УДК 007:631.4

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВВОДА ЭКСПЕРТНЫХ ЗНАНИЙ

В.П. ДИМИТРОВ
(Донской государственный технический университет),
Л.В. БОРИСОВА
(Институт энергетики и машиностроения Донского государственного технического университета),
И.Н. НУРУТДИНОВА
(Донской государственный технический университет),
Е.В. БОГАТЫРЁВА
(Ростовский филиал Московского государственного университета технологии и управления)

Рассматриваются назначение и структура блока приобретения знаний экспертной системы для технического и технологического обслуживания сложных машин. Приведен пример интерфейса программной системы.
Ключевые слова: *экспертная система, нечеткие знания, коэффициент согласованности.*

Введение. При использовании сложной уборочной техники одной из важных задач является технологическая регулировка машины в полевых условиях. Эта задача относится к классу неформализованных задач принятия решений, а ее решение возлагается на оператора и зависит от его опыта и квалификации. Трудности с выбором значений регулируемых параметров комбайна и корректировкой технологических регулировок связаны с неопределенностью информации о факторах внешней среды, в которой функционирует зерноуборочный комбайн, а также сложностью взаимосвязей между факторами уборки, регулируемыми параметрами и показателями качества работы комбайна.

Одним из основных резервов повышения эффективности использования комбайнов является снижение временных затрат на настройку и технологические простои. Поэтому особого внимания заслуживают вопросы разработки систем информационной поддержки интеллектуальной деятельности оператора при проведении уборочных работ.

Перспективным направлением совершенствования методов технологической регулировки машин является разработка информационных систем поддержки принятия решений (экспертных систем) [1]. Экспертная система (ЭС) реализует функции:

– описание конструкции зерноуборочных комбайнов;
– предварительная настройка рабочих органов машины;
– корректировка технологических регулировок;
– поиск неисправностей в агрегатах и системах машины;
– объяснение полученных результатов;
– дополнение и редактирование знаний;
– помощь пользователю при работе с ЭС.

Специфические особенности предметной области и основные требования, предъявляемые к информационным системам, определили состав ее компонент. Рассматриваемая ЭС имеет стандартные блоки: блок ввода информации; база знаний; блок приобретения знаний; блок вывода; блок объяснения принятых решений; блок разрешения противоречий; блок управления; блок обучающей компоненты (рис. 1).

При разработке ЭС большое внимание уделено качеству программного обеспечения как одной из важнейших проблем современного программирования. Особенно актуальна эта проблема для систем, использующих методы искусственного интеллекта. В таких системах требования качества и эффективности программного обеспечения являются наиболее существенными.

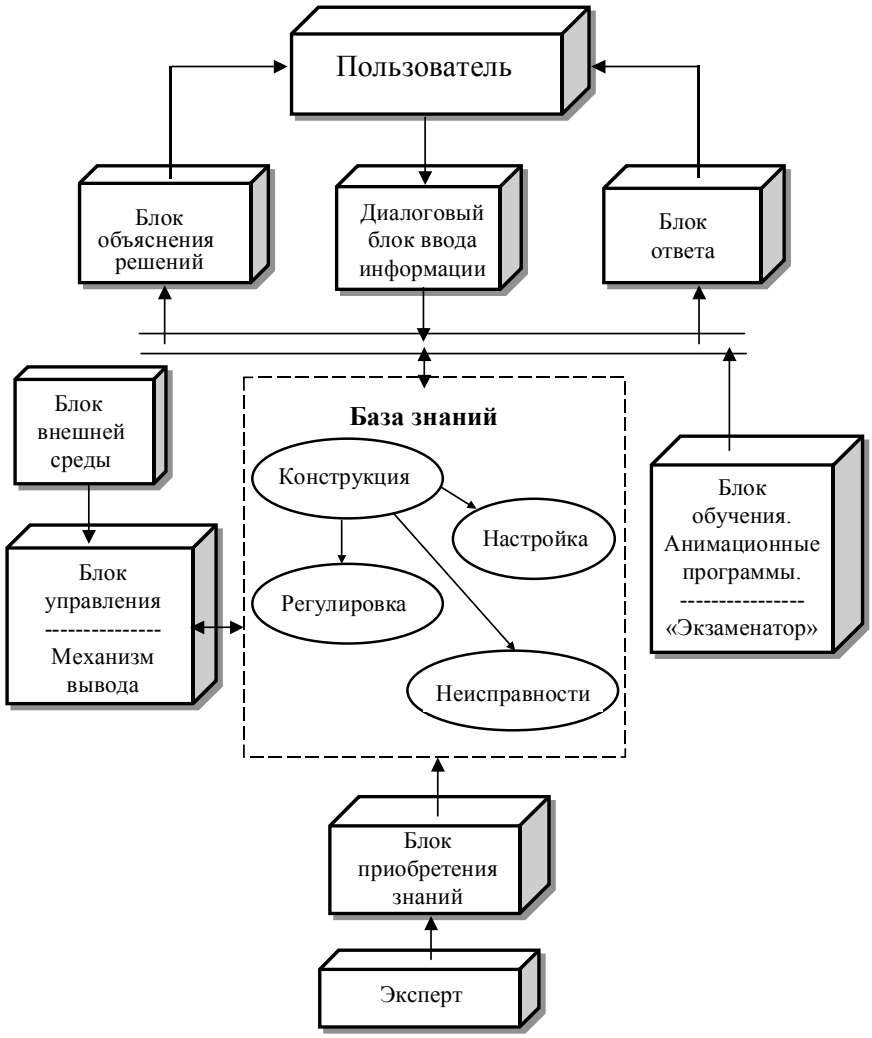


Рис.1. Структурная схема аппаратно-программного комплекса «Электронный эксперт»

Одной из главных компонент любого программного продукта, рассчитанного на широкое применение, является пользовательский интерфейс. В рассматриваемой системе используются три типа диалогов: диалог типа меню; диалог типа вопрос – ответ; диалог на основе экранных форм. Сценарий диалога с пользователем представлен в виде древовидного графа диалоговых процедур, в котором корневой элемент графа является точкой инициализации диалога, а терминальные элементы точками выхода. Помощь пользователю вызывается указанием курсора на строку в меню. При этом предоставляется текстовая информация о работе системы и о возможных действиях пользователя. Сущность структуры меню заключается в том, что у пользователя есть список возможных вариантов данных для ввода, из которого ему следует выбрать то, что требуется. Большое внимание уделено разработке эффективного интерфейса с пользователем, так как зачастую у пользователя нет достаточно развитых навыков работы на ПК. Поэтому наличие подсистемы помощи (подсказок) становится актуальным. Структурирование информации обеспечивает не только последовательную работу с текстом, как при обычном чтении, но и произвольный доступ к другим элементам (текст, графика). В информационных интеллектуальных системах используются подсистемы мультимедиа, которые существенно увеличивают наглядность и позволяют облегчить работу пользователей.

Для адаптации базы знаний ЭС к реальным условиям предусмотрена возможность загрузки в систему знаний, указанных экспертом, а также все стандартные функции: удаление знаний; редактирование знаний; дополнение знаний; чтение базы знаний; сохранение знаний.

Для дополнения базы знаний предусмотрен специальный режим работы с экспертом, который позволяет включать в базу знаний: состав объектов; характеристики объектов; описание функционирования объектов; правила, описывающие отношения входных и выходных признаков, и др.

Описание задачи. Ранее нами было показано [2], что задачи предварительной настройки и корректировки технологических регулировок – есть задачи принятия решения в нечеткой среде. Метод технологической регулировки включает помимо традиционных структурных составляющих компоненту, обеспечивающую информационную поддержку оператору (лицу, принимающему решение), а также автоматизацию принятия решений при проведении технологической регулировки комбайна (рис.2).

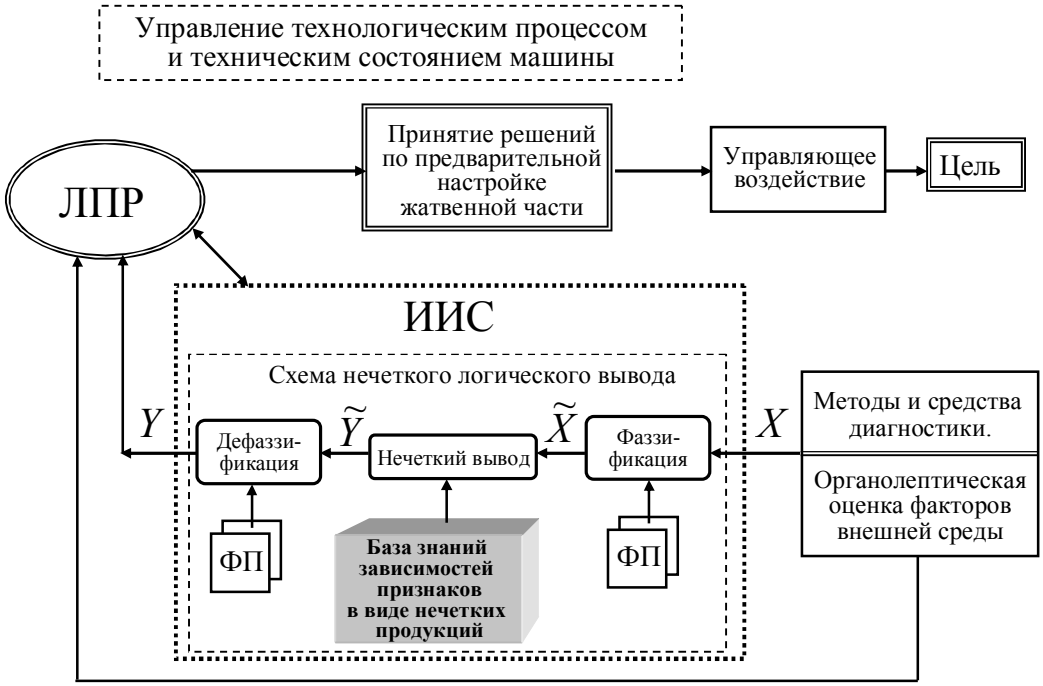


Рис.2. Структурная схема метода организации информационной поддержки принятия решений при предварительной настройке машины

При построении интеллектуальных информационных систем поддержки принятия решений в сфере эксплуатации сложных машин широко используются базы знаний, основанные на нечетких знаниях, т.е. нечеткие продукционные системы. Поэтому одним из актуальных является вопрос представления нечеткой экспертной информации. Для адекватного представления такой информации необходимо определить функции принадлежности (ФП) лингвистических переменных (ЛП) модели предметной области, в том числе установить оптимальное число термов ЛП. При этом множество значений ЛП должно быть таким, чтобы обеспечивалась максимальная согласованность экспертной информации.

Например, для описания признаков предметной области «технологическая регулировка зерноуборочных комбайнов» эксперты могут применять разные множества их лингвистических значений. В одном случае возникают трудности в связи с недостаточностью значений, в другом в

связи с их избыточностью. В результате чего следует ожидать увеличения нечеткости и рассогласованности поступающей от экспертов информации.

При анализе согласованности нечеткой экспертной информации вычисляются аддитивный и мультипликативный показатели общей согласованности, по их величинам формулируется суждение о согласованности моделей экспертного оценивания. Также строятся матрицы индексов нечёткости и показателей парной согласованности моделей экспертов [3]. Вышеупомянутые матрицы строятся как для отдельных термов функции принадлежности, так и по всем термам. Анализ этих матриц позволяет определить согласованность экспертной информации попарно и выделить эксперта (экспертов), оценки которого существенно отличаются от оценок остальных экспертов.

Программная реализация. Для автоматизации расчетов по оценке согласованности нечеткой экспертной информации разработана подсистема блока приобретения и корректировки знаний экспертной системы, который является одним из основных блоков интеллектуальных информационных систем (экспертных систем). Разработанная программа реализует следующие функции:

– ввод новых и редактирование имеющихся лингвистических переменных (рис.3);

– ввод количества и имен экспертов (рис.4);

– ввод числа и наименования термов для каждой лингвистической переменной (рис.5);

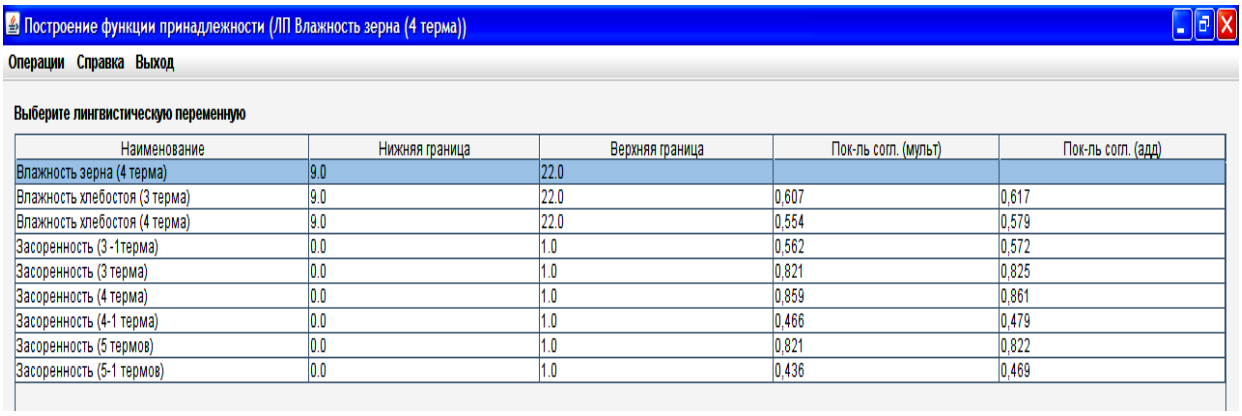
– выбор метода построения и вида функций принадлежности (рис.6);

– построение функций принадлежности для указанных термов (рис.7);

– расчет матриц парной согласованности К и индексов нечеткости D моделей X_i и X_j экспертов (рис.8 и 9).

– расчет аддитивного и мультипликативного показателей общей согласованности между моделями (рис.10).

На рис.3 в качестве примеров представлены лингвистические переменные «влажность зерна», «влажность хлебостоя» и «засорённость хлебной массы», при этом для каждой из них выбрано несколько термов, например, для переменной «влажность хлебостоя» используется 3-термовая («сухой», «нормальный», «влажный») и 4-термовая («сухой», «нормальный», «влажный», «очень влажный») модели. Здесь также указываются границы множеств лингвистических значений переменных: так, для лингвистической переменой «влажность хлебостоя» нижняя граница равна 9%, а верхняя – 22%. С целью универсальности и удобства пользователей границы лингвистической шкалы можно вводить как в нормированных величинах (таким образом представлена шкала лингвистической переменной «засорённость хлебной массы»), так и в единицах измерения переменной (для лингвистической переменой «влажность хлебостоя» нижняя граница равна 9%, а верхняя – 22%). Границы изменения лингвистических значений каждого из термов иллюстрируются графически. На рис.5 показаны границы изменения термов лингвистической переменной «влажность хлебостоя» для 3-термовой модели. Программа ввода предусматривает введение любого количества экспертов и их идентификацию по номерам или именам. На рис.4 введенно 5 экспертов, которые пронумерованы, в дальнейшем для добавления или корректировки информации каждый из них вводит данные под своим номером.



Наименование	Нижняя граница	Верхняя граница	Пок-ль согл. (мульт)	Пок-ль согл. (адд)
Влажность зерна (4 терма)	9.0	22.0		
Влажность хлебостоя (3 терма)	9.0	22.0	0,607	0,617
Влажность хлебостоя (4 терма)	9.0	22.0	0,554	0,579
Засоренность (3 -1терма)	0.0	1.0	0,562	0,572
Засоренность (3 терма)	0.0	1.0	0,821	0,825
Засоренность (4 терма)	0.0	1.0	0,859	0,861
Засоренность (4-1 терма)	0.0	1.0	0,466	0,479
Засоренность (5 термов)	0.0	1.0	0,821	0,822
Засоренность (5-1 термов)	0.0	1.0	0,436	0,469

Рис.3. Окно ввода наименования лингвистической переменной, а также границ базовой шкалы

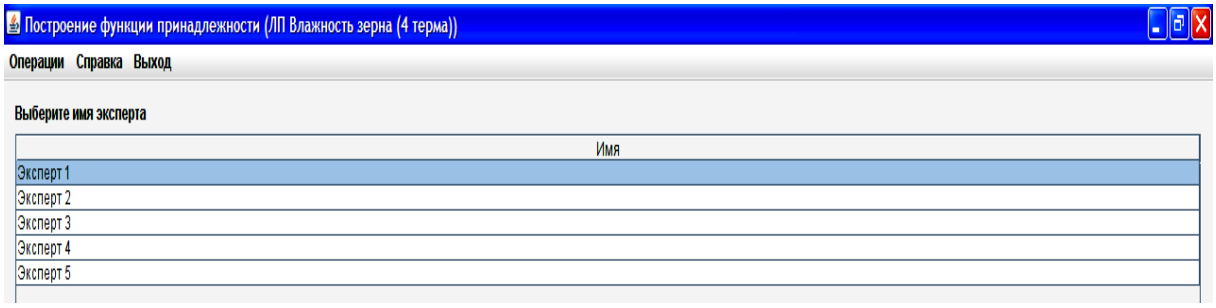


Рис.4. Окно ввода числа и наименования экспертов

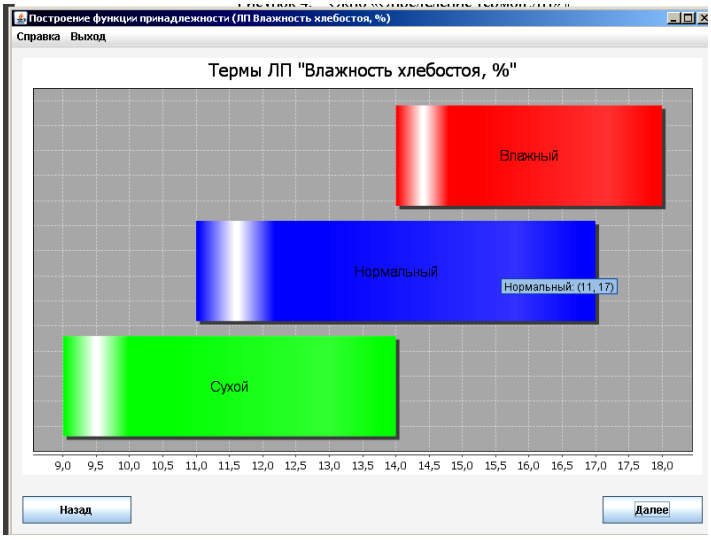


Рис.5. Графическое представление операции по определению термов ЛП

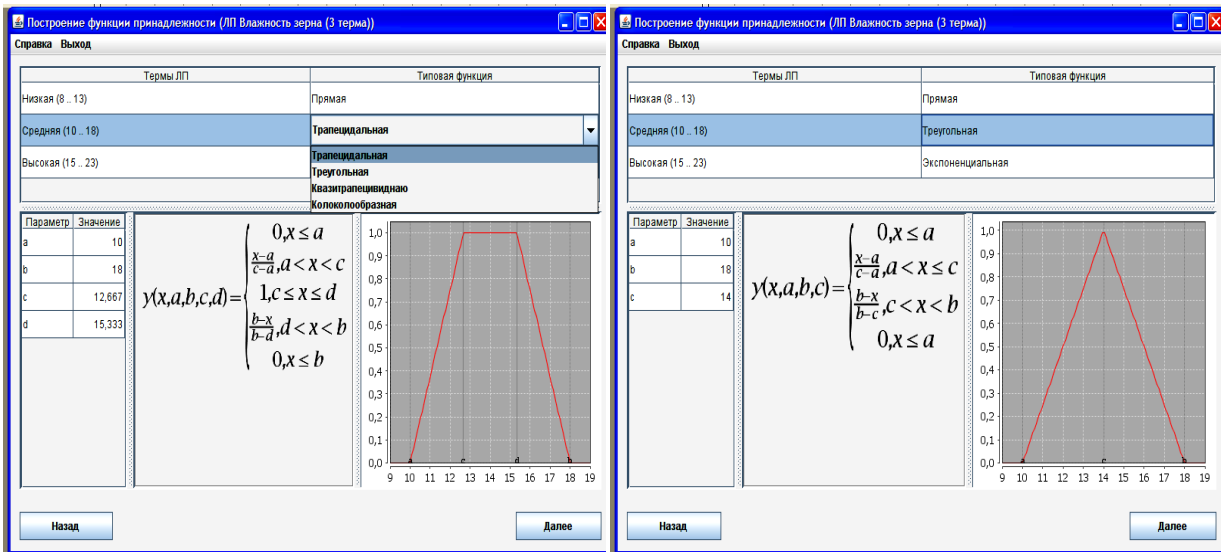


Рис.6. Определение значений параметров типовых функций для центрального терма ЛП

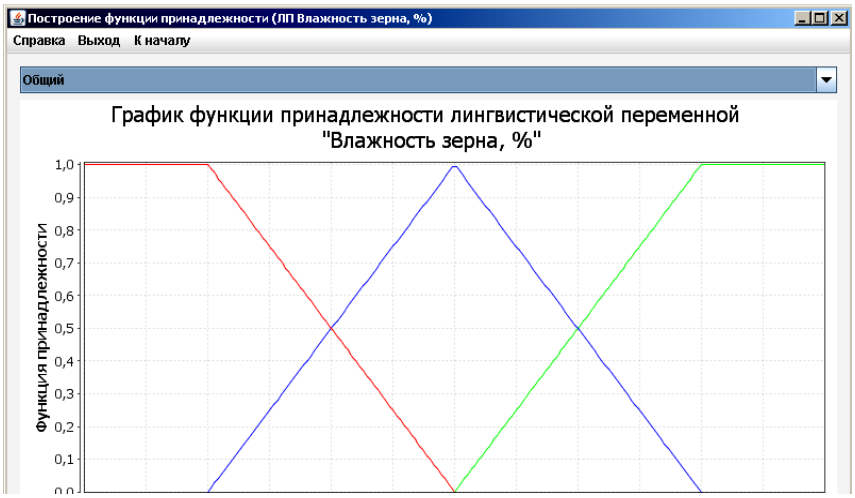


Рис. 7. График функции принадлежности ЛП

Для построения функций принадлежности предусмотрено использование различных функций (рис.6). На рис.7 приведён график функции принадлежности лингвистической переменной «влажность зерна» в 3-термовой модели, где для левого и правого термов выбрана трапецеидальная форма, а для центрального – треугольная.

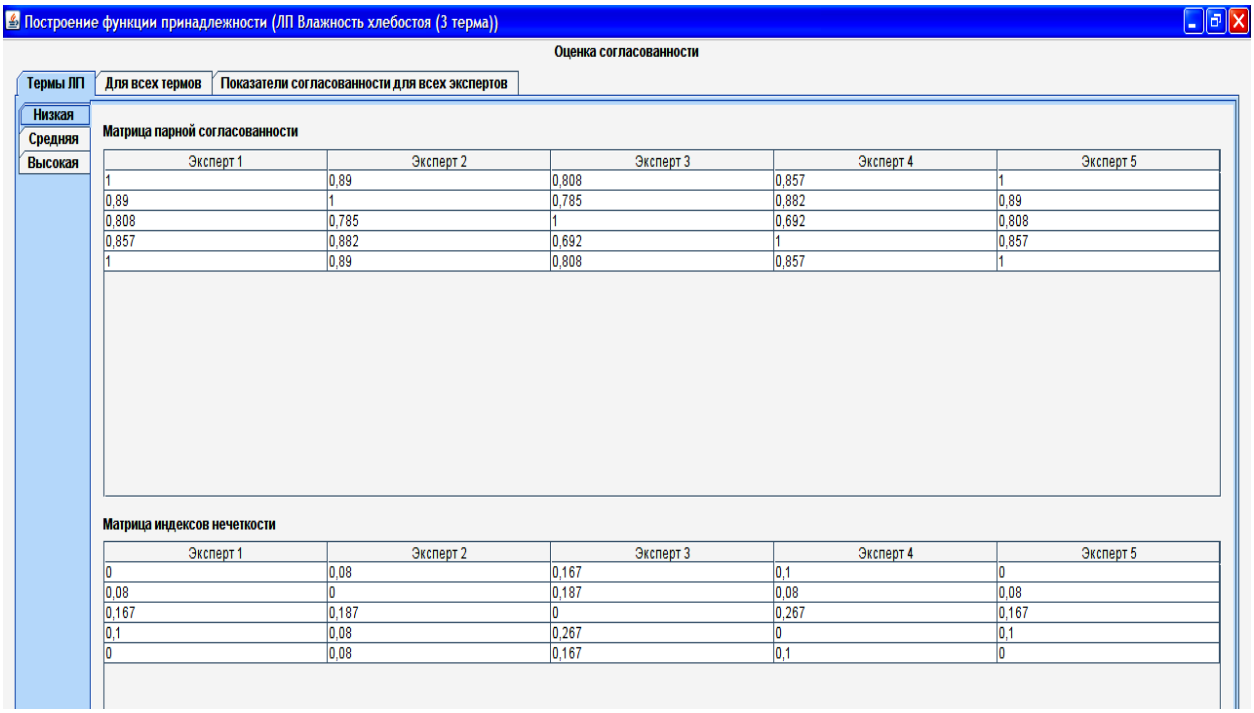
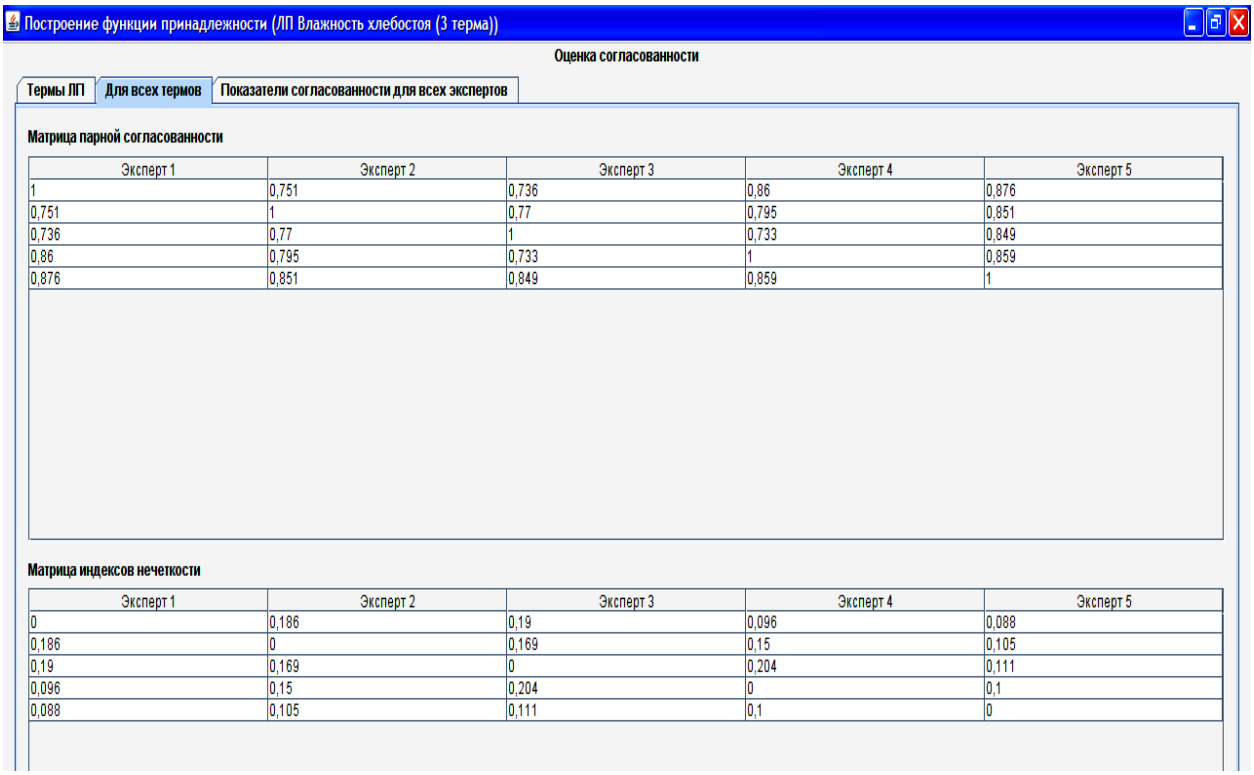


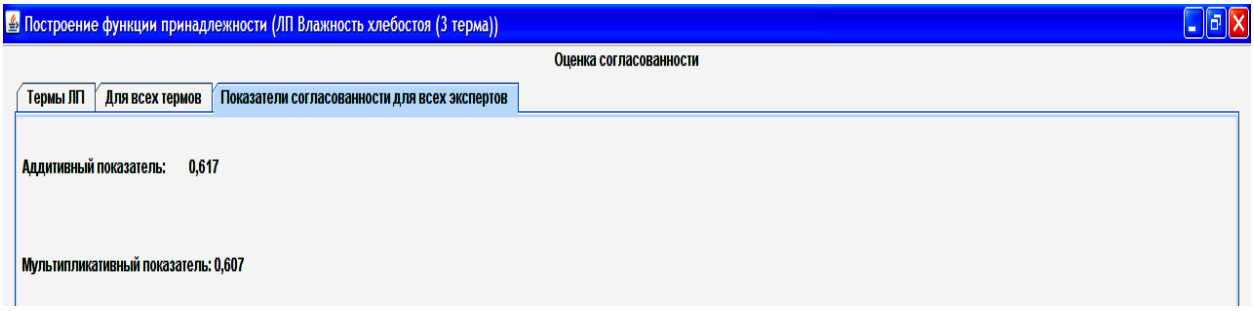
Рис. 8. Результат расчета матриц парной согласованности
и индексов нечёткости по каждому терму для всех экспертов



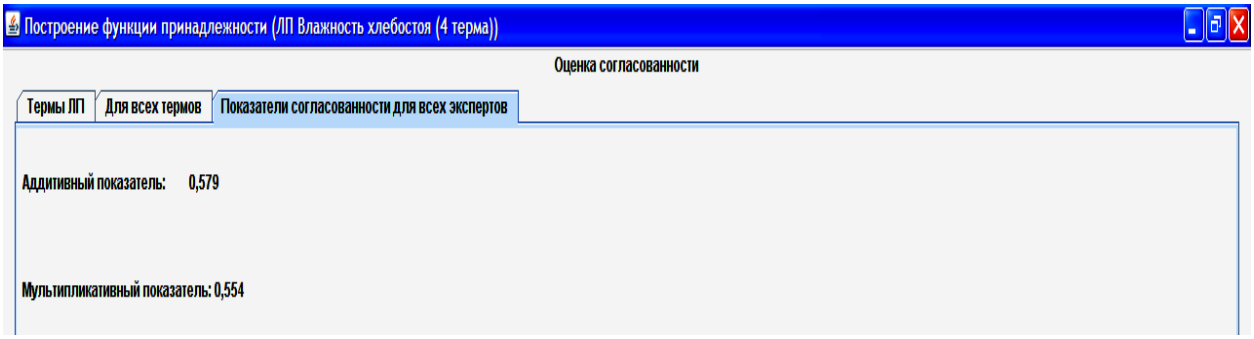
Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5
1	0,751	0,736	0,86	0,876
0,751	1	0,77	0,795	0,851
0,736	0,77	1	0,733	0,849
0,86	0,795	0,733	1	0,859
0,876	0,851	0,849	0,859	1

Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5
0	0,186	0,19	0,096	0,088
0,186	0	0,169	0,15	0,105
0,19	0,169	0	0,204	0,111
0,096	0,15	0,204	0	0,1
0,088	0,105	0,111	0,1	0

Рис. 9. Результат расчета матриц парной согласованности и индексов нечёткости для всех термов



а)



б)

Рис. 10. Окно вывода общих результатов расчетов:
а – для 3-термовой модели; *б* – для 4-термовой

Для каждого из термов вычисляются матрицы парной согласованности и индексов нечёткости. На рис.8 изображено окно вывода этих матриц для терма «низкая» лингвистической переменной «влажность хлебостоя». Затем, как среднее арифметическое соответствующих элементов матриц для каждого терма определяются матрицы парной согласованности и индексов нечёткости по всем термам (рис.9). После чего находятся аддитивный и мультипликативный показатели согласованности, позволяющие оценить согласованность модели в целом. На рис. 10 представлены показатели согласованности для 3- и 4-термовых моделей функций принадлежностей лингвистической переменной «влажность хлебостоя». Программа позволяет оперативно реагировать на некорректную информацию, поступающую от эксперта, и при необходимости удалять её, заменять оценками другого экспертом либо в целях объективности вводить ещё несколько новых экспертов.

Таким образом, разработанная подсистема рассматривается как средство создания и ведения базы знаний, реализующее все необходимые функции настройки системы на конкретную предметную область: заполнение, редактирование, доступ к информации, хранящейся в базе знаний.

Выводы. Разработана подсистема ввода экспертных знаний, которая представляет собой инструментальную программную среду, позволяющую в интерактивном режиме создавать необходимые конфигурации экспертных систем (подсистем ввода знаний) с различными наборами лингвистических переменных и различными методами построения функций принадлежностей, а также выполняет анализ пригодности экспертной информации для использования на этапах композиции и формирования логического вывода.

Библиографический список

1. Борисова Л.В. К вопросу построения нечеткой экспертной системы продукционного типа для технологической регулировки машин / Л.В. Борисова, В.П. Димитров, А.К. Тугенгольд // Вестн. Донск. гос. техн. ун-та. – 2008. – Т.8, №3(38) – С.278-287.

2. Димитров В.П. Особенности моделирования процесса принятия решений при технологической регулировке машин / В.П. Димитров, Л.В. Борисова // Мех. и электр. сельского хоз-ва. – 2009. – №4. – С.3-5.

3. Димитров В.П. Методика оценки согласованности моделей нечетких экспертных знаний / В.П. Димитров, Л.В. Борисова, И.Н. Нурутдинова // Вестн. Донск. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т.10, №2(45). – С.205-217.

Материал поступил в редакцию 20.12.10.

References

1. Borisova L.V. K voprosu postroeniya nechetkoi ekspertnoi sistemy produkcionnogo tipa dlya tehnologicheskoi regulirovki mashin / L.V. Borisova, V.P. Dimitrov, A.K. Tugengol'd // Vestn. Donsk. gos. tehn. un-ta. – 2008. – T.8, №3(38) – S.278-287. – In Russian.

2. Dimitrov V.P. Osobennosti modelirovaniya processa prinyatiya reshenii pri tehnologicheskoi regulirovke mashin / V.P. Dimitrov, L.V. Borisova // Meh. i elektr. sel'skogo hoz-va. – 2009. – №4. – S.3-5. – In Russian.

3. Dimitrov V.P. Metodika ocenki soglasovannosti modelei nechetkih ekspertnyh znanii / V.P. Dimitrov, L.V. Borisova, I.N. Nurutdinova // Vestn. Donsk. gos. tehn. un-ta. – 2010. – T.10, №2(45). – S.205-217. – In Russian.

V.P. DIMITROV, L.V. BORISOVA, I.N. NURUTDINOVA, E.V. BOGATYREVA

PROGRAM SYSTEM FOR EXPERT KNOWLEDGE INPUT

Functionability and structure of the expert system input unit for engineering and technological service of the complex machinery are considered. Program system interface is given.

Key words: *expert system, fuzzy knowledge, consistency index.*