

УДК 331.101.1 : 004.5 : 004.891

А.П. Собчак, С.Ю. Даншина, Е.В. Фурманова, И.В. Власенко

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

**ЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ ОТНОШЕНИЯ МЕЖДУ БАЗОЙ ДАННЫХ И БАЗОЙ ЗНАНИЙ  
ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ЭРГОНОМИКИ ИНТЕРФЕЙСА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПК***Исследованы правила условного логического вывода, работа с лингвистическими переменными, проведена реализация ЭС в оболочке «ExpertSys».**экспертные системы, продукционная модель представления знаний, база данных, база знаний, люди с ограниченными физическими возможностями***Постановка проблемы**

Компьютерные технологии и Интернет все сильнее вплетаются в жизнь человека. Немаловажную роль они играют в жизни каждого человека, независимо от физических возможностей. В настоящее время существует масса аппаратных и программных средств, обеспечивающих возможность работы людей с ограниченными физическими возможностями за ПК. В нашу эпоху глобальной компьютеризации и привлечения к информационным технологиям все большего количества людей это имеет немаловажную роль. Благодаря такому прогрессу каждый человек, в независимости от своих физических недостатков, имеет возможность себя реализовать. Что касается трудоустройства согласно со статьей 2 закона Украины от 15.06.2004 г. № 771-IV «О внесении изменений в закон Украины «Об основах социальной защищенности инвалидов в Украине» (Закон № 1771) часть первая статьи 20 Закона № 875 была дополнена предложением следующего содержания: «Для предприятий (объединений), учреждений и организаций независимо от формы собственности и хозяйствования, на которых работает от 8 до 15 лиц, размер штрафных санкций за рабочее место, не занятое инвалидом, определяется в размере половины средней годовой заработной платы на соответствующем предприятии (объединении), в соответствующем учреждении, организации» [1]. То есть в любой организации, численность которой больше 7 человек, по законодательству должно быть создано хотя бы одно рабочее место для человека с ограниченными физическими возможностями на каждые 7 человек. Но такой человек не сможет работать за компьютером с такой же комплектацией как и здоровый человек. Перед нами встает задача подбора необходимых специальных программных и аппаратных средств. Число таких средств растет и становится все сложнее определить набор программного обеспечения (ПО) и аппаратных средств, необходимых для полноценной работы человека с ограниченными физическими возможностями за ПК [2]. Проектируемая экспертная система (ЭС) решает эту проблему. Важнейшими вопросами при проектировании ЭС эргономики интерфейса пользователя ПК

являются вопросы представления базы данных и базы знаний в ЭС и их взаимодействие.

**Изложение основного материала**

Для представления знаний в ЭС эргономики интерфейса пользователя ПК была выбрана продукционная система представления знаний. Как известно, системы продукций – это набор правил, используемый как база знаний, поэтому его еще называют базой правил. Под продукцией понимают условное выражение вида [3 - 4]:

ЕСЛИ  $\langle X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n \rangle$  ТО  
 $\langle \{Y_1, D_1\}, \dots, \{Y_i, D_i\}, \dots, \{Y_m, D_m\} \rangle$ ,

где  $X_i, Y_i$  – логические выражения;  $D_i$  – фактор достоверности (0,1) или фактор уверенности (0,100).

В базе данных ЭС эргономики пользователя ПК представлены физические ограничения людей и их интенсивности (рис. 1), а в базе знаний – аппаратные и программные средства, предлагаемые разрешить проблемы, связанные с определенными физическими ограничениями (рис. 2), связь между ними проиллюстрирована на рис. 3. Элементы базы данных и их совокупности – являются предпосылками, а информация из базы знаний – следствием [4]. Исследование правил условного логического вывода охватывает три вида условных предложений [4, 5]:

R1: ЕСЛИ X есть A, ТО Y есть B;

R2: ЕСЛИ X есть A, ТО Y есть B ИНАЧЕ C;

R3: ЕСЛИ  $X_1$  есть A, и  $X_2$  есть A2 и ...  $X_n$  есть An, ТО Y есть B.

Концептуальной основой формализации правил условного логического вывода является правило отделения (modus ponens):

ЕСЛИ  $(\alpha \rightarrow \beta)$  истинно И  $\alpha$  истинно,

ТО  $\beta$  истинно, (1)

т.е. правила срабатывают, когда находятся факты, удовлетворяющие его левой части: если истинна посылка, то должно быть истинно и заключение. В свою очередь, методологической основой такой формализации являются композиционные правила. В нечеткой постановке задача логического вывода заключается в определении нечеткого множества следствия:

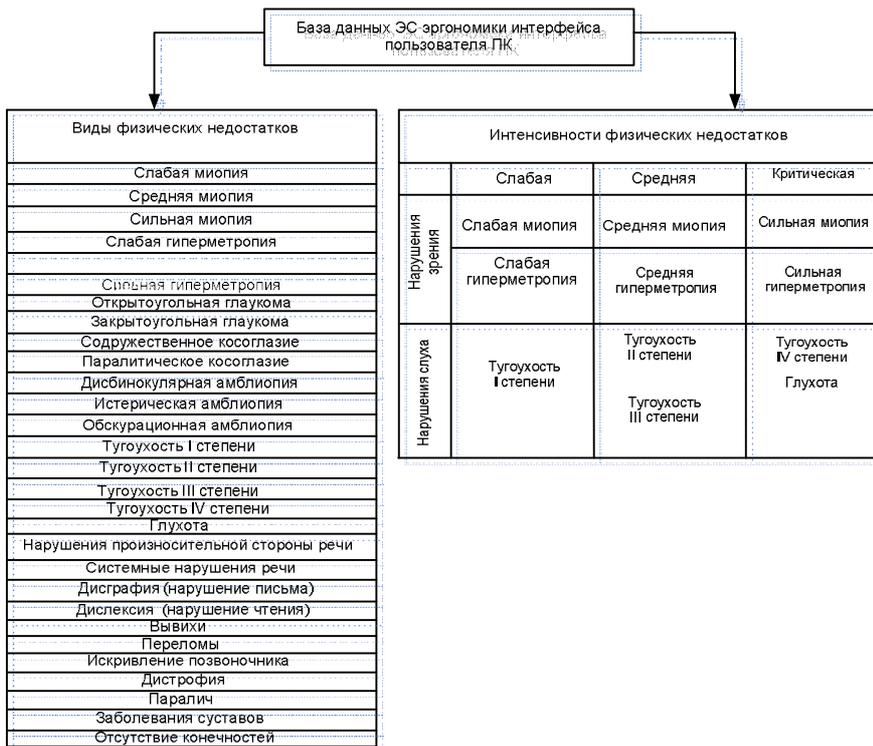


Рис. 1. База данных ЭС эргономики интерфейса пользователя ПК

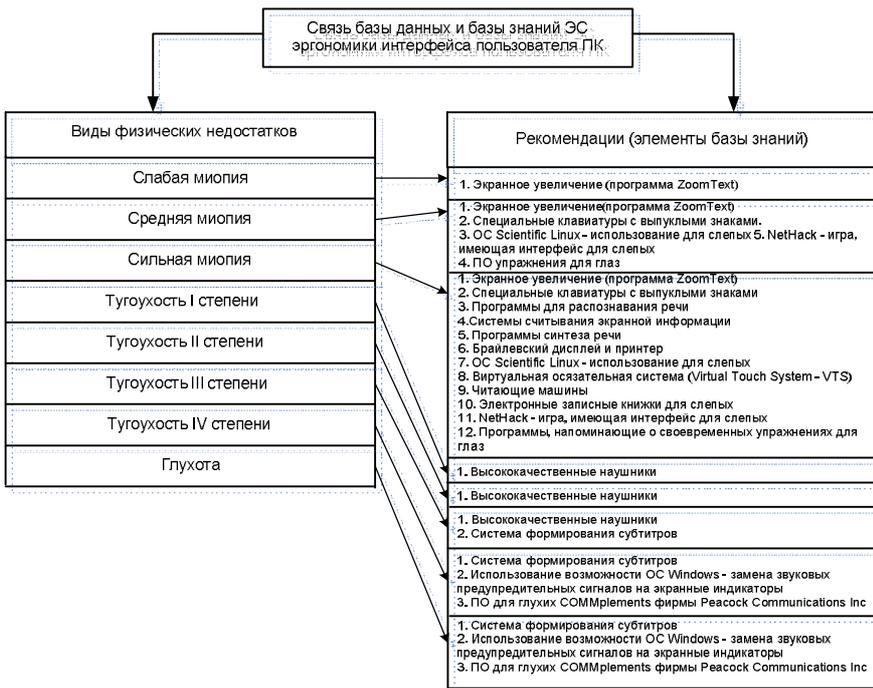


Рис. 2. База знаний ЭС эргономики интерфейса пользователя ПК

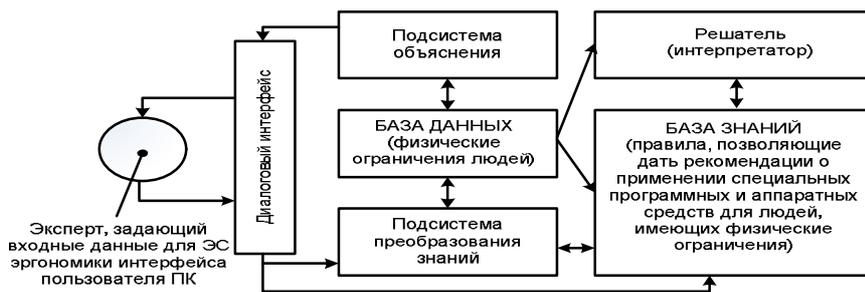


Рис. 3. Схема экспертной системы эргономики интерфейса пользователя ПК

Предпосылка 1: ЕСЛИ X есть A, ТО Y есть B,  
 Предпосылка 2: X есть A',  
 Следствие: Y есть B',  
 где A и A' – нечеткие множества в универсуме U; B – нечеткое множество в универсуме V, откуда B' является следствием, представленным как нечеткое множество в V.

Для получения логического следствия необходимо привести предпосылки 1 и 2 к бинарному нечеткому отношению вида R(A1(x), A2(y)) и унарному нечеткому отношению вида R(A1(x)) соответственно. Здесь A1(x) и A2(y) определяются переменными x и y, которые принимают значения из универсумов U и V соответственно. Тогда R(A1(x)) = A', а R(A1(x), A2(y)) определяются одним из правил [6]:

а) **максимальным** (Rm(A1(x), A2(y))), в результате которого  $(A \times B) \cup (\text{not}(A) \times V)$ , где  $\times$  – декартово произведение,  $\cup$  – объединение, not – инверсия;

б) **арифметическим** (R0(A1(x), A2(y))), результат которого равен  $(\text{not}(A) \times V) \circ (U \times B)$ , где  $\circ$  – предельная сумма;

в) **мини-функциональным** (RC(A1(x), A2(y))), в результате которого получаем  $A \times B$ .

Следовательно, логическое следствие R(A2(y)), равнозначное B', может быть получено таким образом:

$$R(A2(y)) = R(A1(x)) \circ R(A1(x) \cdot A2(y)),$$

где  $\circ$  – операция композиции на основании основных видов композиций нечетких отношений [6, 7].

Из анализа рисунков видно, что, в задачах, решаемых разрабатываемой ЭС в автоматизированном режиме, приходится пользоваться нечеткими знаниями, которые могут необходимо интерпретировать как полностью ложные или истинные.

Система предпосылка-следствие разработываемой ЭС имеет вид, представленный на рис. 4 [8]:

Предпосылка 1: ЕСЛИ «средняя миопия» И «тугоухость II степени» ТО «Рекомендуется»:

1. Экранное увеличение.
2. ОС Linux – использование для слепых.
3. NetHack – игра, имеющая интерфейс для слепых.
4. Программа, напоминающая о необходимости проведения комплекса упражнений для глаз.
5. Система формирования субтитров.
6. ПО для глухих COMMplements фирмы Peacock Communications Inc
7. Специальные клавиатуры с «выпуклыми знаками».

Рис. 4. Вид системы предпосылка-следствие

Для разработки ЭС, необходимы следующие виды вводной информации для корректной работы системы: переменные цели, начальные значения переменных, описание лингвистических типов, описание лингвистических переменных, правила, вводимые переменные, действия при нахождении цели. Согласно этого списка входной файл, поступающий в компоненте ввода знаний программы «ExpertSys», должен содержать такие разделы [7, 9]: раздел цели; раздел инициализации; раздел описания лингвистических типов; раздел описания лингвистических переменных; раздел правил; раздел ввода; раздел завершения.

Обязательные разделы включают в себя ключевые слова и содержат списки целей (переменных), которые нужно найти. Например, отрывок программы, реализующей работу ЭС эргономики интерфейса пользователя ПК, имеет вид, представленный на рис. 5 [9, 10].

Данные записи вводятся в компонент ввода знаний программы «ExpertSys» и компилируется. При успешной компиляции запускается файл ЭС [10].

Программный продукт имеет понятный графический интерфейс, позволяющий манипулировать входными данными.

Система строилась таким образом, чтобы человек в ручном режиме вводил в систему входные данные, и получал рекомендации на основе анализа этих данных.

Рассмотрим один из сценариев работы ЭС эргономики интерфейса пользователя ПК, а именно сценарий «сильная миопия». На рис. 6 показана экранная форма работы ЭС при выборе сценария рекомендаций. Пользователю предлагается выбрать определенный ответ.

Поскольку рассматриваемый сценарий «сильная миопия», то пользуясь выпадающим списком в нижней части окна, выберем "1" из предлагаемых вариантов ответа.

После ввода данных о физических ограничениях человека, разработанная ЭС в зависимости от сопоставления комбинаций дает рекомендации об использовании определенного набора аппаратных и программных средств, способных компенсировать заданные в виде входных данных физические ограничения.

```

GOAL: Diagnoz
INITIAL:
A=unknown
B=unknown
C=unknown

RULE: R1
IF: A=1
THEN: Diagnoz:="Рекомендуется экранное увеличение"

RULE: R2
IF: B=1
THEN: Diagnoz:="Рекомендуется:
1. Экранное увеличение
2. Специальные клавиатуры с выпуклыми знаками.
3. Linux – использование для слепых
4. KNOPPIX для слепых (англ.)
5. NetHack – игра, имеющая интерфейс для слепых
6. ПО упражнения для глаз"

RULE: R3
IF: C=1
THEN: Diagnoz:="Рекомендуется:
1. Экранное увеличение (программа ZoomText)
2. Специальные клавиатуры с выпуклыми знаками
3. Программы для распознавания речи
4. Системы считывания экранной информации
5. Программы синтеза речи
6. Брайлевский дисплей и принтер
7. ОС Scientific Linux – использование для слепых
8. Виртуальная осязательная система (Virtual Touch System – VTS)
9. Читающие машины
10. Электронные записные книжки для слепых
11. NetHack – игра, имеющая интерфейс для слепых
12. Программы, напоминающие о своевременных упражнениях для глаз"

VAR: A: SELECT_NUM
&:1
&:2
&:3
У человека слабая миопия?
1.ДА
2.НЕТ
3. ДА, НО ЭТО ЕЩЕ НЕ ВСЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ У ДАННОГО ЧЕЛОВЕКА

VAR: B: SELECT_NUM
&:1
&:2
&:3
У человека средняя миопия?
1.ДА
2.НЕТ
3. ДА, НО ЭТО ЕЩЕ НЕ ВСЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ У ДАННОГО ЧЕЛОВЕКА

VAR: C: SELECT_NUM
&:1
&:2
&:3
У человека сильная миопия?
1.ДА
2.НЕТ
3. ДА, НО ЭТО ЕЩЕ НЕ ВСЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ У ДАННОГО ЧЕЛОВЕКА

DO:
OUTPUT ({Diagnoz})

```

Рис. 5. Фрагмент программы

На рис. 7 представлена экранная форма, дающая рекомендации по использованию набора программных и аппаратных средств, компенсирующих физические ограничения, введенные выше.

## Выводы

Взаимодействие базы данных и базы знаний ЭС осуществляются посредством использования лингвистических переменных.

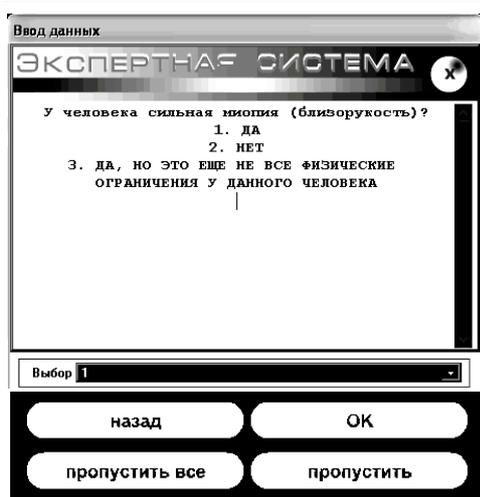


Рис. 6. Экранная форма ЭС эргономики интерфейса пользователя ПК



Рис. 7. Экранная форма ЭС, выдача рекомендаций по использованию набора программных и аппаратных средств

Переменным присваиваются словесные значения – физические ограничения людей. В ходе их комбинации ЭС генерирует различные рекомендации по использованию различного набора программных и аппаратных средств.

Концептуальной основой формализации правил условного логического вывода ЭС является правило *modus ponens*, представленное в виде выражения (1). Правила в ЭС срабатывают тогда, когда находятся факты, удовлетворяющие его левой части, т.е. если истинна посылка, то должно быть истинно и заключение.

Разработанная экспертная система эргономики интерфейса пользователя ПК позволяет осуществить специальный подбор аппаратных и программных средств, необходимых для полноценной работы человека с ограниченными физическими возможностями за ПК.

Представлена программная реализация логико-лингвистической иерархической продукционной модели ЭС на примере «сильная миопия» с помощью оболочки продукционной экспертной системы «Expertsys».

Программный продукт имеет понятный графический интерфейс, позволяющий манипулировать входными данными.

Система строилась таким образом, чтобы человек в ручном режиме вводил в систему входные данные, и получал рекомендации на основе анализа этих данных.

Количество аппаратных и программных средств для людей с ограниченными физическими возможностями растет, что требует постоянного пополнения базы данных и базы знаний ЭС.

### Список литературы

1. ISO 9241-11:1998 – Эргономические требования к учрежденческим работам с использованием видеотерми-

налов (VDT). Часть 11. Руководство по определению и измерению используемости, регистрация от 01.04.98, Код ОКС(МКС): 13.180; 35.180.

2. Собчак А.П., Гуржий Е.В. Экспертные системы эргономики интерфейса пользователя ПК // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2007. – № 34. – С. 184-188.

3. Попов Э.В. Особенности разработки и использования экспертных систем. Искусственный интеллект. – М.: Радио и связь, 1990. – 246 с.

4. Системы искусственного интеллекта – [http://www.mari.ru/mmlab/home/AI/7\\_8](http://www.mari.ru/mmlab/home/AI/7_8)

5. Разработка экспертных систем -Новосибирский Государственный технический университет, – <http://ermak.cs.nstu.ru/site/students/ai1>

6. Язык представления знаний в экспертных системах поддержки принятия решений в сложных проектах / С.Ю. Мелешенко, А.Р. Емад, М.Н.Х. Хилал, О.В. Яровая // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2003. – № 4. – С. 151-163.

7. Мелешенко С.Ю., Колесник Р.В., Бондарева Т.И. Информационные компьютерные технологии в производстве компьютерных аппаратов. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2005. – 50 с.

8. Применение методов искусственного интеллекта в задачах управления проектами / Н.М. Бабынин, В.Я. Жихарев, В.М. Илюшко, А.Ю. Соколов; Под редакцией А.Ю. Соколова. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2002. – 474 с.

9. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.А. Базы знаний интеллектуальных систем. – С.-Пб.: Питер, 2000. – 384 с.

10. Комп'ютерна програма «Оболонка продукційної експертної системи «ExpertSys» / А.Ю. Соколов, О.В. Касьян, С.Ю. Мелешенко, М.Я. Сафронов, О.В. Ярова; Свідцтво держ. реєстр. ПА № 4938. Зареєстровано в держ. Департаменті інтелект. власності Мін. освіти і науки України; реєстр. 24.10.2001 р.; Видано 14.12.2001; Опубл. в каталозі Держ. реєстр. – Вип. 5. – 2001. – С.88.

Поступила в редколлегию 4.01.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.