей управления. Предпосылкой создания теории нечетких множеств явилось то, что человеческий разум, в отличие от машинного оперирует при оценке ситуаций нечеткими категориями. Поэтому при разработке и создании автоматизированных систем управления, распознавания и принятия решений использование нечеткого подхода дает ряд преимуществ, а иногда является единственно возможным.

Нечеткие модели имеют ряд особенностей [1] по сравнению с традиционными, наиболее существенными из них являются:

- нечеткие модели являются более гибкими, поскольку в большей степени позволяют учитывать опыт и интуицию специалиста в определенной области;
- нечеткие модели управления и распознавания сложных систем являются более адекватными моделируемой реальности и позволяют получать решение по точности соотносимое с исходными данными;
- нечеткие модели в ряде случаев требуют меньше времени для получения результата;
- нечеткие модели позволяют увеличить скорость обработки качественной информации при использовании относительно несложных специализированных устройств;
- нечеткие модели создаются в тех случаях, когда построение четких невозможно или затруднительно.

Нечеткий подход к моделированию систем управления и распознавания имеет следующие отличительные черты:

- в нем используются, так называемые, “лингвистические” переменные, вместо числовых переменных или в дополнение к ним;
- простые отношения между переменными описываются с помощью нечетких высказываний;
- сложные отношения описываются нечеткими алгоритмами [2].

Теоретической основой использования нечетких подходов при моделировании систем управления и распознавания является хорошо разработанный аппарат нечеткой математики, включающий нечеткую арифметику, нечеткую и лингвистическую логику, теорию возможностей.

Постановка задачи

Интеллектуальные системы обработки и представления знаний развиваются по пути интеграции символьных и образных представлений научных знаний. Это направление в инженерии знаний в сочетании с развитыми аппаратно-программными средствами мультимедиа имеет большое практическое значение, особенно на этапе перевода бумажных документов в их компьютерные эквиваленты. При этом возникают проблемы, связанные с формами представления знаний, с построением пользовательского интерфейса, с распознаванием вводимой информации, с обеспечением высокой скорости ее поиска и обработки.

В связи со значительным ростом объема информационных систем (в локальных сетях, в электронных библиотеках, электронных каталогов т.п.) и ограниченными возможностями инструментариев для навигации и поиска информации, актуальными становятся задачи разработки новых подходов и повышения эффективности существующих методов поиска информации. В последнее время в Украине и за рубежом активно проводятся исследования в данной области. Можно выделить следующие основные направления этих исследований:

- извлечение информационных объектов из документов, определение их характеристик (статистических, лингвистических, семантических);
- построение семантической структуры документов;
- тематический анализ и тематический поиск информации в хранилище документов;
- тематическая классификация, кластеризация и фильтрация документов.

При решении перечисленных задач используются элементы теории информационных систем, аппарат теории графов, и нечеткой математики, теория принятия решений.

В связи с этим проблема проектирования систем искусственного интеллекта с использованием нечеткой логики чрезвычайно актуальна. В работе предлагается один из подходов к решению данной проблемы.

Логический вывод в интеллектуальных системах

Четкие и нечеткие графы широко используются как модели представления и преобразования знаний в интеллектуальных системах обработки информации, управления, распознавания, прогнозирования, обучения и в других системах искусственного интеллекта. Язык четких и нечетких ориентированных графов удобен не только для представления знаний, но и для математически корректного решения задачи семантического сжатия информации при нечеткой аналогии на основе нечеткого гомоморфизма общего типа. Вопросы гомоморфизма нечетких графов, очевидно, применимы и к исследованиям гомоморфизмов нечетких гиперграфов, поскольку любой нечеткий гиперграф однозначно представим нечетким двудольным или кениговым графом, а также нечетким графом смежности вершин и нечетким графом смежности ребер.

При разработке высокопрофессиональных интеллектуальных систем принятия решений, управления, распознавания, модели представления знаний которых строятся на основе ситуационно-фреймовых сетей, а тем более при разработке глобальных интеллектуальных систем, использующих гибридные модели знаний для преобразования концептуальных понятий, необходимо иметь возможность быстро, хотя и приближенно оценивать влияние тех или иных фактов на поведение системы в окружающем ее мире. Для того чтобы прогноз и оценка были эффективными, в базе знаний такой интеллектуальной системы кроме обычного и нечеткого логического вывода желательно иметь ускоренный логический вывод. В качестве такого логического вывода предлагается использовать вывод на основе нечеткой аналогии. Под словом аналогия понимается такая форма умозаключения, в которой на основании сходства двух предметов, явлений или понятий в каком-то отношении делается логический вывод об их сходстве в другом отношении. Под нечеткой аналогией понимается следующее. Пусть имеется модель исходной базы знаний, заданная в виде нечеткого графа и один или более нечетких гомоморфных ее образов. Для получения вывода на основе нечеткой аналогии линейного типа необходимо установить нечеткий изоморфизм, если он существует, исходной модели системы и ее нечеткого изоморфного образа, то есть найти нечеткие подстановки, переводящие одну модель в другую и пути одинаковой длины из начальной вершины в конечную в изоморфном образе и исходной модели. Эти пути соответствуют логическому выводу по нечеткой линейной аналогии. Суть нечеткой нелинейной, точнее гомоморфной, аналогии заключается в том, что если существует гомоморфизм между графом модели исходной базы знаний и ее нечетким гомоморфным образом, то можно построить быстрый, но достаточно грубый экспресс-вывод по гомоморфному образу системы, а затем, определив эффективное направление поиска решения, возможно его уточнить с помощью логического вывода в определенной области исходной базы знаний. Процедура уточнения полученного решения повторяется необходимое число раз [3 – 4].

Под логическим выводом в данном случае можно понимать различные методы, например такие, как вывод на основе композиционного правила вывода, вывод на основе обобщенных правил *modus ponens* и *modus tollens*, вытекающие из условного нечеткого вывода, либо вывод на основе распознавания нечетких эталонных ситуаций. При реализации нечеткого вывода в системах нечетких имплицативных правил и нечетких описаний ситуаций этапу логического вывода предшествует этап идентификации входной нечеткой ситуации, на котором, если это требуется, производится преобразование количественной информации в ее качественное описание. Другими словами, осуществляется переход от чисел, характеризующих параметры объекта принятия решений, к соответствующим нечетким множествам. Нечеткие множества, получаемые в результате нечеткого логического вывода, могут интерпретироваться в зависимости от установленных требований, либо их лингвистической аппроксимацией, то есть описанием лингвистических переменных, либо переходом к конкретным числам, характеризующим параметры принятого решения. И в том, и в другом случаях требуется выполнить ряд специальных операций и преобразований над нечеткими множествами [5].

Операции над нечеткими множествами имеют специфический характер, обусловленный, с одной стороны, необходимостью выполнения массовых преобразований над совокупностями их векторных представлений, а с другой – их относительной простотой (наиболее часто используемые операции сводятся к попарному выполнению над элементами двух нечетких множеств операций определения максимума и минимума).

Использование предложенного метода логического вывода на основе нечеткого гомоморфизма позволит значительно повысить интеллектуальные возможности существующих и разрабатываемых гибридных и глобальных интеллектуальных систем принятия решений.

Успешные применения нечеткой логики и нечетких алгоритмов лежат в области построения систем принятия решений и управления сложными технологическим и организационными процессами. Поскольку эти системы являются человеко-машинными, то время их реакции на запрос пользователя жестко лимитировано психологическими особенностями диалога. Управление технологическими процессами естественно должно происходить в реальном или ускоренном масштабе времени.

Для практических задач объем обрабатываемой нечеткой информации обычно значителен, а одними из основных операторов обработки нечеткой информации являются обращения к памяти и проверка логических условий. В этой связи возможны случаи, когда программная реализация нечетких алгоритмов не удовлетворяет требованиям комфортной работы пользователя, либо требованиям технологического процесса относительно времени принятия решения и должна поддерживаться аппаратно.

Исследования, проведенные в области обработки нечеткой информации, показали, что основные операции нечеткой логики, используемые для преобразования нечетких множеств обладают естественным параллелизмом, поскольку выполняются над каждым элементом нечеткого множества независимо друг от друга. Кроме того, в нечетких алгоритмах операции, применяемые ко всем элементам нечеткого множества, на каждом конкретном шаге в большинстве случаев одинаковы или однотипны. И, наконец, независимо от базиса используемых операций, более сложные операции образуются как совокупность нескольких простых операций.

Для аппаратной поддержки вывода решений в системах, названных ситуационными, предлагается использовать идеологию векторных или матричных процессоров, применяемых самостоятельно или в качестве сопроцессора. Вывод решения в таких системах основывается на нечетком распознавании входной информации путем сравнения ее описания с описаниями эталонных нечетких ситуаций, характеризующих состояние объекта принятия решений. Нечеткий ситуационный вывод решений достаточно прост для реализации и, вместе с тем, обладает рядом достоинств по сравнению с композиционным выводом:

- отсутствием необходимости выполнять лингвистическую интерпретацию получаемых в результате композиции нечетких множеств;
- сокращением количества хранимой информации, поскольку для реализации нечеткого композиционного вывода необходимо хранение, по крайней мере, одной матрицы нечеткого отношения “вход-выход” для каждого правила, либо их получение в процессе решения;
- простотой аппаратной реализации, поскольку нечеткий ситуационный вывод сводится к определению нечеткой близости пар нечетких множеств второго уровня.

Параллельный процессор нечеткого вывода может обрабатывать нечеткую информацию, заданную непосредственно на вербальной шкале, минуя первый (предметный) уровень обработки. В то же время, допускается вариант использования нечеткого процессора в одноуровневой схеме вывода, не использующей вербальную шкалу значений признаков.

По сравнению с имеющимися процессорами нечеткого композиционного вывода решений, скорость нечеткого логического ситуационного вывода в параллельном нечетком процессоре увеличивается в три раза при двухуровневой схеме вывода и на порядок при одноуровневой схеме вывода и достигает 200 тысяч логических выводов в секунду. Те же временные соотношения сохраняются и при реализации на нечетком процессоре нечеткого композиционного вывода решений. Кроме того, объем множества эталонных ситуаций, используемых предлагаемым нечетким процессором, ограничиваются только технологическими возможностями его изготовителя, поскольку эталонные ситуации хранятся во внешней памяти и не влияют на временные характеристики процессора. Базис нечетких логических операций в отличие от известных процессоров, не имеет существенного значения для архитектуры параллельного процессора нечеткого логического вывода. При изменении базиса нечетких логических операций меняется только архитектура элементарного процессора [5].

Сопроцессор нечеткого вывода предназначен для аппаратной поддержки систем принятия решений. Возможно также его применение в качестве нечеткого контроллера сложных технических объектов, технологических процессов и робототехнических систем, ускорителей экспертных и прогностических систем, работающих на основе нечеткой логики.

Нечеткие интеллектуальные системы

В развитых странах мира интенсивно ведутся работы по практическому внедрению нечетких контроллеров и регуляторов, по созданию интеллектуальных систем управления на их основе, экспертных систем с нечеткой логикой в промышленную и непромышленную сферу. К настоящему времени известно более 400 практических применений нечетких контроллеров и систем управления. По мнению экспертов, в ближайшие годы около 70 % всех разработок по интеллектуальным системам будут основываться на нечеткой логике. Несмотря на различные архитектурные решения и связанное с этим различное быстродействие разработанных и разрабатываемых в настоящее время программно-аппаратных средств обработки нечетких знаний, всех их объединяет ориентация на реализацию одной из возможных модификаций алгоритмов нечеткого логического вывода, а именно – композиционного вывода. Этот алгоритм эффективно применяется в системах нечеткого управления динамическими объектами, функционирующих по принципу регулятора. При этом совершенно не охватывается обширный класс систем, основанных на принятии решений и ситуационном управлении. Для проектирования и программирования нечетких процессоров, используемых в таких системах, а также в системах управления динамическими объектами, может использоваться программно-аппаратный комплекс FuzEx – FuzCop [1,2].

FuzEx представляет собой интегрированный комплекс проектирования систем, основанных на нечетких знаниях, использующих ускоритель либо его программный эмулятор для эффективного нечеткого логического вывода. Ускоритель нечеткого логического вывода, построенный на базе нечеткого процессора FuzCop, предназначен для аппаратной поддержки интеллектуальных систем с нечеткой логикой, функционирующих как на основе нечеткого ситуационного логического вывода, так и нечеткого композиционного логического вывода.

FuzEx содержит пять основных компонент: редактор словаря, редактор продукций, конструктор систем, основанных на нечетких знаниях, библиотеку стандартных модулей, системные средства поддержки ускорителя. Редактор словаря служит для описания лингвистических переменных, относящихся к предметной области. Редактор продукций позволяет создавать и модифицировать правила базы знаний. Конструктор предназначен для задания требований к проектируемой системе и для сборки исполняемых модулей. Библиотека стандартных модулей содержит набор процедур ввода-вывода информации и нечеткого логического вывода. Системные средства поддержки ускорителя представляют собой программную оболочку компилятора входного языка, загрузчика микропрограмм ускорителя и эмулятора ускорителя. Компилятор входного языка применяется для перевода программы, написанной на входном языке, близком к языкам высокого уровня, в микропрограммы нечеткого ускорителя. Загрузчик микропрограмм служит для пересылки (загрузки) полученного кода в собственную память ускорителя. Эмулятор предназначен для выполнения последовательности команд входного языка без использования ускорителя.

Системные программные средства FuzShell, входящие в состав FuzEx, позволяют загружать данные и внутренние микрокоманды во внутреннюю память нечеткого контроллера либо читать их, инициализировать нечеткий процессор, входящий в состав контроллера, на обработку нечетких данных, осуществлять настройку процессора под тот или иной тип логического вывода, производить распределение внутренней памяти ускорителя в зависимости от количества признаков оценки текущей ситуации и нечетких продукций. Программная оболочка FuzShell имеет средства для многооконного редактирования как исходного текста программ, так и сгенерированных компилятором микропрограмм. Имеется возможность настройки портов ввода-вывода ускорителя, чтения ячеек памяти. Ввод текущей ситуации можно осуществить посредством передачи данных на основе стандарта DDE от другого приложения (программы), считывающей информацию с входных датчиков, а затем и загрузки полученной ситуации в контроллер для обработки.

По сравнению с аналогами FuzEx-FuzCop обладает рядом преимуществ: возможность программирования и процессора и контроллеров; наличие графического редактирования функций принадлежности и нечетких продукций. Дружественный интерфейс выгодно отличает FuzEx от других программных сред. Он позволяет естественным образом задавать лингвистические переменные, заполнить базу знаний, определить последовательность этапов логического вывода, прочесть содержимое ячеек внутренней памяти нечеткого процессора и т.п. Наличие управляющих кнопок, которые осуществляют вызов некоторых чаще всего используемых команд, освобождает пользователя от необходимости поиска по системе меню той или иной команды.

Программно-аппаратный комплекс FuzEx-FuzCop может использоваться при построении систем принятия решений, основанных на нечетких знаниях, систем управления сложными процессами и объектами, распознавания образов, прогнозирования, выработки экспертных заключений, а также в робототехнике, медицине, экологии, в бытовой технике.

В области программных систем нечеткого ситуационного управления и принятия решений получены следующие результаты:

- разработана система принятия решений на основе нечетких знаний для управления запуском – выпуском на металлизацию и нарезку при производстве прецизионных резисторов (внедрена на одном из предприятий электронной промышленности);
- разработан демонстрационный прототип системы управления роботом – манипулятором в системе “глаз – рука” на основе нечеткого распознавания;
- разработана система нечеткого ситуационного управления участком гибкого автоматизированного производства (внедрена на одном из предприятий электронной промышленности);

- разработан демонстрационный прототип инструментального программного комплекса поддержки проектирования интеллектуальных систем на основе нечеткой логики (по контракту с Институтом технической кибернетики Академии наук Словакии);
- разработана структура интеллектуальной системы принятия решений для диагностики и назначения лекарственных средств естественной медицины [3];
- разработана нечеткая база знаний для этой системы, построенная на основе композиции нечетких метаимпликаций и на основе нечетких отношений на множестве нечетких ситуаций.

В настоящее время активно ведутся исследования и разработка экономических советующих систем и систем дистанционного обучения. Необходимость таких разработок подтверждается как наличием на них устойчивого спроса, так и работами, появляющимися в последнее время в научной литературе в Украине и за рубежом [4, 5].

Мониторинг образовательного процесса

В условиях глубокого реформирования системы высшего образования одним из важнейших вопросов является обеспечение конкурентоспособности вуза, то есть обеспечение высокого качества подготовки специалистов и создание условий для национальной и международной академической мобильности. Начавшийся процесс интеграции вузов в европейское образовательное пространство, путем вхождения в Болонскую систему, потребовал:

- перехода на многоуровневую систему образования;
- развития академической мобильности студентов и преподавателей;
- создания системы однозначного толкования национальных документов об образовании.

Выход на мировой рынок образовательных услуг – это объективная необходимость, обеспечивающая конкурентоспособность вуза, требующая разработки методик оценки результатов педагогического труда и измерения степени обучаемости студентов.

Важной особенностью проводимой реформы высшего образования является введение в вузах сертифицированной системы управления качеством образования, при этом вузам дается возможность самостоятельно выбирать формы и темпы реформы. Роль государства в этом процессе – создание условий и контроль за результатами реформирования.

Проблемы оценки качества знаний и определение эффективности деятельности преподавателя являются актуальными для любого образовательного учреждения, начиная от школы и заканчивая высшим учебным заведением. Этим объясняется большое количество разрабатываемых методик определения показателей обучаемости учащихся и создание систем контроля знаний с использованием современных информационных технологий. Компьютеризация в этой области помогает уменьшить степень субъективизма при оценке деятельности учебного заведения, при определении эффективности работы каждого преподавателя, при определении степени обучаемости каждого учащегося. Использование современных компьютерных технологий позволяет создавать интеллектуальные системы контроля качества знаний с учетом степени обучаемости каждого индивидуума или их группы по конкретным учебным дисциплинам. Отсутствие усреднения при определении степени обучаемости позволяет оценить реально достигнутые результаты обучения и фактическую эффективность деятельности преподавателя, то есть проводить качественный мониторинг образовательного процесса.

Основными составляющими любой интеллектуальной системы являются база знаний, адекватно отображающая объективную реальность, и логический вывод, обеспечивающий оптимальный поиск решений. В отличие от базы данных информация, хранящаяся в базе знаний, связывается между собой, то есть структурируется. Причем эта связь осуществляется за счет тех отношений между факторами (параметрами), которые наблюдаются в объекте управления или в окружающей среде. В моделях знаний отношения определяются семантикой, которая задается вне системы. Такие отношения сами по себе являются данными, как и факторы окружающей среды предметной области.

Для построения системы мониторинга образовательного процесса используется аппарат нечеткой математики, позволяющий формализовать и преобразовывать количественно качественные (нечеткие) понятия. Как известно, нечеткий подход к моделированию интеллектуальных систем имеет следующие отличительные черты:

- в нем используются, так называемые, “лингвистические” переменные;
- простые отношения между переменными описываются с помощью нечетких высказываний;
- сложные отношения описываются нечеткими алгоритмами.

Содержательно нечеткий алгоритм можно определить как упорядоченную последовательность нечетких инструкций или операторов, приводящих к решению поставленной задачи. Нечетким оператором считается такой, который содержит хотя бы одну нечеткую или лингвистическую переменную, нечеткую функцию или нечеткое отношение.

Построение системы мониторинга учебного процесса включает три основных этапа.

На первом этапе построения системы формулируются цели обучения, то есть определяется перечень знаний, умений и навыков обучающихся по каждой дисциплине. На этом же этапе определяется уровень требований каждого преподавателя. Общеизвестны три уровня требований. Если преподаватель работает по первому (высшему) уровню требований, то оценка «отлично» ставится учащемуся за творческое применение на практике хорошо освоенной теории. Преподаватель, работающий по второму (среднему) уровню требований, оценку «отлично» ставит за репродуктивные умения и навыки. Преподаватель, работающий по третьему (низшему) уровню требований, ставит оценку «отлично» за знание теории без применения полученных знаний на практике.

На втором этапе построения системы мониторинга определяется степень обучаемости учащегося по каждой дисциплине. В соответствии с методикой В.П. Симонова различают пять показателей степени обучаемости: различение P_1 , запоминание P_2 , понимание P_3 , элементарные умения и навыки P_4 , перенос P_5 .

Самый низший показатель степени обучаемости – различение – характеризуется тем, что обучаемый отличает данный объект, процесс или явление от их аналогов при предъявлении их в готовом виде.

Второй показатель степени обучаемости – запоминание – отражает усвоение определенного количества информации без ее понимания, то есть это неосознанное воспроизведение.

Третий показатель степени обучаемости – понимание – определяется наличием у учащегося собственного мнения, суждения относительно какого-либо объекта, явления, процесса, то есть это осознанное воспроизведение информации.

Четвертый показатель обучаемости – элементарные умения и навыки – характеризуется тем, что обучающийся на практике применяет теорию в стандартных ситуациях, выполняет практические задания по образцу.

Пятый (высший) показатель степени обучаемости – перенос – характеризуется способностью творчески применять полученные теоретические знания, вырабатывать новые умения и навыки на основе существующих.

Второй этап мониторинга включает также математическую обработку результатов учебной деятельности, которая позволяет определить степень обучаемости учащихся с учетом уровня требований преподавателя по каждой дисциплине. Использование информационных технологий значительно облегчает и ускоряет проведение подобных расчетов.

На третьем этапе мониторинга определяется фактическая эффективность деятельности преподавателя на основании показателей степени обучаемости учащихся. Основными показателями эффективности деятельности преподавателя являются прочность, глубина и осознанность знаний обучаемых. Эти же показатели определяют качество образования.

При построении системы мониторинга основной проблемой является создание базы знаний, содержащей информацию о целях обучения, уровне требований каждого преподавателя, фактической степени обучаемости каждого учащегося и эффективности деятельности преподавателя.

В качестве моделей представления знаний количественного и качественного характера используется система нечетких импликативных правил (продукций). Эта система правил представляет собой набор нечетких импликаций вида: если <посылка>, то <закключение>, обладающий свойствами полноты и непротиворечивости для однозначного описания заданной предметной области. Ситуацией в данном случае называется описание состояния объекта (например, учащегося) в некоторый момент времени, характеризуемое набором признаков (показателей степени обучаемости). Под нечетким описанием ситуации понимается такое, где отражены не только количественные, но и ряд качественных характеристик ситуации. Например, если уровень требований преподавателя «средний», число обучающихся на «отлично» равно K_5 , число обучающихся на «хорошо» – K_4 и т.д., то степень обучаемости учащегося (СОУ) определяется по формуле

$$COY = ((0,64K_5+0,36K_4+0,16K_3)/N) \leq 0,64,$$

где N – общее количество обучаемых по данной дисциплине у данного преподавателя, включая тех, которые имеют неудовлетворительные оценки. Аналогично, по соответствующим формулам, вычисляются СОУ для низшего и высшего уровней требований преподавателей.

Фактическая эффективность деятельности преподавателя (Эф), выраженная в процентах, определяется следующим образом:

если степень обучаемости равна P_1 и P_2 , то $Эф \leq 16$;

если степень обучаемости равна P_1 и P_2 и P_3 и P_4 , то $Эф \leq 64$;

если степень обучаемости равна P_1 и P_2 и P_3 и P_4 и P_5 , то $Эф \leq 100$.

Высший уровень требований преподавателя обеспечивает высокое качество образования, отличающееся большей прочностью, глубиной и осознанностью.

Логический вывод в продукционной системе – многошаговая процедура сравнения текущего описания ситуации с посылкой каждого правила. В качестве заключения, изменяющего на каждом шаге текущую ситуацию, как правило, используется имеющее наибольшую степень истинности. Результатом будет та текущая ситуация, называемая конечной, которая не может быть модифицирована никаким правилом с заданной степенью истинности. Логический вывод в системе нечетких ситуаций основан на одношаговой или многошаговой процедуре определения максимальной степени равенства исходной (текущей) нечеткой ситуации с ситуациями, принятыми за эталонные, которым поставлены в соответствие принимаемые решения. Вывод на основе нечетких правил является обобщением традиционного дедуктивного вывода (правило *modus ponens*). Его можно реализовать двумя способами. Первый основан на использовании нечеткого отношения R , которое представляет собой матрицу, формализующую заданную систему нечетких правил. Результатом логического вывода является нечеткое множество, полученное путем максиминной композиции нечеткого описания входной ситуации на матрицу R . Второй способ предполагает получение этого же результата, но без предварительной свертки системы нечетких правил в матрицу R . Первый способ требует меньших затрат памяти для хранения исходной системы правил и существенно меньших затрат времени для реализации машины вывода. Второй способ оправдан тогда, когда в процессе логического вывода решений нечеткие правила должны модифицироваться, а их совокупности изменяться.

При реализации нечеткого логического вывода в системах нечетких импликативных правил и нечетких описаний этапу логического вывода предшествует этап идентификации входной нечеткой ситуации, на котором производится преобразование количественной информации в ее качественное описание, то есть осуществляется переход от чисел, характеризующих параметры объекта, к соответствующим нечетким множествам. С другой стороны, нечеткие множества, получаемые в результате логического вывода, могут интерпретироваться лингвистическими переменными, либо конкретными числами, характеризующими параметры принятого решения. И в том и в другом случаях требуется выполнить ряд специальных операций и преобразований над нечеткими множествами.

Предлагаемое построение базы знаний на основе композиции нечетких метаимпликаций позволяет хранить и обрабатывать как четкую, так и нечеткую информацию мониторинга учебного процесса, исключая при этом субъективизм оценки работы образовательного учреждения при определении его статуса. Использование предлагаемой системы позволяет оценить уровень требований каждого преподавателя и наметить программу постепенного перехода отдельного преподавателя с более низкого уровня на более высокий уровень требований. Умение и желание преподавателя работать на высшем уровне требований является условием преодоления формализма в оценке знаний, умений и навыков учащихся и отвечает выполнению тех социальных задач, которые определяются миссией каждого учебного заведения.

Заключение

Теоретическое и практическое исследование основ проектирования интеллектуальных систем в условиях нечеткой или неполной, плохо структурируемой информации позволило решить часть проблем при организации электронных архивов, при разработке адаптивного пользовательского интерфейса для графических операционных систем, при создании систем мониторинга образовательного процесса и других практических приложениях.

Основные теоретические и практические результаты состоят в следующем:

- исследованы особенности представления знаний и логический вывод в системах управления принятия решений и распознавания;
- разработана структура системы мониторинга образовательного процесса;
- исследованы принципы построения поисковых систем для электронных архивов;
- разработан алгоритм выделения термов из текста на основе морфологической информации о словах;
- разработан метод классификации на основе нечетких множеств и теории нечеткой логики;
- проведен анализ основных этапов при реализации системы тематической каталогизации документов;
- построена модель системы морфологического анализа.

Список литературы: 1. *Мирошник, М.А.* Разработка средств защиты информации в распределенных компьютерных системах и сетях / М.А. Мирошник // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків. – 2015. – №1. – С. 18-25. 2. *Мирошник, М.А.* Разработка интеллектуальной диагностической инфраструктуры в распределенных компьютерных системах / М.А. Мирошник // Там же. – №2. – С. 25-36. 3. *Мирошник, М.А.* Разработка интеллектуальной диагностической инфраструктуры в распределенных компьютерных системах / М.А. Мирошник // Там же. – №3. – С. 3-9. 4. *Мирошник, М.А.* Проектирование компьютерных систем с интеллектуальной диагностической инфраструктурой / М.А. Мирошник // Радиотехника. – 2015. – Вып 180. – С. 64–67. 5. *Miroshnik, M.A.* Application of software complex for query processing in the database management system with a view of dispatching problem solving in Grid systems / Miroshnik M.A., Kotukh V.G., Selevko S.N. // Telecommunications and radio engineering. – 2013. – Vol.27, № 10. – P. 875-891. 6. *Мирошник, М.А.* Синтез распределенных компьютерных сред на базе компьютерных сетей Систем и обработки інформації. – 2013 – №7 (114). – С.86-89. 7. *Miroshnik, M.A.* Uses of programmable logic integrated circuits for implementations of data encryption standard and its experimental linear cryptanalysis / Miroshnik M.A., Kovalenko M.A. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2013. – №6. – С.36-45.

*Український державний університет
залізничного транспорту,
Харківський національний університет
міського господарства імені А.Н. Бекетова,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка*

Поступила в редколлегию 30.06.2015