

БУРДАЄВ В. П.

**СИСТЕМИ НАВЧАННЯ З ЕЛЕМЕНТАМИ
ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

Монографія

Харків. Вид. ХНЕУ, 2009

УДК 004.08
ББК 32.813
Б 91

Рецензенти: докт. техн. наук, професор кафедри інформаційних керуючих систем Харківського національного університету радіоелектроніки *Авраменко В. П.*; докт. техн. наук, професор, зав. кафедри комп'ютерної математики й математичного моделювання Харківського національного технічного університету "ХПІ" *Любчик Л. М.*

**Рекомендовано до видання рішенням вченої ради
Харківського національного економічного університету.**

Протокол №9 від 24.02.09 р.

Бурдаєв В. П.

Системи навчання з елементами штучного інтелекту. Монографія –
Харків: Вид. ХНЕУ, 2009. – 400 с. (Укр. мов.)

Наведено приклади побудови баз знань (тексти правил і фреймів) у різних предметних областях з докладним поясненням їхнього створення.

Основний акцент спрямований на розвиток логічних умінь, практичних навичок, асоціативного мислення, розвиток креативності й позитивної мотивації до навчання студентів.

Наведено результати досліджень організації самостійної роботи студентів економічних спеціальностей, що вивчають комп'ютерні технології й методи їхньої інтелектуалізації. Методичні розробки автора використовуються в навчальному процесі Харківського національного економічного університету та є базисом таких навчальних дисциплін, як: "Системи штучного інтелекту", "Експертні системи в еколого-економічній діяльності", "Теорія розпізнавання образів і класифікація в системах штучного інтелекту", "Керування знаннями", "Інформатика й комп'ютерна техніка".

Рекомендовано для студентів, аспірантів та викладачів.

УДК 004.08
ББК 32.813

ISBN

© Бурдаєв В. П., 2009

Вступ

Упровадження нових комунікаційних і інтелектуальних технологій розширює доступ до освіти та змінює уявлення про кваліфікаційні характеристики, якими повинен володіти сучасний фахівець.

У даній монографії наведені результати досліджень організації самостійної роботи студентів економічних спеціальностей, що вивчають комп'ютерні технології й методи їхньої інтелектуалізації. Методичні розробки автора використовуються в навчальному процесі у Харківському національному економічному університеті та є базисом таких навчальних дисциплін, як: "Системи штучного інтелекту", "Експертні системи в еколого-економічній діяльності", "Теорія розпізнавання образів і класифікація в системах штучного інтелекту", "Керування знаннями", "Інформатика й комп'ютерна техніка".

Основними завданнями монографії є:

формування сучасних уявлень про принципи й методи штучного інтелекту;

надання можливості вивчити реалізацію моделей і методів побудови баз знань у комп'ютерній системі "КАРКАС".

У першому розділі розглядаються основні поняття й методи побудови експертних і експертних навчальних систем, та аналізується концепція побудови баз знань у системі "КАРКАС": методи подання знань і їхня обробка.

У другому розділі аналізується модель фреймо-продукційної бази знань при роботі із групою експертів. На конкретному прикладі та з усіма математичними викладеннями наводиться алгоритм упорядкування альтернативних гіпотез бази знань. Докладно розглядається методика розрахунку коефіцієнтів упевненості, як для фактів, так і для правил. Розкривається кластеризація знань у базі знань. Наведено тексти правил і фреймів.

У третьому розділі розглядається реалізація байєсовського методу й нейлоровського висновку в системі "КАРКАС" на прикладах. Наводиться метод реалізації бази знань у випадку великої кількості продукцій.

У четвертому розділі розглядаються різні моделі баз знань в еколого-економічній діяльності: вибір систем очищення води, ідентифікація надзвичайної ситуації, пошук джерел забруднення водних ресурсів, аналіз інтегральної оцінки навколишнього природного середовища регіону, підбір фільтра очищення повітря. Наводиться тексти правил, фреймів, питань, протоколи консультацій. Приклади подані у вигляді рисунків дерев цілей і логічних схем опитування користувачів.

У п'ятому розділі продані методи побудови інтелектуальної кластеризації на базі процедур системи "КАРКАС". Аналізується метод динамічних згущень для розмитої класифікації різнорідних даних. Розглядається модель бази знань для кластерного аналізу багатовимірних даних.

Шостий розділ присвячений мультиагентним технологіям у навчанні. Розглядається концепція адаптивного навчання, реалізована в системі "КАРКАС". Аналізується концепція клієнт-серверної експертної навчальної системи для мереж Інтернет та Інтранет. Наводиться модель багатокomпонентної системи для навчання студентів. Обговорюються можливості системи "КАРКАС" при тестуванні знань студентів, а також етапи підготовки навчального матеріалу для його використання в системі "КАРКАС". Розглянуто інтерфейс системи в режимах викладача, навчання, тестування.

У цей час є два основних напрямки розробки систем штучного інтелекту (ШІ) [36; 42 – 46]. Перший – це моделювання людського мозку за допомогою нейронних мереж, а другий – це обробка складної символічної інформації, що вимагає значних інтелектуальних зусиль.

Історія виникнення ШІ за кордоном цікаво викладена у книзі "Комп'ютер знаходить розум" [30]. В Україні ШІ зародився під керівництвом академіків В. М. Глушкова [23] та Н. М. Амосова [2] і його сучасний розвиток підтримується рядом науково-дослідних інститутів, таких, наприклад, як Державний університет інформатики і штучного інтелекту під керівництвом член-кореспондента НАНУ А. І. Шевченко [37]. Поява й розвиток ШІ в Росії пов'язані, відповідно, із семінаром "Автомати й мислення" під керівництвом академіка О. О. Ляпунова й

засновником Асоціації штучного інтелекту академіком Д. О. Поспєловим [33].

Один із головних напрямків ШІ – це розробка інтелектуальних систем. Він має на меті моделювання здатностей людини аналізувати, структурувати, витягувати й застосовувати знання в погано формалізованих предметних областях. Яскравим представником таких систем є експертні системи, які на поточному періоді розвитку ШІ виходять на передній план. Хоча Марвін Мінскі у книзі "Машина емоцій" [40] відзначає, що останнім часом у наукових розробках на тему ШІ значно знизився вплив альтернативних підходів, таких, як нейромережі й генетичні алгоритми.

Інтелектуалізація комп'ютерного навчання припускає використання методів і моделей подання знань на базі систем, заснованих на знаннях. Оскільки сучасним комп'ютерним системам навчання ще далеко до людського інтелекту, те коректно до них застосовувати термін майже інтелектуальні системи (MIS), так звані системи навчання з елементами штучного інтелекту. Крім того, варто враховувати обмеженість сучасних комп'ютерних навчальних систем у порівнянні із креативним викладачем.

Web-сервіси являють собою стандартне рішення можливості пересилання даних, об'єктів між безліччю комп'ютерів з різними операційними системами (клієнти, сервери додатків). Використання Web-сервісів при створенні майже інтелектуальних навчальних систем для дистанційного навчання є перспективною областю дослідження.

Сучасні вимоги, які пред'являються до комп'ютерних навчальних систем полягають у наступному:

- використання баз знань (БЗ);

- адаптація навчального контенту до конкретного того, якого навчають,;

- відповідність контенту міжнародним стандартам у мережі Інтернет.

Експертна система (ЕС) – це комп'ютерна система, що дозволяє на основі бази знань, складеної експертами з конкретної предметної області, за допомогою логічного виводу вирішити поставлене завдання. Основні компоненти ЕС: база знань; база фактів; редактор бази знань; машина логічного виводу; підсистема пояснення; інтерфейс користувача й інженера знань.

З погляду навчання, саме підсистема пояснення ЕС, що дозволяє виконати трасування логічного виводу, відповісти на питання користувача "як" і "чому", приваблива для індивідуального процесу оволодіння знаннями. Така підсистема розташовує до довіри виводам і аргументаціям ЕС. Використання ЕС дозволяє значно підсилити інтелектуальний потенціал людини в рішенні багатьох професійних проблем. Саме, компонента пояснення висуває ЕС на перший план по застосуванню рішення неформалізованих завдань, у порівнянні з технологіями нейронних мереж, які можуть вирішувати й краще аналогічні завдання, але інтерпретувати й пояснювати виводи не здатні.

Комп'ютерна система "КАРКАС" дозволяє, як розробляти прототипи ЕС, так і може бути використана для адаптованого тестування й навчання студентів по локальній мережі [6 – 20].

Програмна реалізація модуля навчання системи "КАРКАС" заснована на використанні клієнт-серверної технології на основі програмування сокетів. При цьому система реалізує клієнт-серверну взаємодію: "товстий клієнт" – "тонкий сервер", тобто серверна частина реалізує тільки доступ до ресурсів системи (ідентифікація студента, установлення зв'язку з ним і одержання оцінок тесту від нього), а основна частина додатка (машини висновку, пояснення, навчання, БЗ) перебуває на клієнті.

Більшість комерційних завдань фінансів і бізнесу вирішуються швидше й понятней для користувачів за допомогою дерев рішень, чим за допомогою процедур нейронних мереж.

Основне завдання системи "КАРКАС" – це надання можливості придбання студентом знань, умінь, навичок по розробці БЗ і створенню прототипів ЕС самостійно, а також для того, якого навчають, тестування.

Експертна навчальна система (ЕНС) – це комп'ютерна програма, побудована на основі знань експертів предметної області (кваліфікованих викладачів, методистів, психологів), що здійснює й контролює процес навчання. Призначення такої системи полягає в тому, що вона, з одного боку, допомагає викладачеві навчати й контролювати учня, а з іншого дає можливість учневі самостійно навчатися.

Основними компонентами ЕНС є: база знань; машина виводу; підсистема пояснення; модуль навчання; модуль тестування.

Компонент навчання це комплекс програмних модулів, що реалізують різні механізми висновку для досягнення педагогічної мети в навчанні. ЕНС на відміну від інших комп'ютерних засобів навчання володіють інтерактивністю мають діалог з тим, кого навчають, що дуже привабливо для останнього.

У системі "КАРКАС" режим тестування й навчання автоматично формує протокол проходження, як навчання, так і тестування. Такий протокол дозволяє аналізувати, налагоджувати процес навчання й тестування і є документом, що служить для дозволу різних розбіжностей між комп'ютерною системою й тестируючим. Крім того, відомо, що збіг відповідей на однакові питання не є доказом збігу способів міркувань. Тому ще одна можливість використання протоколу (це аналіз із його допомогою методів і способів використання наявних знань того, якого навчають, при рішенні завдань у процесі навчання. Така методика може бути використана для добування знань того, якого навчають, з метою визначення стратегії й тактики його подальшого навчання.

Недоліком ЕНС є неможливість автоматичного поповнення бази знань і обмежені методи організації діалогу з тим, яких навчають,.

Інтелектуальні системи, що самонавчаються (ЕС засновані на прецедентах) поповнюють БЗ виходячи з накопиченого досвіду. Такі системи засновані на методах кластеризації ситуацій з реальної практики, на методах індуктивного навчання, на пошуку рішень за аналогією з бази даних (ухвалення рішення на основі прецедентів).

У зв'язку з розвитком Web-технологій ЕНС мігрують у дистанційне навчання й підтримують парадигму мультиагентних систем, що базується на здатності таких систем до розвитку й спілкування відповідно до об'єктивних змін предметної області. Інакше кажучи, багатоагентні системи – це сукупність що самонавчаються, динамічних ЕС, які можуть функціонувати як колективно, так і окремо.

Мультиагентний підхід при створенні МІС ґрунтується на побудові системи як сукупності наступних агентів: контенту, учителя, учня, аналізатора контролю знань, агента пояснення, агента дошки оголошення (Blackboard), агента адаптивного навчання, агента адаптивного тестування. Таким чином, все керування навчальним

процесом здійснюється колективом агентів, що адаптується під конкретного учня й переслідує його мети навчання.

Основними компонентами агента є:

база знань;

логічний вивід;

інтерфейс повідомлень.

Програмний агент являє собою об'єкт, здатний аналізувати ситуацію, приймати рішення, спілкуватися з іншими агентами, інформувати колектив агентів про результати своїх дій.

Переваги використання МІС на основі Web-сервісів – це підвищення ефективності індивідуального навчання в Інтернеті (облік здатностей учня, темп засвоєння знань і навичок).

Основна концепція МІС базується на керування знаннями про онтологію й методи навчання контента з метою мотивації учня в його вивченні.

МІС – це конгломерат Web-сервісів і методів штучного інтелекту, педагогічних, дидактичних, психологічних, які спрямовані на моделювання поведінки людини в процесі навчання.

Агенти такої системи моделюють не тільки поведінку учня й учителі в процесі навчання, але забезпечують його інфраструктуру.

Програмна реалізація агентів системи основа на скриптах (Java, PHP, Python) орієнтованих на вилучене виконання додатків з використанням Web-сервісів.

Створення МІС допоможе інтелектуалізувати і індивідуалізувати процес навчання людини, і як наслідок, прискорити й поліпшити його.

У монографії основний акцент спрямований на розвиток логічних умінь, практичних навичок, асоціативного мислення, розвиток креативності й позитивної мотивації до навчання студентів.

Контент монографії має на меті індуктивне навчання – навчання на прикладах. Приклади баз знань (тексти правил і фреймів) призначені тільки для навчання й розуміння логіки міркувань при консультації в системі "КАРКАС". Бази знань не повинні використовуватися для комерційних або промислових цілей.

Розділ 1. Інтелектуальні навчальні системи

Інтелектуальна навчальна система – це конгломерат методів штучного інтелекту, педагогічних, дидактичних, психологічних, які спрямовані на моделювання поведінки людини у процесі навчання. Деякі аспекти побудови таких систем, як адаптивне навчання й тестування, інтерактивна підтримка у вирішенні завдань, розглянуті на прикладах їхньої реалізації у вигляді модулів системи "КАРКАС".

Огляд і класифікація інтелектуальних навчальних систем для Web-технологій розглянуті в роботі [39].

1.1. Експертні системи

Поняття інтелект з позицій комп'ютерних наук можна охарактеризувати такими властивостями. як уміння вирішувати складні завдання, здатність до навчання, узагальнень та аналогій, можливість взаємодії із зовнішнім світом шляхом спілкування, сприйняття й усвідомлення сприйнятого. Матеріальним носієм інтелекту є людський мозок.

З поняттям штучного інтелекту (ШІ) пов'язують надії на створення комп'ютера, що здатний мислити й суперничати з людським мозком і, можливо, перевершити його. Оскільки число нейронів мозку людини може досягати одного трильйона, то просто копіювати біологічну нейронну мережу немає сенсу. Тут потрібний інший підхід.

Інтелектуальні системи – системи, засновані на знаннях (СЗЗ), що вже впроваджуються й широко використовуються у практиці людської діяльності. Це досить добре відомі експертні системи, системи машинного перекладу, нейрокомп'ютери, роботи, ігри, що мають повне право називатися інтелектуальними. Хоча рівень розвитку цих систем не дозволяє пройти їм тест Алана Тьюрінга, сформульований у 1950 р.: комп'ютер можна вважати розумним, якщо він здатний змусити нас повірити, що ми маємо справу не з комп'ютером, а з людиною.

Відомі футурологи на базі сучасних галузей, що зароджуються, таких. як нанотехнології, біотехнології, глобальні інформаційні мережі

(Symantec Web), прогнозують, що до 2020 – 2030 років з'явиться штучний розум і комп'ютери перевершать своїх творців. Зокрема, вже до 2012 року професія програміста не знадобиться, оскільки програмне забезпечення будуть розробляти програмні агенти. Ці передумови вже можна відчутти в наш час. Ще 20 років тому багато додатків розроблялися професіоналами-одинаками, які могли створювати програмні продукти, що конкурували із фірмовими. У даний час програмне забезпечення розробляється великими фірмами. І спеціальність програміста стає не привабливою в тому розумінні, що робота програміста сприймається як робота в конвеєра. Якщо подібна тенденція збережеться, то створення штучного розуму відсунеться ще далі.

Учені, які закладали фундамент ШІ, не могли собі припустити, що сучасне зростання числа гігагерців і гігабайтів обумовить актуальність ігор, фільмів та інші способів людської розваги, але ніяк не нових можливостей творчості й творення людини.

У цей час є два основних напрямки розробки систем ШІ. Перший моделює роботу людського мозку й реалізується у створенні нейронних мереж – так званий сильний ШІ. Другий пов'язаний з досягненням гарного збігу результатів роботи природних і штучних інтелектуальних систем, при цьому не важливо, як це досягається, – так званий слабкий ШІ. Даний напрямок ґрунтується на реалізації міркувань, представлених у явному символічному вигляді.

Експертна система (ЕС) – це комп'ютерна система, що дозволяє на основі бази знань, складеної експертами з конкретної предметної області, за допомогою логічного висновку вирішити поставлене завдання. Перші ЕС були створені в 1980-х роках – це система "MYCIN" (діагностика бактеріальних інфекцій крові) і система "PROSPECTOR" (предметна область – геологія) [3; 5; 22; 25; 29].

Основні компоненти ЕС: база знань; база фактів; редактор бази знань; машина логічного висновку; підсистема пояснення; інтерфейс користувача й інженера знань (рис. 1.1).

Експерт – це висококваліфікований фахівець предметної області.

Інженер зі знань (когнітолог) – це висококваліфікований фахівець з ЕС, що здійснює добування знань із експерта й формалізує ці знання відповідно до концептуальної моделі предметної області.

Користувач – це фахівець предметної області.

База знань (БЗ) є сукупністю формалізованих знань про предметну область.

База фактів (БФ) становить дані про процеси і явища предметної області.

Редактор БЗ дозволяє вводити й коректувати формалізовані знання.

Машина логічного висновку являє собою код програми, що реалізує логічний висновок на основі знань БЗ.

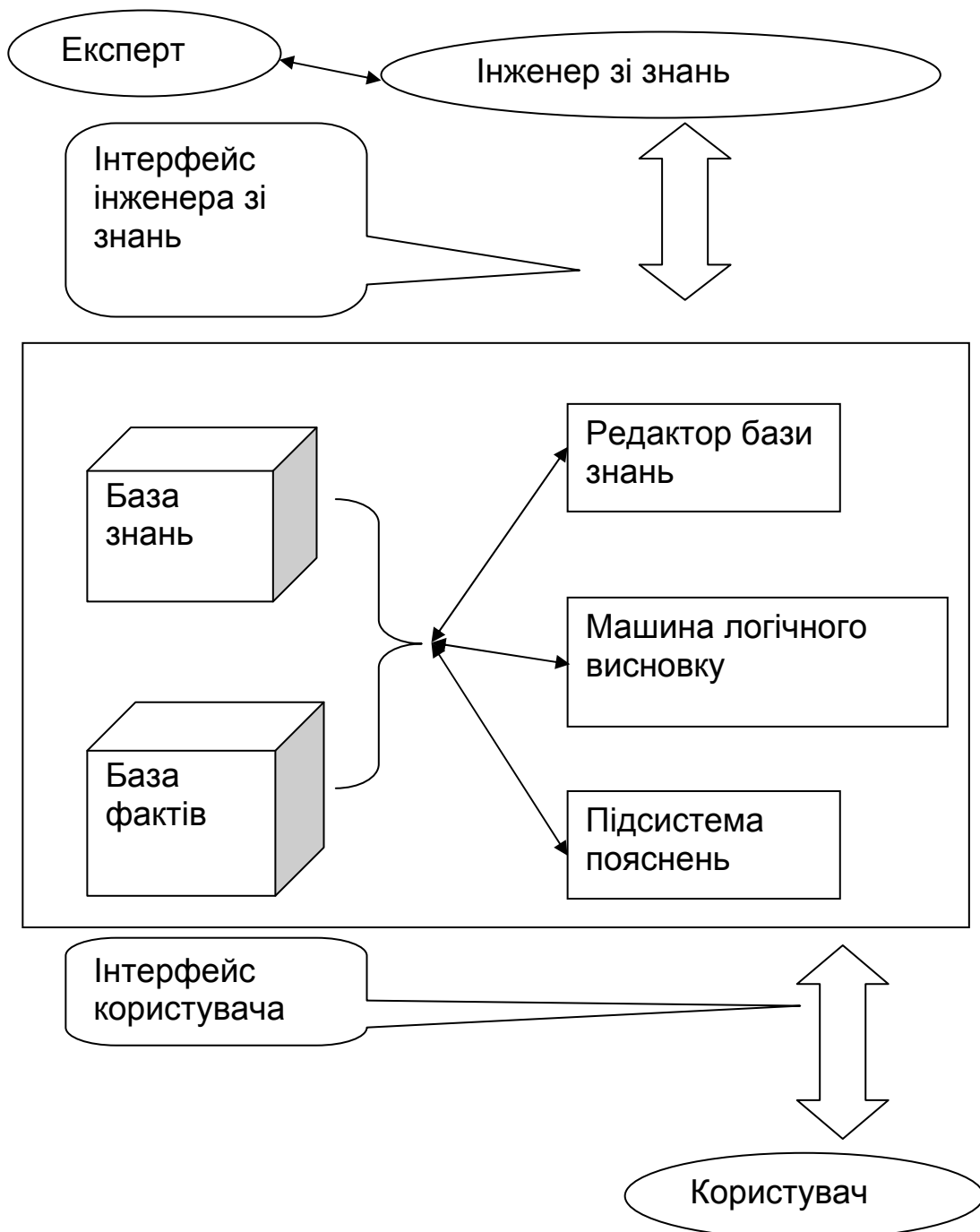


Рис. 1.1. Структура ЕС

Підсистема пояснень – це код програми, що дозволяє виконати трасування логічного висновку щодо застосування знань із БЗ.

ЕС створюється в результаті роботи експерта й інженера зі знань на базі інструментальних засобів систем ШІ. Найбільш популярними для побудови ЕС є оболонки для створення ЕС, тобто комп'ютерні системи, що містять ті ж компоненти, що й ЕС, але замість БЗ використовується тільки каркас БЗ, який варто заповнити знаннями відповідної предметної області. Перша така система одержала назву EMYCIN, де префікс E (empty) означає, що ЕС MYCIN має порожню БЗ. Такі системи пропонують дружній інтерфейс як експертові, інженерові зі знань, так і користувачеві для наповнення БЗ та проведення консультації. Вони дозволяють виконати налагодження й тестування БЗ, інакше кажучи, створити прототип ЕС. Комерційна версія ЕС припускає її сертифікацію та промислову експлуатацію.

Діапазон проблем, які можуть бути вирішені ЕС, великий. Основні класи завдань, що розв'язуються ЕС: діагностика, прогнозування, ідентифікація, керування, проектування й моніторинг. Предметні області, у яких ЕС досягли широкого застосування: медицина, комп'ютерна техніка, військова справа, економіка й геологія.

Використання ЕС дозволяє значно підсилити інтелектуальний потенціал людини й допомогти фахівцеві у вирішенні багатьох професійних проблем.

Прикладом оболонки для побудови ЕС є система "КАРКАС". За допомогою цієї системи можуть бути розроблені прототипи ЕС для будь-якої предметної області, в якій для вирішення завдання необхідно зробити вибір серед певного набору варіантів, а процес досягнення цього рішення заснований на логічних кроках.

Інструменти системи "КАРКАС" використовуються для створення ймовірнісних, заснованих на знаннях прототипів ЕС.

1.2. Експертні навчальні системи

Набуття знань є одним із найбільш ємних інтелектуально і слабо формалізованих процесів у навчанні. Тому з появою нових комп'ютерних

технологій і Інтернету форми та способи одержання знань у даний час істотно використовують концепції систем штучного інтелекту, заснованих на знаннях, наприклад, ЕС [4; 26; 39].

При оволодінні знаннями можна виділити кілька підходів:

традиційна модель "учитель – учень";

дистанційне навчання;

комп'ютерне навчання (електронні підручники, енциклопедії, експертні навчальні програми, програми, що тестують, гри).

Нагадаємо, що завданням будь-якої системи освіти є розвиток навичок самоосвіти.

Концепція дистанційного навчання (ДН), при якому ті, яких навчають, фізично не перебувають у навчальному закладі, застосовується досить давно. За останні кілька десятиліть у результаті розвитку мережних комп'ютерних технологій ДН одержало свій розвиток за допомогою Інтернет-технологій – так зване eLearning (електронне навчання).

Будь-яка система такого навчання припускає дві взаємозалежні частини: клієнтську (з боку того, якого навчають) і серверну (з боку вчителя).

Основу клієнтської частини становить звичайно інтерфейс Web-браузера, а серверна частина розташовується на Web-сайті вчителя, на якому й відбуваються всі дії процесу навчання:

реєстрація того, кого навчають;

надання різних форм навчання (вивчення лекцій, спеціальних навчальних посібників, можливість вибору мультимедійних курсів за інтересами, інтерактивні лабораторні роботи);

тестування (різні рівні перевірки знань);

формування звіту про процес навчання (статистика й аналіз даних про тих, кого навчають, які теми були розглянуті, скільки разів і т. д.) і тестуванні (відомості про досягнуті результати й оцінки);

взаємодія з учителем (тьютором).

Концепція електронного навчання підтримує безперервність освіти (продовжувати свою освіту протягом життя) і відкритість навчання (можна вибирати ВНЗ і дисципліни за інтересами).

Електронне навчання – модель більш гнучка, ніж традиційна "учитель – учень", і активізує прагнення учня до саморозвитку, самореалізації й творчої конкурентоспроможності. Воно дозволяє враховувати індивідуальні пізнавальні здібності тих, кого навчають.

Основна проблема електронного навчання полягає в тому, що важко мотивувати людей до самоосвіти. А переваги електронного навчання завжди видно за умови високошвидкісного Інтернету, що не кожна країна може собі це дозволити.

Засоби комп'ютерного навчання – електронні підручники, комп'ютерне тестування й контроль знань, новітні засоби мультимедіа, що дозволяють успішно використовувати в комп'ютерній мережі не стільки вилучений комп'ютер, скільки локальний.

У зв'язку із широким познанадженням використання комп'ютерів зростає роль комп'ютерного навчання, методика якого підвищує інтелектуальні здібності того, кого навчають, і самостійність ухвалення рішення. А такі якості найбільш затребувані в умовах конкурентоспроможної економіки та сприяють освітньо-професійному зростанню.

Сучасні засоби оперативного доступу до інформації з комп'ютерних мереж (супутникові канали зв'язку) додали якісно нові можливості електронному навчанню.

Спочатку в електронному навчанні широко використовувалася електронна пошта (E-mail) для передачі змісту дисциплін тому, кого навчають, і для зворотного зв'язку з учителем. Природно, в цьому випадку можна говорити про не досить намчений діалог між учителем і учнем. Далі з'явилися телеконференції (Newsgroups), які дозволили проводити електронне навчання за допомогою систем дошок оголошень (BBS). Телеконференції підрозділялися за темами і їх існувало кілька тисяч. Це були клуби за інтересами, де велися дискусії між людьми з всіх країн світу. Можна було поставити запитання за конкретною проблемою і зав'язати дискусію про способи знаходження відповідей, тобто відбувалося опосередковане навчання людей, що брали участь у дискусії. Телеконференції були першими провісниками відкриті освіти. У середині 1990-х років в Інтернеті з'явилася нова технологія (WWW –

всесвітня павутина Web-серверів), що надала ще більше можливостей для здійснення концепції відкриті освіти.

Відкрита освіта – система навчання, доступна будь-якому бажаючому й адаптована до інтересів учня.

В основі такої освіти лежить принцип відкритості, що стосовно вищої освіти означає:

відкритий вступ у вищий навчальний заклад;

відкрите планування навчання, тобто можливість скласти індивідуальну програму навчання шляхом вибору із системи дисциплін;

відсутність фіксованих строків навчання;

воля у виборі місця навчання.

Проведення принципу відкритості привело до значного вдосконалення технологій зберігання, переробки й передачі інформації.

У дистанційній освіти можна виділити три основні технології:

кейс-технологію, коли навчально-методичні матеріали збираються в єдиний комплект (кейс) і надаються тому, кого навчають, для самостійного вивчення;

TV-технологію (використання телевізійних лекцій (tvLectures));

мережну (клієнтко-серверну) технологію, засновану на використанні мережі Інтернет.

Усі три технології припускають використання навчальним закладом, на базі якого реалізується концепція відкритої освіти, для контролю й консультацій тих, кого навчають, тьюторів – сертифікованих фахівців.

У ХНЕУ розвинена кейс-технологія, що знайшла своє втілення в концепції філій. У цьому напрямку проведена й ведеться вілика робота з розробки навчально-методичних матеріалів (контента) для ДН. Результатом цієї роботи є фонд навчально-практичних рекомендацій, що сприяють безупинному просуванню студентів з першого по п'ятий курс з метою одержання вищої економічної освіти (кожний курс забезпечується навчальним посібником, програмою й методичними рекомендаціями до виконання лабораторних робіт). При розробці навчальних посібників ураховуються як потреби, інтереси студентів, так і вимоги стандартів вищої школи.

Використання TV-технології є досить проблематичним, оскільки час на телевізійних каналах коштує дуже дорого й до того ж відсутній елемент інтерактивності в навчанні.

Сучасний високошвидкісний доступ до Інтернету змінив мережну технологію, в навчанні з'явилася й розвивається нова форма відкритої освіти – віртуальні університети (eUniversity). У цій формі повністю реалізується концепція відкритої освіти.

Віртуальний університет – це програмно-телекомунікаційний комплекс, що забезпечує єдиними технологічними засобами ведення навчального процесу, його інформаційну підтримку та документацію в Інтернеті. Його Web-сайт розміщений на сервері провайдера й забезпечує повний набір сервісних служб і інформаційних ресурсів для ведення електронного навчального процесу. Основними компонентами віртуального університету є:

- електронний ректорат – адміністрування Web-сайта, розробка основних напрямків майбутніх технологій у навчанні;

- електронний деканат – реєстрація тих, кого навчають, проведення навчального процесу, обробка статистичних даних;

- електронна бібліотека – надання інформаційних ресурсів, доступ до електронних навчальних матеріалів;

- електронні кафедри – розробка навчальних дисциплін, контроль знань тих, кого навчають, проведення offline – консультацій.

Інакше кажучи, використовується принцип E (за аналогією з eCommerce та eGovernment). Додатково до цих компонентів можуть підключатися й інші модулі: телеконференції за інтересами і дисциплінами; форуми; круглі столи; дошки оголошень; чат-групи.

Можливі підключення й інших модулів для організації електронного навчання.

Віртуальний університет пропонує навчання за однією або декількома спеціальностями. Учні можуть познайомитися з розроблювачами, авторами, тьюторами навчальних курсів і в режимі offline проконсультуватися про можливості застосування майбутньої спеціальності.

Як приклад можна навести віртуальний університет (освітній портал) на базі Московського університету економіки, статистики й інформатики.

Проблема акредитації віртуального університету в основному вирішується тим навчальним закладом, на базі якого створюється віртуальний університет.

Якість освіти у віртуальному університеті набагато вища, ніж в очному, оскільки розміщені навчальні матеріали в Інтернеті доступні не тільки учням, але й колегам-опонентам.

У перспективі віртуальні університети можуть об'єднатися в мережу (консорціум), що забезпечить створення кіберпростору освітніх послуг, взаємозв'язок і наступність програм, здатних задовольнити студентів. Таким чином, створюється можливість:

- безперервного й багаторазового навчання;
- підвищення професійного рівня фахівців;
- постійного й професійного консалтингу.

На відміну від електронного навчання, заснованого на використанні Інтернет-технологій, комп'ютерне навчання ґрунтується на ефективному застосуванні локальної комп'ютерної техніки й припускає скорочення часу на навчання.

- Виділяють два напрямки комп'ютеризації навчання:
- застосування комп'ютера як засобу навчання;
- використання комп'ютера як об'єкта вивчення.

У другому напрямку основний акцент робиться на вмінні вирішувати завдання на комп'ютері та на грамотному використанні потужного й різноманітного програмного забезпечення. Далі розглядається тільки перший напрямок, ідеї якого виникли в 50-х роках ХХ ст. коли з'явилися перші обчислювальні машини.

Отже, засобами комп'ютерного навчання є (електронні підручники й енциклопедії, експертно-навчальні програми, комп'ютерні програми тестування й контролю знань, новітні засоби мультимедіа.

Електронні підручники й енциклопедії – комп'ютерні програми, що призначені для подання інформації і служать для індивідуального навчання.

- Елементи електронного підручника:
- використання гіпертекстового подання матеріалу;

мінімум текстової інформації й максимум ілюстративного матеріалу;

використання відео та аудіофрагментів.

Електронні підручники доцільно використовувати в комплексі з іншими навчальними програмами.

Розглянемо концепції побудови експертно-навчальних систем, які ґрунтуються на принципах побудови ЕС.

Експертна навчальна система (ЕНС) – це комп'ютерна програма, побудована на основі знань експертів предметної області (кваліфікованих викладачів, методистів, психологів), що здійснює й контролює процес навчання. Призначення такої системи полягає в тому, що вона, з одного боку, допомагає викладачеві навчати й контролювати учня, а з іншого дає можливість учневі самостійно навчатися.

Основними компонентами ЕНС є:

база знань;

машина висновку;

модуль здобування знань;

модуль навчання;

система пояснення;

модуль тестування.

Функціональна схема структури ЕНС продана на рис. 1.2.

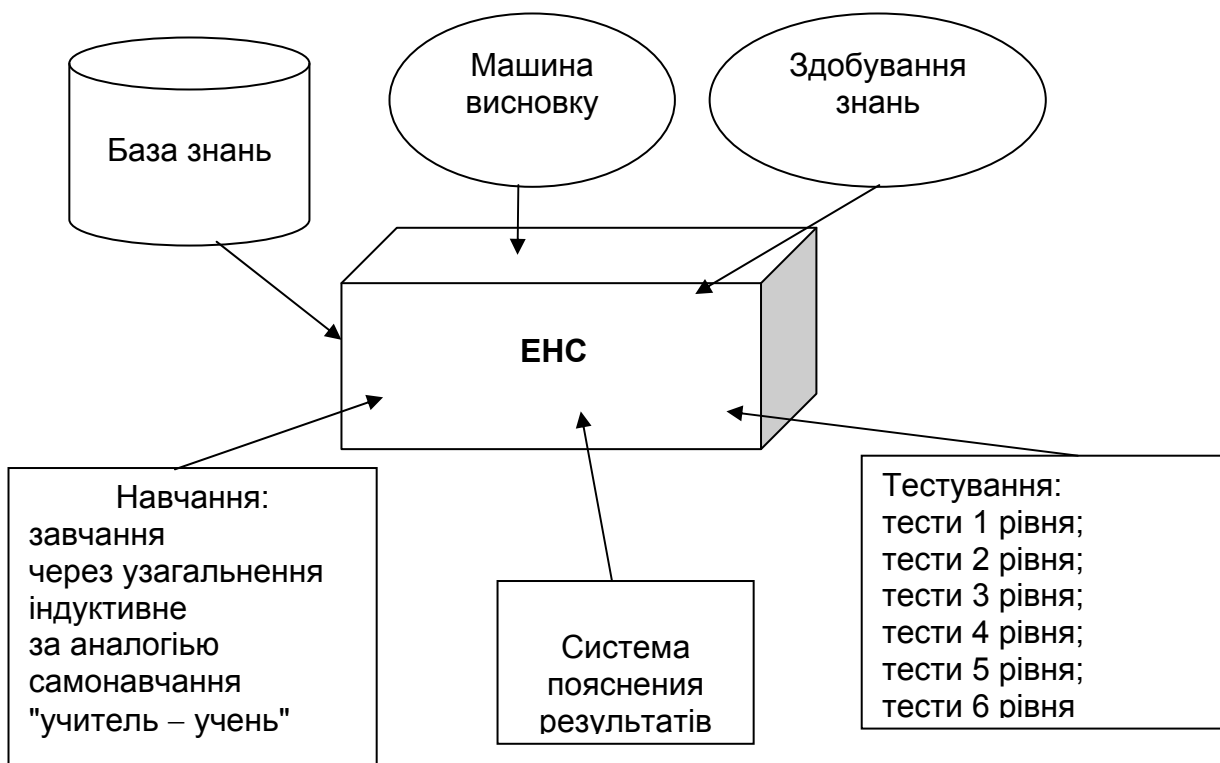


Рис. 1.2. Функціональна схема структури ЕНС

У цій схемі верхня частина ЕНС успадкована від ЕС, а нижня становить блоки, що забезпечують процес навчання й тестування.

База знань – це депозитарій модулів знань. Модуль знань – це формалізоване відображення об'єктів предметної області, їхніх взаємозв'язків, дій над об'єктами, за допомогою деякого методу подання знань (система продукції, фрейми, семантичні мережі, вирахування предикатів 1-го порядку).

Робота з базою знань припускає наступні стадії:

здобування знань із експертів;

формалізація знань;

доступ та обробка модулів знань.

У процесі навчання знання діляться на поверхневі та глибинні. Поверхневі (декларативні) знання – це знання, які можуть бути передані тому, кого навчають, у вигляді порції інформації (текстової, графічної, мультимедійної). Глибинні (процедурні) знання становлять знання, засновані на досвіді, інтуїції, які не можуть бути передані безпосередньо тому, кого навчають, а здобуваються ним у ході самостійної діяльності. Саме за обсягом глибинних знань можна відрізнити експерта від новачка.

Для передачі поверхневих знань широко використовують розвинену технологію гіпертексту – від традиційних програм зі створення допомоги (help) до сучасних інструментів створення й підтримки Web-сайтів (наприклад, Dreamweaver CS). Важче здобувати глибинні знання, адже для цього потрібно навчитися вирішувати практичні завдання. І якщо ЕНС у своїй архітектурі містить такі можливості, то вона підтримує парадигму відкритої освіти.

На відміну від ЕС для побудови бази знань ЕНС залучаються не тільки експерти-викладачі, але й використовуються знання про педагогічні прийоми, стратегії навчання та про психологічні особливості особистості. Тому модулі знань формуються багатьма експертами. І тут варто враховувати погодженість думок експертів і робити тонке настроювання бази знань, що враховує компетентність експертів. Звичайно, ці труднощі можна обійти, якщо є експерт, що поєднає у собі знання фахівця із предметної області, знання про тактику і стратегію навчання і який володіє психологічними прийомами навчання, тобто

високо кваліфікований викладач.

Компонент навчання це комплекс програмних модулів, що реалізують різні механізми висновку для досягнення педагогічної мети в навчанні. ЕНС на відміну від інших комп'ютерних засобів навчання володіють інтерактивністю мають діалог з тим, кого навчають, що дуже привабливо для останнього.

Побудова діалогу будується на основних психологічних принципах навчання:

- дружній інтерфейс;
- вихід з діалогу у будь-який момент;
- своєчасна й мотивована допомога.

Кожне запитання, що ставиться тому, кого навчають, необхідно ретельно продумати, при необхідності слід передбачити більш розгорнуте запитання з метою його кращого розуміння.

Для повного діалогу варто дати можливість тому, кого навчають, ставати запитання ЕНС, наприклад, у стилі пояснення, як це робиться в експертній системі:

- Як був отриманий факт знання ?
- Чому спрацювало правило висновку ?

Один з недоліків ЕС полягає в тому, що вона сама не може наповнювати й удосконалювати базу знань. З погляду навчання процес формування бази знань інженером зі знань нагадує завчання (механічне запам'ятовування). Людина має виняткову здатність навчатися на своєму досвіді (навчання через узагальнення). Тому дуже важливим є метод індуктивного навчання – навчання на прикладах. Відповідно до цього методу тому, кого навчають, подаються завдання для вирішення, які кластеризовані за своєю складністю. ЕНС, що використовує індуктивний метод, дозволяє на різних етапах вирішення завдання пропонувати різноманітну допомогу, наприклад, спочатку тому, кого навчають, даються прості завдання, які супроводжуються тільки рекомендаціями та вказівками. Далі, якщо буде потреба, можуть бути запропоновані повні рішення завдання. Складні завдання у процесі навчання підлягають декомпозиції й пропонуються для вирішення покомпонентно. Наприклад, при вирішенні завдань в інформатики виділяються наступні етапи:

математична постановка завдання;
розробка алгоритму;
кодування;
разрахунок – одержання результату.

Кожен з етапів забезпечується методичними вказівками й рекомендаціями. Метод індуктивного навчання використовується для формування знань на базі машинного навчання в що самонавчаються ЕС [25].

Важливий також метод навчання за аналогією – це набуття нових знань шляхом перетворення існуючих, схожих на ті, які збираються одержати. Використання аналогій дозволяє підключити асоціативність мислення, що сприяє кращому засвоєнню, запам'ятовуванню й розумінню матеріалу. Наприклад, тому, кого навчають, пропонується готове рішення деякого завдання. Потім формулюється інше завдання, що припускає використання аналогічного методу вирішення попереднього завдання. Крім того, без застосування вдалих аналогій неможливо вивчати абстрактні об'єкти, що, як правило, вимагають наочності. Як приклад можна навести навчання об'єктно-орієнтованому програмуванню: об'єкти, властивості, методи, події, класи, інкапсуляція, спадкування, поліморфізм. Для того щоб зрозуміти все це й одержати гарний стиль програмування, неможливо обійтися без наочних прикладів.

Зазначимо – що, крім навчання, методи аналогії використовують для здобування знань із експертів, а умовивід (логічний висновок) за аналогією є одним із джерел генерування гіпотез.

Перевага застосування ЕНС полягає в тому, що є можливість конструювати алгоритм навчання у вигляді ланцюжка міркувань із бази знань. Причому створення алгоритму навчання може відбуватися в умовах неповноти бази знань і використання нечіткої логіки.

Одним із важливих елементів у навчанні є контроль за засвоєнням знань, умінь і навичок. Для цього призначений компонент – тестування, що забезпечує зворотний зв'язок "учитель – учень". Серед ефективних методів оцінки освітніх досягнень тестування впевнено витісняє традиційні форми контролю знань.

При оцінці знань учня викладач ураховує як об'єктивні, так і суб'єктивні фактори (симпатії, антипатії) – на підсвідомому рівні. У випадку комп'ютерного тестування учень сприймає оцінку як об'єктивну, оскільки суб'єктивний фактор просто відсутній. Отже, в нього більше довіри до оцінки комп'ютерної програми, що виставляється. Крім того, режим тестування й навчання автоматично формує протокол проходження як навчання, так і тестування (6 рівнів тестування знань розглянуті в розділі 6). Такий протокол дозволяє аналізувати, налагоджувати процес навчання й тестування та є документом, що служить для вирішення різних розбіжностей між комп'ютерною системою і тим, хто тестує. Крім того, відомо, що збіг відповідей на однакові запитання не є доказом збігу способів міркувань. Тому ще одна можливість використання протоколу – це аналіз за його допомогою методів і способів застосування наявних знань того, кого навчають, при вирішенні завдань у процесі навчання. Така методика може бути використана для здобування знань того, кого навчають, з метою визначення стратегії й тактики його подальшого навчання.

Система пояснення результатів дуже важлива, оскільки вона підсилює довіру того, кого навчають, або того, хто тестує до системи. Як уже згадувалося вище, є два споконвічних запитання: чому і як. Наприклад, коли ЕНС ставить запитання, той, кого навчають, може поцікавитися, чому задане запитання, або якщо система виставила оцінку, то тому, кого навчають, хочеться одержати аргументовану відповідь щодо того, як система прийшла до такого рішення. Залежно від того, як система впорається з такими запитаннями, той, кого навчають, або погодиться з оцінкою, або не повірить наведеному поясненню.

Пояснення й аналіз помилок того, кого навчають (зворотний зв'язок "учитель – учень"), є складною проблемою комп'ютерного навчання. Одним із способів одержання пояснення – заздалегідь підготовлені пояснення. Інакше кажучи, прогноуються типові помилки на запитання й на рішення завдань, і у випадку їхнього виникнення під час процесу навчання подаються тому, кого навчають. Другий спосіб полягає в тому, що при аналізі відповідей з них виплидає пояснення, і за отриманими відповідями визначається знання тих, кого навчають, предмета вивчення. Інакше кажучи, будується база антизнань, що дозволяє за

допомогою машини висновку дати розгорнуте пояснення результатам навчання й тестування. Для цього використовують різні аналізатори, наприклад, репертуарні ґрати.

Недоліком існуючих ЕНС є обмежені методи організації діалогу з тим, кого навчають, а також нерозвинені системи пояснення ходу роботи системи.

Переваги ЕНС полягають у тому, що вони:

дозволяють на основі бази знань що, накопичується відображати досвід роботи експертів і вибирати кращі алгоритми навчання для подальшого використання;

накопичують статистичну інформацію за декількома параметрами (дисципліна, курс, тема) і дозволяють простежити успішність кожного учня в динаміці;

стимулюють в учнів творче мислення, підсилюють значущість їхньої самостійної роботи. Учень може сам оцінювати свій рівень засвоєння матеріалу і якість своєї підготовленості за певним розділом знань;

використовуються не тільки на локальному комп'ютері, але й на вилученому – через комп'ютерну мережу. Сеанс зв'язку з вилученим комп'ютером може здійснюватися за допомогою, наприклад, модемного зв'язку або Telnet-послуг Інтернету.

Перевагою традиційного навчання є те, що досвід і знання викладача дозволяють виділити у відповіді студента рівень знань, яким він володіє. Але недоліком при цьому є кількість часу, що витрачається на контроль знань.

Перевага комп'ютерних програм, що тестують, полягає в тому, що вони дозволяють працювати одночасно з великою кількістю тех., хто тестується, й миттєво повідомляти результати тестування. Недоліком таких систем є те, що процес тестування нагадує вгадування правильних відповідей. Наприклад, у випадку якщо варіанти відповідей дуже розрізняються один від одного, то правильні відповіді відшуковуються методом виключення свідомо неправильних відповідей. І навпаки, якщо варіанти відповідей взагалі не відрізняються один від одного, то вибір правильної відповіді стає проблематичним з погляду виставлення оцінки програмою. Інакше кажучи, виникає проблема, як оцінити рівень знань, що перебуває між хорошою й відмінною оцінками.

У цей час системи тестування, представлені в Інтернеті, в основному мають на меті опитування користувачів з метою сертифікації. Такі системи побудовані на простому підрахунку кількості правильних відповідей.

Системи тестування містять, як правило, такі компоненти:
вихідний матеріал у вигляді бази даних;
тренування;
контроль.

База даних містить список запитань, завдань, завдань, які пропонуються студентам при перевірці. Усі запитання повинні бути ретельно продумані й не містити двозначності у своєму змісті.

Режим тренування програми, що тестує, припускає можливість перегляду правильних відповідей на запитання й завдання.

Режим контролю призначений для визначення якості знань – виставляється оцінка. При контролі знань доцільно враховувати критерії якості засвоєння:

обсяг – загальна кількість правильних відповідей за всі матеріалом;
логіка – перевірка логічності відповіді (за допомогою додаткових запитань і завдань);

свідомість – здатність аналізувати закономірності.

Серед різних підходів до тестування найбільше поширення одержало адаптивне тестування.

Адаптивне тестування – це широкий клас методик тестування, що передбачають зміну послідовності подання завдань у самому процесі тестування з урахуванням відповідей того, хто тестується, на вже наведені завдання.

Бази знань адаптованого тестування саме припускають відійти від прямолінійного тестування й залежно від одержуваних відповідей того, хто тестується, визначити стратегію завдання наступного запитання так, щоб зацікавити його в одержанні об'єктивної оцінки.

Процес тестування становить керовану логічним висновком консультацію.

Для побудови тестів зручно є продукційно-фреймова модель подання знань, у якій кожне запитання з відповідями представляється у вигляді фрейму, запитання одного порядку складності поєднуються в

кластери. Використання спадкування дозволяє використовувати один раз уведену інформацію тим, хто тестується.

Для створення такої системи необхідно:

вибрати модель подання знань про навчальний матеріал, що розкриває задану тему;

розробити базу знань і засоби її наповнення;

розробити стратегію оцінки знань студентів.

Така спеціалізована система, що тестує, дозволяє здійснити аналіз знань того, хто навчається, визначити впорядковану сукупність відомих йому понять і обчислити загальну оцінку знань.

Для навчання й контролю знань студентів у процесі виконання ними курсових проектів, практичних занять і лабораторних робіт розроблена комп'ютерна система "КАРКАС", база знань якої містить правила прийняття рішень з тестування знань студентів за дисциплінами: "Інформатика й комп'ютерна техніка", "Системи штучного інтелекту" та ін.

Загальна структура комп'ютерної технології навчання й тестування в системі "КАРКАС" ґрунтується на деталізації та активізації знань і основні її модулі (адаптивна система навчання, "Монітор" викладача, адаптивна система тестування) аналізуються в розділі 6.

1.3. Мультиагентні системи

При побудові СЗЗ, використовуються знання, накопичені експертами у вигляді конкретних правил вирішення тих або інших завдань.

Серед СЗЗ можна виділити наступні:

системи з елементами інтелектуального інтерфейсу;

ЕС;

системи, що самонавчаються;

інтелектуальні мультиагентні системи.

До систем з елементами інтелектуального інтерфейсу можна віднести, наприклад, інтелектуальні бази даних та гіпертекстові системи.

ЕС – комп'ютерні програми, що приймають рішення на рівні експерта. ЕС застосовуються для вирішення неформалізованих проблем і слабоструктурованих завдань:

завдання не можуть бути подані у вигляді чіткого алгоритму;

вихідні дані й знання про предметну область характеризуються неоднозначністю, неточністю, суперечливістю.

ЕС є інструментом, що підсилює інтелектуальні здібності експерта, а розвинений компонент пояснення дозволяє використовувати їх для навчання і трансформує ЕС в експертну систему, що навчається.

ЕС можуть бути як статичними, так і динамічними. Статичні ЕС призначені для вирішення завдань з незмінними у процесі вирішення фактами й знаннями, а динамічні ЕС допускають такі зміни й ураховують фактор часу.

ЕС, як правило, використовують знання одного експерта, але у випадку декількох джерел знань база знань моделюється за допомогою консиліуму експертів (наприклад, БЗ з визначення ризику ІХС, розділ 2).

Одним з недоліків ЕС є те, що поповненням БЗ займається експерт або інженер зі знань (когнітолог).

Інтелектуальні системи, що самонавчаються, ґрунтуються на тому, що БЗ поповнюється з накопиченого досвіду системи. Такі системи засновані на методах кластеризації ситуацій з реальної практики, на методах індуктивного навчання (навчання на прикладах), на пошуку рішень за аналогією з бази даних (ухвалення рішення на основі прецедентів).

Парадигма інтелектуальних мультиагентних систем базується на здатності таких систем до розвитку й спілкування відповідно до об'єктивних змін предметної області [3; 22; 36].

Потреба в інтелектуальних мультиагентних системах виникає в тих випадках, коли підтримувані ними предметні області постійно розвиваються. Вони повинні задовольняти ряд специфічних вимог:

адекватно відображати знання предметної області в кожний момент часу;

бути придатними для легкої і швидкої реконструкції при зміні предметної області.

Концепція агентів, розроблена в рамках мультиагентних технологій і мультиагентних систем (МАС), припускає наявність активності, тобто здатності програми самостійно реагувати на зовнішні події й вибирати відповідні дії.

Сьогодні агентні технології пропонують різні типи агентів, моделі їхнього поведіння й властивості, сімейства архітектур і бібліотеки компонентів, орієнтовані на сучасні вимоги, такі, наприклад, як розподіленість, автономність [46].

Багатоагентні системи зародилися на перетині теорії систем і теорії СЗЗ.

З одного боку, мова йде про відкриті, активні системи, що розвиваються, в яких головна увага приділяється процесу взаємодії агентів як причині виникнення системи з новими якостями.

З іншого боку, багатоагентні системи можуть будуватися як об'єднання динамічних ЕС, що функціонують як колективно, так і окремо.

Визначальними в парадигмі побудови мультиагентних систем є факти та знання, які вказуютьна напрямок вирішення завдань.

Агент – це програмний модуль, що перебуває в деякому середовищі й виконує команди, які впливають на середовище.

Агенти класифікуються, наприклад, як локальні, мережні, мобільні, та інтерфейсні.

Інтелектуальний агент повинен мати наступні властивості:

автономність (здатність функціонувати без втручання з боку свого власника і здійснювати контроль за внутрішнім станом та своїми діями);

соціальне поведіння (можливість взаємодії й комунікації з іншими агентами);

реактивність (адекватне сприйняття середовища й відповідні реакції на його зміни);

активність (здатність генерувати цілі й діяти раціональним чином для їхнього досягнення);

базові знання (знання агента про себе, навколишнє середовище, включаючи інших агентів, які не змінюються в рамках життєвого циклу агента);

переконання (змінна частина базових знань, які можуть змінюватися в часі, хоча агент може про це не знати і продовжувати їх використовувати для своїх цілей);

цілі (сукупність станів, на досягнення яких спрямоване поточне поведження агента);

бажання (стани й/або ситуації, досягнення яких для агента важливе);

зобов'язання (завдання, які бере на себе агент на прохання й/або за дорученнями інших агентів);

наміри (те, що агент повинен робити з огляду на свої зобов'язання і бажання).

Агенти можуть працювати або як не інтерактивні особи, або як колектив. У першому випадку система дуже проста: агенти роблять те, про що їх просять (пасивні агенти). У другому випадку агентам необхідна їхня взаємодія (активні агенти).

Для побудови MAC необхідний інструментарій, що складається із двох компонентів:

засобів розробки;

оточення періоду виконання.

Перший компонент орієнтований на підтримку процесів аналізу предметної області, створюваної MAC, і проектування агентів із заданим поведженням. Другий – забезпечує ефективне середовище для виконання агентно-орієнтованих програм.

Процес обробки інформації агентом включає наступні основні кроки:

обробка нових повідомлень;

визначення того, які правила поведінки застосовуються в поточній ситуації;

виконання дій.

У рамках даної моделі правила поведінки фіксують безліч можливих відгуків агента на поточний стан середовища, що пропонується відповідними гіпотезами.

Правила поведінки агентів описуються продукцією, до якої додається ще компонент часу її застосування (час – антецедент – консеквент).

По суті справи МАС можна розглядати як сукупність взаємозалежних динамічних ЕС (агентів), що задовольняє різні інформаційні потреби користувачів.

Одним з факторів інтересу до МАС став розвиток мережі Інтернет. Для успішного функціонування в такому середовищі агенти повинні вирішити два основні завдання: вміти знаходити один одного та вміти взаємодіяти.

1.4. Подання знань в інтелектуальних системах

Дані (факти) – це інформація, що описує об'єкти, процеси та явища предметної області.

Знання – це сприйнята живою істотою інформація із зовнішнього світу. Знання залежить від особливостей життєвого досвіду суб'єкта – від процесу його навчання або самонавчання. Знання передаються між суб'єктами за допомогою мови подання знань (природна мова).

Сформулюємо наступні відмінності знань від даних:

у знаннях найбільше значення мають не елементи знань, а взаємозв'язки між ними;

знання містять інформацію про те, як їх використовувати.

Таким чином, знання становлять собою результат розумової діяльності людини, спрямованої на узагальнення її досвіду, отриманого в результаті практичної діяльності.

Для розміщення знань у СЗЗ користуються такими способами.

Перший спосіб полягає в тому, що знання містяться у вихідному код програми. У цьому випадку виникають труднощі їхнього модифікування й супроводу.

Другий спосіб використовує концепцію баз даних: знання подаються у певному форматі й містяться в БЗ. Такий спосіб був запропонований у перших ЕС і використовується в сучасних СЗЗ.

Знання можна розділити на декларативні і та процедурні.

Декларативні знання становлять описи фактів і явищ, фіксують наявність або відсутність таких фактів, а також включають описи основних зв'язків і закономірностей, у які ці факти та явища входять.

Процедурні знання – це описи дій, які можливі при маніпулюванні фактами та явищами для досягнення намічених цілей.

До типових моделей подання знань відносяться: логічна, продукційна, фреймова й семантична мережа.

Логічна модель заснована на системі вираховування предикатів першого порядку. Елементарним висловленням називається пропозиція, зміст якої можна виразити значеннями: істина (Т) або неправда (F). Семантика елементарного висловлення не має значення. Вони розглядаються як змінні логічного типу, над якими дозволені наступні операції:

- ¬ – Заперечення (унарна операція);
- & – Кон'юнкція (логічне множення);
- ∨ – Диз'юнкція (логічне додавання);
- – Імплікація;
- ↔ – Еквівалентність.

Логіка предикатів є розвитком алгебри логіки висловлень. У логіці предикатів факти позначаються n-арними логічними функціями — предикатами $F(X_1, X_2, \dots, X_n)$, де F — ім'я предиката й X_i — аргументи предиката.

Основними синтаксичними одиницями логіки предикатів є: константи, змінні, функції, предикати, квантори й логічні оператори.

Логічна модель висуває дуже високі вимоги до якості й повноти знань предметної області.

Продукційна модель представляє знання у вигляді сукупності правил типу "Якщо <умова> то <висновок>". Будь-яке правило, що втримується в БЗ, складається із двох частин: антецедента й консеквента. Антецедент становить умовну частину правила і складається з елементарних пропозицій, з'єднаних логічними зв'язуваннями "І" (кон'юнкція), "АБО" (диз'юнкція), "НЕ" (заперечення). Консеквент (висновок) включає одне або кілька пропозицій, які виражають або деякий факт, або вказівку на певну дію і, лягає виконанню (рис. 1.3).

Антецеденти й консеквенти правил формуються з пар: атрибут = значення. Будь-яке правило складається з однієї або декількох таких пар.

У першій ЕС MYCIN знання описувалися за допомогою триплетів "об'єкт – атрибут – значення". Однією з переваг такого подання знань є уточнення контексту, в якому застосовуються правила. Із введенням триплетів правила із БЗ можуть спрацьовувати більше одного разу у процесі одного логічного висновку, оскільки одне правило може використовуватися до різних екземплярів об'єкта.

Основні переваги продукційних систем пов'язані з наочністю подання знань, модульністю правил (розбивка їх на кластери), легкістю модифікування правил.

До недоліків систем продукції можна віднести наступні: неясність взаємних відносин правил, складність оцінки цілісного образу знань.

При розробці невеликих систем (десятки правил) проявляються в основному позитивні сторони систем продукції, однак при збільшенні обсягу правил помітні недоліки.

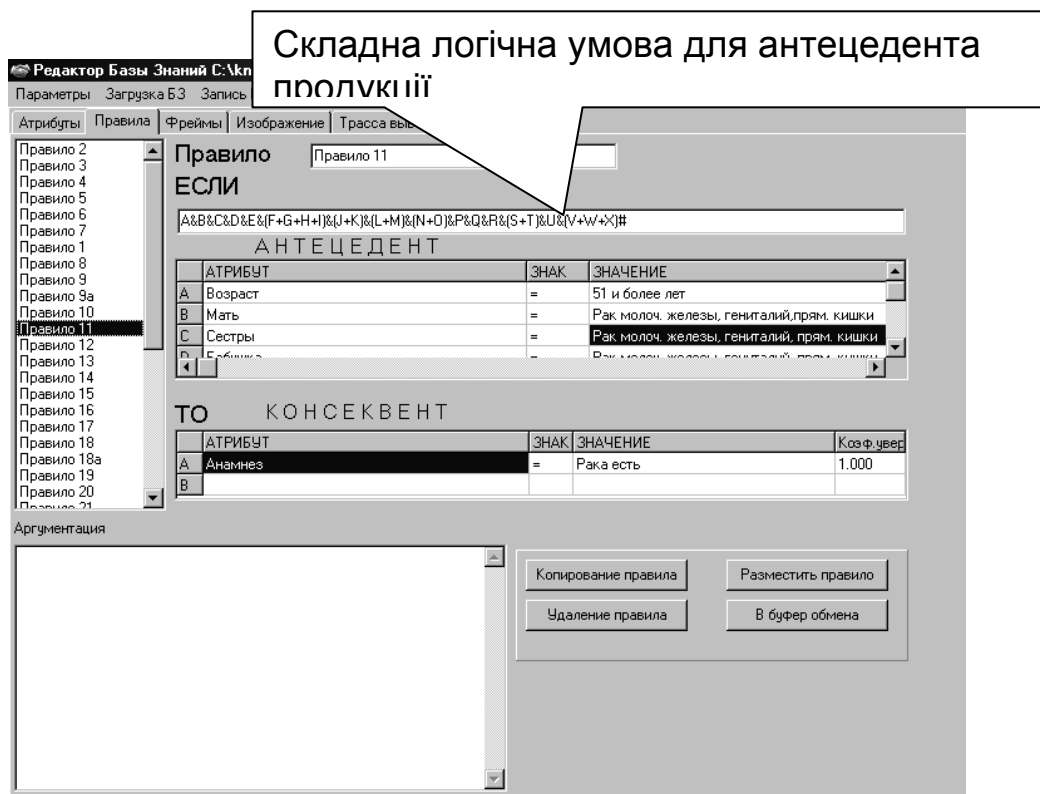


Рис. 1.3. Вид правила в редакторі системи "КАРКАС"

Фреймова модель подання знань заснована на теорії фреймів М. Мінські, що становить систематизовану модель пам'яті людини і її свідомості [40].

Фрейм має ім'я, що служить для ідентифікації описуваного ним поняття і містить ряд описів – слотів, за допомогою яких визначаються основні структурні елементи цього поняття.

Слот може містити не тільки конкретне значення, але й ім'я процедури, що дозволяє обчислити це значення за заданим алгоритмам.

Фрейм – це сукупність слотів, кількість яких може бути довільною.

Сукупність знань предметної області може бути представлена безліччю взаємозалежних фреймів, що утворюють єдину фреймову систему, в якій поєднуються декларативні й процедурні знання. Така система має ієрархічну структуру.

Структура фрейму містить наступні атрибути:

ім'я фрейму;

ім'я слота;

показники спадкування. Вони показують, яку інформацію про атрибути слотів із фрейму верхнього рівня успадковують слоти з аналогічними іменами в даному фреймі;

демони. Демоном називається процедура, що запускається автоматично при виконанні деякої умови. Демони автоматично запускаються при звертанні до відповідного слота.

У конкретних системах показники спадкування можуть бути організовані різними способами й мати різні позначення. У системі "КАРКАС" символ "н" означає, що значення слота успадковується (рис. 1.3).

З позицій об'єктно-орієнтованого програмування фрейм можна розглядати як клас, тоді екземпляр фрейму – це об'єкт, приєднана процедура – метод.

Отже, фрейм-поняття – відношення або дія об'єктів, фрейм-екземпляр – конкретний приклад відносин або дії об'єктів.

Слоти – об'єкти або інші фрейми.

З кожним слотом може бути пов'язана така інформація: умова на заповнення (тип, за замовчуванням, зв'язок з іншими слотами),

асоційовані процедури (дії, виконувані, наприклад, при заповненні цього слота).

Основні операції над фреймами:

пошук фрейму або слота;

заміна значення слота (спадкування).+

Приклади фреймів БЗ із систем "КАРКАС" подані на рис. 1.4 і 1.5.

Переваги фреймів:

знання добре структуровані;

структура зрозуміла людині.

Недоліки фреймів:

при великій кількості фреймів довго виконуються всі операції;

при великій кількості фреймів знання важко доступні для огляду.

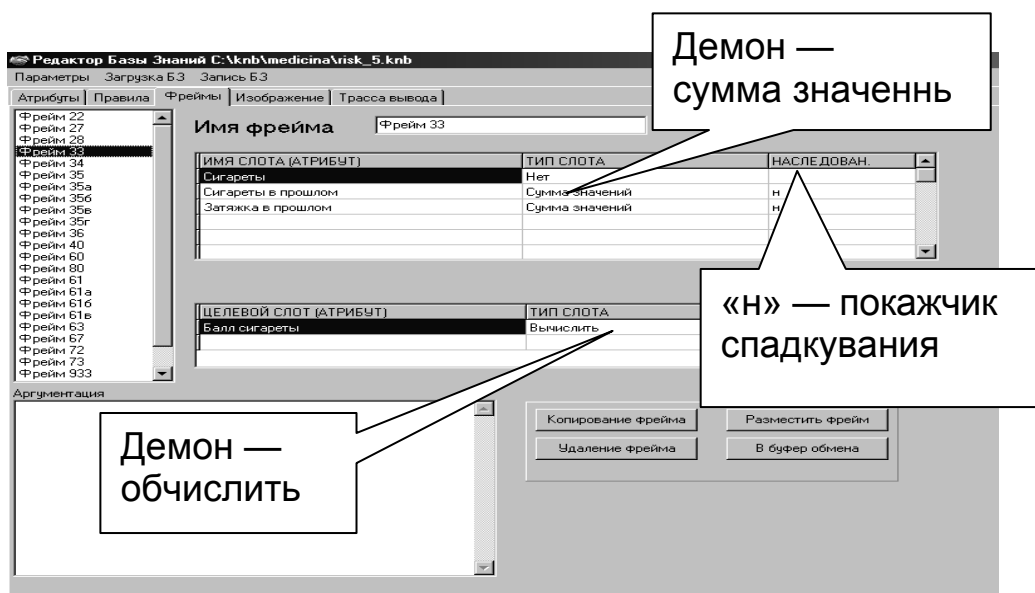


Рис. 1.4. Демони фрейму: обчислити

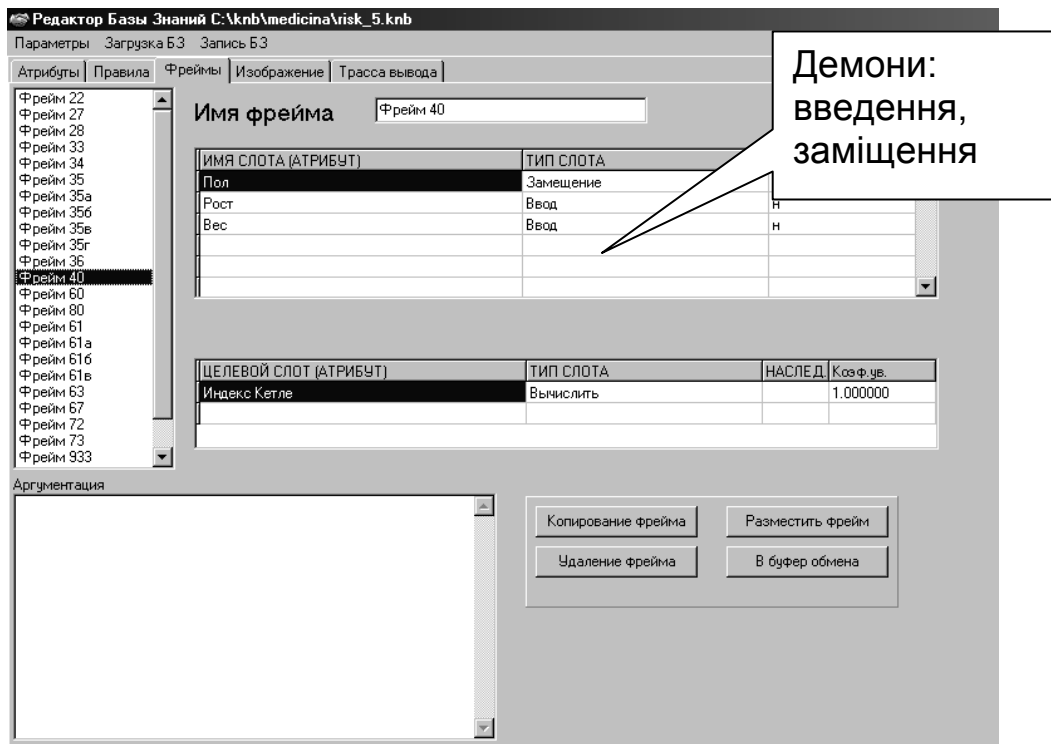


Рис. 1.5. Демоны фрейму: введена, замена

Модель семантической сети – це система знань предметної області, що має певний зміст у вигляді цілісного образу мережі, вузли якої відповідають поняттям і об'єктам, а дуги – відносинам між об'єктами. При побудові семантичної мережі відсутні обмеження на кількість зв'язків і на складність мережі.

У семантичних мережах, так само як і при фреймовому поданні знань, декларативні та процедурні знання не розділені, отже, БЗ не відділена від механізму висновку. Процедура логічного висновку звичайно становить сукупність процедур обробки мережі.

1.4. Методи пошуку рішень у просторі станів

Простір станів – це граф, вершини якого відповідають ситуаціям, що зустрічаються в завданні, а вирішення завдання зводиться до пошуку шляхів на цьому графі.

Простір станів завдання визначає вершини, які відповідають ситуаціям і дуги – дозволені ходи або дії, або кроки вирішення завдання. Завдання визначається:

- простором станів;
- початковою вершиною;
- цільовою вершиною.

Наприклад, в оптимізаційних завданнях кожній дозволений дії можна приписати її вартість. Послідовність вершин від початкової вершини до цільової – є рішенням завдання. Потрібно знайти найкоротше рішення, тобто мінімальну суму вартості рішення.

Завдання пошуку рішення на графі використовують одну зі стратегій перебору альтернатив у просторі станів:

"пошук у глибину" здійснюється вибором найдальшої вершини від початкової вершини;

"пошук завширшки" – вибором найближчої вершини від початкової вершини;

"евристичний пошук" – вибором вершини на основі знань експертів;

"випадковий пошук" – послідовність вершин формується за допомогою датчика випадкових чисел;

"повний перебір" здійснюється побудовою всіх можливих не повторюваних послідовностей вершин;

"градієнтний метод" – заснований на спробі досягти головного оптимуму через послідовність локальних оптимумів.

Для деяких завдань більш природним рішенням є поділ завдання на підзадачі. Поділ на підзадачі дає перевагу в тому випадку, коли вони взаємно незалежні й, отже, вирішувати їх можна незалежно одна від одної.

Граф "I/АБО" – це спрямований граф, вершини якого відповідають завданню, а дуги – відносинам між підзадачами.

Між дугами також існують свої відносини – це відносини "I" і "АБО" залежно від того, чи можна вирішити тільки одну з підзадач або декілька з них.

В іграх, де число вершин простору станів досить велике (число можливих варіантів у шаховій грі становить 10^{120}), спочатку за допомогою евристичного методу відбирають сукупність можливих варіантів рішення, а потім за допомогою методу перебору знаходять оптимальне рішення.

1.5. Концепція подань знань у системі "КАРКАС"

Будь-яка ЕС продукційного типу повинна містити три основні компоненти: БЗ, БФ і машину висновку.

БЗ – формалізовані за допомогою правил продукцій знання про предметну область.

БФ – безліч фактів, що описують поточну ситуацію. Уміст БФ у процесі консультації з ЕС звичайно збільшується в обсязі в міру застосування правил.

Машина висновку виконує дві основні функції:

перегляд існуючих фактів і правил, а також додавання в БФ нових фактів;

визначення порядку перегляду й застосування правил. Порядок може бути прямим або зворотним.

Прямий порядок – від фактів до гіпотез. В ЕС із прямими висновками за відомими фактами відшукується висновок, що випливає із цих фактів. Якщо такий висновок вдається знайти, він заноситься в БФ. Прямі висновки часто застосовуються в системах діагностики, їх називають висновками, керованими даними.

Зворотний порядок висновку – від гіпотез до фактів. У системах зі зворотним висновком спочатку висувається деяка гіпотеза про кінцеве судження, а потім машина висновку намагається знайти факти, які могли б підтвердити або спростувати висунуту гіпотезу. Процес відшукування необхідних фактів може включати досить велику кількість кроків, при цьому можливе висування нових гіпотез (цілей). Зворотні висновки управляються цілями.

Машина висновку визначає порядок застосування правил, а також установлює, чи є ще факти, які можуть бути змінені у випадку продовження роботи (при немонотонному висновку). У циклі машини висновку виконуються наступні кроки:

зіставлення (уніфікація) – антецедент правила порівнюється з фактами із БФ;

дозвіл конфліктного набору – вибір одного з декількох правил у тому випадку, якщо їх можна застосовувати одночасно;

спрацьовування правила – у випадку збігу антецедента правила з фактами, відбувається спрацьовування правила, тобто воно позначається як використане;

дія – додавання консеквента правила, що спрацювало, у БФ, тобто формування нового факту. Якщо машина висновку аналізує фрейм, у якому значення слотів відповідають фактам, то вона запускає на виконання керуючий слот фрейму (наприклад, процедури обчислення).

Вихід із циклу машина висновку здійснює декількома способами, наприклад:

вибірка всіх правил із БЗ;

використання метаправил, тобто правил, які управляють іншими правилами (приклади таких метаправил наведені в розділі 2).

Отже, ЕС не має у своєму розпорядженні готового рішення у просторі станів, а знаходить у процесі логічного висновку на основі даних, одержуваних від користувача.

За допомогою системи "КАРКАС" розроблений ряд прототипів ЕС у таких предметних областях: медицина, економіка, мобільний зв'язок і кластерний аналіз багатовимірних даних.

В області медицини існують наступні прототипи ЕС:

система "РІБС" [19] – призначена для визначення ризику виникнення ішемічної хвороби серця (ІХС) у практично здорової людини. Актуальність її розробки пояснюється тим, що в цей час у медицині чітко виражений процес переходу до концепції профілактики ІХС, тобто до концепції про фактори ризику, пов'язаних зі стилем життя конкретного пацієнта. Розуміючи важливість даної концепції, більшість лікарів мало займається профілактикою ІХС у повсякденній роботі. Однією із причин цього є відсутність чіткої системи виявлення факторів ризику ІХС, покликаної допомогти лікареві діагностувати й оцінювати ризик розвитку даного захворювання. Мета системи – розпізнати наявність факторів ризику ІХС з акцентом на індивідуальний спосіб життя пацієнта, використовуючи знання експертів. До особливостей системи можна віднести те, що за її допомогою в пацієнта діагностуються: тип коронарного поведження; ступінь соціально-психологічної підтримки; рівень фізичної активності; ступінь адекватності відпочинку;

система "ІНФАРКТ" [6] – допомагає лікарям діагностувати інфарктних хворих, оцінювати їхній стан і давати прогноз розвитку наступних ускладнень при інфаркті міокарда: фібриляції; гострої лівошлуночкової недостатності; хронічної серцевої недостатності; аритмії; тромбоемболії; розриву міокарда; повторного інфаркту. Система висуває дві гіпотези: ускладнений та гладкий (без ускладнень) плин інфаркту міокарда у хворого. Потім у процесі консультації з лікарем вона обчислює шанси цих гіпотез на основі симптомів хворого і його анамнезу. Якщо приймається перша гіпотеза, то починається аналіз обчисленої апостеріорної ймовірності, що є основою для діагностування ступеня розвитку відповідного ускладнення інфаркту. Логічний висновок опирається на байєсовський метод ухвалення рішення;

система "ГЕПАТИТ" – призначена для діагностики гострих і хронічних захворювань печінки. Система дає можливість: розпізнати причину захворювання печінки й по можливості шляхом її усунення одержати терапевтичний ефект; цілеспрямовано включити медикаментозні засоби для лікування захворювань печінки; провести статистичну оцінку терапевтичних заходів у пацієнтів. У предметній області виділені три кластери знань: клінічні дані; лабораторні дані; морфологічні дані, які дозволяють установити докладний діагноз захворювання печінки. Перший кластер знань використовує дані анамнезу і скарги хворого з боку печінки, результати пальпації й перкусії печінки, а також огляду (зовнішнього вигляду) хворого. Другий кластер знань на основі лабораторно-хімічних змін функції печінки, ураження печінкової клітинки, холестаза, активності мезенхіми й досліджень імунологічної реакції дає можливість визначити тип жовтяниці, а також характер захворювання печінки. Третій кластер дозволяє визначити показання для морфологічної діагностики. Наприклад, видається інформація про те, чи треба проводити крізь шкіру біопсію печінки чи ні треба;

система "АДРМЗ" (автоматична діагностика раку молочних залоз) призначена для ранньої діагностики пухлин молочних залоз. Діагностика опирається на знання експерта-онколога, які згруповані за наступними розділами: термографія; анамнез; фізикальні дослідження; ехотомографія. Система дозволяє класифікувати наступні пухлини: ліпома; фіброаденома;

фіброзно-кістозна мастопатія дифузійна; фиброзно-кістозная мастопатія локалізована; ДФА (дифузійний); ДФА (локалізований); мастит.

У галузі економіки розроблені й модифікуються наступні БЗ студентами старших курсів як індивідуальні навчально-дослідні проекти з дисципліни "Системи штучного інтелекту":

- БЗ для вибору комерційного банку;
- БЗ для страхування комерційних кредитів;
- БЗ для вибору постачальників продукції;
- БЗ для вибору стратегії ціноутворення;
- БЗ для оцінки кредитоспроможності позичальника;
- БЗ для оцінки кредитоспроможності підприємства;
- БЗ для вибору депозиту;
- БЗ для оцінки фінансового стану підприємства;
- БЗ для вибору продукції;
- БЗ для керування маркетингом;
- БЗ для підбору кадрів;
- БЗ для підбору пакета туристичних послуг.

Навчальні БЗ служать наочними методичними матеріалами для вивчення роботи системи "КАРКАС" [9 – 11].

В області мобільного зв'язку розроблений наступний прототип ЕС:

система "МОБІЛЕ" [16] – дозволяє швидко і якісно підібрати мобільний телефон за наступними категоріями: бюджетний (економ-клас); бізнес-клас; іміджевий (дуже дорогий). Ці категорії умовні, при бажанні їх можна збільшити або зменшити. У кожній категорії телефон підбирається за певними пріоритетними параметрами. Наприклад, для бюджетного апарата важливість мають наступні характеристики: ціна; дизайн (вага, розмір); ємність акумуляторів; телефонна книга; будильник; калькулятор. А для бізнес-класу апарат повинен мати інші функціональні характеристики: більша записна книжка; Bluetooth (IrDA – інфрачервоний порт); GPRS. Для іміджевих апаратів на першому місці при виборі – дизайн: вага й зовнішній вигляд.

Система "КАРКАС" має модуль інтелектуальної кластеризації багатовимірних даних [17], що використовується для виявлення кластерів студентів, які тестируються й навчаються за допомогою цієї системи. Знання студента навчального контенту оцінюються за різними

характеристиками, такими, як: засвоєння теоретичного матеріалу, виконання лабораторного практикуму, самостійна робота, виконання індивідуальних навчально-дослідних завдань. Крім того, багатовимірний вектор знань студента містить рейтингову оцінку.

БЗ з кластерного аналізу охоплює застосування ряду алгоритмів автоматичної класифікації, таких, як: ітеративний алгоритм К-внутрішньогрупових середніх, алгоритм ISODATA, метод динамічних згущень, ієрархічна процедура та ін. [7].

Процес кластеризації можна розбити на ряд етапів, які характеризуються завданням міри подібності для об'єктів у просторі ознак, вибором стратегії утворення кластерів (наприклад, ієрархічна, використання різних мір подібності між кластерами), вибором оцінки якості розбивки об'єктів на кластери та евристичні міркування.

При формалізації знань про процес кластеризації можна виділити атрибути, наприклад, ознаки, відстань, межкластерне відстань, кількість кластерів. Кожний з них приймає конкретне значення в різних алгоритмах кластеризації. Наприклад, атрибут "ознаки" залежно від значень (кількісні, порядкові, номінальні, дихотомічні) визначає відповідну метрику у просторі ознак або міру подібності між об'єктами. До того ж деякі атрибути, наприклад, кількість кластерів, можуть динамічно змінюватися в ході роботи алгоритму.

Концепція системи "КАРКАС". Комп'ютерна система "КАРКАС" дозволяє як розробляти БЗ, так і може бути використана для тестування й навчання студентів по локальній мережі. Зовнішній вигляд завантажника системи поданий на рис. 1.6.

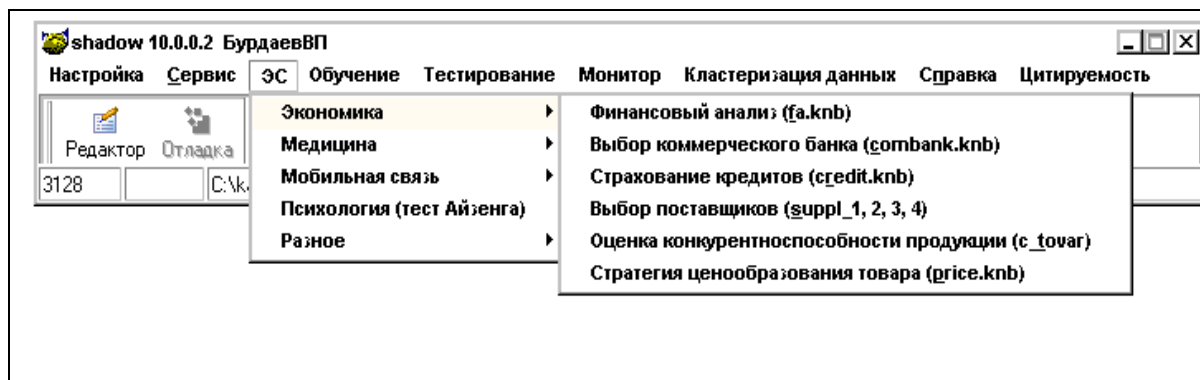


Рис. 1.6. Зовнішній вигляд завантажника системи "КАРКАС"

Розглянемо архітектуру комп'ютерної системи. Система "КАРКАС" побудована за модульним принципом і з цієї причини має можливість приєднання інших додаткових модулів. В архітектурі системи можна виділити наступні основні модулі:

- завантажник;
- модуль для розробки БЗ;
- модуль для тестування знань;
- модуль кластеризації даних.

Компонентами модуля для розробки БЗ є: редактор БЗ, машина логічного висновку й підсистема пояснення.

Для тестування знань використовуються генератор тестів і монітор викладача.

Модуль кластеризації даних дозволяє здійснювати інтерактивну й інтелектуальну класифікації багатовимірних даних.

Такі компоненти, як редактор БЗ, машина логічного висновку, підсистема пояснення, є загальними для перерахованих модулів і виступають інструментами для функціонування модулів.

Каркас для БЗ. БЗ – це депозитарій модулів знань. Модуль знань становить формалізоване за допомогою деякого методу подання знань (система продукцій, фрейми, семантичні мережі, вирахування предикатів першого порядку) відображення об'єктів предметної області, їхніх взаємозв'язків, дій над об'єктами.

Робота із БЗ припускає наступні стадії:

здобування знань із експертів (наприклад, у діалоговому режимі з когнітологом);

- ідентифікація предметної області (робота когнітолога);
- концептуалізація предметної області (робота когнітолога);
- формалізація предметної області (робота когнітолога);
- доступ, обробка модулів знань (наприклад, у системі "КАРКАС").

Основне завдання системи "КАРКАС" – це надання можливості придбання учнем знань, умінь і навичок самостійно.

Система "КАРКАС" дозволяє експертові або когнітологу наповнити БЗ конкретними знаннями предметної області.

Об'єктно-орієнтований підхід до подання знань предметної області. При вивченні якого-небудь об'єкта предметної області виділяють одну або декілька його властивостей, сукупність яких становить сутність цього об'єкта.

Для опису властивостей об'єкта вибираються деякі характеристики – це атрибути, які можуть приймати або кількісні, або якісні значення або здійснювати виклик процедур чи функцій.

Події можуть наступати від користувача й від машини логічного висновку. Об'єкти БЗ поміщені в акваріум машини логічного висновку. У цьому акваріумі відбувається народження нових фактів, висуваються й перевіряються різні гіпотези щодо досягнення кінцевої мети консультації. Отже, об'єкти БЗ – це динамічні структури, що володіють властивостями й методами, занурені в середовище подій (рис. 1.7).

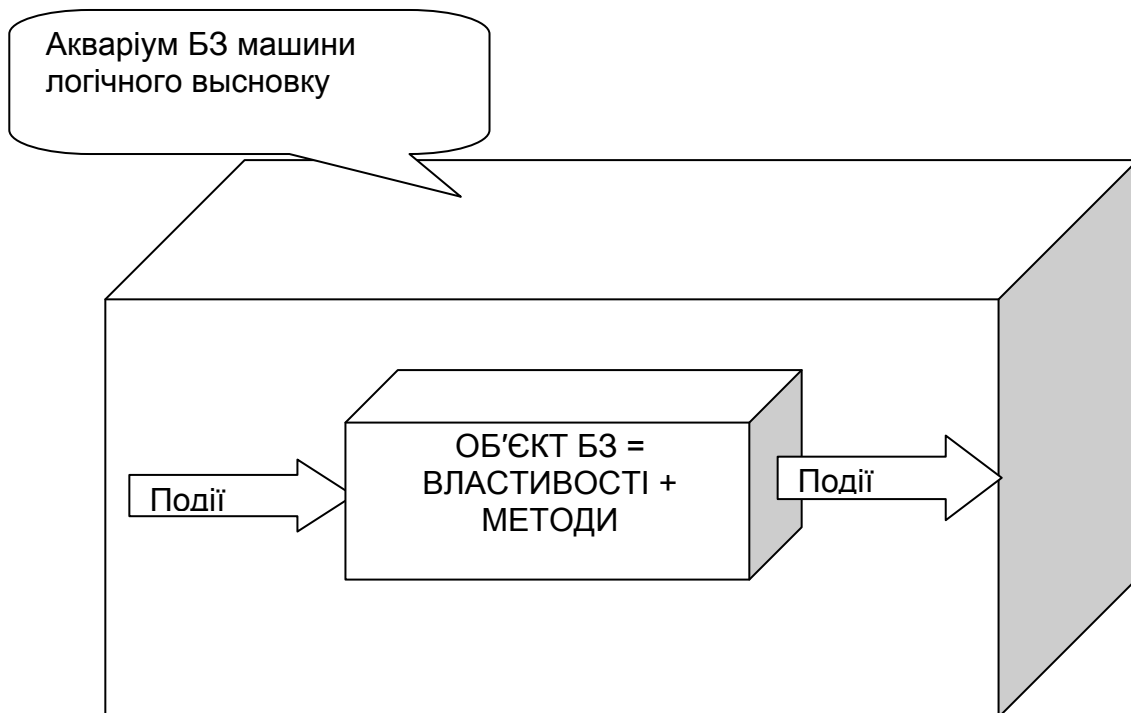


Рис. 1.7. Акваріум БЗ машини логічного висновку "КАРКАС"

Когнітолог керує створенням ЕС: підбирає експертів, витягує з них знання, ідентифікує предметну область, створює концептуальну модель предметної області й подає знання у вигляді фактів і правил.

У системі "КАРКАС" використовується наступна модель подання фактів БЗ за допомогою четвірки елементів: {<об'єкт>, <атрибут>, <значення>, <коефіцієнт фактора впевненості>}.

Отже, когнітолог спочатку виділяє об'єкти, які будуть брати участь у наповненні БЗ, і встановлює стосунки між ними. Потім кожний об'єкт вивчається з метою виділення його властивостей та методів, які будуть використані при обробці цього об'єкта.

Властивості (атрибути) можуть одержати значення як при відповіді користувача на запитання (тип атрибута – питальний), так і при логічному висновку (тип атрибута – цільовий). Об'єкт може бути забезпечений методами (процедурами й функціями), які, наприклад, дозволяють уводити користувачеві інформацію під час консультації або вибирати відповіді зі списку значень.

Модель формування фактів БЗ. Нехай $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ — безліч атрибутів предметної області, V_j — безліч можливих значень j -го атрибута. Атрибути можуть бути виміряні в різних шкалах (кількісній, порядковій, якісній, змішаній).

Між атрибутом a_j і його значенням v_j визначимо наступні операції:

- 1) $a_j = v_j$, $=$ – знак операції значування;
- 2) $a_j < v_j$, $<$ – знак операції відносин ($>$, $>=$, $<=$);
- 3) $a_j \in [v_{j1}, \dots, v_{jm}]$, \in – знак операції приналежності ($[]$, $()$, $(]$).

Атрибут, його значення й операція між ними розкривають висловлення. Через $Q = \{q\}$ позначимо безліч висловлень, на якій визначимо функцію $\mu : Q \rightarrow [0, \dots, 1]$ що дозволяє інтерпретувати висловлення q з погляду його істинності. Тоді пари $f = (q, \mu(q))$, де $q \in Q$, назвемо фактом предметної області. Визначимо ситуацію s як набір фактів, пов'язаних між собою знаками кон'юнкції, диз'юнкції або заперечення. Наприклад,

$$s = f_1 \ \& \ f_2 \ \vee \ f_3 . \quad (1.1)$$

Позначимо через $S = \{s\}$ безліч усіх ситуацій предметної області.

Нехай $B = \{p\}$ – безліч перетворень $p: S \rightarrow S$, які встановлюють зв'язки між ситуаціями: $p(s) = s$. Прикладом таких перетворень ситуацій може служити правило продукції:

ЯКЩО <АНТЕЦЕДЕНТ> ТО <КОНСЕКВЕНТ>, <к.у.п.> ,

де <АНТЕЦЕДЕНТ> (умова), <КОНСЕКВЕНТ> (висновок, наслідок) – складові частини імплікативного висловлення, к.у.п. – коефіцієнт упевненості правила з діапазону $[0, \dots, 1]$, що виставляється експертом предметної області. Коефіцієнти впевненості правил служать для впорядкування гіпотез. Наприклад,

ЯКЩО s ТО q_4 , k .

Тут s – ситуація (1.1), q_4 – деяке висловлення й $k \in [0, \dots, 1]$
Результатом виконання правила буде факт:

$$f_4 = (q_4, \mu(q_4)),$$

$$\mu(q_4) = k \times \max [\min(\mu(q_1), \mu(q_2)), (1 - \mu(q_3))]. \quad (1.2)$$

Безліч Z становить БЗ предметної області, над якою функціонує машина висновку. Вона складається з двох частин: перша частина – аналізатор правил, а друга – механізм, що дозволяє наділити безліч Z певною структурою. Наприклад, найпростіша структура – це лінійна, що дає можливість для визначення деякого факту або ситуації встановити ланцюжок застосувань перетворень із Z :

$$p_1 \rightarrow p_2 \rightarrow p_3 \rightarrow \dots p_{n-1} \rightarrow p_n.$$

Для того щоб машина висновку змогла виконати май елементарний крок, вона повинна спочатку активізувати аналізатор правил, на вхід якого подається поточне правило. Якщо правило застосовне (значення антецедента істинне), то аналізатор правил конструює новий факт або нову ситуацію. У противному разі правило не розглядається. До функцій аналізатора правил входить:

1. Виконати синтаксичний аналіз антецедента правила.
2. Обчислити булеве значення антецедента правила.
3. Якщо значення антецедента істинне, то сформулювати факт або ситуацію залежно від консеквента правила.

Зазначимо, що консеквент правила звичайно становить одне висловлення. У випадку якщо консеквент має кілька висловлень, то формула (1.2) застосовується до кожного висловлення й у результаті виходить найпростіша ситуація – кон'юнкція фактів.

Описаний аналізатор правил використовується для перевірки синтаксису написання правил як у редакторі БЗ, так і в логічній машині висновку системи "КАРКАС" для обчислення коефіцієнтів упевненості фактів.

Алгоритм аналізатора правил. Розглянемо LR(1) граматику:

$$G = (N, \Sigma, P, \Pi),$$

де $N = \{L, T, M, \Pi\}$ – нетермінальні символи (L – логічне вираження, T – терм, M – множник, Π – початковий символ), $\Sigma = \{\#, _,), A, \&, V, ($ – термінальні символи (# – кінець вираження, _ – пробіл, A – константа, & – кон'юнкція, V – диз'юнкція, \neg – заперечення) і P – безліч, що складається з наступних восьми правил:

- | | | | |
|----|------------------|---|--|
| 1) | <П> | → | \neg <П> ; |
| 2) | <П> | → | <А> ; |
| 3) | <П> | → | (<Т>); |
| 4) | <М> | → | <П> ; |
| 5) | <М> | → | <М> &. <П> ; |
| 6) | <Т> | → | <М> ; |
| 7) | <Т> | → | <Т> V <М> ; |
| 8) | <Л> | → | <Т> . |

Відповідно до граматики були побудовані таблиця функції дії F і таблиця функції переходів G (табл. 1.1, 1.2).

F-функції

	#	()	V	A	&	¬
T ₀	X	S	X	X	S	X	S
T ₁	X	S	X	X	S	X	S
T ₂	2	S	2	2	s	2	S
T ₃	X	S	X	X	S	X	S
T ₄	A	F	F	S	F	F	F
T ₅	6	F	6	6	F	S	F
T ₆	4	F	4	4	F	4	F
T ₇	X	S	X	X	S	X	S
T ₈	X	S	X	X	S	X	S
T ₉	1	F	1	1	F	1	F
T ₁₀	F	F	S	S	F	F	F
T ₁₁	3	X	3	3	X	3	X
T ₁₂	7	F	7	7	F	S	F
T ₁₃	5	F	5	5	F	5	F

Умовні позначення: S — перенос, X, F — помилка, 1, 2,...,7 – згортки, A – допуск, кінець перевірки.

Відповідно до завдання були модифіковані правила з P у такий спосіб:

- 1) $\langle \Pi \rangle, \langle 1-b \rangle, \langle 1-1-\mu \rangle \rightarrow \neg \langle \Pi \rangle, \langle b \rangle, \langle \mu \rangle;$
- 2) $\langle \Pi \rangle, \langle b \rangle, \langle \mu \rangle \rightarrow \langle A \rangle, \langle b \rangle, \langle \mu \rangle;$
- 3) $\langle \Pi \rangle, \langle b \rangle, \langle \mu \rangle \rightarrow (\langle T \rangle), \langle b \rangle, \langle \mu \rangle;$
- 4) $\langle M \rangle, \langle b \rangle, \langle \mu \rangle \rightarrow \langle \Pi \rangle, \langle b \rangle, \langle \mu \rangle;$
- 5) $\langle M \rangle, \langle b_1 \& b_2 \rangle, \langle \min(\mu_1, \mu_2) \rangle \rightarrow \langle M \rangle, \langle b_1 \rangle, \langle \mu_1 \rangle \& \langle \Pi \rangle, \langle b_2 \rangle, \langle \mu_2 \rangle;$
- 6) $\langle T \rangle, \langle b \rangle, \langle \mu \rangle \rightarrow \langle M \rangle, \langle b \rangle, \langle \mu \rangle;$
- 7) $\langle T \rangle, \langle b_1 \vee b_2 \rangle, \langle \max(\mu_1, \mu_2) \rangle \rightarrow \langle T \rangle, \langle b_1 \rangle, \langle \mu_1 \rangle \vee \langle M \rangle, \langle b_2 \rangle, \langle \mu_2 \rangle;$
- 8) $\langle \Lambda \rangle, \langle b \rangle, \langle \mu \rangle \rightarrow \langle T \rangle, \langle b \rangle, \langle \mu \rangle.$

Тут b_1, b_2, b_3 — булеві значення, $\mu, \mu_1, \mu_2 \in [0, \dots, 1]$.

G-функції

	()	V	A	&	¬	Л	Т	М	П
T ₀	T ₁	F	F	T ₂	F	T ₃	F	T ₄	T ₅	T ₆
T ₁	T ₁	F	F	T ₂	F	T ₃	F	T ₁₀	T ₅	T ₆
T ₂	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
T ₃	T ₁	F	F	T ₂	F	T ₃	F	F	F	T ₉
T ₄	F	F	T ₈	F	F	F	F	F	F	F
T ₅	F	F	F	F	T ₇	F	F	F	F	F
T ₆	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
T ₇	T ₁	F	F	T ₂	F	T ₃	F	F	F	T ₁₃
T ₈	T ₁	F	F	T ₂	F	T ₃	F	F	T ₁₂	T ₆
T ₉	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
T ₁₀	F	T ₁₁	T ₈	F	F	F	F	F	F	F
T ₁₁	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
T ₁₂	F	F	F	F	T ₇	F	F	F	F	F
T ₁₃	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F

Умовні позначення: F — помилка.

Крок 1. Ініціалізація. Антецедент правила записується в символний рядок, тобто маємо ланцюжок символів u_1, u_2, \dots, u_n . Таблиця T_0 міститься у вершині стека, змінної i привласнюється значення 1. Установлюються початкові булеві значення b і числа μ для констант із термінальних символів. Для інших термінальних символів значення встановлюються рівними нулю.

Крок 2. Вибирається символ u_i з ланцюжка й до нього застосовується функція дії F таблиці.

Крок 2.1. Якщо $F(u_i)$ — перенос, то символ u_i , його булеве значення b_i і число μ_i записуються у вершину стека. Потім до u_i застосовується функція переходів G таблиці й визначається нова таблиця, що міститься у вершині стека. Якщо є помилка, то треба видати повідомлення й закінчити алгоритм. У протилежному разі необхідно збільшити значення індексу i на одиницю й повернутися до кроку 2.

Крок 2.2. Якщо $F(u_i)$ — згортка j , то застосовується правило з P з номером j , тобто зі стека віддаляється його права частина й замість неї записується ліва. Потім використовується функція переходів G таблиці до лівої частини, визначається нова таблиця, що вміщується в стек, і здійснюється перехід до кроку 2.

Крок 2.3. Якщо $F(u_i)$ — помилка, то варто видати повідомлення й закінчити алгоритм.

Крок 2.4. Якщо $F(u_i)$ — допуск, то синтаксичний аналіз антецедента закінчений. Якщо отримане булеве значення b істинне, то можна застосувати правило, тобто, використовуючи отримане значення μ і консеквент правила, конструюється факт або ситуація, аналогічна застосовуваній формулі (1.2) у прикладі. У противному разі правило незастосовне. Необхідно закінчити алгоритм.

Зазначимо, що консеквент правила звичайно становить одне висловлення. У випадку, якщо консеквент має кілька висловлень, то формула (1.2) застосовується до кожного висловлення й у результаті виходить найпростіша ситуація – кон'юнкція фактів.

Описаний аналізатор правил використовується як у редакторі правил, так і в машині висновку системи "КАРКАС".

Для подання знань у системі "КАРКАС" використовуються продукції й фрейми. Оскільки модель фрейму (каркас знань, що складається зі слотів) найбільш вдало відображає елементи знань людської нейронної мережі, то розглянута система одержала назву "КАРКАС".

Постановка завдання. Когнітолог за допомогою експерта визначає й формулює відповіді на наступні питання щодо розробки прототипу ЕС:

призначення прототипу ЕС;

сфера застосування;

користувачі;

клас розв'язуваних проблем;

критерії ефективності й обмеження показників предметної області;

мета прототипу ЕС;

очікувані результати;

підцілі (проміжні цілі);

об'єкти предметної області;

вихідні дані;
особливості рішення завдань.

Ідентифікація предметної області. При ідентифікації предметної області когнітолог за допомогою експерта формулює неформальний опис завдання. Складається глосарій предметної області, що є основою для формування сукупності об'єктів, атрибутів. Розрізняють наступні види атрибутів:

питальні;
цільові;
демони (методи об'єктів предметної області).

Питальні атрибути одержують свої значення в результаті відповіді на запитання в режимі консультації з користувачем.

Цільові атрибути – в результаті роботи машини логічного висновку. Вони розміщуються в консеквентах продукцій.

Демони – це атрибути, які одержують свої значення в результаті роботи методів об'єктів, які реалізовані в агенті машини логічного висновку.

Концептуалізація предметної області. Когнітолог спочатку подає діаграму дерева рішень. Роблячи вибір у кожній точці розгалуження, діаграма дерева допомагає приймати рішення. Такий тип логічної структури (у вигляді дерева рішень) дозволяє проаналізувати БЗ на повноту й запобігти надмірності правил.

У табл. 1.3 наведені типи атрибутів, які використовуються для створення фактів БЗ.

Зауваження 1.1. Тут до k , y . $v.k_1$, ..., k_N – це коефіцієнт фактора впевненості експерта у правильності відповіді на запитання, а k_{b1} , ..., k_{bN} – це коефіцієнт фактора впевненості, що характеризує апіорну ймовірність можливого факту, утвореного в результаті відповіді на запитання (використовується цей коефіцієнт при роботі машини логічного висновку на основі формули Байєса).

Першим етапом створення моделі БЗ є опис усіх можливих цілей, які міг би досягти експерт, вирішуючи поставлене завдання.

Типи атрибутів

№ з/п	Ім'я атрибута	Тип	Пояснення	Відповіді	Коефіцієнт упевненості відповіді
1	Акцепт	Питальний	Підприємство буде виписувати своїм покупцям розрахункові вимоги, які повинні бути акцептовані?	1. Так. 2. Немає.	к, у. в. = 1. к, у. в. = 1.
2	Надійність	Цільовий		1. Висока. 2. Середня. 3. Низька.	к, у. в. = 1. к, у. в. = 1. к, у. в. = 1.
3	KAL	Демон	Уведіть коефіцієнт абсолютної ліквідності ($0 \leq KAL$)	Уведення	
4		Демон		Список	
	Свідомість	Питальний	Наявність свідомості у хворого	1. Немає вказівок. 2. Втрати свідомості не було. 3. Була втрата свідомості.	к1 = 1 / кб1 = 0. к2 = 0.86 / кб2 = 0.14. к3 = 0.13 / кб3 = 0.87.

Наступний етап побудови моделі – побудова дерева цілей і формування атрибутів, правил, фреймів.

Альтернативи – це підцелі, які система буде вибирати в кожній розвилці дерева рішень. Кількість альтернатив визначає розміри пошуку рішення в БЗ.

Робастність ЕС – це здатність із неповних даних виконати правдоподібне міркування. Призначення коефіцієнтів упевненості різним рішенням дозволяє системі вибрати кілька можливих висновків. Ці коефіцієнти впевненості перераховуються за формулами Шортліфа й Байєса [5].

Редактор БЗ. Зовнішній вигляд редактора бази знань поданий на рис. 1.8. На екрані редактора є наступні закладки:

- атрибути бази знань;
- правила;
- фрейми.

У системі "КАРКАС" кожний питальний атрибут має кілька варіантів відповідей, при цьому кожна відповідь має коефіцієнт фактора впевненості, що проставляється експертом у діапазоні $[0, \dots, 1]$ або у випадку групи експертів визначається методами експертних оцінок. У системі є можливість виставити два коефіцієнти вірогідності відповіді, що дозволяє використовувати формулу Байєса для формування апіорних ймовірностей, які застосовуються при побудові бази знань, що використовують висновок, заснований на методі Байєса.

Застосування коефіцієнтів фактора впевненості відповідей дозволяє при тестуванні використовувати математичний апарат нечітких безлічей для адекватного відображення знань того, хто тестується, на шкалу оцінок. У системі "КАРКАС" є модуль для конструювання "нечітких" тестів [8].

Скриншот редактора для конструювання запитання й відповідей поданий на рис. 1.8.

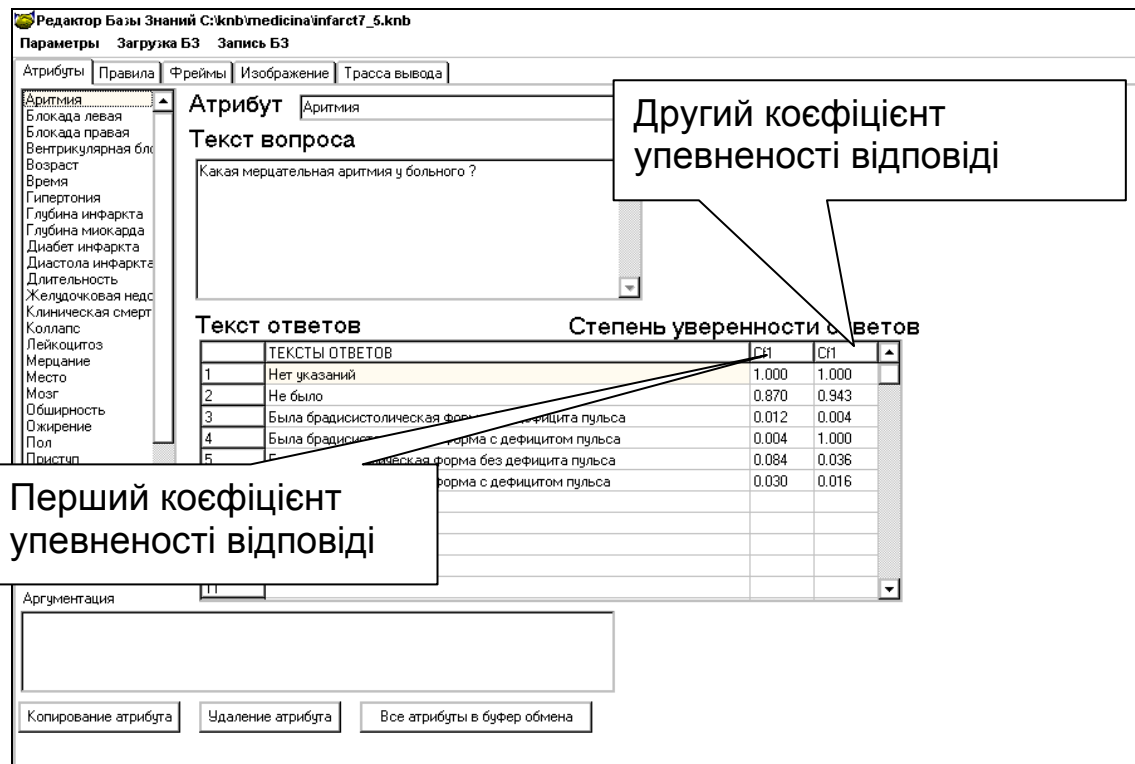


Рис. 1.8. Редагування питального типу атрибута "КАРКАС"

Для зручності формування й редагування запитань і відповідей, правил, фреймів та зображень використовуються чотири закладки. Запитання й відповіді прив'язуються до питального атрибута. Безліч атрибутів розташовується у вигляді списку. При клацанні покажчиком миші на кожному атрибуті з'являються асоційовані з ним тексти запитань і відповідей.

Скриншот редактора для конструювання продукції поданий на рис. 1.9.

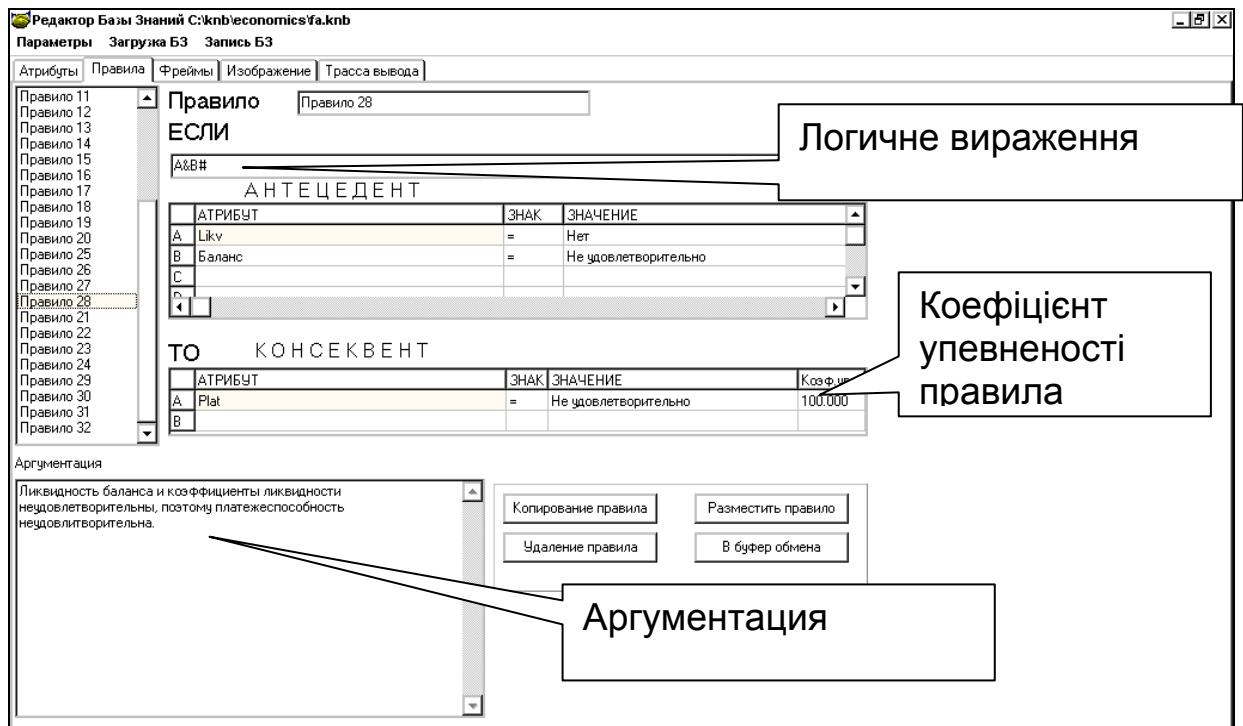


Рис. 1.9. Формування правила (продукції)

Формат файлів БЗ. Формат зовнішнього подання БЗ (у текстовому файлі) виглядає в такий спосіб: правило-продукція; фрейм; метаправила. Метаправила призначені для управління БЗ, які використовуються у прототипі ЕС "PIXS".

У системі "КАРКАС" моделі знань перебувають у текстовому файлі з розширенням pattern.knb (knowledge base). Наявність цього файлу обов'язкове, оскільки введення правил, фреймів і метаправил здійснюється за допомогою зазначених моделей шляхом їхнього наповнення й подальшого копіювання в нові продукції та фрейми. Рекомендується при виконанні наповнення БЗ записувати її в різні файли; bank1.knb, ..., bank.knb, що забезпечить збереження працюючих версій БЗ.

Машина логічного висновку. Компонент, що реалізує машину логічного висновку, призначений для вирішення завдань як методом зворотного (від гіпотез до даних) логічного висновку, так і методом прямого висновку (від даних до гіпотез). Також є можливість використовувати висновок, заснований на перерахуванні цін свідчень [31].

Підсистема пояснення. Консультація. Режим консультації системи "КАРКАС" дозволяє виконати інтерактивну консультацію з поясненням і без

пояснень робіт машини висновку. Скриншоти підсистеми пояснення подані далі.

Методика створення прототипу ЕС на основі системи "КАРКАС". Як вихідна інформація до завдання виступає певна предметна область, для якої створюється БЗ [14]. Потім варто виконати наступні кроки:

1. Вивчити методику побудови ЕС за допомогою прикладу, наведеного в системі "КАРКАС".

2. Провести аналіз предметної області:

визначити об'єкти і їхні зв'язки;

визначити атрибути;

розкрити цілі й підцілі;

визначити критерії оцінки (скласти список);

скласти список значень, які може приймати кожен з атрибутів;

вибрати спосіб визначення ступеня впевненості.

3. Побудувати прототип ЕС (визначитися з методом подання знань, вибрати логічний висновок) на основі проведеного вище аналізу, робота якої відображала б процес ухвалення рішення експертом.

Метою навчально-дослідної роботи студента є освоєння технології й методики побудови ЕС. Студент виступає в ролі одночасно експерта та інженера зі знань. Алгоритм створення прототипу ЕС складається з наступних кроків:

1. Ознайомлення із системою "КАРКАС" на прикладі розробки БЗ для оцінки фінансового стану підприємства.

2. Вибір предметної області для реалізації прототипу ЕС.

3. Реалізація етапу ідентифікації предметної області.

4. Побудова концептуальної моделі предметної області.

5. Формалізація БЗ. Перше тестування й консультації у викладача про шляхи розвитку БЗ.

6. Друге тестування БЗ.

7. Демонстрація роботи прототипу ЕС викладачеві.

8. Захист виконаної роботи на семінарі перед групою студентів і запрошеними викладачами предметної області.

Рекомендації щодо вибору предметної області завдання. Предметна область повинна вибиратися з економіки, інформатики або

виходячи із захоплень чи професійного досвіду студента (досвід практичної роботи або хобі). Завдання повинне задовольняти вимоги доцільності його вирішення ЕС.

Вимоги до прототипу ЕС і пояснювальної записки. БЗ повинна містити не менше п'ятдесяти правил і забезпечувати не менше ніж дворівневе прийняття рішень (з використанням проміжних цілей).

Пояснювальна записка має включати:

постановку завдання;

ідентифікацію предметної області;

концептуальну модель предметної області;

формалізацію БЗ;

опис об'єктів і їхніх зв'язків;

опис атрибутів і прийнятих ними значень;

список атрибутів;

список правил і фреймів;

протокол консультації тестового прикладу;

особливості побудови БЗ для предметної області;

перспективи розвитку прототипу ЕС;

висновки;

літературу.

Ідентифікація предметної області. У цьому розділі пояснювальної записки описується неформальна постановка завдання, в якій обґрунтовується необхідність розробки прототипу ЕС і визначаються джерела одержання економічної ефективності.

Далі наводиться структурований звіт параметрів предметної області:

Призначення прототипу ЕС: консультування, навчання тощо.

Сфера застосування: уточнена тема лабораторної роботи, користувачі.

Клас розв'язуваних проблем: інтерпретація (аналіз), діагностика, прогнозування, проектування, планування тощо.

Критерії ефективності й обмеження: економічні показники.

Мета: мета консультації.

Очікувані результати: гіпотези – список можливих значень мети.

Підцілі (проміжні цілі).

Вихідні дані.

Особливості вирішення завдань: опис характеристик невизначеності, динамічності розв'язуваних завдань, основних евристик.

Концептуальна модель предметної області. У пояснювальній записці наводяться наступні графічні моделі:

об'єктна модель (схеми класифікації об'єктів);

функціональна модель (дерево цілей).

Формалізація БЗ. Здійснюється вибір методів логічного висновку: прямий або зворотний ланцюжки міркувань, або непрямий ланцюжок міркувань (перерахування цін свідчень), або застосування формули Байєса.

Обробка конфліктних наборів правил.

Алгоритм об'єднання факторів упевненості.

Спадкування об'єктів.

Уведення вихідних фактів.

Редагування БЗ. Наводиться список правил і фреймів БЗ. Додається список атрибутів.

Тестування прототипу ЕС. Подаються роздруківки тестових прикладів і пояснень отриманих результатів. Число тестових прикладів повинне відповідати всім передбачуваним гіпотезам для цілей консультацій. Виконуються ручні розрахунки факторів упевненості для підтвердження правильності розуміння студентами машинних алгоритмів.

Розділ 2. Модель фреймопродукційної бази знань

Постановка завдання. Розробити БЗ для визначення ризику виникнення ішемічної хвороби серця (ІХС). Актуальність її розробки пояснюється:

по-перше, еволюційним переходом від терапії ІХС до профілактики ІХС; від популяційної профілактики до профілактики індивідуальної;

по-друге, прагненням людини до самостійного одержання знань з оцінки ризику ІХС;

по-третє, можливістю самоконтролю за зміною ризику ІХС для ухвалення рішення про звернення за лікарською консультацією при високому її ступені.

Призначення прототипу ЕС – це профілактичне консультування пацієнта з оцінки ризику ІХС.

Сфера застосування прототипу ЕС – це різні медичні підприємства: диспансери, поліклініки, медсанчастини.

Мета прототипу ЕС – моделювання ухвалення рішення про ризик виникнення ІХС у практично здорової людини.

Вхідні дані: медичні аналізи.

Очікувані результати (список можливих значень мети консультації):

індивідуальна профілактика ІХС;

самостійне одержання знань про ступінь ризику ІХС;

самоконтроль рівня ризику ІХС;

одержання відповідних рекомендацій для зниження ризику ІХС.

Ідентифікація предметної області. Під фактором ризику розуміється соціальний, біологічний і економічний статус людини, моделі її поведінки й умови, що сприяють виникненню ІХС [38].

За результатами досліджень експертів встановлено, що діяльність амбулаторного лікаря повинна бути націлена на виявлення тільки основних факторів ризику ІХС, а саме: гіперхолестеринемія, артеріальна гіпертонія, паління, надлишкова маса тіла, нераціональне харчування й алкоголь. Розумність цієї рекомендації обумовлена тим, що основна функція лікаря полягає в діагностиці самої хвороби, а не її донозологічних станів. Практична пріоритетність донозологічної діагностики сприяла тому, що експертна група розширила число факторів ризику ІХС до 13.

Розглянемо наступні ризик-фактори ІХС.

Гіперхолестеринемія (підвищений вміст холестерину в крові). Цей фактор збільшує ризик виникнення ІХС у 2,2 – 5,5 разів. Результати дослідження в м. Фремінгемі (США) показали, що ІХС розвивається

протягом найближчих 10 років у кожного четвертого чоловіка, що має гіперхолестеринемію понад 260 мг%.

Гіпертензія (підвищений артеріальний тиск) збільшує, за даними експертів Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), ризик розвитку ІХС в 1,5 — 6 разів. Відповідно до їх рекомендацій прийняті наступні градації рівня артеріального тиску:

- а) нижче 140/90 мм рт. ст. — відсутність гіпертонії;
- б) 140/90 — 159/94 мм рт. ст. — прикордонний стан з гіпертонією;
- в) 160/95 і вище мм рт. ст. — гіпертонія.

Паління. Результати досліджень експертів ВООЗ показали достовірну кореляцію між кількістю вживання сигарет і рівнем смертності від ІХС: чим більше сигарет вживається на кожного дорослого жителя країни, тим вище рівень смертності від ІХС.

Гіподинамія (зниження рухової активності). Серед осіб, що витрачають на ходьбу більше 1-ї години на день, ІХС зустрічається в 5 разів рідше порівняно з людьми, які віддають перевагу транспорту.

Надлишкова маса тіла збільшує ризик розвитку ІХС в 1,3 — 3,4 рази.

Коронарне поведження. Спостереження за 3,5 тис. чоловік протягом 10 років установило появу ІХС у кожного тринадцятого пацієнта, 70% з яких відніси до коронарного типу А (наполегливі, честолюбство, суперництво, постійний поспіх, внутрішнє напруження). Інакше кажучи, поведження типу А є чинником ризику ІХС.

Стрес. Перевантаженість і інтенсивна напруга на роботі незалежно від інших факторів ризику в 2 рази підвищують виникнення ІХС, при цьому ризик ІХС різко зростає тоді, коли перевантаженість роботою сполучається з її незадоволеністю, конкурентністю, ворожістю, нетерпінням.

Відсутність соціально-психологічної підтримки. Найбільш низький рівень смертності від ІХС в одружених чоловіків; вище — у вдівців; ще вище — у самотніх і розведених. Подібна тенденція відзначається і у жінок: у вдів — найбільш високий рівень смертності від ІХС, у заміжніх — нижче.

Нераціональне харчування. Комітет експертів ВООЗ вважає, що інсує зв'язок харчування з рівнем ліпопротеїдів у крові, а саме: чим

частіше має місце вживання високохолестеринових продуктів, тим вище рівень ліпопротеїдів у крові, тобто високохолестеринове харчування є одним із самостійних етіологічних факторів виникнення ІХС.

Цукровий діабет. У результаті дослідження встановлений факт підвищення ризику розвитку ІХС при цукровому діабеті: у чоловіків – у 2 рази, у жінок – у 5,7 рази.

Несприятлива спадковість. Сімейна схильність до ІХС має значення для осіб молодш 50 років і більше пов'язана з дезадаптацією до сучасних умов життя, ніж зі споконвічною генетичною схильністю. Вивчення близнюків показало, що розвиток ІХС спостерігається в 2 рази частіше в монозиготних близнюків, ніж у дизиготних.

Неадекватний відпочинок. Відсутність щоденного, щотижневого й щорічного відпочинку різко збільшує ймовірність виникнення ІХС, при цьому ступінь ризику ІХС стає високим, якщо відпочинку немає; помірним – якщо відпочинок нерегулярний; низким – якщо відпочинок регулярний.

Алкоголь. У структурі причин смерті чоловіків, що зловживають алкоголем, серцево-судинні хвороби посідають друге місце, поступаючи нещасним випадкам, отруєнням і травмам. На частку ІХС припадає 40% усіх випадків смерті від серцево-судинних хвороб.

Таким чином, для оцінки ризику виникнення ІХС у практично здорової людини обрано 13 провідних факторів відповідно до думок експертів ВООЗ.

2.1. Обробка знань групи експертів

Описані фактори ризику відіграють нерівноцінну роль у виникненні ІХС. Для їхнього впорядкування застосуємо метод Дельфі, що передбачає спочатку ізольоване винесення експертами своїх думок і подальше їхнє коректування на основі ознайомлення кожного експерта з думками інших експертів доти, доки оцінка погоджуваностей думок експертів не стабілізується [32].

Даний метод відрізняється від інших методів групової взаємодії експертів трьома особливостями: анонімністю, використанням результатів попереднього туру опитування, статистичною характеристикою групової відповіді.

Анонімність проявляється в тому, що учасники експертної групи не взаємодіють один з одним і, отже, можуть змінити особисту думку без втрати своєї репутації. При цьому будь-яка оцінка приймається незалежно від того, хто її автор. Умова анонімності необхідна для того, щоб підтримуюча або суперечна думка не впливала на судження окремого експерта.

Використання результатів попереднього туру має цінність тим, що кожен експерт інформується про середню думку групи і про думку типового та екстраординарного експертів. Цим досягається мета подання всіх точок зору, що дозволяє експертові сконцентруватися на наступному турі опитування. Причини зміни оцінок, як показують результати досліджень, закладені в дійсності в реагуванні на точки зору своїх колег-експертів.

Статистична характеристика групової відповіді становить оцінку погодженості думок експертів у вигляді коефіцієнта згоди. Коефіцієнт згоди може бути достовірним або недостовірним і дозволяє залежно від результату розрахунку, збільшити або зменшити число турів опитування.

Перевагою методом Дельфі є використання зворотного зв'язку в ході опитування, що значно підвищує об'єктивність експертних оцінок.

Для визначення ієрархії факторів ризику ІХС пропонується наступний метод, що включає 6 етапів:

1 етап. Розробка анкети вибору пріоритетних факторів ризику ІХС.

2 етап. Відбір і анкетування експертів; оцінка погодженості думок експертів.

3 етап. Побудова матриці часток альтернативних думок експертів.

4 етап. Стандартизація матриці часток альтернативних думок експертів.

5 етап. Апроксимація матриці часток альтернативних думок експертів.

6 етап. Визначення ієрархії факторів ризику ІХС.

Перший етап. В основу розробки анкети вибору пріоритетних факторів ризику ІХС покладений метод парних порівнянь. Вибір даного методу обумовлений тим, що він має деякі переваги перед іншими методами впорядкування у випадку, коли об'єктів багато й/або вони важко помітні. Фрагмент анкети наведений у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Анкета вибору пріоритетних факторів ризику ІХС

№ з/п	Запитання	Варіанти відповідей	Код фактора ризику
1	У розвитку ІХС який з 2-х факторів ризику відграє, на ваш погляд, більш важливу роль?	Гіперхолестеринемія	1
		Гіпертензія	2
		Однаково важливі	0
2	У розвитку ІХС який з 2-х факторів ризику відграє, на ваш погляд, більш важливу роль?	Гіперхолестеринемія	1
		Паління	3
		Однаково важливі	0
...
77	У розвитку ІХС який з 2-х факторів ризику відграє, на ваш погляд, більш важливу роль?	Несприятлива спадковість	11
		Алкоголь	13
		Однаково важливі	0
78	У розвитку ІХС який з 2-х факторів ризику відграє, на ваш погляд, більш важливу роль?	Неадекватний відпочинок	12
		Алкоголь	13
		Однаково важливі	0

Другий етап. Процедура відбору експертів будувалася відповідно до основної мети дослідження й передбачала вибір фахівців-лікарів, що працюють в області кардіології. Кожному експертові був привласнений відповідний код. Склад експертів і їхніх характеристик подано в табл. 2.2.

Склад експертів на вибір пріоритетних факторів ризику ІХС

Код	Спеціальність експерта	Учений ступінь, кваліфікаційна категорія
1	Кардіологія	Кандидат медичних наук
2	Кардіологія	Перша категорія
3	Кардіологія	Вища категорія
4	Кардіологія	Вища категорія
5	Кардіологія	Вища категорія
6	Кардіологія	Кандидат медичних наук
7	Кардіологія	Кандидат медичних наук
8	Ендокринологія	Кандидат медичних наук
9	Кардіологія	Кандидат медичних наук
10	Кардіологія	Кандидат медичних наук

Зауваження 2.1. Експерт із кодом 8 працює старшим науковим співробітником у відділенні превентивної кардіології НДІ. Він включений у групу експертів для оцінки впливу цукрового діабету на ризик розвитку ІХС.

Таким чином, до складу групи експертів було включено десять чоловік ($m = 10$). Функціонально вони характеризувалися в такий спосіб:

завідувач відділення функціональної діагностики поліклініки (1 чол.);

завідувач кардіологічного відділення поліклініки (1 чол.);

завідувачі кардіологічного відділенням лікарні (2 чол.);

викладачі медичного інституту (2 чол.);

завідувач відділу кардіології НДІ (1 чол.);

завідувач відділення, превентивної кардіології НДІ (1 чол.);

старші наукові співробітники відділення превентивної кардіології НДІ (2 чол.).

Середній стаж експертів за фахом "Кардіологія" склав 10,9 років, середній вік – 38,7 років.

Крок 1. Проведення першого туру опитування експертів.

Кожний експерт заповнив анкету вибору пріоритетних факторів ризику ІХС з урахуванням своєї компетентності. Тривалість роботи з

анкетую не обмежувалася. Відповіді t-го експерта представлені матрицею K^t , $t = 1, 2, \dots, m$ (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Матриця кодів переваг факторів ризику ІХС в експерта з кодом 8 після першого туру опитування

—	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	—	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	2	—	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1	2	3	—	5	6	7	4	9	10	11	4	4	4
1	2	3	5	—	6	7	5	9	10	11	5	5	5
1	2	3	6	6	—	7	6	0	10	11	6	6	6
1	2	3	7	7	7	—	7	7	0	11	7	7	7
1	2	3	4	5	6	7	—	9	10	11	12	8	8
1	2	3	9	9	0	7	9	—	10	11	9	9	9
1	2	3	10	10	10	0	10	10	—	0	10	10	10
1	2	3	11	11	11	11	11	11	0	—	11	11	11
1	2	3	4	5	6	7	12	9	10	11	—	12	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	—	—

Крок 2. Аналіз даних першого туру опитування.

Позначимо через n кількість факторів ризику ІХС. Тоді елементи матриці $K^t = (k_{ij}^t)$, де $i, j = 1, 2, \dots, n$, позначають код переваги t-м експертом i-го фактора ризику над j-м фактором ризику. Наприклад, $k_{4\ 10}^8 = 10$ означає, що при порівнянні факторів 4 і 10 експерт із кодом 8 віддав перевагу факторові 10, тобто "Цукровому діабету". Якщо $k_{ij}^t = 0$, то це означає, що порівнювані фактори ризику, з погляду експерта, однаково важливі для розвитку ІХС. Наприклад, $k_{7\ 10}^8 = 10$ означає, що "Стрес" і "Цукровий діабет", за оцінкою експерта з кодом 8, відіграють рівноцінну роль у розвитку ІХС.

Кожна матриця K^t перетвориться в матрицю парних переваг $W^t = (w_{ij}^t)$ у такий спосіб:

$$w_{ij}^t = \begin{cases} 0, & \text{якщо } k_{ij}^t \neq 1, \\ 0,5, & \text{якщо } k_{ij}^t = 0, \end{cases} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

1, якщо $k_{ij}^t = 1$,

Матрицю \mathbf{W}^t можна подати у вигляді орієнтованого графа з n вершинами F_i , що відповідають факторам ризику ІХС. Орієнтація дуг визначається перевагами експерта. Наприклад, якщо фактор F_i переважніше фактора F_j , ($F_i > F_j$), то напрямок дуги вибирається з вершини F_i . Для групи трьох факторів результатом непослідовності суджень експерта є циклічна тріада: $F_1 > F_2$, $F_2 > F_3$, $F_3 > F_1$. Число d циклічних тріад обчислюється за формулою:

$$d = n(n-1)(2n-1)/12 - \left[\sum_{i=1}^m \left[\sum_{j=1}^m w_{ij}^t \right]^2 \right] / 2.$$

Наявність циклічних тріад свідчить про те, що деякі з переваг експерта є несумісними. Останнє пояснюється або ідентичністю деяких факторів ризику ІХС, або низькою компетентністю експерта.

Зауваження 2.2. Важлива властивість методу парних порівнянь – це можливість виявлення протиріч.

Із цієї причини кожна матриця переваг експерта була перевірена на наявність циклічних тріад. Так, у експерта з кодом 8 з максимально можливого числа циклічних тріад (325) була виявлена одна тріада, що свідчить про його високу компетентність.

Значення Q_i^t сумарної оцінки переваг i -го фактора ризику в t -го експерта обчислюється в такий спосіб:

$$Q_i^t = \sum_{j=1}^n w_{ij}^t.$$

Наприклад, сумарна оцінка переваг фактора 7 "Стрес" в експерта з кодом 8 склала:

$$Q_7^8 = 0 + 0 + 0 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0,5 + 0 + 1 + 1 = 7,5.$$

За сумарною оцінкою переваг проведене ранжирування факторів ризику від найбільших оцінок до найменших: найбільшій сумі оцінок привласнене перше місце в ієрархії, найменшій – останнє.

Після першого туру опитування ієрархія факторів ризик ІХС у експерта з кодом 8 виглядала в такий спосіб (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Ієрархія факторів ризику ІХС у експерта з кодом 8 після першого туру опитування

Код фактора	Фактор ризику ІХС	Ієрархія
1	Гіперхолестеринемія	1
2	Гіпертензія	2
3	Паління	3
11	Несприятлива спадковість	4
7	Стрес	5
10	Цукровий діабет	6
6	Коронарне поведження	7 – 8
9	Нераціональне харчування	7 – 8
5	Надлишкова маса тіла	9
4	Гіподинамія	10
12	Неадекватний відпочинок	11
8	Відсутність соціально-психологічної підтримки	12
13	Алкоголь	13

Оцінки переваг факторів ризику ІХС, отримані після першого туру опитування у всіх експертів, дозволили виявити типового й екстраординарного експертів. Типовий експерт – це експерт, у якого результат ієрархії найбільш близький до ієрархії групи. Екстраординарний експерт – це експерт, у якого результат ієрархії найбільш віддалений від ієрархії групи.

Виділення типового й екстраординарного експертів обумовлене наступними причинами. Якщо екстраординарний експерт під час подальших турів має більше циклічних триад, ніж на попередніх, то цей експерт або може служити ядром для утворення нової групи експертів, або може бути виключений із групи експертів. Типовий експерт, як правило, не має або має порівняно мало циклічних триад.

Зазначимо, що якщо протягом турів експертизи число циклічних триад в експертів не зменшується, то рекомендується або замінити групу експертів, або встановити причину нерозрізненості досліджуваних факторів.

Для відбору зазначених експертів використовувався вектор-стовпець L і матриця G . Вектор-стовпець L^T становить середні оцінки експертів за кожним фактором ризику, тобто

$$L^T = (9,3 \ 9,65 \ 8,2 \ 5,0 \ 5,55 \ 6,45 \ 6,5 \ 4,3 \ 3,95 \ 8,05 \ 7,6 \ 2,7 \ 0,75),$$

де T — знак транспонування. Рядками матриці G є фактори ризику, а стовпцями — сумарні оцінки переваг факторів ризику ІХС експертами після першого туру опитування.

Для визначення типового й екстраординарного експертів проведений розрахунок коефіцієнтів кореляції між сумарними оцінками i -го експерта (матриця G , табл. 2.5) і середньогруповими оцінками (вектор-стовпець L^T).

Таблиця 2.5

Матриця G сумарних оцінок переваг факторів ризику ІХС, отриманих групою експертів після першого туру опитування

8,5	7,5	4,5	11	9,5	12	12	12	5,5	10,5
8	8,5	8	11	9	11	11	11	8,5	10,5
7	3,5	6	11	8,5	10	8	10	9	9
9	3,5	1	6,5	2,5	6	4,5	3	7,5	6,5
6	4,5	4,5	6	2	7	5,5	4	8	8
4,5	8,5	10	3,5	8,5	6	3,5	5,5	8,5	6
7	9,5	9	4	7,5	5	4,5	7,5	8	4
1	11	9,5	1	6,5	3,5	3,5	1	2,5	3,5
7	4	2	5,5	2	5	5	5,5	1,5	1,5
9	7	10,5	0	8,5	5	6,5	8	8	8,5
6,5	5,5	7,5	7,5	8,5	5,5	10	8,5	8,5	8
1,5	4	5,5	1,5	3	2	3	2	2,5	2
3	1	0	0,5	2	0	1	0	0	0

Наведемо коефіцієнти кореляції між стовпцями матриці \mathbf{G} і вектором \mathbf{L}^T :

$r(1) = 0,69$, $r(3) = 0,49$, $r(4) = 0,53$, $r(5) = 0,87$, $r(6) = 0,83$, $r(7) = 0,86$,
 $r(8) = 0,87$, $r(9) = 0,93$, $r(10) = 0,79$, $r(11) = 0,92$,

де $r(i)$ – значення коефіцієнта кореляції між оцінками переваги i -го експерта й середньогруповими оцінками. Найбільше значення коефіцієнта кореляції свідчить про найбільш тісний взаємозв'язок між оцінками експерта й оцінками групи, найменше – навпаки. Отже, після першого туру опитування експертом-репрезентантом став експерт із кодом 8, а експертом-екстремалом – експерт із кодом 2. У цих експертів визначена ієрархія факторів ризику ІХС.

Крок 3. Проведення другого туру опитування.

Перед другим туром опитування кожному експертові була надана наступна інформація:

- ієрархія факторів ризику ІХС даного експерта;
- ієрархія факторів ризику ІХС групи;
- ієрархія факторів ризику ІХС типового експерта;
- ієрархія факторів ризику ІХС екстраординарного експерта;
- найменування й коди факторів ризику ІХС;
- заповнена анкета оцінок першого туру опитування;
- анкета для другого туру опитування.

З урахуванням поданої інформації експерт знову заповнював анкету вибору пріоритетних факторів ризику ІХС за вищевикладеними правилами.

Крок 4. Аналіз даних другого туру опитування.

Результати експерта з кодом 8 після другого туру опитування представлені матрицею \mathbf{K}^8 .

Матриця кодів переваг факторів ризику ІХС в експерта з кодом 8 після другого туру опитування включала надання кожному експертові наступної інформації:

- ієрархія факторів ризику ІХС даного експерта;
- ієрархія факторів ризику ІХС групи;
- ієрархія факторів ризику ІХС експерта-репрезентанта;

ієрархія факторів ризику ІХС експерта-екстремала;
 найменування й коди факторів ризику ІХС;
 анкета першого туру опитування;
 анкету для другого туру опитування.

З урахуванням поданої інформації експерт знову заповнював анкету вибору пріоритетних факторів ризику ІХС за вищевикладеними правилами.

Крок 5. Аналіз даних другого туру опитування.

Результат даних, отриманий з анкети експерта з кодом 8 після другого туру опитування, представлений матрицею K^8 (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Матриця K^8 переваг факторів ризику ІХС в експерта з кодом 8 після другого туру опитування

—	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	—	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	2	—	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1	2	3	—	5	6	7	4	9	10	11	4	4	4
1	2	3	5	—	0	7	5	5	10	11	5	5	5
1	2	3	6	0	—	7	6	0	10	11	6	6	6
1	2	3	7	7	7	—	7	7	0	11	7	7	7
1	2	3	4	5	6	7	—	9	10	11	12	8	8
1	2	3	9	5	0	7	9	—	10	11	9	9	9
1	2	3	10	10	10	0	10	10	—	0	10	10	10
1	2	3	11	11	11	11	11	11	0	—	11	11	11
1	2	3	4	5	6	7	12	9	10	11	—	12	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	—	—

Зауваження 2.3. Цифри, виділені жирним шрифтом, позначають зміну оцінок переваг експерта з кодом 8 порівнянні з першим туром опитування.

Аналіз матриці K^8 показав, що в результаті другого туру опитування відбулася корекція оцінок переваг, що змінило ієрархію факторів ризику ІХС (табл. 2.7).

Зауваження 2.4. Матриця переваг експерта з кодом 8 після другого туру має одну циклічну тріаду.

Таблиця 2.7

Динаміка ієрархії факторів ризику ІХС в експерта з кодом 8

Код фактора	Фактор ризику ІХС	Ієрархія	
1	Гіперхолестерименія	1	1
2	Гіпертензія	2	2
3	Паління	3	3
11	Несприятлива спадковість	4	4
7	Стрес	5	6
10	Цукровий діабет	6	5
6	Коронарне поведження	7 – 8	8
9	Нераціональне харчування	7 – 8	9
5	Надлишкова маса тіла	9	7
4	Гіподинамія	10	10
12	Неадекватний відпочинок	11	11
8	Відсутність соціально-психологічної підтримки	12	12
13	Алкоголь	13	13

Результат динаміки коефіцієнтів кореляції, наведений у табл. 2.8, свідчить про те, що порівняно з першим туром опитування значення коефіцієнта кореляції збільшилося в семи експертів, зменшилося – в одного й не змінилося – у двох, тобто після другого туру опитування відбулося зближення думок експертів групи. У протилежному разі зменшується погодженість думок експертів.

Таблиця 2.8

Динаміка коефіцієнтів кореляцій у групі експертів після двох турів опитування

Код експерта	Коефіцієнт кореляції із середньою оцінкою групи		Динаміка коефіцієнта кореляції
	Перший тур	Другий тур	
1	0,69	0,76	>
2	0,49	0,72	>
3	0,53 *	0,55 *	>

4	0,87	0,86	<
5	0,83	0,93	>
6	0,86	0,86	=
7	0,87	0,92	>
8	0,93 **	0,93	=
9	0,79	0,83	>
10	0,92	0,95 **	>

Зауваження 2.5.

> – значення коефіцієнта кореляції збільшилося;

< – значення коефіцієнта кореляції зменшилося;

= – значення коефіцієнта кореляції не змінилося;

* – експерт-екстремал;

** – експерт-репрезентант.

Класичний метод Дельфі включає чотири тури анкетування. З метою вирішення питання про проведення або не проведення третього туру опитування була обчислена оцінка погодженості думок експертів. Для цього була сформована матриця $\mathbf{A} = (a_{ij})$ альтернативних думок експертів, елементи якої становлять сумарну кількість переваг i -го фактора ризику над j -м фактором ризику за відповідями всього колективу експертів, причому $a_{ij} + a_{ji} = m$, де $i, j = 1, 2, \dots, n$... Діагональні елементи матриці \mathbf{A} не заповнюються (табл. 2.9).

Таким чином,

$$A = \sum_{t=1}^m W^t.$$

Наприклад, $a_{12} = 6$ і $a_{21} = 4$ означає, що при порівнянні фактора 1 і фактора 2 експерти віддали факторові 1 (Гіперхолестеринемії) шість оцінок з десяти, а факторові 2 (Гіпертензії) – чотири оцінки з десяти.

Вихідна матриця А альтернативних думок експертів групи

—	6	8,5	8,5	8,5	7	6,5	8,5	10	6	6,5	9	10
4	—	9	9,5	9,5	8	7,5	8	10	6,5	8	10	10
1,5	1	—	8	7	5,5	6	7,5	9	5,5	6,5	9,5	9,5
1,5	0,5	2	—	3	3	3,5	6,5	6,5	1	2,5	8	10
1,5	0,5	3	7	—	5	4,5	7,5	8,5	2,5	3	9,5	9,5
3	2	4,5	7	5	—	5,5	8,5	7	2,5	4	9	10
3,5	2,5	4	6,5	5,5	4,5	—	8	8	3,5	4	8,5	9,5
1,5	2	2,5	3,5	2,5	1,5	2	—	4,5	1	1,5	5,5	9
0	0	1	3,5	1,5	3	2	5,5	—	1	1,5	5,5	9,5
4	3,5	4,5	9	7,5	7,5	6,5	9	9	—	7,5	10	10
3,5	2	3,5	7,5	7	6	6	8,5	8,5	2,5	—	10	10
1	0	0,5	2	0,5	1	1,5	4,5	4,4	0	0	—	8,5
0	0	0,5	0	0,5	0	0,5	1	0,5	0	0	1,5	—

Коефіцієнт згоди u думок експертів при парному порівнянні вимірює число збігів переваг між парами експертів і обчислюється в такий спосіб:

$$u = \left(4 \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n a_{ij}^2 - 4m \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n a_{ij} + m(m-1)n(n-1) \right) / m(m-1)n(n-1).$$

Повна погодженість у перевагах експертів має місце тоді й тільки тоді, коли $u = 1$. Чим менше ступінь погодженості експертів, тим менше значення приймає коефіцієнт u .

Коефіцієнт згоди обчислювався за елементами верхньої трикутної частини матриці A і виявився рівним $u = 0,68$.

Перевірка статистичної впевненості величини $u = 0,68$ здійснюється за критерієм розподілу хі-квадрат (χ^2) зі ν ступенями волі. Значення χ^2 і ν розраховуються в такий спосіб:

$$\chi^2 = 4(\sum + n(n-1)m(m-1)(m-3)/(8(m-2)))/(m-2),$$

$$\nu = n(n-1)m(m-1)/(2(m-2)^2),$$

де

$$\Sigma = \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n a_{ij}^2 - m \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n a_{ij} + m(m-1)n(n-1)/4.$$

Результат обчислень показав, що $\chi^2 = 433,7$ і $\nu = 109,7$.

При $\nu \geq 30$ величину $(2\chi^2)$ можна вважати нормально розподіленою із середньою $(2\nu - 1)^{1/2}$ і дисперсією рівною одиниці так, що відхилення дорівнює

$$(2\chi^2)^{1/2} - (2\nu - 1)^{1/2} = 14,97.$$

Отримані результати свідчать про те, що лише з незначною ймовірністю можна припускати випадковий характер переваг.

Це дозволяє перервати перехід на третій тур опитування й перейти до визначення коефіцієнтів ієрархії факторів ризику ІХС. Якщо значення коефіцієнта згоди виявляється недостовірним, то проводиться наступний тур експертизи.

Третій етап. Матриця **P** часток альтернативних думок експертів, визначається за наступним алгоритмом:

Крок 1. Обчислюється частка випадків p_{ij} переваги i -го фактора ризику над j -м фактором ризику

$$p_{ij} = a_{ij} / m.$$

Крок 2. Обчислюється частка випадків p_{ji} переваги j -го фактора ризику над i -м фактором ризику:

$$p_{ji} = a_{ji} / m.$$

Зазначимо, що елементи матриці **P** задовольняють наступну властивість:

$$p_{ij} + p_{ji} = 1.$$

Матриця **P** часток альтернативних думок експертів групи подана в табл. 2.10.

Таблиця 2.10

Матриця Р часток альтернативних думок експертів групи

—	0,6	0,85	0,85	0,85	0,7	0,65	0,85	0,1	0,6	0,65	0,9	1
0,4	—	0,9	0,95	0,95	0,8	0,75	0,8	1	0,65	0,8	1	1
0,15	0,1	—	0,8	0,7	0,55	0,6	0,75	0,9	0,55	0,65	0,95	0,95
0,15	0,05	0,2	—	0,3	0,3	0,35	0,65	0,65	0,1	0,25	0,8	1
0,15	0,05	0,3	0,7	—	0,5	0,45	0,75	0,85	0,25	0,3	0,95	0,95
0,3	0,2	0,45	0,7	0,5	—	0,55	0,85	0,7	0,25	0,4	0,9	0,1
0,35	0,25	0,4	0,65	0,55	0,45	—	0,8	0,8	0,35	0,4	0,85	0,95
0,15	0,2	0,25	0,35	0,25	0,15	0,2	—	0,45	0,1	0,15	0,55	0,9
0	0	0,1	0,35	0,15	0,3	0,2	0,55	—	0,1	0,15	0,55	0,95
0,4	0,35	0,45	0,9	0,75	0,75	0,65	0,9	0,9	—	0,75	0,1	0,1
0,35	0,2	0,35	0,75	0,7	0,6	0,6	0,85	0,85	0,25	—	0,1	0,1
0,1	0	0,05	0,2	0,05	0,1	0,15	0,45	0,44	0	0	—	0,85
0	0	0,05	0	0,05	0	0,05	0,1	0,05	0	0	0,15	—

Четвертий етап. Алгоритм стандартизації матриці **Р** часток альтернативних думок експертів складається із трьох кроків.

Крок 1. Обчислюється \bar{p} – середнє значення елементів матриці **Р**

$$M = \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n p_{ij} + \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} p_{ij},$$

$$\bar{p} = M / n(n-1).$$

Крок 2. Обчислюється σ – середнє квадратичне відхилення елементів матриці **Р**:

$$\sigma^2 = [\sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n p_{ij}^2 + \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} p_{ij}^2 - n^2 M] / (n-1).$$

Крок 3. Визначається стандартизована матриця **S**:

$$s_{ij} = (p_{ij} - \bar{p}) / \sigma, \quad i, j = 1, 2, \dots, n.$$

Результати обчислень: $\bar{p} = 0,5$, $\sigma = 0,33$.

Стандартизована матриця **S** часток альтернативних думок експертів наведена в табл. 2.11.

Таблиця 2.11

Матриця S часток альтернативних думок експертів групи

–	0,3	1,06	1,06	1,06	0,61	0,45	1,06	1,52	0,3	0,45	1,21	1,52
–0,3	–	1,21	1,36	1,36	0,91	0,76	0,91	1,52	0,45	0,91	1,52	1,52
–1,06	–1,21	–	0,91	0,61	0,15	0,3	0,76	1,21	0,15	0,45	1,36	1,36
–1,06	–1,36	–0,91	–	–0,61	–0,61	–0,45	0,45	0,45	–1,21	–0,76	0,91	1,52
–1,06	–1,36	–0,61	0,61	–	0	–0,15	0,76	1,06	–0,76	–0,61	1,36	1,36
–0,61	–0,91	–0,15	0,61	0	–	0,15	1,06	0,61	–0,76	–0,3	1,21	1,52
–0,45	–0,76	–0,3	0,45	0,15	–0,15	–	0,91	0,91	–0,45	–0,3	1,06	1,36
–1,06	–0,91	–0,76	–0,45	–0,76	–1,06	–0,91	–	–0,15	–1,21	–1,06	0,15	1,21
–1,52	–1,52	–1,21	–0,45	–1,06	–0,61	–0,91	0,15	–	–1,21	–1,06	0,15	1,36
–0,3	–0,45	–0,15	1,21	0,76	0,76	0,45	1,21	1,21	–	0,76	1,52	1,52
–0,45	–0,91	–0,45	0,76	0,61	0,3	0,3	1,06	1,06	–0,76	–	1,52	1,52
–1,21	–1,52	–1,36	–0,91	–1,36	–1,21	–1,06	–0,15	–0,15	–1,52	–1,52	–	1,06
–1,52	–1,52	–1,36	–1,52	–1,36	–1,52	–1,36	–1,21	–1,36	–1,52	–1,52	–1,06	–

П'ятий етап. Оскільки при $\nu \geq 30$ хі-квадрат розподіл зводиться до нормального розподілу, то стандартизована матриця **S** часток альтернативних думок експертів апроксимується гаусовським розподілом.

Алгоритм апроксимації:

Крок 1. Обчислюється $S(k)$ – середнє стандартизоване значення k-го фактора ризику:

$$S(k) = \sum_{j=1, j \neq k}^n s_{kj} / (n-1).$$

Нижче наведені обчислені значення $S(k)$:

$S(1) = 0,815$; $S(2) = 0,933$; $S(3) = 0,384$; $S(4) = -0,28$; $S(5) = 0,046$;
 $S(6) = 0,187$; $S(7) = 0,187$; $S(8) = -0,536$; $S(9) = -0,607$;
 $S(10) = 0,654$; $S(11) = 0,351$; $S(12) = -0,839$; $S(13) = -1,295$.

Крок 2. За таблицею нормального розподілу для кожного $S(k)$ існує значення функції Φ , $\Phi(S(k))$, $k = 1, 2, \dots, n$.

Крок 3. Обчислення апроксимованого значення k-го фактора ризику за правилом:

1) якщо $S(k) > 0$, то $\Phi(S(k)) = \Phi(S(k))$,

2) якщо $S(k) < 0$, то $\Phi(S(k)) = 1 - \Phi(S(k))$, $k = 1, 2, \dots, n$.

За результатами кроків 2 і 3 апроксимовані значення факторів ризику ІХС виявилися наступними:

$\Phi(S(1)) = 0,7925$, $\Phi(S(2)) = 0,8246$, $\Phi(S(3)) = 0,6495$, $\Phi(S(4)) = 0,3897$,
 $\Phi(S(5)) = 0,5183$, $\Phi(S(6)) = 0,5742$, $\Phi(S(7)) = 0,5742$, $\Phi(S(8)) = 0,296$,
 $\Phi(S(9)) = 0,2719$, $\Phi(S(10)) = 0,7434$, $\Phi(S(11)) = 0,6372$,
 $\Phi(S(12)) = 0,2007$, $\Phi(S(13)) = 0,0977$.

З результатів апроксимації відно, що значення, наприклад, фактора ризику 1 (Гіперхолестеринемія) дорівнює $S(1) = 0,815$. Отже, $\Phi(S(1)) = 0,7925$. Через те що $S(1) > 0$, то $\Phi(S(1)) = 0,7925$.

Значення фактора ризику 13 (Алкоголь) $S(13) = -1,295$. Отже, $\Phi(S(13)) = 0,9023$. Через те що $S(13) < 0$, то $\Phi(S(13)) = 1 - \Phi(S(13)) = 1 - 0,9023 = 0,0977$.

Шостий етап. Визначення ієрархії факторів ризику ІХС.

Алгоритм визначення ієрархії факторів ризику ІХС полягає в обчисленні коефіцієнтів ієрархії й ранжируванні їхніх значень від найбільших величин до найменших.

Крок 1. Визначається значення $I(k)$ – коефіцієнта ієрархії k-го фактора ризику – за формулою:

$$I(k) = \Phi(S(k)) / \sum_{k=1}^n \Phi(S(k)),$$

де $k = 1, 2, \dots, n$.

Наприклад, $I(1) = 0,7925 / 6,5699 = 0,121$.

Крок 2. Найбільшому значенню коефіцієнта ієрархії привласнюється рангове місце 1, найменшому – рангове місце 13.

Відповідно до наведеного методу остаточно ієрархія факторів ризику ІХС подана в табл. 2.12.

Ієрархія факторів ризику ІХС

Код фактора	Фактор ризику ІХС	Коефіцієнт ієрархії	Рангове місце
2	Гіпертензія	0,126	1
1	Гіперхолестерименія	0,121	2
10	Цукровий діабет	0,113	3
3	Паління	0,099	4
11	Несприятлива спадковість	0,097	5
6	Коронарне поведження	0,087	6 – 7
7	Стрес	0,087	6 – 7
5	Надлишкова маса тіла	0,079	8
4	Гіподинамія	0,059	9
8	Відсутність соціально-психологічної підтримки	0,045	10
9	Нераціональне харчування	0,041	11
12	Неадекватний відпочинок	0,031	12
13	Алкоголь	0,015	13

Отримані значення коефіцієнтів ієрархії стали основою розрахунку коефіцієнтів упевненості фактів БЗ і визначили послідовність застосування продукцій та фреймів під час консультації.

2.2. Подання знань за допомогою правил і фреймів

У результаті концептуалізації предметної області виділені фактори ризику ІХС, кожен з яких описується своєю безліччю атрибутів.

Знання, що характеризують фактори ризику, подані у вигляді кластерів. Під кластером розуміється група правил, що дозволяють відобразити знання щодо ступеня ризику індивіда за окремим фактором ІХС. Уся база знань розбита на 13 кластерів. Кожному кластеру відповідає свій фактор ризику.

Поділ знань на кластери та їх упорядкування дозволили здійснити контроль за проведенням консультації і значно полегшили експерименти з модифікаціями знань.

Для інтерпретації знань кластера використовуються такі типи атрибутів:

питальні;

проміжні (тимчасові);

репрезентативні (підціюві);

цільові (наприклад, цільовим атрибутом може бути атрибут "РИЗИК ІХС").

Кластери бази знань мають ієрархічну структуру. На нижньому рівні кластера перебувають правила, що встановлюють відповідність між питальними й проміжними атрибутами та їхніми значеннями. Умови цих правил формуються з питальних атрибутів, значення яких визначаються шляхом постановки запитань користувачеві.

На наступному рівні містяться правила, що встановлюють взаємозв'язок між підцілювими атрибутами.

На верхньому рівні ієрархії розташовані правила, що задають значення цільовому атрибуту.

Дану структуру можна простежити на прикладі кластера 8 "Надлишкова маса тіла". Для опису знань кластера використовуються наступні атрибути. Репрезентативним атрибутом кластера є "Маса тіла", що може приймати значення: "Ризик", "Не ризик", "Виключити". Проміжним атрибутом служить атрибут "Індекс Кетле", значення якого в системі обчислюється за формулою:

$$\text{Індекс Кетле} = \text{Вага} \times 1000 / \text{Ріст},$$

де "Вага", "Ріст" – питальні атрибути.

Знання кластера відображені у фреймах і продукціях. Розглянемо, як перетвориться під час консультації вихідний фрейм у фрейм-екземпляр.

Питальний атрибут "Стать" активізується на запитання "Ваша стать?", що дозволяє користувачеві вибрати одну з наступних відповідей:

Жіноча;

Чоловіча.

Залежно від відповіді машина висновку системи "КАРКАС" формує факт у вигляді вираження:

Атрибут = Значення, к. у.,

де к. у. – коефіцієнт упевненості, що дозволяє інтерпретувати вираження з погляду його істинності.

Діапазон зміни к. у. може бути від 0 до 1 або 0 до 100%.

Наприклад, якщо користувач вибере відповідь із номером 2, то утвориться факт

Стать = Чоловіча, к. у. = 1.

Питальний атрибут "Ріст" характеризується запитанням "Який ваш ріст у сантиметрах?" з наступними варіантами відповідей:

Уведення;

Не знаю.

У випадку, якщо обрано відповідь із номером 1, то питальний атрибут одержує статус слота, тобто у фреймі, в якому перебуває цей атрибут, після введення інформації користувачем відбудеться заміна значення "Уведення" на шукане значення. У протилежному разі питальний атрибут одержить значення "Не знаю". Нехай обрана відповідь буде з номером 1 і користувач набрав число 178, тоді вихідний фрейм, що описує цю ситуацію, такий:

Фрейм 40.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Стать = Чоловіча

Ріст = Уведення

Вага = Уведення

Цільовий слот.

Індекс Кетле = Визначити.

перетвориться у фрейм-екземпляр 1 наступного виду

Фрейм 40.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Стать = Чоловіча

Ріст = 178

Вага = Уведення

Цільовий слот.

Індекс Кетле = Визначати.

Аналогічно для питального атрибута "Вага" активізується запитання "Яка ваша вага в кілограмах?" і пропонуються варіанти відповіді:

Уведення;

Не знаю.

Якщо обрано відповідь 1 і введене число 84, то фрейм-екземпляр 1 перетворюється у фрейм-екземпляр 2, що має вигляд:

Фрейм 40.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Стать = Чоловіча.

Ріст = 178.

Вага = 84.

Цільовий слот.

Індекс Кетле = Визначити.

Далі активізується проміжний атрибут "Індекс Кетле", що одержує статус демона, тобто викликається процедура, яка обчислює індекс Кетле за формулою залежно від значення атрибута "Стать". Таким чином, фрейм-екземпляр 2 перетворюється в заключний фрейм-екземпляр і має вигляд:

Фрейм 40.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Стать = Чоловіча.

Ріст = 178.

Вага = 84.

Цільовий слот.

Індекс Кетле = 400 – 499.

Цей кластер містить вісім фреймів типу фрейму 40, які розташовані на нижньому рівні ієрархії. Відзначимо, що якщо атрибут одержує статус слота, то його значення автоматично привласнюється в усіх інших фреймах, у яких він утримується. Інакше кажучи, слоти кластера мають властивість спадкування.

На наступному рівні кластера перебувають продукції виду:

Правило 49. A&B#.

ЯКЩО

А Стать = Жіноча.

В Індекс Кетле [] 563..749.

ТО

Маса тіла = Ризик, к. у. п. = 0,078.

Коефіцієнт упевненості правила (к. у. п.) розраховується на основі значень коефіцієнтів ієрархії (табл. 2.12). Такого типу правил у кластері налічується 12. Тут питальні атрибути й репрезентативний атрибут "Маса тіла" мають конкретні значення.

Деякі кластери мають просту структуру. Наприклад, кластер 2 "Гіперхолестеринемія" задається репрезентативним атрибутом "Холестерин" і одним питальним атрибутом "Рівень". У цьому випадку правила представлені у вигляді продукції.

Для опису знань кластера використовуються: питальний атрибут "Рівень", запитання "Який у вас рівень загального холестерину сироватки крові?" і варіанти відповіді:

Нижче 220 мг%;

220 і вище мг%;

Не знаю.

Правило 17. А#.

ЯКЩО

А Вміст = Норма (нижче 5.72 ммол/л)

ТО

Холестерин = Не ризик, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рівень вмісту холестерину в сироватці крові в межах норми. Ступінь ризику ІХС = 0. Рекомендується лабораторний контроль за даним дослідженням 1 раз на рік.

Правило 18. А#.

ЯКЩО

А Вміст = Проміжний рівень (5,72 – 6,76 ммол/л)

ТО

Холестерин = Ризик, к. у. п. = 0,120.

Аргументація.

Рівень вмісту холестерину в сироватці крові вище норми. Ступінь ризику ІХС = 12,1%. Рекомендується консультація кардіолога.

Правило 18а. А#.

ЯКЩО

А Вміст = Вище норми (більше 6,76 ммол/л)

ТО

Холестерин = Ризик, к. у. п. = 0,121.

Аргументація.

Рівень вмісту холестерину в сироватці крові вище норми. Ступінь ризику ІХС = 12,1%. Рекомендується консультація кардіолога.

Правило 19. А#.

ЯКЩО

А Вміст = Ні

ТО

Холестерин = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рекомендується проведення лабораторного дослідження на визначення рівня холестерину в сироватці крові. Ступінь ризику ІХС не відомий.

Якщо у процесі консультації репрезентативний атрибут одержує значення "Виключити", то наприкінці консультації видаються рекомендації для визначення значення даного атрибута. Наприклад, якщо спрацює правило 19, то буде утворений факт:

Холестерин = Виключити.

Як рекомендація буде видане повідомлення "Вам необхідний лабораторний контроль рівня загального холестерину в сироватці крові".

Факти БЗ можуть утворюватися в результаті відповідей на запитання (констатуючі факти), а також при виконанні правил (результуючі факти). Коефіцієнти впевненості фактів БЗ розраховуються для кожного кластера за своїм методом, виходячи з коефіцієнта ієрархії кластера.

У системі "КАРКАС", як і в більшості ЕС, коефіцієнти впевненості правил проставляються експертом до консультації. Але БЗ системи містить кластери, в яких коефіцієнти впевненості правил обчислюються при опитуванні користувача. Для цього використовуються коефіцієнти впевненості констатуючих фактів.

У системі коефіцієнти впевненості правил розраховуються різними способами.

Розглянемо метод бісекції:

$$\beta_1 = 0, \quad \beta_i = (i - 1)I_k / ((s - 1)100), \quad (i = 2, \dots, s - 1),$$
$$\beta_s = J_k / 100,$$

де β_i – значення коефіцієнта впевненості i -го правила, I_k – значення коефіцієнта ієрархії k -го кластера, s – число правил кластера, що містять репрезентативний атрибут.

Зауваження 2.7. При $\beta_1 = 0$ репрезентативний атрибут у правилі приймає значення "Не ризик" і к. у. п. не проставляється, в інших випадках – "Ризик" з відповідним значенням к. у. п. рівним β_i ($i = 2, \dots, s - 1$).

Покажемо, як розраховуються коефіцієнти впевненості для правил кластера з номером 4 ("Паління"). Значення коефіцієнта ієрархії для даного кластера дорівнює $I_4 = 9,9$ (див. табл. 2.12). Питальний атрибут "День" характеризується запитанням "Скільки сигарет у день ви викарєте?", якому відповідають варіанти відповіді:

- Ні однієї сигарети;
- 1 – 4 сигарети;
- Від 5 сигарет до однієї пачки;
- Більше однієї пачки сигарет.

Репрезентативний атрибут "Паління" може приймати значення "Ризик" і "Не ризик". Когнітологом складені наступні правила, коефіцієнти впевненості яких були розраховані за методу бісекції:

Правило 32. А#.

ЯКЩО

А День = Ні однієї сигарети

ТО

Паління = Не ризик.

Правило 33. А#.

ЯКЩО

А День = 1 – 4 сигарети

ТО

Паління = Ризик, к. у. п. = 0,033.

Правило 34. А#.

ЯКЩО

А День = Від 5 сигарет до однієї пачки

ТО

Паління = Ризик, к. у. п. = 0,066.

Правило 35. А#.

ЯКЩО

А День = Більше однієї пачки сигарет

ТО

Паління = Ризик, к. у. п. = 0,099.

Якщо під час консультації користувачем був обраний варіант відповіді 3 , то утвориться факт, що констатує:

День = Від 5 сигарет до однієї пачки, к. у. = 1,

який використовується в роботі правила 34, в результаті чого утвориться факт:

Паління = Ризик, к. у. п. = 0,066.

Метод полярних оцінок включає присвоєння к. у. правила одного із двох "полярних" значень: мінімального або максимального. При цьому мінімальне значення дорівнює нулю, максимальне – значенню коефіцієнта ієрархії кластера. Наприклад, цей метод застосовувався для кластера фактора ризику "Діабет":

Правило 20. А#.

ЯКЩО

А Цукровим діабетом = Так

ТО

Діабет = Ризик, к. у. п. = 0,105.

Правило 21. А#.

ЯКЩО

А Цукровим діабетом = Немає

ТО

Діабет = Не ризик.

Процедура розрахунку коефіцієнтів упевненості правил за методом бальних оцінок полягає в тому, що спочатку обчислюється сума балів за відповідями користувача на запитання, а потім застосовується метод бісекції.

Як приклад розглянемо структуру кластера з номером 6 ("Поводження"). Цей кластер містить три статичні правила й одне динамічне. Покажемо, як здійсню розрахунок коефіцієнтів упевненості статичних правил.

Відповідно до результатів психологічного тесту, якщо сума балів становить 29 і менше, то поведження віднос до типу А і класифікується як ризик ІХС. Сума балів від 30 до 41 характеризує проміжний тип поведження (між А і В). Якщо сума балів становить 42 і вище, то поведження віднос до типу В і класифікується як не ризик ІХС.

Ця ситуація описується наступними правилами, коефіцієнти впевненості яких обчислені за методом бісекції. Коефіцієнт ієрархії кластера з номером 6 ("Поводження") становить 8,7%.

Правило 37. А#.

ЯКЩО

А Бал поведження [] 16..29

ТО

Поводження = Ризик, к. у. п. = 0,087.

Правило 38. А#.

ЯКЩО

А Бал поведження [] 30..41

ТО

Поводження = Ризик, к. у. п. = 0,086.

Правило 39. А#.

ЯКЩО

А Бал поведження [] 42..80

ТО

Поводження = Не ризик, к. у. п. = 0.0.

Наприклад, якщо в результаті відповідей на запитання з оцінки коронарного поведження сума балів склала 22, то виконається правило 39 і сформується результуючий факт:

Поводження = Ризик, к. у. п. = 0,087.

Отже, при сумі в 22 бали коронарне поведження відповідає ризику ІХС, рівному 8,7% .

Знання кластера описуються шістнадцятьма питальними атрибутами, які формують динамічне правило. Останнє змінюється залежно від відповідей користувача на запитання. Динамічне правило служить тут для визначення суми балів коронарного поведження. Воно представлено фреймом 36, у якому є шістнадцять слотів, кожен з яких є демоном.

Фрейм 36.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Трудовий день | Сума |

Проблеми | Сума |

Справи | Сума |

Їжа | Сума |

Думка | Сума |

Гра | Сума |

Рухливість | Сума |

Енергійність | Сума |

Зайнятість | Сума |

Ефективність | Сума |

Чутливість | Сума |

Поспіх | Сума |

Відволікання | Сума |

Ставлення до роботи | Сума |

Життя | Сума |

Інтенсивність | Сума |

Цільовий слот.

Бал поведження | Визначити.

Заключне правило БЗ динамічно змінюється у процесі консультації й призначено для визначення інтегральної оцінки ризику ІХС і до консультації представлено в такий спосіб:

Фрейм 73.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Тиск | Заміщення | н

Холестерин | Заміщення | н

Діабет | Заміщення | н

Спадковість | Заміщення | н
Стрес | Заміщення | н
Паління | Заміщення | н
Поводження | Заміщення | н
Маса тіла | Заміщення | н
Рух | Заміщення | н
Підтримка | Заміщення | н
Харчування | Заміщення | н
Алкоголь | Заміщення | н
Відпочинок | Заміщення | н
Цільовий слот.
Ризик ІХС | Обчислити.

Фрейм містить репрезентативні атрибути кластерів, які мають статус слота. Цільовий атрибут "Ризик ІХС" є демоном і служить для підрахунку коефіцієнта впевненості одержуваного факту. Значення к. у. визначається підсумовуванням к. у. фактів, у яких беруть участь репрезентативні атрибути.

БЗ системи містить ряд метаправил для управління кластерами знань, наприклад:

Метаправило 1. A&B#.

ЯКЩО

A Тиск=Ризик

B Холестерин=Ризик

ТО

Ризик ІХС = Становить, к. у. п. = 0,267.

Це метаправило дозволяє передчасно закінчити консультацію, якщо під час консультації за кластерами "Тиск" і "Холестерин" пацієнт набрав досить велику оцінку ризику ІХС, наприклад 26,7%.

2.3. Атрибути предметної області

Список атрибутів БЗ.

Ім'я атрибута: Інтенсивність.

Роботи у вас порівняно з колегами:

Відповіді:

1. Більше.
2. Стількиж.
3. Менше.
4. Я не працюю.

Ім'я атрибута: Життя.

Як ви ставитеся до життя в цілому?

Відповіді:

1. Дуже серйозно.
2. Серйозніше, ніж інші.
3. Так, які інші.

Ім'я атрибута: Ставлення до роботи.

Ви приходите до початку робочого дня й затримуетеся після роботи?

Відповіді:

1. Один раз на тиждень і частіше.
2. Рідше одного разу на тиждень.
3. Ніколи.
4. На моїй роботі це неможливо.
5. Я не працюю.

Ім'я атрибута: Відволікання.

Ви відволікаєтеся від думок про свою роботу у відпустці?

Відповіді:

1. Ні.
2. Зрідка.
3. Так.
4. Я не працюю.

Ім'я атрибута: Поспіх.

Могли б про вас сказати, що ви багато чого робите в поспіху?

Відповіді:

1. Так.
2. Імовірно, так.
3. Імовірно, ні.
4. Ні.

5. Не знаю.

Ім'я атрибута: Чутливість.

Могли б про вас сказати, що ви легко дратуєтесь?

Відповіді:

1. Так.
2. Імовірно, так.
3. Імовірно, ні.
4. Ні.
5. Не знаю.

Ім'я атрибута: Ефективність.

Могли б про вас сказати, що за короткий строк Ви здатні зробити багато чого?

Відповіді:

1. Так.
2. Імовірно, так.
3. Імовірно, ні.
4. Ні.
5. Не знаю.

Ім'я атрибута: Зайнятість.

Знаючи вас люди могли б сказати, що ви занадто зайняті роботою?

Відповіді:

1. Так.
2. Імовірно, так.
3. Імовірно, ні.
4. Ні.
5. Не знаю.
6. Я не працюю.

Ім'я атрибута: Енергійність.

Як інші оцінюють вашу енергійність?

Відповіді:

1. Занадто енергійний.
2. Енергійний.
3. Міг би бути й більше енергійним.
4. Не знаю.

Ім'я атрибута: Рухливість.

Оцініть свою активність у даний момент.

Відповіді:

1. Дуже активний.
2. Активний.
3. Звичайно не напружуюся.
4. Ніколи не напружуюся.

Ім'я атрибута: Гра.

У грі ви:

Відповіді:

1. Докладаєте всі сили для виграшу.
2. Не докладаєте зусиль, але намагаєтеся.
3. Відпочиваєте, а виграш вам не важливий.
4. Не граєте.

Ім'я атрибута: Думка.

Як часто виникає у вас бажання поквипити того, хто довго висловлює свою думку?

Відповіді:

1. Часто.
2. Іноді.
3. Ніколи.

Ім'я атрибута: Їжа.

Порівняно з іншими ви з'їдаєте їжу:

Відповіді:

1. Набагато швидше.
2. Трохи швидше.
3. Як усі.
4. Повільніше.

Ім'я атрибута: Справи.

Кілька справ відразу ви робите:

Відповіді:

1. Часто.
2. Іноді.
3. Ніколи.

Ім'я атрибута: Проблеми.

Якщо ви чимось схвильовані, то беретеся за вирішення проблеми негайно?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.
3. Не знаю.

Ім'я атрибута: Трудовий день.

Ваш трудовий день заповнений справами:

Відповіді:

1. Що потребують уваги й напруги.
2. Як у більшості людей.
3. Що не потребують уваги й напруги.
4. Я не працюю.

Ім'я атрибута: Вага.

Ваша вага в кілограмах у даний момент:

Відповіді:

1. Уведення.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Ріст.

Ваш ріст у сантиметрах у даний момент:

Відповіді:

1. Уведення.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Стать.

Ваша стать?

Відповіді:

1. Жіноча.
2. Чоловіча.

Ім'я атрибута: Тренування.

Чи тренуєтеся ви у вихідні дні 2 і більше години?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Будні дні.

Чи тренуєтеся ви 2 рази на тиждень у будні дні?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Гімнастика.

Чи займаєтеся ви гімнастикою 40 і більше хвилин щодня?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Ходьба.

Чи витрачаєте ви на ходьбу 2 години на день?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Спорт.

Чи займаєтеся ви регулярно яким-небудь видом спорту?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Навантаження.

Чи становить у вас фізична активність на роботі 5 і більше годин на день?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Діастола.

Ваш звичайний рівень нижнього (діастолічного) тиску крові (в міліметрах ртутного стовпчина).

Відповіді:

1. Уведення.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Систола.

Ваш звичайний рівень верхнього (сistolічного) тиску крові (в міліметрах ртутного стовпчина).

Відповіді:

1. Уведення.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Вміст.

Ваш звичайний рівень загального холестерину в сироватці крові:

Відповіді:

1. Норма (нижче 5,72 ммол/л).
2. Проміжний рівень (5,72 – 6,76 ммол/л).
3. Вище норми (більше 6,76 ммол/л).
4. Не знаю.

Ім'я атрибута: Звільнення.

Оцініть ступінь переживання вами звільнення з роботи, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Звільнення не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Пенсія.

Оцініть ступінь переживання вами виходу на пенсію, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Виходу на пенсію не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Зміна.

Оцініть ступінь переживання вами зміни роботи, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Зміни роботи не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

6. Я не працюю.

Ім'я атрибута: Відповідальність.

Оцініть ступінь переживання вами зміни відповідальності на роботі, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Зміни відповідальності на роботі не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.
6. Я не працюю.

Ім'я атрибута: Шеф.

Оцініть ступінь переживання вами конфліктів із шефом, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Конфліктів із шефом не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.
6. Я не працюю.

Ім'я атрибута: Колеги.

Оцініть ступінь переживання вами конфліктів з колегами, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Конфліктів з колегами не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.
6. Я не працюю.

Ім'я атрибута: Праця.

Оцініть ступінь переживання вами погіршення умов праці, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Погіршення умов праці не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.
6. Я не працюю.

Ім'я атрибута: Гроші.

Оцініть ступінь переживання вами грошових труднощів, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Грошових труднощів не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Хвороби.

Оцініть ступінь переживання вами захворювань у членів родини, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Захворювань у членів родини не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Шлюб.

Оцініть ступінь переживання вами вступу в шлюб, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Вступу в шлюб не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Вихід.

Оцініть ступінь переживання вами виходу з родини, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Виходу з родини не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Місце проживання.

Оцініть ступінь переживання вами зміни місця проживання, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Зміни місця проживання не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Поява.

Оцініть ступінь переживання вами появи нового члена родини, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Появи нового члена родини не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Син.

Оцініть ступінь переживання вами виходу з родини сина або дочки, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Виходу з родини сина або дочки не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Рідні.

Оцініть ступінь переживання вами погіршення відносин з рідними, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Погіршення відносин з рідними не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Друзі.

Оцініть ступінь погіршення відносин із друзями, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Погіршення відносин із друзями не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Сварка.

Оцініть ступінь переживання вами сварок із чоловіком (дружиною), з нареченим (нареченою), якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Сварок не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Розлучення.

Оцініть ступінь переживання вами розлучення, якщо він мав місце.

Відповіді:

1. Розлучення не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Чоловік.

Оцініть ступінь переживання вами смерті чоловіка (дружини), якщо це сталося.

Відповіді:

1. Смерті не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Друг.

Оцініть ступінь переживання вами смерті близького друга, якщо це сталося.

Відповіді:

1. Смерті не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Родич.

Оцініть ступінь переживання вами смерті родича, якщо це сталося.

Відповіді:

1. Смерті родича не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Житло.

Оцініть ступінь переживання вами житлових труднощів, якщо вони були.

Відповіді:

1. Житлових труднощів не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Рішення.

Оцініть ступінь переживання вами прийняття надзвичайно важливого рішення, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Прийняття надзвичайно важливого рішення не було.
2. Низький ступінь переживання.
3. Середній ступінь переживання.
4. Високий ступінь переживання.
5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Момент.

У даний момент ви:

Відповіді:

1. Удівець (удова).
2. Розведений (розведена).
3. Ніколи не були одруженим (замітньою).
4. Є одруженим (замітньою).

Ім'я атрибута: Взаємини.

Чи задоволені ви взаєминами на роботі?

Відповіді:

1. Я не працюю.
2. Ні.
3. Скоріше, ні.
4. Скоріше, так.
5. Так.

Ім'я атрибута: Родина.

Чи задоволені ви відносинами в родині?

Відповіді:

1. У мене немає родини.
2. Ні, не задоволений.
3. Мабуть, не задоволений.
4. Мабуть, задоволений.
5. Так, задоволений.

Ім'я атрибута: Діти.

Чи задоволені ви своїми дітьми?

Відповіді:

1. У мене немає дітей.
2. Ні.
3. Мабуть, ні.
4. Мабуть, так.
5. Так.

Ім'я атрибута: Труднощі.

Чи бувають у вас із дітьми серйозні труднощі?

Відповіді:

1. У мене немає дітей.
2. Так.
3. Мабуть, так.
4. Мабуть, ні.
5. Ні.

Ім'я атрибута: Настрій.

Як впливають взаємини в родині на ваш настрій?

Відповіді:

1. У мене немає родини.
2. Погіршують.
3. Мабуть, погіршують.
4. Мабуть, поліпшують.
5. Поліпшують.

Ім'я атрибута: Погіршення.

Як часто відносини в родині псують Вам настрій?

Відповіді:

1. У мене немає родини.
2. Дуже часто.
3. Часто.
4. Рідко.
5. Дуже рідко.

Ім'я атрибута: Близькі рідні.

Чи задоволені ви відносинами з близькими рідними?

Відповіді:

1. У мене немає близьких рідних.
2. Ні.
3. Скоріше, ні.

4. Скоріше, так.

5. Так.

Ім'я атрибута: Інтереси.

Чи є у вас друзі, з якими ви маєте спільні інтереси?

Відповіді:

1. Ні.

2. Мабуть, ні.

3. Мабуть, є.

4. Є.

Ім'я атрибута: Приймання їжі.

Скільки разів на добу ви приймаєте їжу?

Відповіді:

1. 2 рази й менше.

2. 3 рази.

3. 4 рази.

4. Більше 4-х разів.

Ім'я атрибута: Достаток.

На який час припадає у вас найбільш ситний прийом їжі?

Відповіді:

1. Ранок.

2. День.

3. Вечір.

4. Перед сном.

Ім'я атрибута: Сіль.

Чи маєте ви звичку досоловувати їжу?

Відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Ім'я атрибута: Цукор.

Скільки ложок цукру ви звичайно кладете в чай?

Відповіді:

1. Ні однієї.

2. Одну.

3. Дві.

4. Три.

5. Більше трьох.

Ім'я атрибута: Цукровий діабет.

Чи страждаєте ви цукровим діабетом?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.
3. Не знаю.

Ім'я атрибута: Вік.

Ваш вік у даний момент?

Відповіді:

1. Уведення.

Ім'я атрибута: Серце.

Чи були хвороби серця (стенокардія, інсульт, інфаркти) у вашій родині?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.
3. Не знаю.

Ім'я атрибута: Сон.

Скільки годин на добу ви звичайно спите?

Відповіді:

1. 5 годин і менше.
2. 6 годин.
3. 7 годин.
4. 8 годин.
5. 9 годин і більше.

Ім'я атрибута: Відпустка.

Щорічну відпустку ви повністю використовуєте для відпочинку?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Напої.

Як часто ви вживаєте алкогольні напої?

Відповіді:

1. 1 – 2 рази на місяць.

2. 1 – 2 рази на тиждень.

3. 1 – 2 рази на день.

4. Не вживаю.

Ім'я атрибута: Робота.

Оцініть ступінь переживання вами зміни місця роботи у чоловіка (дружини), якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Зміни місця роботи не було.

2. Низький ступінь переживання.

3. Середній ступінь переживання.

4. Високий ступінь переживання.

5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Звички.

Оцініть ступінь зміни ваших особистих звичок, якщо це було протягом останнього року.

Відповіді:

1. Зміни особистих звичок не було.

2. Низький ступінь переживання.

3. Середній ступінь переживання.

4. Високий ступінь переживання.

5. Дуже високий ступінь переживання.

Ім'я атрибута: Вихідні дні.

Вихідні дні ви повністю використовуєте для відпочинку?

Відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Ім'я атрибута: Допомога.

Чи є у вас близькі люди, які, знаючи ваші проблеми, готові вам допомогти?

Відповіді:

1. Немає.

2. Мабуть, немає.

3. Мабуть, так.

4. Так.

Ім'я атрибута: Релаксація.

Крім сну й роботи, скільки годин на добу ви витрачаєте на відпочинок?

Відповіді:

1. 2 години й менше.
2. 3 години.
3. 4 години.
4. 5 годин.
5. 6 годин.
6. 7 годин.
7. 8 годин і більше.

Ім'я атрибута: Частота.

Яка ваша частота серцевих скорочень (пульс – ударів за хвилину) у спокої?

Відповіді:

1. Уведення.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Біль.

Чи буває у вас серцевий біль або неприємне відчуття в грудній клітці ?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Гора.

Чи виникає серцевий біль (неприємне відчуття) при підйомі вгору або швидкій ходьбі?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.
3. Не ходжу швидко й не піднімаюся вгору.

Ім'я атрибута: Рівнина.

Чи виникає серцевий біль (неприємне відчуття) при ходьбі звичайним кроком по рівній місцевості?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Під час ходьби.

Що Ви робите, якщо серцевий біль (неприємне відчуття) виникає під час ходьби?

Відповіді:

1. Зупиняюся або йду повільніше.
2. Продовжую йти, не знижуючи темпу.
3. Приймаю ліки і продовжую йти.

Ім'я атрибута: Відчуття.

Якщо ви зупиняєтеся, що відбувається з серцевим болем (неприємним відчуттям)?

Відповіді:

1. Зникає.
2. Не зникає.

Ім'я атрибута: Тривалість.

Як швидко зникає серцевий біль (неприємне відчуття)?

Відповіді:

1. Через 10 хвилин або раніше.
2. Більше ніж через 10 хвилин.

Ім'я атрибута: Локалізація.

Чи можете ви вказати, де виникає серцевий біль (неприємне відчуття)?

Відповіді:

1. Грудина (верхній або середній відділ).
2. Грудина (нижній відділ).
3. Ліва половина грудної клітки спереду.
4. Ліва рука.
5. Інше місце.

Ім'я атрибута: Сильний біль.

Чи був у вас коли-небудь сильний серцевий біль, що пронизува грудну клітку та тривав 30 хвилин і більше?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Біль ніг.

Чи виникає у вас серцевий біль у ногах при ходьбі?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: При сидінні.

Чи виникає серцевий біль, коли ви спокійно стоїте або сидите?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Місце болю.

У якій частині ноги ви відчуваєте серцевий біль?

Відповіді:

1. В області метки (біль захоплює метки).
2. В іншому місці.

Ім'я атрибута: При підйомі.

Чи виникає серцевий біль при підйомі вгору або швидкій ходьбі?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.
3. Я не ходжу швидко й не піднімаюся вгору.

Ім'я атрибута: По рівній поверхні.

Чи виникає серцевий біль при ходьбі звичайним кроком по рівній поверхні?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: У продовженні ходьби.

Якщо ви продовжуєте йти, серцевий біль зникає?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: При прогулянці.

Що ви робите, якщо серцевий біль виникає під час ходьби?

Відповіді:

1. Зупиняюся або йду повільніше.
2. Продовжую йти, не знижуючи темпу.

Ім'я атрибута: При зупинці.

Якщо ви зупиняєтеся, що відбувається з серцевим болем ?

Відповіді:

1. Зникає.
2. Не зникає.

Ім'я атрибута: Час.

Як швидко зникає серцевий біль, якщо ви зупиняєтеся?

Відповіді:

1. Через 10 хвилин і раніше.
2. Більше ніж через 10 хвилин.

Ім'я атрибута: Дихання.

Чи є вас задишка при швидкій ходьбі по рівній поверхні або при підйомі по пологому схилі?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Нарівні.

Чи виникає у вас задишка, коли ви йдете нарівні з іншими людьми вашого віку по рівному місцю?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Темп.

Чи доводиться вам зупинитися для того, щоб перевести подих, коли ви йдете по рівній поверхні у звичайному для вас темпі?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Умивання.

Чи є вас задишка під час умивання або вдягання?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Сигарети.

Чи курите ви сигарети в цей час?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.
3. Іноді.

Ім'я атрибута: Затягування.

Коли ви курите, як глибоко ви звичайно затягуєтесь?

Відповіді:

1. Глибоко.
2. Частково затягуюся.
3. Вдихаю дим до гортані.
4. Тримаю дим у роті.
5. Видихаю дим відразу, як тільки вдихну.

Ім'я атрибута: Частота затягування.

Як часто ви звичайно затягуєтесь, коли курите сигарети?

Відповіді:

1. Щораз, коли беру сигарету в рот.
2. Роблю кілька затягувань при викурюванні кожної сигарети.
3. Ніколи роблю кілька затягувань при викурюванні декількох сигарет.
4. Звичайно не затягуюся.

Ім'я атрибута: Згорає.

Яка частина сигарети звичайно згорає, поки ви тримаєте її в руках?

Відповіді:

1. Дуже маленька.
2. Маленька.
3. Велика.
4. Дуже велика.

Ім'я атрибута: Число.

Скільки сигарет на добу ви викурюєте в цей час?

Відповіді:

1. 1 – 9 сигарет.
2. 10 – 19 сигарет.
3. 20 і більше сигарет.

Ім'я атрибута: Тип сигарет.

Якого типу сигарети ви звичайно курите?

Відповіді:

1. Фабричні.
2. Самокрутки.
3. З фільтром.
4. Без фільтра.
5. Зі звичайним вмістом смол і нікотину.
6. Зі зниженим вмістом смол і нікотину.
7. З ментолом.
8. Без ментолу.
9. Звичайного розміру.
10. Довгі.

Ім'я атрибута: Початок паління.

Скільки вам було років, коли ви почали курити сигарети?

Відповіді:

1. Раніше 15 років.
2. 15 – 19 років.
3. 20 – 24 роки.
4. 25 років і більше.

Ім'я атрибута: Сигарети в минулому.

Курили ви коли-небудь сигарети?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.
3. Іноді.

Ім'я атрибута: Затягування в минулому.

Чи затягувалися ви, коли курили сигарети?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Сигари.

Курили ви коли-небудь сигари?

Відповіді:

1. Ні.
2. Курив, але зараз не курю.
3. Зараз курю іноді.

4. Зараз курю регулярно.

Ім'я атрибута: Сигара-Затягування.

Ви звичайно затагуєтеся, коли курите сигари?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Трубка.

Курили ви коли-небудь трубку?

Відповіді:

1. Ні.
2. Курив, але зараз не курю.
3. Зараз курю іноді.
4. Зараз курю регулярно.

Ім'я атрибута: Кількість.

Скільки грамів тютюну звичайно ви викурюєте за добу?

Відповіді:

1. 1 – 9 грамів.
2. 10 – 19 грамів.
3. 20 і більше грамів.

Ім'я атрибута: Трубка-Затягування.

Чи затагуєтеся ви звичайно, коли курите трубку?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Штук.

Скільки звичайно сигар за тиждень ви викурюєте?

Відповіді:

1. 1 – 9 сигар.
2. 10 – 19 сигар.
3. 20 і більше сигар.

2.4. Упорядкування альтернативних гіпотез

Для редагування знань у системі використовується редактор правил. Текст правил уводиться на обмеженій природній мові. Правила розміщуються у списку і групуються в кластери. Є можливість копіювання, видалення та вставки правил.

"Дошка оголошень" (модуль машини висновку системи "КАРКАС") служить як для реєстрації проміжних результатів, так і для управління логічним висновком. На ній кожен кластер БЗ представлений своїм репрезентативним атрибутом. На початку консультації всі вони активні, тобто формують список гіпотез. Інтерпретатор правил, обробляючи їх, буде здійснювати висновок відповідно до стратегії експерта (за замовчуванням). Але користувач (експерт) може встановити інший варіант логічного висновку, додаючи, пропускаючи або змінюючи порядок серед репрезентативних атрибутів. При цьому може виявитися, що консультація стане або більш, або менш спрямованою, тобто з більшою або меншою кількіском запитань, що ставляться користувачеві.

Інше призначення "дошки оголошень" полягає в тому, що вона дозволяє відображати поточний стан БЗ. Користувач може переглянути й відкоригувати факти. Така можливість переривання логічного висновку дозволяє виправити відповіді на попередні запитання і працювати із новими даними, що надходять. Крім того, хід логічного висновку можна перевірити запитаннями, "ЯК" був утворений факт або "ЧОМУ" спрацювало правило. На запит "ЯК" видається текст питання з можливими відповідями або список правил, які привели до утворення факту. Пояснення "ЧОМУ" описує хід міркування, що привів до поточного факту. Це здійснюється логічним аналізом умов кожного проміжного правила. Число можливих рівнів пояснень залежить від ступеня вкладеності правил. Процес пояснення закінчується, якщо відбувається вихід на умову правила, що утворилося в результаті відповіді на запитання. Для пояснення можна використовувати як текст правил, так і контекст інтерпретації їхніх дій. "Дошка оголошень" доступна у будь-який момент консультації.

Інше пояснення полягає головним чином у трасуванні процесу логічного висновку, що здійснюється машиною висновку. При цьому видається дерево правил її роботи. Перегляд здійснюється за кластерами БЗ. Правила, які спрацювали під час консультації, виділяються і їхній текст тут же можна переглянути.

Машина висновку сконструйована у вигляді інтерпретатора правил. Вона реалізує алгоритм упорядкованого підбору цілей, аналізу правил і взаємодії з користувачем для знаходження основної мети консультації. Як мета може виступати будь-який атрибут кластера. На початку консультації машина висновку знімає з "дошки оголошень" активні репрезентативні атрибути кластерів і створює, якщо це необхідно, заключне правило й починає формувати список гіпотез для перегляду кластерів БЗ. При перегляді кластерів їхні репрезентативні атрибути одержують статус підцілі. Відповідно до структури кластера машина висновку визначає ієрархію міркувань, що приводять до знаходження значення підцілі. У випадку якщо значення підцілі не знайдене, то користувачеві пропонується ввести його.

Логічний висновок на рівні правил здійснюється у зворотному напрямку, тобто від діагностичних гіпотез до наявних даних, що направляється правилами висновку. Метазнання про БЗ представлені метаправилами, які проглядаються машиною висновку в прямому напрямку, тобто від утворених фактів, аналізованих за допомогою "дошки оголошень", до активізації потрібних кластерів або виробітку конкретних рекомендацій для подальшої роботи машини висновку. Гіпотези формуються в результаті розбору дії заключного правила й заносяться на "дошку оголошень". Експерт має можливість змінити порядок формування гіпотез за допомогою репрезентативних атрибутів. Заключне правило перетвориться відповідно до стратегіїю експерта.

Один з можливих варіантів подання дерева цілей для визначення ризику ІХС поданий на рис. 2.1.

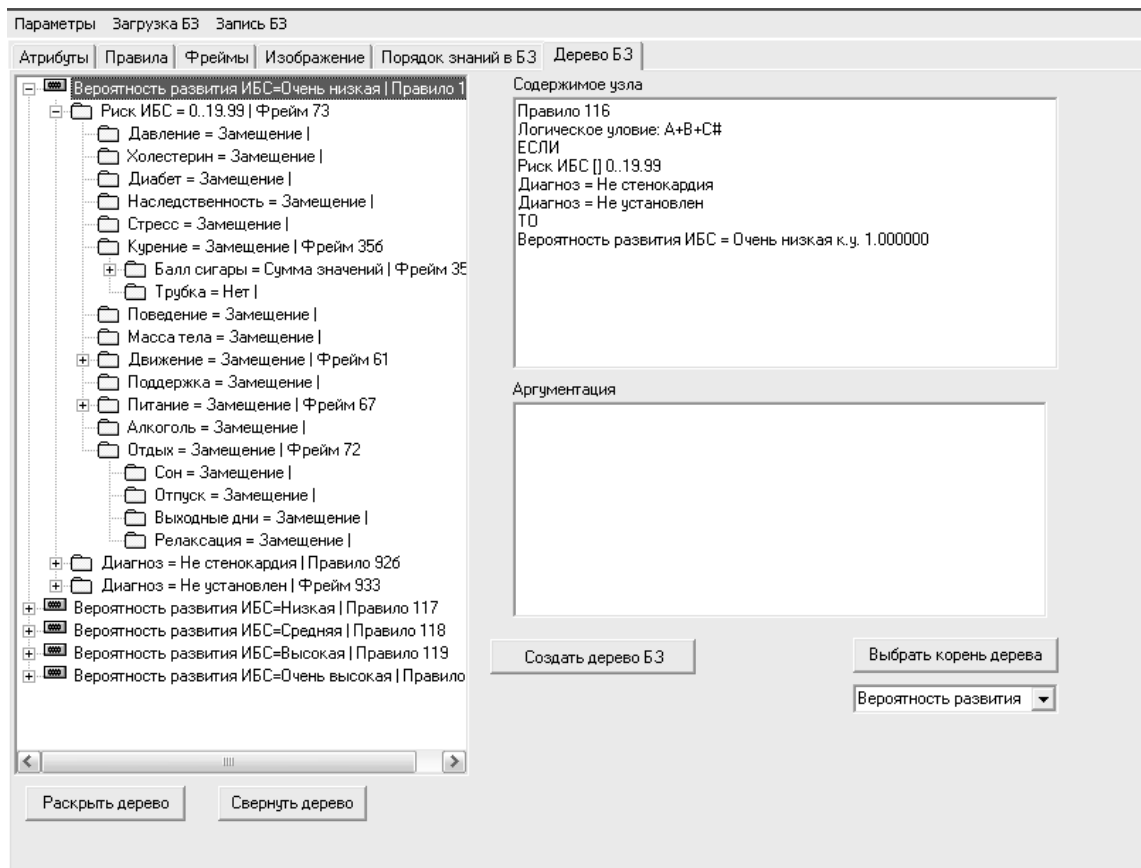


Рис. 2.1. Вариант дерева целей для визначення ризику ІХС

Оскільки для БЗ важливий порядок розташування правил і фреймів (відповідно до ієрархій ризиків ІХС), нижче приводиться їхній список разом з текстами аргументацій експертів. Метаправила подані наприкінці списку.

Правило 1. A&B#.

ЯКЩО

A Систола [] 0..139 мм рт. ст.

B Діастола [] 0..89 мм рт. ст.

ТО

Тиск = Не ризик, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рівень систолічного (верхнього) і діастолічного (нижнього) тиску крові у нормі. Ступінь ризику ІХС = 0%. Рекомендується контроль артеріального тиску 1 раз за 6 місяців.

Правило 2. A&B#.

ЯКЩО

A Систола [] 140..159 мм рт. ст.

B Діастола [] 0..89 мм рт. ст.

TO

Тиск = Ризик, к. у. п. = 0,123.

Аргументація.

У вас спостерігається підвищений рівень систолічного (верхнього) тиску крові. Ступінь ризику ІХС = 12,3%. Рекомендується консультація кардіолога.

Правило 3. A&B#.

ЯКЩО

A Систола [] 160..250 мм рт. ст.

B Діастола [] 0..89 мм рт. ст.

TO

Тиск = Ризик, к. у. п. = 0,124.

Аргументація.

У вас спостерігається високий рівень систолічного (верхнього) тиску крові. Ступінь ризику ІХС = 12,4%. Рекомендується спостереження кардіолога.

Правило 4. A&B#.

ЯКЩО

A Систола = Не знаю

B Діастола [] 0..89 мм рт. ст.

TO

Тиск = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рекомендується зміна рівня систолічного (верхнього) тиску крові.
Ступінь ризику ІХС не відома.

Правило 5. A&B#.

ЯКЩО

A Систола [] 0..139 мм рт. ст.

B Діастола [] 90..94 мм рт. ст.

TO

Тиск = Ризик, к. у. п. = 0,123.

Аргументація.

У вас спостерігається підвищений рівень діастолічного (нижнього) тиску крові. Ступінь ризику ІХС = 12,3%. Рекомендується консультація кардіолога.

Правило 6. A&B#.

ЯКЩО

A Систола [] 140..159 мм рт. ст.

B Діастола [] 90..94 мм рт. ст.

ТО

Тиск = Ризик, к. у. п. = 0,124.

Аргументація.

У вас спостерігається підвищений рівень систолічного (верхнього) і діастолічного (нижнього) тиску крові. Ступінь ризику ХС = 12,4%. Рекомендується спостереження кардіолога.

Правило 7. A&B#.

ЯКЩО

A Систола [] 160..250 мм рт. ст.

B Діастола [] 90..94 мм рт. ст.

ТО

Тиск = Ризик, к. у. п. = 0,125.

Аргументація.

У вас спостерігається високий рівень систолічного (верхнього) і підвищений рівень діастолічного (нижнього) тиску крові. Ступінь ризику ХС = 12,5%. Рекомендується спостереження кардіолога.

Правило 8. A&B#.

ЯКЩО

A Систола = Не знаю

B Діастола [] 90..94 мм рт. ст.

ТО

Тиск = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рекомендується зміна рівня систолічного (верхнього) тиску крові. Ступінь ризику ІХС невідомий.

Правило 9. A&B#.

ЯКЩО

A Систола [] 0..139 мм рт. ст.

В Діастола [] 95..250 мм рт. ст.

ТО

Тиск = Ризик, к. у. п. = 0,124.

Аргументація.

У вас спостерігається високий рівень діастолічного (нижнього) тиску крові. Ступінь ризику ІХС = 12,4%. Рекомендуються консультації кардіолога, нефролога.

Правило 10. А&В#.

ЯКЩО

А Систола [] 140..159 мм рт. ст.

В Діастола [] 95..250 мм рт. ст.

ТО

Тиск = Ризик, к. у. п. = 0,125.

Аргументація.

У вас спостерігається підвищений рівень систолічного (верхнього) і високий рівень діастолічного (нижнього) тиску крові. Ступінь ризику ІХС = 12,5%. Рекомендуються консультації кардіолога, нефролога.

Правило 11. А&В#.

ЯКЩО

А Систола [] 160..250 мм рт. ст.

В Діастола [] 95..250 мм рт. ст.

ТО

Тиск = Ризик, к. у. п. = 0,126.

Аргументація.

У вас спостерігаються високі рівні систолічного (верхнього) і діастолічного (нижнього) тиску крові. Ступінь ризику ІХС = 12,6%. Рекомендуються консультації кардіолога, нефролога.

Правило 12. А&В#.

ЯКЩО

А Систола = Не знаю

В Діастола [] 95..250 мм рт. ст.

ТО

Тиск = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рекомендується вимір рівня систолічного (верхнього) тиску крові.

Ступінь ризику ІХС невідомий.

Правило 13. A&B#.

ЯКЩО

A Систола [] 0..139 мм рт. ст.

B Діастола = Не знаю

ТО

Тиск = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рекомендується вимір рівня діастолічного (нижнього) тиску крові.

Ступінь ризику ІХС невідомий.

Правило 14. A&B#.

ЯКЩО

A Систола [] 140..159 мм рт. ст.

B Діастола = Не знаю

ТО

Тиск = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рекомендується вимір рівня діастолічного (нижнього) тиску крові.

Ступінь ризику ІХС невідомий.

Правило 15. A&B#.

ЯКЩО

A Систола [] 160..250 мм рт. ст.

B Діастола = Не знаю

ТО

Тиск = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рекомендується вимір рівня діастолічного (нижнього) тиску крові.

Ступінь ризику ІХС невідомий.

Правило 16. A&B#.

ЯКЩО

A Систола = Не знаю

B Діастола = Не знаю

ТО

Тиск = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рекомендується вимір рівнів систолічного (верхнього) і діастолічного (нижнього) тиску крові. Ступінь ризику ІХС невідомий.

Правило 16а. А+В+С+D#.

ЯКЩО

А Систола >< 300..0

В Діастола >< 300..0

С Систола = Не знаю

Д Діастола = Не знаю

ТО

Тиск = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рекомендується вимір рівнів систолічного (верхнього) і діастолічного (нижнього) тиску крові. Ступінь ризику ІХС невідомий.

Правило 17. А#.

ЯКЩО

А Вміст = Норма (нижче 5,72 ммол/л)

ТО

Холестерин = Не ризик, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рівень вмісту холестерину в сироватці крові в межах норми. Ступінь ризику ІХС = 0. Рекомендується лабораторний контроль даного дослідження 1 раз на рік.

Правило 18. А#.

ЯКЩО

А Вміст = Проміжний рівень (5,72 – 6,76 ммол/л)

ТО

Холестерин = Ризик, к. у. п. = 0,12.

Аргументація.

Рівень вмісту холестерину в сироватці крові вище норми. Ступінь ризику ІХС = 12%. Рекомендується консультація кардіолога.

Правило 18а. А#.

ЯКЩО

А Вміст = Вище норми (більше 6,76 ммол/л)

ТО

Холестерин = Ризик, к. у. п. = 0,121.

Аргументація.

Рівень вмісту холестерину в сироватці крові вище норми. Ступінь ризику ІХС = 12,1%. Рекомендується консультація кардіолога.

Правило 19. А#.

ЯКЩО

А Вміст = Не знаю

ТО

Холестерин = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рекомендується проведення лабораторного дослідження на визначення рівня холестерину в сироватці крові. Ступінь ризику ІХС невідомий.

Правило 20. А#.

ЯКЩО

А Цукровий діабет = Так

ТО

Діабет = Ризик, к. у. п. = 0,113.

Аргументація.

Наявність цукрового діабету збільшує ймовірність розвитку ІХС. Ступінь ризику ІХС = 11,3%.

Правило 21. А#.

ЯКЩО

А Цукровий діабет = Ні

ТО

Діабет = Не ризик, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Відсутність цукрового діабету не збільшує ймовірності розвитку ІХС. Ступінь ризику ІХС = 0.

Правило 21а. А#.

ЯКЩО

А Цукровий діабет = Не знаю

ТО

Діабет = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рекомендується лабораторний контроль рівня вмісту цукру у крові й у сечі.

Фрейм 22.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Вік | Уведення |

Цільовий слот.

Рік | Обчислити.

Правило 23. A#.

ЯКЩО

A Рік 50..200 років

ТО

Спадковість = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

З огляду на вік спадковість за ІХС не відіграє для вас істотної ролі.

Правило 23а. A#.

ЯКЩО

A Рік = 200..0 років

ТО

Спадковість = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

З огляду на вік спадковість за ІХС не відіграє для вас істотної ролі.

Правило 23б. A#.

ЯКЩО

A Рік = Виключити

ТО

Спадковість = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

З огляду на вік спадковість за ІХС не відіграє для вас істотної ролі.

Правило 24. A&B#.

ЯКЩО

A Рік 0..50 років

B Серце = Так

ТО

Спадковість = Ризик, к. у. п. = 0,097.

Аргументація.

З огляду на обтяжену сімейну спадковість, імовірність захворювання збільшується для вас на 9,7%. Рекомендується профілактичне обстеження.

Правило 25. A&B#.

ЯКЩО

A Рік [] 0..50 років

B Серце = Немає

ТО

Спадковість = Не ризик, к. у. п. = 0,0.

Правило 26. A&B#.

ЯКЩО

A Рік [] 0..50 років

B Серце = Не знаю

ТО

Спадковість = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рекомендується знання конкретних фактів про наявність у вашій родині таких захворювань, як стенокардія, інсульт, інфаркт міокарда.

Фрейм 27.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Звільнення | Заміщення |

Пенсія | Заміщення |

Зміна | Заміщення |

Відповідальність | Заміщення |

Шеф | Заміщення |

Колеги | Заміщення |

Праця | Заміщення |

Гроші | Заміщення |

Хвороби | Заміщення |

Шлюб | Заміщення |

Вихід | Заміщення |

Місце проживання | Заміщення |

Поява | Заміщення |

Син | Заміщення |

Цільовий слот.

Бал стрес1 | Визначити.

Фрейм 28.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Бал стрес1 | Визначити |

Рідні | Заміщення |

Друзі | Заміщення |

Сварка | Заміщення |

Розлучення | Заміщення |

Чоловік | Заміщення |

Друг | Заміщення |

Родич | Заміщення |

Житло | Заміщення |

Рішення | Заміщення |

Робота | Заміщення |

Звички | Заміщення |

Цільовий слот.

Бал стрес | Визначити.

Правило 29. А#.

ЯКЩО

А Бал стрес [] 0..120

ТО

Стрес = Не ризик, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Ваше стресове навантаження було протягом року в межах норми.

Ступінь ризику ІХС = 0.

Правило 30. А#.

ЯКЩО

А Бал стрес [] 120..200

ТО

Стрес = Ризик, к. у. п. = 0,086.

Аргументація.

Ваше стресове навантаження було протягом року вище норми.

Ступінь ризику ІХС = 8.6%.

Правило 31. А#.

ЯКЩО

A Бал стрес [] 200..25000

ТО

Стрес = Ризик, к. у. п. = 0,087.

Аргументація.

Ваше стресове навантаження було протягом року дуже високої.

Ступінь ризику ІХС = 8,7%.

Правило 32. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Сигарети = Ні

B Сигарети в минулому = Ні

C Сигари = Ні

D Трубка = Ні

ТО

Паління = Не ризик, к. у. п. = 0.000.

Аргументація.

Відсутність звички курити не тягне за собою розвиток ІХС. Ступінь ризику ІХС = 0.

Фрейм 33.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Сигарети | Ні |

Сигарети в минулому | Сума значень | н

Затягування в минулому | Сума значень | н

Цільовий слот.

Бал сигарети | Обчислити.

Фрейм 34.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Сигарети | Сума значень | н

Затягування | Сума значень | н

Частота затягування | Сума значень | н

Згоряє | Сума значень | н

Число | Сума значень | н

Тип сигарет | Сума значень | н

Початок паління | Сума значень | н

Цільовий слот.

Бал сигарети | Обчислити.

Фрейм 35.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Бал сигарети | Сума значень | н

Сигари | Немає |

Цільовий слот.

Бал сигари | Обчислити.

Фрейм 35а.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Бал сигарети | Сума значень | н

Сигари | Сума значень | н

Штук | Сума значень | н

Сигара-Затягування | Сума значень | н

Цільовий слот.

Бал сигари | Обчислити.

Фрейм 35б.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Бал сигари | Сума значень | н

Трубка | Немає |

Цільовий слот.

Паління | Ризик.

Фрейм 35в.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Бал сигари | Сума значень | н

Трубка | Немає |

Цільовий слот.

Паління | Ризик.

Фрейм 35р.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Бал сигари | Сума значень | н

Трубка | Сума значень | н

Кількість | Сума значень | н

Трубка-Затягування | Сума значень | н

Цільовий слот.

Паління | Ризик.

Фрейм 36.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Трудовий день | Сума |

Проблеми | Сума |

Справи | Сума |

Їжа | Сума |

Думка | Сума |

Гра | Сума |

Рухливість | Сума |

Енергійність | Сума |

Зайнятість | Сума |

Ефективність | Сума |

Чутливість | Сума |

Поспіх | Сума |

Відволікання | Сума |

Ставлення до роботи | Сума |

Життя | Сума |

Інтенсивність | Сума |

Цільовий слот.

Бал поведження | Визначити.

Правило 37. А#.

ЯКЩО

А Бал поведження [] 16..29

ТО

Поведження = Ризик, к. у. п. = 0,087.

Аргументація.

Ваше поведження (типу А) характеризується нагальністю, нетерпінням, завантаженістю роботою, сильною гонкою. Ступінь ризику ІХС = 8,7%. З метою профілактики коронарного захворювання вам рекомендується не перенапружувати себе справами, не робити багато справ відразу, не працювати наднапружено протягом усього трудового дня, не затримуватися після роботи, не захоплюватися безмежно своєю роботою, не квапитися зробити багато чого за короткий строк, не підстьобувати себе постійно, не прийматися відразу за вирішення чергової проблеми, не дратуватися з непринципових питань. не показувати квапливість при співрозмовнику, що висловлює свою думку,

не проявляти наденергійності і безмежних зусиль з метою обов'язково виграти. не приймати їжу дуже швидко, повністю відволікатися від справ у відпустці, не поспішати, не гнатися, раціонально працювати. Доцільно опанувати самостійно аутогенне тренування (релаксацію).

Правило 38. А#.

ЯКЩО

А Бал поведження [] 30..41

ТО

Поведження = Ризик, к. у. п. = 0,086.

Аргументація.

Ваше поведження (проміжне між типом А і В) характеризується відносною нагальністю, напруженістю, завантаженістю роботою. Ступінь ризику ІХС = 8,6%. З метою попередження захворювання вам доцільно знизити напруженість трудового дня, скоротити число одночасно виконуваних справ, не затримуватися після роботи, ніколи не квапитися, не дратуватися, не поспішати, не проявляти дуже великої енергійності, відволікатися від думок про справи у відпустці, не проявляти квапливості, рівномірно працювати, контролювати поведження.

Правило 39. А#.

ЯКЩО

А Бал поведження [] 42..80

ТО

Поведження = Не ризик, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Ваше поведження (тип В) не характеризується нагальністю, напруженістю, завантаженістю роботою, сильною гонкою. Ступінь ризику ІХС = 0.

Фрейм 40.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Стать | Заміщення |

Ріст | Уведення | н

Вага | Уведення | н

Цільовий слот.

Індекс Кетле | Обчислити.

Правило 41. А&В#.

ЯКЩО

A Стать = Чоловіча

B Індекс Кетле [] 0..399

ТО

Маса тіла = Не ризик, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Ваша маса тіла відповідає нормі. Ступінь ризику ІХС = 0%.

Рекомендується контроль ваги тіла 1 раз на місяць.

Правило 42. A&B#.

ЯКЩО

A Стать = Чоловіча

B Індекс Кетле [] 400..499

ТО

Маса тіла = Ризик, к. у. п. = 0,076.

Аргументація.

Ваша маса тіла відповідає 1-му ступеню ожиріння. Ступінь ризику ІХС = 7,6%. Рекомендуються зниження ваги тіла до норми й повторна консультація через 3 місяці.

Правило 43. A&B#.

ЯКЩО

A Стать = Чоловіча

B Індекс Кетле [] 500..599

ТО

Маса тіла = Ризик, к. у. п. = 0,077.

Аргументація.

Ваша маса тіла відповідає 2-му ступеню ожиріння. Ступінь ризику ІХС = 7,7%. Рекомендуються зниження ваги тіла до норми й повторна консультація через 6 місяців.

Правило 44. A&B#.

ЯКЩО

A Стать = Чоловіча

B Індекс Кетле [] 600..799

ТО

Маса тіла = Ризик, к. у. п. = 0,078.

Аргументація.

Ваша маса відповідає 3-му ступеню ожиріння. Ступінь ризику ІХС = 7,8%. Рекомендуються зниження ваги тіла до норми й повторна консультація через 9 місяців.

Правило 45. A&B#.

ЯКЩО

A Стать = Чоловіча

B Індекс Кетле [] 800..100000

ТО

Маса тіла = Ризик, к. у. п. = 0,079.

Аргументація.

Ваша маса тіла відповідає 4-му ступеню ожиріння. Ступінь ризику ІХС = 7,9%. Рекомендуються зниження ваги тіла до норми й повторна консультація через 12 місяців.

Правило 46. A&B#.

ЯКЩО

A Стать = Жіноча

B Індекс Кетле [] 0..374

ТО

Маса тіла = Не ризик, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Ваша маса тіла відповідає нормі. Ступінь ризику ІХС = 0. Рекомендується контроль ваги тіла 1 раз на місяць.

Правило 47. A&B#.

ЯКЩО

A Стать = Жіноча

B Індекс Кетле [] 375..468

ТО

Маса тіла = Ризик, к. у. п. = 0,076.

Аргументація.

Ваша маса тіла відповідає 1-му ступеню ожиріння. Ступінь ризику ІХС = 7,6%. Рекомендуються зниження ваги тіла до норми й повторна консультація через 3 місяці.

Правило 48. A&B#.

ЯКЩО

A Стать = Жіноча

В Індекс Кетле [] 469..652

ТО

Маса тіла = Ризик, к. у. п. = 0,077.

Аргументація.

Ваша маса тіла відповідає 2-му ступеню ожиріння. Ступінь ризику ІХС = 7,7%. Рекомендуються зниження ваги тіла до норми й повторна консультація через 6 місяців.

Правило 49. А&В#.

ЯКЩО

А Стать = Жіноча

В Індекс Кетле [] 563..749

ТО

Маса тіла = Ризик, к. у. п. = 0,078.

Аргументація.

Ваша маса тіла відповідає 3-му ступеню ожиріння. Ступінь ризику ІХС = 7,8%. Рекомендуються зниження ваги тіла до норми 1 раз місяць і повторна консультація через 9 місяців.

Правило 50. А&В#.

ЯКЩО

А Стать = Жіноча

В Індекс Кетле [] 750..100000

ТО

Маса тіла = Ризик, к. у. п. = 0,079.

Аргументація.

Ваша маса тіла відповідає 4-му ступеню ожиріння. Ступінь ризику ІХС = 7,9%. Рекомендуються зниження ваги тіла до норми й повторна консультація через 12 місяців.

Правило 51. А&В#.

ЯКЩО

А Стать = Чоловіча

В Індекс Кетле = Виключити

ТО

Маса тіла = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рекомендується визначення вашого росту або ваги.

Правило 52. A&V#.

ЯКЩО

A Стать = Жіноча

V Індекс Кетле = Виключити

ТО

Маса тіла = Виключити, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Рекомендується визначення вашого росту або ваги.

Фрейм 60.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Гімнастика | Заміщення |

Будні дні | Заміщення |

Тренування | Заміщення |

Цільовий слот.

Активність | Обчислити.

Фрейм 80.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Частота | Уведення | н

Систола | Уведення | н

Діастола | Уведення | н

Вік | Уведення | н

Ріст | Уведення | н

Вага | Уведення | н

Цільовий слот.

У.Ф.С. | Обчислити.

Правило 81а. A#.

ЯКЩО

A Стать = Виключити

ТО

Рівень = Невідомий, к. у. п. = 0,0.

Правило 81. A&V#.

ЯКЩО

A Стать = Чоловіча

V У.Ф.С. [] 0..0,375

ТО

Рівень = Низький, к. у. п. = 0,0.

Правило 82. A&B#.

ЯКЩО

A Стать = Чоловіча

B У.Ф.С. [] 0,376..0,525

ТО

Рівень = Нижче середнього, к. у. п. = 0,0.

Правило 83. A&B#.

ЯКЩО

A Стать = Чоловіча

B У.Ф.С. [] 0,526..0,675

ТО

Рівень = Середній, к. у. п. = 0,0.

Правило 84. A&B#.

ЯКЩО

A Стать = Чоловіча

B У.Ф.С. [] 0,676..0,825

ТО

Рівень = Вище середнього, к. у. п. = 0,0.

Правило 85. A&B#.

ЯКЩО

A Стать = Чоловіча

B У.Ф.С. [] 0,826..1,0

ТО

Рівень = Високий, к. у. п. = 0,0.

Правило 91. A&B#.

ЯКЩО

A Стать = Чоловіча

B У.Ф.С. = Виключити

ТО

Рівень = Невідомий, к. у. п. = 0,0.

Правило 86. A&B#.

ЯКЩО

A Стать = Жіноча

B У.Ф.С. [] 0..0,375

ТО

Рівень = Низький, к. у. п. = 0,0.

Правило 87. A&V#.

ЯКЩО

A Стать = Жіноча

B У.Ф.С. [] 0.376..0,525

ТО

Рівень = Середній, к. у. п. = 0,0.

Правило 88. A&V#.

ЯКЩО

A Стать = Жіноча

B У.Ф.С. [] 0,526..0,675

ТО

Рівень = Вище середньою, к. у. п. = 0,0.

Правило 89. A&V#.

ЯКЩО

A Стать = Жіноча

B У.Ф.С. [] 0,676..0,825

ТО

Рівень = Високий, к. у. п. = 0,0.

Правило 90. A&V#.

ЯКЩО

A Стать = Жіноча

B У.Ф.С. = Виключити

ТО

Рівень = Невідомий, к. у. п. = 0,0.

Правило 901. A&V#.

ЯКЩО

A Стать = Чоловіча

B У.Ф.С. [] 1..0

ТО

Рівень = Не визначений, к. у. п. = 0,0.

Правило 902. A&V#.

ЯКЩО

A Стать = Жіноча

В У.Ф.С. [] 1..0

ТО

Рівень = Не визначений, к. у. п. = 0,0.

Фрейм 61.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Активність | Заміщення | н

Навантаження | Ні |

Спорт | Ні |

Ходьба | Ні |

Рівень | Визначити |

Цільовий слот.

Рух | Визначити.

Фрейм 61а.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Активність | Заміщення | н

Навантаження | Так |

Рівень | Визначити |

Цільовий слот.

Рух | Ризик.

Фрейм 61б.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Активність | Заміщення | н

Навантаження | Немає |

Спорт | Так |

Рівень | Визначити |

Цільовий слот.

Рух | Ризик.

Фрейм 61в.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Активність | Заміщення | н

Навантаження | Немає |

Спорт | Немає |

Ходьба | Так |

Рівень | Визначити |

Цільовий слот.

Рух | Ризик.

Фрейм 63.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Момент | Сума |

Взаємовідносини | Сума |

Родина | Сума |

Діти | Сума |

Труднощі | Сума |

Настрій | Сума |

Погіршення | Сума |

Близькі рідні | Сума |

Допомога | Сума |

Інтереси | Сума |

Цільовий слот.

Бал підтримка | Визначити.

Правило 64. А#.

ЯКЩО

А Бал підтримка [] 45..60

ТО

Підтримка = Не ризик, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Ваш рівень соціально-психологічної підтримки відповідає нормі.

Ступень ризику ІХС = 0%.

Правило 65. А#.

ЯКЩО

А Бал підтримка [] 26..44

ТО

Підтримка = Ризик, к. у. п. = 0,044.

Аргументація.

Рівень соціально-психологічної підтримки нижче норми. Ступень ризику ІХС = 4,4%. Рекомендуються поліпшити взаємини на роботі, в родині, з дітьми, близькими та друзями. Зробити їх доброзичливими, щирими, людськими.

Правило 66. А#.

ЯКЩО

А Бал підтримка [] 0..25

ТО

Підтримка = Ризик, к. у. п. = 0,045.

Аргументація.

Ваш рівень соціально-психологічної підтримки вкрай низький. Ступень ризику ІХС = 4,5%. З метою профілактики коронарного захворювання необхідно більше уваги приділяти родині, дітям, близьким, друзям. Слідцінувати їхню доброту, піклування, підтримку. Бути доброзичливим, щирим, сердечним.

Фрейм 67.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Приймання їжі | Заміщення |

Достаток | Заміщення |

Сіль | Заміщення |

Цукор | Заміщення |

Цільовий слот.

Харчування | Ризик.

Правило 68. А#.

ЯКЩО

А Напої = 1 – 2 рази на місяць

ТО

Алкоголь = Ризик, к. у. п. = 0,013.

Аргументація.

Уживання алкоголю 1 – 2 рази на місяць не тягне підвищення ризику ІХС. Ступень ризику ІХС = 0%.

Правило 69. А#.

ЯКЩО

А Напої = 1 – 2 рази на тиждень

ТО

Алкоголь = Ризик, к. у. п. = 0,014.

Аргументація.

Уживання алкоголю 1 – 2 рази на тиждень підвищує ризик ІХС на 1%. Рекомендується зниження споживання алкоголю до оптимального рівня (не більше 75 г. на день). Ступень ризику ІХС = 1,4%.

Правило 70. А#.

ЯКЩО

А Напої = 1 – 2 рази на день

ТО

Алкоголь = Ризик, к. у. п. = 0,015.

Аргументація.

Уживання алкоголю 1 – 2 рази на день підвищує ризик ІХС на 1,5%.

Рекомендується зниження споживання алкоголю до оптимального рівня (не більше 75 г. на день). Ступень ризику ІХС = 1,5%.

Правило 71. А#.

ЯКЩО

А Напої = Не вживаю

ТО

Алкоголь = Не ризик, к. у. п. = 0,0.

Аргументація.

Повна відмова від алкоголю незначно підвищує ризик ІХС.

Оптимальний рівень споживання алкоголю не повинен перевищувати 75 г. на день. Ступень ризику ІХС = 0%.

Фрейм 72.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Сон | Заміщення |

Відпустка | Заміщення |

Вихідні дні | Заміщення |

Релаксація | Заміщення |

Цільовий слот.

Відпочинок | Ризик.

Фрейм 73.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Тиск | Заміщення | н

Холестерин | Заміщення | н

Діабет | Заміщення | н

Спадковість | Заміщення | н

Стрес | Заміщення | н

Паління | Заміщення | н

Поводження | Заміщення | н

Маса тіла | Заміщення | н

Рух | Заміщення | н

Підтримка | Заміщення | н

Харчування | Заміщення | н

Алкоголь | Заміщення | н

Відпочинок | Заміщення | н

Цільовий слот.

Ризик ІХС | Обчислити.

Правило 91а. $A \& (B+C) \& D \& (E+F) \& G \& H \& I \& J \#$.

ЯКЩО

A Біль = Так

B Гора = Так

C Гора = Не ходжу швидко й не піднімаюся вгору

D Рівнина = Так

E Під час ходьби = Зупиняюся або йду повільніше

F Під час ходьби = Приймаю ліки і продовжую йти

G Відчуття = Зникає

H Тривалість = Через 10 хвилин або раніше

I Локалізація = Ліва половина грудної клітки спереду

J Локалізація = Ліва рука

ТО

Діагноз = Стенокардія (ступінь 2), к. у. п. = 0,0.

Правило 91в. $A \& (B+C) \& D \& (E+F) \& G \& H \& I \#$.

ЯКЩО

A Біль = Так

B Гора = Так

C Гора = Не ходжу швидко й не піднімаюся вгору

D Рівнина = Так

E Під час ходьби = Зупиняюся або йду повільніше

F Під час ходьби = Приймаю ліки і продовжую йти

G Відчуття = Зникає

H Тривалість = Через 10 хвилин або раніше

I Локалізація = Ліва половина грудної клітки спереду

ТО

Діагноз = Стенокардія (ступінь 2), к. у. п. = 0,5.

Правило 91р. $A \& (B+C) \& D \& (E+F) \& G \& H \& I \#$.

ЯКЩО

A Біль = Так

B Гора = Так

C Гора = Не ходжу швидко й не піднімаюся вгору

D Рівнина = Так

E Під час ходьби = Зупиняюся або йду повільніше

F Під час ходьби = Приймаю ліки і продовжую йти

G Відчуття = Зникає

H Тривалість = Через 10 хвилин або раніше

I Локалізація = Ліва рука

ТО

Діагноз = Стенокардія (ступінь 2), к. у. п. = 0,5.

Правило 91б. A&(B+C)&D&(E+F)&G&H&(I+J)#.

ЯКЩО

A Біль = Так

B Гора = Так

C Гора = Не ходжу швидко й не піднімаюся вгору

D Рівнина = Так

E Під час ходьби = Зупиняюся або йду повільніше

F Під час ходьби = Приймаю ліки і продовжую йти

G Відчуття = Зникає

H Тривалість = Через 10 хвилин або раніше

I Локалізація = Грудина (верхній або середній відділ)

J Локалізація = Грудина (нижній відділ)

ТО

Діагноз = Стенокардія (ступінь 2), к. у. п. = 0,0.

Правило 92. A&(B+C)&D&(E+F)&G&H&(I+J)#.

ЯКЩО

A Біль = Так

B Гора = Так

C Гора = Не ходжу швидко й не піднімаюся вгору

D Рівнина = Ні

E Під час ходьби = Зупиняюся або йду повільніше

F Під час ходьби = Приймаю ліки і продовжую йти

G Відчуття = Зникає

H Тривалість = Через 10 хвилин або раніше
I Локалізація = Грудина (верхній або середній відділ)
J Локалізація = Грудина (нижній відділ)

ТО

Діагноз = Стенокардія (ступінь 1), к. у. п. = 0,0.

Правило 92а. A&(B+C)&D&(E+F)&G&H&(I+J)#.

ЯКЩО

A Біль = Так

B Гора = Так

C Гора = Не ходжу швидко й не піднімаюся вгору

D Рівнина = Ні

E Під час ходьби = Зупиняюся або йду повільніше

F Під час ходьби = Приймаю ліки і продовжую йти

G Відчуття = Зникає

H Тривалість = Через 10 хвилин або раніше

I Локалізація = Ліва половина грудної клітки спереду

J Локалізація = Ліва рука

ТО

Діагноз = Стенокардія (ступінь 1), к. у. п. = 0,0.

Правило 92б. A&(B+C)&(D+E)&(F+G)&H&I&J#.

ЯКЩО

A Біль = Так

B Гора = Так

C Гора = Не ходжу швидко й не піднімаюся вгору

D Рівнина = Так

E Рівнина = Ні

F Під час ходьби = Зупиняюся або йду повільніше

G Під час ходьби = Приймаю ліки і продовжую йти

H Відчуття = Зникає

I Тривалість = Через 10 хвилин або раніше

J Локалізація = Інше місце

ТО

Діагноз = Не стенокардія, к. у. п. = 0,0.

Правило 93. A&(B+C)&D#.

ЯКЩО

A Біль = Так
B Гора = Ні
C Гора = Не ходжу швидко й не піднімаюся вгору
D Сильний біль = Так
ТО
Діагноз = Можливий інфаркт міокарда, к. у. п. = 0,0.
Фрейм 933.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Біль | Заміщення | н

Гора | Заміщення | н

Рівнина | Заміщення | н

Під час ходьби | Заміщення | н

Відчуття | Заміщення | н

Тривалість | Заміщення | н

Локалізація | Заміщення | н

Сильний біль | Заміщення | н

Цільовий слот.

Діагноз | Не встановлений.

Правило 94. A&(B+C)&D#.

ЯКЩО

A Біль = Так

B Гора = Ні

C Гора = Не ходжу швидко й не піднімаюся вгору

D Сильний біль = Ні

ТО

Діагноз = Не встановлений, к. у. п. = 0,0.

Правило 95. A&(B+C)&(D+E)&F&G#.

ЯКЩО

A Біль = Так

B Гора = Так

C Гора = Ні

D Рівнина = Так

E Рівнина = Ні

F Під час ходьби = Продовжую йти, не знижуючи темпу

G Сильний біль = Так

ТО

Діагноз = Можливий інфаркт міокарда, к. у. п. = 0,0.

Правило 96. $A \& (B+C) \& (D+E) \& F \& G \#$.

ЯКЩО

A Біль = Так

B Гора = Так

C Гора = Ні

D Рівнина = Так

E Рівнина = Ні

F Під час ходьби = Продовжую йти, не знижуючи темпу

G Сильний біль = Ні

ТО

Діагноз = Не встановлений, к. у. п. = 0,0.

Правило 97. $A \& (B+C) \& (D+E) \& (F+G) \& H \& I \#$.

ЯКЩО

A Біль = Так

B Гора = Так

C Гора = Ні

D Рівнина = Так

E Рівнина = Ні

F Під час ходьби = Зупиняюся або йду повільніше

G Під час ходьби = Приймаю ліки і продовжую йти

H Відчуття = Не зникає

I Сильний біль = Так

ТЕ

Діагноз = Можливий інфаркт міокарда, к. у. п. = 0,0.

Правило 98. $A \& (B+C) \& (D+E) \& (F+G) \& H \& I \#$.

ЯКЩО

A Біль = Так

B Гора = Так

C Гора = Немає

D Рівнина = Так

E Рівнина = Ні

F Під час ходьби = Зупиняюся або йду повільніше

G Під час ходьби = Приймаю ліки і продовжую йти

H Відчуття = Не зникає

I Сильний біль = Ні

ТО

Діагноз = Не встановлений, к. у. п. = 0,0.

Правило 99. $A \& (B+C) \& (D+E) \& (F+G) \& (H+I) \& J \& K \#$.

ЯКЩО

A Біль = Так

B Гора = Так

C Гора = Ні

D Рівнина = Так

E Рівнина = Ні

F Під час ходьби = Зупиняюся або йду повільніше

G Під час ходьби = Приймаю ліки і продовжую йти

H Відчуття = Зникає

I Відчуття = Не зникає

J Тривалість = Більше ніж через 10 хвилин

K Сильний біль = Так

ТЕ

Діагноз = Можливий інфаркт міокарда, к. у. п. = 0,0.

Правило 100. $A \& (B+C) \& (D+E) \& (F+G) \& (H+I) \& J \& K \#$.

ЯКЩО

A Біль = Так

B Гора = Так

C Гора = Ні

D Рівнина = Так

E Рівнина = Ні

F Під час ходьби = Зупиняюся або йду повільніше

G Під час ходьби = Приймаю ліки і продовжую йти

H Відчуття = Зникає

I Відчуття = Не зникає

J Тривалість = Більше ніж через 10 хвилин

K Сильний біль = Ні

ТО

Діагноз = Не встановлений, к. у. п. = 0,0.

Правило 101. $A \& B \& C \& D \& (E+F) \& G \& H \& I \& J \& K \#$.

ЯКЩО

A Біль = Ні

B Біль ніг = Так

C При сидінні = Ні

D Місце болю = В області метки (біль захоплює метку)

E При підйомі = Не ходжу швидко і не піднімаюся вгору

F При підйомі = Так

G По рівній поверхні = Так

H У продовженні ходьби = Ні

I При прогулянці = Зупиняюся або йду повільніше

J При зупинці = Зникає

K Час = Через 10 хвилин і раніше

ТЕ

Діагноз = Перемежований хромат (ступінь 2), к. у. п. = 0,0.

Правило 102. A&B&C&D&(E+F)&G&H&I&J&K#.

ЯКЩО

A Біль = Немає

B Біль ніг = Так

C При сидінні = Ні

D Місце болю = В області метки (біль захоплює метку)

E При підйомі = Не ходжу швидко й не піднімаюся вгору

F При підйомі = Так

G По рівній поверхні = Ні

H У продовженні ходьби = Ні

I При прогулянці = Зупиняюся або йду повільніше

J При зупинці = Зникає

K Час = Через 10 хвилин і раніше

ТО

Діагноз = Перемежований хромат (ступінь 1), к. у. п. = 0,0.

Правило 103. A&B&C#.

ЯКЩО

A Біль = Ні

B Сильний біль = Ні

C Біль ніг = Ні

ТО

Діагноз = Не встановлений, к. у. п. = 0,0.

Правило 103а. A&B&C#.

ЯКЩО

A Біль = Ні

B Сильний біль = Так

C Біль ніг = Ні

ТО

Діагноз = Можливий інфаркт міокарда, к. у. п. = 0,0.

Правило 104. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Біль = Ні

B Сильний біль = Ні

C Біль ніг = Так

D При сидінні = Так

ТО

Діагноз = Не встановлений, к. у. п. = 0,0.

Правило 105. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A Біль = Ні

B Сильний біль = Ні

C Біль ніг = Так

D При сидінні = Ні

E Місце болю = В іншому місці

ТО

Діагноз = Не встановлений, к. у. п. = 0,0.

Правило 106. A&B&C&D&E&F#.

ЯКЩО

A Біль = Ні

B Сильний біль = Ні

C Біль ніг = Так

D При сидінні = Ні

E Місце болю = В області метки (біль захоплює метку)

F При підйомі = Ні

ТО

Діагноз = Не встановлений, к. у. п. = 0,0.

Правило 107. A&B&C&D&E&(F+G)&H#.

ЯКЩО

A Біль = Ні

B Сильний біль = Ні

C Біль ніг = Так

D При сидінні = Ні

E Місце болю = В області метки (біль захоплює метку)

F При підйомі = Не ходжу швидко й не піднімаюся вгору

G При підйомі = Так

H У продовження ходьби = Так

ТО

Діагноз = Не встановлений, к. у. п. = 0,0.

Правило 108. A&B&C&D&E&(F+G)&H&I#.

ЯКЩО

A Біль = Ні

B Сильний біль = Ні

C Біль ніг = Так

D При сидінні = Ні

E Місце болю = В області метки (біль захоплює метку)

F При підйомі = Не ходжу швидко й не піднімаюся вгору

G При підйомі = Так

H У продовженні ходьби = Ні

I При прогулянці = Продовжую йти, не знижуючи темпу

ТО

Діагноз = Не встановлений, к. у. п. = 0,0.

Правило 109. A&B&C&D&E&(F+G)&H&I&J#.

ЯКЩО

A Біль = Ні

B Сильний біль = Ні

C Біль ніг = Так

D При сидінні = Ні

E Місце болю = В області метки (біль захоплює метку)

F При підйомі = Не ходжу швидко й не піднімаюся вгору

G При підйомі = Так

H У продовженні ходьби = Ні

I При прогулянці = Зупиняюся або йду повільніше

J При зупинці = Не зникає

ТО

Діагноз = Не встановлений, к. у. п. = 0,0.

Правило 110. A&B&C&D&E&(F+G)&H&I&J&K#.

ЯКЩО

A Біль = Ні

B Сильний біль = Ні

C Біль ніг = Так

D При сидінні = Ні

E Місце болю = В області метки (біль захоплює метку)

F При підйомі = Не ходжу швидко й не піднімаюся вгору

G При підйомі = Так

H У продовженні ходьби = Ні

I При прогулянці = Зупиняюся або йду повільніше

J При зупинці = Не зникає

K Час = Більше ніж через 10 хвилин

ТО

Діагноз = Не встановлений, к. у. п. = 0,0.

Правило 111. A+B+C+D+E+F#.

ЯКЩО

A Ризик ІХС [] 0..19,99

B Діагноз = Можливий інфаркт міокарда

C Діагноз = Стенокардія (ступінь 1)

D Діагноз = Стенокардія (ступінь 2)

E Діагноз = Перемежований хромат (ступінь 1)

F Діагноз = Перемежований хромат (ступінь 2)

ТО

Прогноз перебігу хвороби = Сприятливий, к. у. п. = 0,0.

Правило 112. A+B+C+D+E+F#.

ЯКЩО

A Ризик ІХС [] 20..39,99

B Діагноз = Можливий інфаркт міокарда

C Діагноз = Стенокардія (ступінь 1)

D Діагноз = Стенокардія (ступінь 2)

Е Діагноз = Перемежований хромат (ступінь 1)

Ф Діагноз = Перемежований хромат (ступінь 2)

ТО

Прогноз перебігу хвороби = Менш сприятливий, к. у. п. = 0,0.

Правило 113. $A+B+C+D+E+F\#$.

ЯКЩО

А Ризик ІХС [] 40..59,99

В Діагноз = Можливий інфаркт міокарда

С Діагноз = Стенокардія (ступінь 1)

Д Діагноз = Стенокардія (ступінь 2)

Е Діагноз = Перемежований хромат (ступінь 1)

Ф Діагноз = Перемежований хромат (ступінь 2)

ТО

Прогноз перебігу хвороби = Середньо-Сприятливий, к. у. п. = 0,0.

Правило 114. $A+B+C+D+E+F\#$.

ЯКЩО

А Ризик ІХС [] 60..79,99

В Діагноз = Можливий інфаркт міокарда

С Діагноз = Стенокардія (ступінь 1)

Д Діагноз = Стенокардія (ступінь 2)

Е Діагноз = Перемежований хромат (ступінь 1)

Ф Діагноз = Перемежований хромат (ступінь 2)

ТО

Прогноз перебігу хвороби = Майже несприятливий, к. у. п. = 0,0.

Правило 115. $A+B+C+D+E+F\#$.

ЯКЩО

А Ризик ІХС [] 80..100

В Діагноз = Можливий інфаркт міокарда

С Діагноз = Стенокардія (ступінь 1)

Д Діагноз = Стенокардія (ступінь 2)

Е Діагноз = Перемежований хромат (ступінь 1)

Ф Діагноз = Перемежований хромат (ступінь 2)

ТО

Прогноз перебігу хвороби = Несприятливий, к. у. п. = 0,0.

Правило 116. $A+B+C\#$.

ЯКЩО

А Ризик ІХС [] 0..19,99

В Діагноз = Не стенокардія

С Діагноз = Не встановлений

ТО

Імовірність розвитку ІХС = Дуже низька, к. у. п. = 0,0.

Правило 117. А+В+С#.

ЯКЩО

А Ризик ІХС [] 20..39,99

В Діагноз = Не стенокардія

С Діагноз = Не встановлений

ТО

Імовірність розвитку ІХС = Низька, к. у. п. = 0,0.

Правило 118. А+В+С#.

ЯКЩО

А Ризик ІХС [] 40..59,99

В Діагноз = Не стенокардія

С Діагноз = Не встановлений

ТО

Імовірність розвитку ІХС = Середня, к. у. п. = 0,0.

Правило 119. А+В+С#.

ЯКЩО

А Ризик ІХС [] 60..79,99

В Діагноз = Не стенокардія

С Діагноз = Не встановлений

ТО

Імовірність розвитку ІХС = Висока, к. у. п. = 0,0.

Правило 120. А+В+С#.

ЯКЩО

А Ризик ІХС [] 80..100

В Діагноз = Не стенокардія

С Діагноз = Не встановлений

ТО

Імовірність розвитку ІХС = Дуже висока, к. у. п. = 0,0.

Правило 123. А#.

ЯКЩО

A Дихання = Ні

ТО

Симптом = Задишки немає, к. у. п. = 0,0.

Правило 124. A&B#.

ЯКЩО

A Дихання = Так

B Нарівні = Ні

ТО

Симптом = Задишка (ступінь 1), к. у. п. = 0,0.

Правило 125. A&B&C#.

ЯКЩО

A Дихання = Так

B Нарівні = Так

C Темп = Ні

ТО

Симптом = Задишка (ступінь 2), к. у. п. = 0,0.

Правило 126. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Дихання = Так

B Нарівні = Так

C Темп = Так

D Умивання = Ні

ТО

Симптом = Задишка (ступінь 3), к. у. п. = 0,0.

Правило 127. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Дихання = Так

B Нарівні = Так

C Темп = Так

D Умивання = Так

ТО

Симптом = Задишка (ступінь 4), к. у. п. = 0,0.

Фрейм 121.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Імовірність розвитку ІХС | Заміщення | н
Симптом | Заміщення | н
Цільовий слот.

Діагностика | Закінчена.
Фрейм 122.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
Прогноз перебігу хвороби | Заміщення | н
Цільовий слот.

Діагностика | Закінчена.
Метаправило 1. A&B#.

ЯКЩО

A Тиск = Ризик

B Холестерин = Ризик

ТО

Ризик ІХС = Існує, к. у. п. = 0,247.

Метаправило 2. A&B#.

ЯКЩО

A Діабет = Ризик

B Спадковість = Ризик

ТО

Ризик ІХС = Існує, к. у. п. = 0,210.

Висновок. Модель БЗ для визначення ризику ІХС була реалізована у прототипі експертної системи "РИБС" [18]. Наведемо основні можливості й характеристики цієї системи.

Для подання знань використовуються фрейми і продукції. У БЗ можуть зберігатися факти й евристики. Крім них, можуть бути присутніми метазнання, які використовуються для керування логічним висновком. БЗ містить як статичні, так і динамічні правила.

Фрейми системи мають наступні характерні риси:

спадкування атрибутами-слотами;

управління атрибутами-демонами.

Спадкування дозволяє уникнути дублювання інформації, атрибут-демон викликає функції і процедури фрейму. Групування БЗ на кластери дозволяють:

здійснювати гнучкий логічний висновок шляхом активізації кластерів у ході консультації;

тестувати базу знань за кластерами, тобто виконувати перевірку на несуперечність і повноту знань.

Під час консультації користувач, експерт можуть вибрати три різних її режими: з поясненням, без пояснення й тестування БЗ. У режимі пояснення система дозволяє:

задавати підціль консультації;

використовувати "дошку оголошень";

виконувати зміну поточного стану БЗ;

здійснювати перегляд дерева правил;

подавати обґрунтування правил;

одержувати протокол консультації з докладним поясненням.

Режим обґрунтування роботи машини висновку може включатися або вимикатися користувачем. З кожним правилом пов'язаний деякий текст природною мовою, використовуваний при поясненні. Тут можна включати посилання на спеціальну літературу. Текст залежить від професійної підготовленості користувача.

Режим без пояснення дозволяє користувачеві тільки послідовно відповідати на запитання машини висновку. Цей режим доступний користувачеві після того, як експерт виконав тестування БЗ.

Режим тестування дає можливість виконати налагодження правил кожного кластера. При цьому відбувається аналіз кожного правила, перевірка на несуперечність і повноту знань кластера.

Коефіцієнти впевненості для фактів, правил і метаправил підраховуються різними способами: використовується формула Шортліфа, метод бісекції, метод бальних оцінок. Якщо у процесі консультації був отриманий факт, що є в БЗ, то відбувається перерахування його коефіцієнта впевненості за формулою Шортліфа [4]. При цьому попередній факт разом зі своїм коефіцієнтом упевненості запам'ятовується й використовується для пояснення. Якщо ж факт, що знову з'являється, суперечить уже наявному, то користувачеві повідомляється про це. Викликаються кластери, де виявлене протиріччя, і пропонується відкоригувати, змінити, видалити правила або значення атрибутів кластерів.

Якщо у процесі консультації машиною висновку немає потрібного атрибута БЗ, то його значення запитується в користувача. У випадку відсутності правила експертові пропонується доповнити відповідний кластер правилами.

Кластери знань дозволяють поліпшити пояснення, полегшують здобування знань і підвищують надійність консультації.

БЗ системи постійно модифікується й поповнюється новими фактами та правилами. Подальше конструювання системи націлене на розробку пріоритетних профілактичних рекомендацій щодо зниження ризику ІХС у вигляді зворотного зв'язку, із прогнозною оцінкою зниження ступеня ризику ІХС у випадку виконання запропонованих профілактичних рекомендацій.

Розділ 3. Моделі баз знань на основі нечіткої інформації

3.1. Байєсовський висновок

Методи побудови математичних моделей часто засновані хоча й на не точній, але в цілому об'єктивній інформації про об'єкт. Однак можливі ситуації, коли при побудові моделей вирішальне значення мають відомості, отримані від експерта, звичайно якісного характеру. Вони відображають змістовні особливості досліджуваного об'єкта й формулюються природною мовою. Опис об'єкта в такому випадку носить нечіткий характер.

Потрібно також зазначити, що в цьому випадку коефіцієнт упевненості привласнюється не тільки правилам, але і фактам.

Одна із проблем, що виникає при створенні ЕС, полягає в урахуванні неточності й ненадійності будь-якої інформації. Перші ЕС увели таке поняття, як робастність системи, тобто її можливість зробити правдоподібний висновок з неповної й неточної інформації [4; 24].

Крім того, виникає завдання оцінки ступеня ненадійності логічних висновків і рекомендацій при неточності вихідної інформації та інформації, що надходить у результаті діалогу з користувачем.

Розглянемо один зі способів міркування при наявності невизначеності, що заснована на формулі Байєса з теорії ймовірностей.

Нехай є деяка гіпотеза H і деяка апіорна ймовірність того, що гіпотеза H правильна. Ця ймовірність $P(H)$ задається на початку (апіорна ймовірність) [5; 31].

Далі передбачається, що з'являється деяке свідчення E , що відноситься до даної гіпотези, тоді на основі цієї інформації можна уточнити апіорну ймовірність істинності гіпотези H (апостеріорну ймовірність). Відповідно до формули Байєса маємо:

$$P(H | E) = P(E | H)P(H) / (P(E | H)P(H) + P(E | \neg H)P(\neg H)),$$

де $P(H)$ — апіорна ймовірність H при відсутності яких-небудь свідчень; $P(H | E)$ — апостеріорна ймовірність H при наявності свідчення E ; $P(\neg H) = 1 - P(H)$ — ймовірність ненастання події H ; $P(H | E)$ — умовна ймовірність.

За допомогою формули Байєса вдається накопичувати інформацію, що надходить із різних джерел, з метою підтвердження або непідтвердження певної гіпотези.

Висновок у ЕС, що використовує формулу Байєса реалізується за допомогою наступного алгоритму:

1. Маємо апіорну ймовірність $P(H)$, що зберігається у БФ.
2. Вибираємо свідчення E .
3. Обчислюємо $P(H | E)$.
4. Заміщаємо $P(H | E)$ на місце $P(H)$.

Таким чином, одержання чергового свідчення приводить до нового відновлення (збільшення або зменшення) ймовірності $P(H)$. Щораз поточне значення цієї ймовірності буде вважатися апіорним для застосування формули Байєса.

Модель БЗ для прогнозу розвитку ускладнень при інфаркті міокарда. Прототип системи "ІНФАРКТ" [5] допомагає лікарям

діагностувати інфарктних хворих, оцінювати їхній стан і давати прогноз розвитку наступних ускладнень при інфаркті міокарда:

- фібриляції;
- гострої лівошлуночкової недостатності;
- хронічної серцевої недостатності;
- аритмії;
- тромбоемболії;
- розриву міокарда;
- повторного інфаркту.

Машина висновку висуває дві гіпотези [38]: ускладнений й гладкий (без ускладнень) плин інфаркту міокарда у хворого. Апріорна ймовірність першої гіпотези дорівнює 0,645, а другий – 0,345 (рис. 3.1).

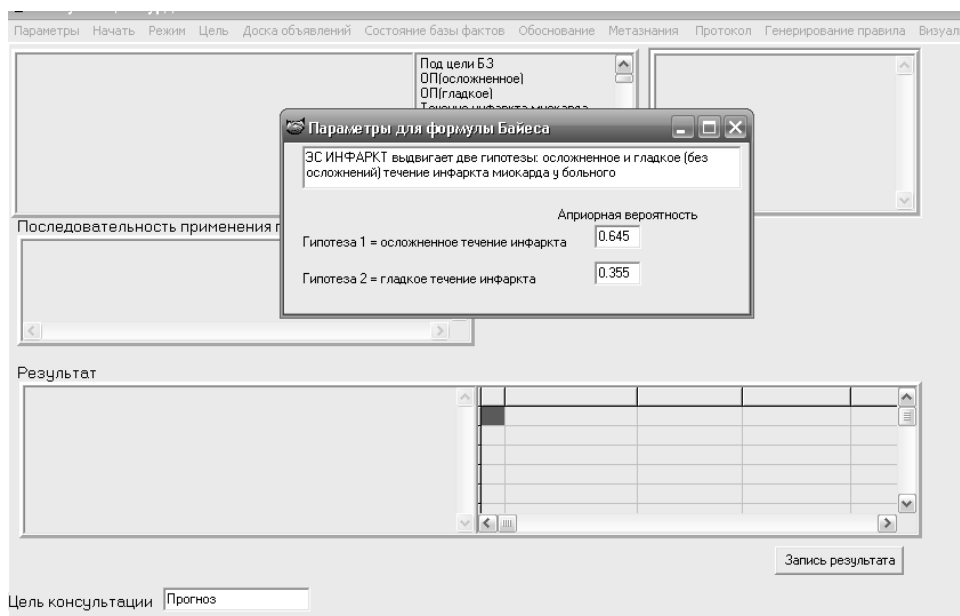


Рис. 3.1. Апріорні ймовірності першої і другої гіпотез

Потім у процесі консультації з лікарем (медсестрою) машина висновку обчислює шанси цих гіпотез на основі симптомів хворого і його анамнезу (рис. 3.2).

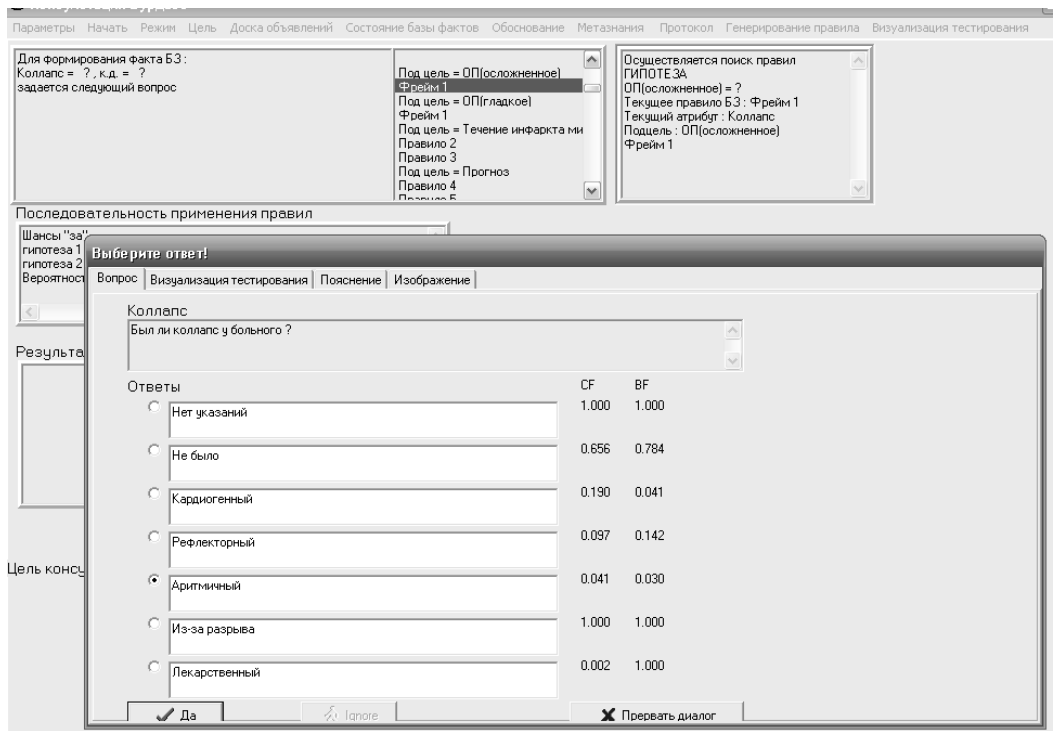


Рис. 3.2. Вибір показника симптому

Шанси й імовірності пов'язані наступною формулою:

$$O(H) = P(H)(1 - P(H)),$$

так що для першої гіпотези:

$$O(H_1) = 1.816,$$

а для другої гіпотези:

$$O(H_2) = 0.550.$$

На рис. 3.3 наведений скриншот роботи машини висновку на третьому кроці консультації.

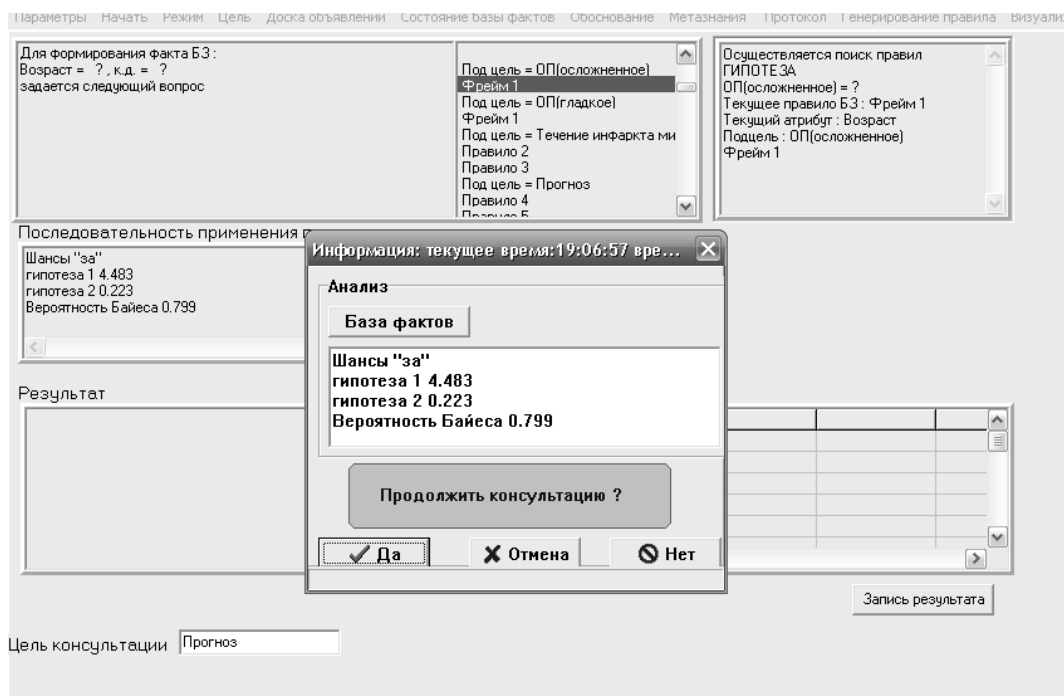


Рис. 3.3. Обчислення шансів гіпотез

Якщо приймається перша гіпотеза, то починається аналіз обчисленої апостеріорної ймовірності, що є основою для діагностування ступеня розвитку відповідного ускладнення інфаркту. На рис. 3.3 на третьому кроці консультації апостеріорна ймовірність для першої гіпотези дорівнює 0,799.

Для прогнозування ускладнення при інфаркті міокарда на підставі даних початкового етапу гострого періоду використовується старт-період [38]. Старт-період визначається як час від перших проявів хвороби до початку медикаментозного втручання. Наприклад, старт-період 1 дорівнює 24 години, старт-період 2 – 48 годин. У правилах уточнюючий діагноз використовує ці два старт-періоди.

Якщо приймається друга гіпотеза, то закінчується висновок і видається повідомлення про те, що ускладнень після інфаркту немає.

На рис. 3.4 подані значення апріорних ймовірностей симптому "Гіпертонія" щодо гіпотез: гладкий і ускладнений плин інфаркту міокарда.

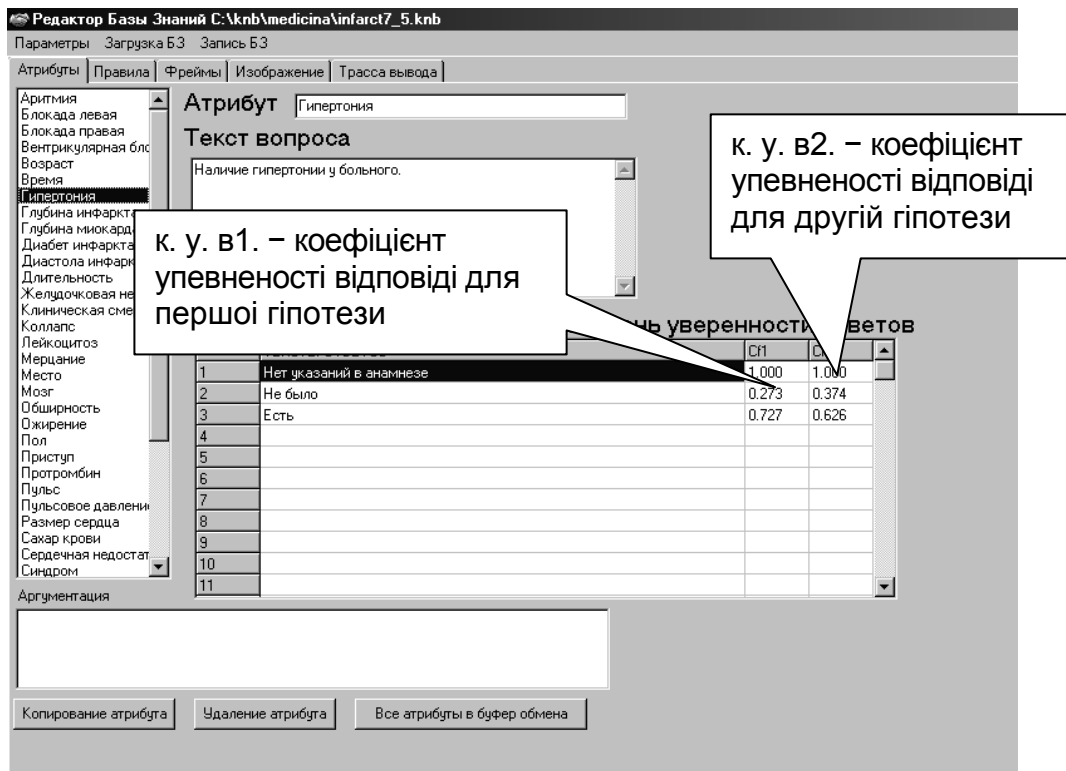


Рис. 3.4. Апріорні ймовірності симптому для двох гіпотез

Список атрибутів містить 28 симптомів хвороби. Для експрес-діагностики з них за допомогою статистичних методів виділені 7 найбільш інформативних, які подані в наступному порядку по убаванню інформативності (рис. 3.5):

- шлуночкова недостатність;
- вік;
- серцева недостатність;
- колапс;
- пульс;
- стать;
- число інфарктів;
- характеристика раніше перенесеного інфаркту.

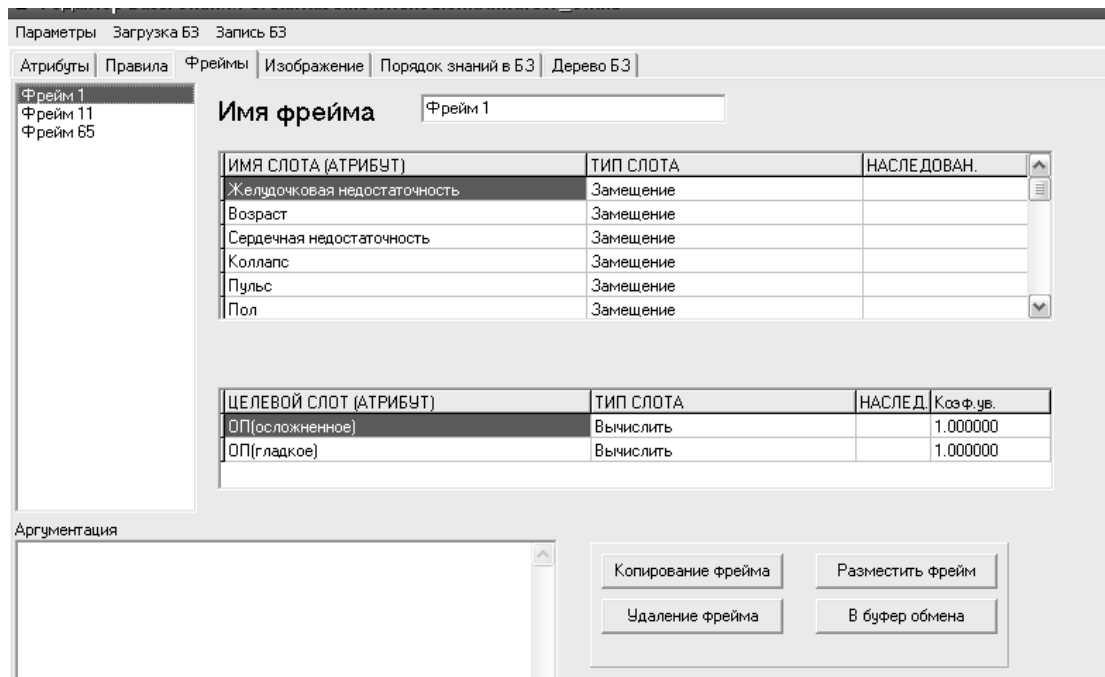


Рис. 3.5. Фрейм із семі найбільш інформативними симптом

Список атрибутов БЗ.

Для кожен питального атрибута (симптому) і його відповідного значення (відповіді на запитання):

к. у. в1. означає апіорну ймовірність для першої гіпотези (ускладнений плин інфаркту міокарда у хворого);

к. у. в2. означає апіорну ймовірність для другої гіпотези (гладкий плин інфаркту міокарда у хворого).

При відповіді користувача на запитання про наявність симптому машина висновку формує факт: атрибут = значення, к. у. в1. , к. у. в2., де коефіцієнти впевненості перераховуються за формулою Байєса. Розрахунок коефіцієнтів упевненості ґрунтуються на даних з роботи [36].

Ім'я атрибута: Шлуночкова недостатність.

Чи була у хворого гостра левошлуночкова недостатність?

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Не було, к. у. в1. = 0,649, к. у. в2. = 0,906.
3. Була, але не зазначено яка, к. у. в1. = 0,094, к. у. в2. = 0,020,
4. Без набряку легенів, к. у. в1. = 0,063, к. у. в2. = 0,037.
5. З помірним набряком легенів, к. у. в1. = 0,059, к. у. в2. = 0,016.

6. З вираженим набряком легенів, к. у. в1. = 0,135, к. у. в2. = 0,021.

Ім'я атрибута: Вік.

Вік хворого (років):

Відповіді:

1. До 40, к. у. в1. = 0,023, к. у. в2. = 0,062.

2. 41 – 50, к. у. в1. у. = 0,079, к. у. в2. = 0,241.

3. 51 – 60, к. у. в1. у. = 0,302, к. у. в2. = 0,362.

4. 61 – 70, к. у. в1. у. = 0,426, к. у. в2. = 0,294.

5. Понад 70, к. у. в1. = 0,170, к. у. в2. = 0,041.

Ім'я атрибута: Серцева недостатність.

Укажіть наявність у хворого серцевої недостатності.

Відповіді:

1. Немає вказівок в анамнезі, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.

2. Не було, к. у. в1. = 0,642, к. у. в2. = 0,868.

3. Приступи гострої серцевої недостатності, к. у. в1. = 0,067, к. у. в2. = 0,015.

4. Хронічна серцева недостатність, к. у. в1. = 0,291, к. у. в2. = 0,117.

Ім'я атрибута: Колапс.

Чи був колапс у хворого?

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.

2. Не було, к. у. в1. = 0,656, к. у. в2. = 0,784.

3. Кардиогенний, к. у. в1. = 0,190, к. у. в2. = 0,041.

4. Рефлекторний, к. у. в1. = 0,097, к. у. в2. = 0,142.

5. Аритмічний, к. у. в1. = 0,041, к. у. в2. = 0,030,

6. Через розрив, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.

7. Лікарський, к. у. в1. = 0,002, к. у. в2. = 1,0.

Ім'я атрибута: Пульс.

Яка частота пульсу (ударів за хв.) у момент прийняття хворого у стаціонар?

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.

2. Пульс не визначається, к. у. в1. = 0,019, к. у. в2. = 0,002.

3. До 20, к. у. в1. = 0,001, к. у. в2. = 1,0.

4. 21 – 40, к. у. в1. у. = 0,016, к. у. в2. = 0,007.

5. 41 – 60, к. у. в1. у. = 0,073, к. у. в2. = 0,086.
6. 61 – 80, к. у. в1. у. = 0,246, к. у. в2. = 0,385.
7. 81 – 100, к. у. в1. у. = 0,363, к. у. в2. = 0,371.
8. 101 – 120, к. у. в1. у. = 0,191, к. у. в2. = 0,118.
9. Понад 120, к. у. в1. = 0,090, к. у. в2. = 0,030.

Ім'я атрибута: Стать.

Стать хворого:

Відповіді:

1. Чоловіча, к. у. в1. = 0,555, к. у. в2. = 0,763.
2. Жіноча, к. у. в1. = 0,445, к. у. в2. = 0,237.

Ім'я атрибута: Число інфарктів.

Кількість раніше перенесених інфарктів у хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок в анамнезі, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Не було, к. у. в1. = 0,590, к. у. в2. = 0,773.
3. Один, к. у. в1. = 0,270, к. у. в2. = 0,161.
4. Два, к. у. в1. = 0,095, к. у. в2. = 0,050,
5. Три, к. у. в1. = 0,028, к. у. в2. = 0,016.
6. Більше трьох, к. у. в1. = 0,016, к. у. в2. = 1,0.

Ім'я атрибута: Характеристика.

Характеристика раніше перенесеного інфаркту у хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок в анамнезі, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. У минулому інфаркту не було, к. у. в1. = 0,748, к. у. в2. = 0,893.
3. Дрібноосередковий, к. у. в1. = 0,071, к. у. в2. = 0,030,
4. Великосередковий, к. у. в1. = 0,181, к. у. в2. = 0,077.

Ім'я атрибута: Блокада права.

Чи є у хворого блокада правої ніжки пучка Гісса?

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Не було, к. у. в1. = 0,898, к. у. в2. = 0,945.
3. Часткова, к. у. в1. = 0,035, к. у. в2. = 0,048.
4. Блокада типу Вільсона шириною 0,13 з, к. у. в1. = 0,025, к. у. в2. = 0,007.
5. Класична блокада, к. у. в1. = 0,041, к. у. в2. = 1,0.

Ім'я атрибута: Обширність.

Яка обширність справжнього інфаркту у хворого?

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Дуже велика, к. у. в1. = 0,229, к. у. в2. = 0,164.
3. Велика, к. у. в1. = 0,561, к. у. в2. = 0,485.
4. Обмежена, к. у. в1. = 0,052, к. у. в2. = 0,151.
5. Невідома обширність, к. у. в1. = 0,158, к. у. в2. = 0,199.

Ім'я атрибута: Час.

Коли в минулому був перенесений інфаркт міокарда хворим?

Відповіді:

1. Немає вказівок в анамнезі, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. У минулому інфаркту не було, к. у. в1. = 0,597, к. у. в2. = 0,755.
3. Більше 5 років тому, к. у. в1. = 0,122, к. у. в2. = 0,079.
4. Від 1 до 5 років тому, к. у. в1. = 0,159, к. у. в2. = 0,106.
5. Від 6 місяців до 1 року тому, к. у. в1. = 0,065, к. у. в2. = 0,025.
6. Під час останніх 6 місяців, к. у. в1. = 0,056, к. у. в2. = 0,035.

Ім'я атрибута: Місце.

Місце локалізації свіжого інфаркту у хворого?

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. На передній стінці, к. у. в1. = 0,422, к. у. в2. = 0,494.
3. На задній стінці, к. у. в1. = 0,410, к. у. в2. = 0,412.
4. Бічний, к. у. в1. = 0,009, к. у. в2. = 0,023.
5. Перегородковий, к. у. в1. = 0,006, к. у. в2. = 0,007.
6. Передньозадній, к. у. в1. у. = 0,152, к. у. в2. = 0,061.

Ім'я атрибута: Систола інфаркту.

Систолічний артеріальний тиск хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Тиск не визначається, к. у. в1. = 0,018, к. у. в2. = 0,004.
3. До 40, к. у. в1. = 0,001, к. у. в2. = 0,002.
4. 41 – 60, к. у. в1. у. = 0,015, к. у. в2. = 1,0.
5. 61 – 80, к. у. в1. у. = 0,044, к. у. в2. = 0,016.
6. 81 – 120, к. у. в1. у. = 0,331, к. у. в2. = 0,270,

7. 121 – 140, к. у. в1. у. = 0,245, к. у. в2. = 0,288.

8. 141 – 180, к. у. в1. у. = 0,288, к. у. в2. = 0,366.

9. Понад 180, к. у. в1. = 0,058, к. у. в2. = 0,053.

Ім'я атрибута: Пульсовий тиск.

Пульсовий тиск хворого (мм рт. ст):

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.

2. Тиск не визначається, к. у. в1. = 0,023, к. у. в2. = 0,007.

3. До 10, к. у. в1. = 0,012, к. у. в2. = 0,004.

4. 11 – 20, к. у. в1. у. = 0,078, к. у. в2. = 0,027.

5. 21 – 40, к. у. в1. у. = 0,348, к. у. в2. = 0,311.

6. 41 – 60, к. у. в1. у. = 0,357, к. у. в2. = 0,437.

7. 61 – 80, к. у. в1. у. = 0,146, к. у. в2. = 0,167.

8. Понад 80, к. у. в1. = 0,035, к. у. в2. = 0,046.

Ім'я атрибута: Блокада ліва.

Чи є блокада лівої ніжки пучка Гісса в пацієнта?

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.

2. Не було, к. у. в1. = 0,895, к. у. в2. = 0,961.

3. Часткова блокада, к. у. в1. = 0,046, к. у. в2. = 0,030,

4. Повна блокада, к. у. в1. = 0,059, к. у. в2. = 0,009.

Ім'я атрибута: Цукор у крові.

Рівень цукру у крові у хворого (у мг %):

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.

2. 61 – 70, к. у. в1. у. = 0,087, к. у. в2. = 0,108.

3. 71 – 80, к. у. в1. у. = 0,082, к. у. в2. = 0,120,

4. 81 – 120, к. у. в1. у. = 0,543, к. у. в2. = 0,597.

5. 121 – 160, к. у. в1. у. = 0,174, к. у. в2. = 0,120,

6. 161 – 200, к. у. в1. у. = 0,062, к. у. в2. = 0,020,

7. Понад 200, к. у. в1. = 0,052, к. у. в2. = 0,030,

Ім'я атрибута: Екстрасистолія.

Яка екстрасистолія у хворого?

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.

2. Не було, к. у. в1. = 0,607, к. у. в2. = 0,730,
3. Едичная шлуночков, к. у. в1. = 0,173, к. у. в2. = 0,137.
4. Едичная предсердна, к. у. в1. = 0,058, к. у. в2. = 0,046.
5. Часта шлуночкова, к. у. в1. = 0,100, к. у. в2. = 0,052.
6. Алоритмия шлуночкова, к. у. в1. = 0,004, к. у. в2. = 1,0.
7. Часта політопна, к. у. в1. = 0,058, к. у. в2. = 0,034.

Ім'я атрибута: Тривалість.

Яка тривалість стенокардії у хворого?

Відповіді:

1. Немає вказівок в анамнезі, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Не було, к. у. в1. = 0,250, к. у. в2. = 0,374.
3. Була протягом року до розвитку інфаркту міокарда, к. у. в1. = 0,108, к. у. в2. = 0,115.
4. Під час останніх 5 років, к. у. в1. = 0,280, к. у. в2. = 0,257.
5. Під час більше ніж 5 років, к. у. в1. = 0,362, к. у. в2. = 0,254.

Ім'я атрибута: Лейкоцитоз.

Рівень лейкоцитозу (од./см. куб.) у хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. До 8 000, к. у. в1. = 0,161, к. у. в2. = 0,265.
3. 8 100 – 10 000, к. у. в1. у. = 0,247, к. у. в2. = 0,272.
4. 10 100–15 000, к. у. в1. у. = 0,429, к. у. в2. = 0,352.
5. Понад 15 000, к. у. в1. = 0,163, к. у. в2. = 0,110,

Ім'я атрибута: Приступ.

Характеристика приступів стенокардії хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок в анамнезі, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Не було, к. у. в1. = 0,257, к. у. в2. = 0,395.
3. Стенокардія напруги, к. у. в1. = 0,568, к. у. в2. = 0,450,
4. Стенокардія спокою й напруги, к. у. в1. = 0,175, к. у. в2. = 0,155.

Ім'я атрибута: Вентрикулярна блокада.

Яка атриовентрикулярна блокада у хворого?

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Не було, к. у. в1. = 0,871, к. у. в2. = 0,950,

3. Часткова, к. у. в1. = 0,068, к. у. в2. = 0,032.

4. Повна, к. у. в1. = 0,061, к. у. в2. = 0,018.

Ім'я атрибута: Аритмія.

Яка миготлива аритмія у хворого?

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.

2. Не було, к. у. в1. = 0,870, к. у. в2. = 0,943.

3. Була брадисистолічна форма без дефіциту пульсу, к. у. в1. = 0,012, к. у. в2. = 0,004.

4. Була брадисистолічна форма з дефіцитом пульсу, к. у. в1. = 0,004, к. у. в2. = 1,0.

5. Була тахісистолічна форма без дефіциту пульсу, к. у. в1. = 0,084, к. у. в2. = 0,036.

6. Була тахісистолічна форма з дефіцитом пульсу, к. у. в1. = 0,030, к. у. в2. = 0,016.

Ім'я атрибута: Протромбін.

Рівень протромбінового індексу (%) у хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.

2. До 40, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 0,016.

3. 41 – 60, к. у. в1. у. = 0,050, к. у. в2. = 0,043.

4. 61 – 70, к. у. в1. у. = 0,140, к. у. в2. = 0,112.

5. 71 – 80, к. у. в1. у. = 0,283, к. у. в2. = 0,229.

6. 81 – 90, к. у. в1. у. = 0,279, к. у. в2. = 0,283.

7. 91 – 100, к. у. в1. у. = 0,182, к. у. в2. = 0,232.

8. 101 – 110, к. у. в1. у. = 0,045, к. у. в2. = 0,049.

9. 111 – 120, к. у. в1. у. = 0,020, к. у. в2. = 0,035.

Ім'я атрибута: Глибина міокарда.

Який ступінь глибини свіжого інфаркту міокарда у хворого?

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.

2. Непроникний, к. у. в1. = 0,229, к. у. в2. = 0,342.

3. Проникний, к. у. в1. = 0,770, к. у. в2. = 0,658.

Ім'я атрибута: Розмір серця.

Наявність збільшення розмірів серця у хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Не збільшено, к. у. в1. = 0,082, к. у. в2. = 0,160,
3. Збільшено, к. у. в1. = 0,918, к. у. в2. = 0,840,

Ім'я атрибута: Тахікардія.

Яка пароксизмальна тахікардія у хворого?

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Не було, к. у. в1. = 0,914, к. у. в2. = 0,959.
3. Суправентрикулярна, к. у. в1. = 0,053, к. у. в2. = 0,016.
4. Шлуночкова, к. у. в1. = 0,033, к. у. в2. = 0,025.

Ім'я атрибута: Діастола інфаркту.

Діастолічний артеріальний тиск (мм рт. ст.) на момент обстеження хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Тиск не визначається, к. у. в1. = 0,030, к. у. в2. = 0,011.
3. До 40, к. у. в1. = 0,012, к. у. в2. = 1,0.
4. 41 – 60, к. у. в1. у. = 0,093, к. у. в2. = 0,073.
5. 61 – 80, к. у. в1. у. = 0,368, к. у. в2. = 0,371.
6. 81 – 100, к. у. в1. у. = 0,347, к. у. в2. = 0,382.
7. Понад 100, к. у. в1. = 0,148, к. у. в2. = 0,162.

Ім'я атрибута: Гіпертонія.

Наявність гіпертонії у хворого.

Відповіді:

1. Немає вказівок в анамнезі, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Не було, к. у. в1. = 0,273, к. у. в2. = 0,374.
3. Є, к. у. в1. = 0,727, к. у. в2. = 0,626.

Ім'я атрибута: Глибина інфаркту.

Характеристика раніше перенесеного інфаркту хворим*

Відповіді:

1. Немає вказівок в анамнезі, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. У минулому інфаркту не було, к. у. в1. = 0,918, к. у. в2. = 0,959.
3. Проникний, к. у. в1. = 0,040, к. у. в2. = 0,023.
4. Непроникний, к. у. в1. = 0,042, к. у. в2. = 0,018.

Ім'я атрибута: Трансаміназа.

Рівень трансамінази у хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. До 60, к. у. в1. = 0,370, к. у. в2. = 0,407.
3. 61 – 70, к. у. в1. у. = 0,107, к. у. в2. = 0,125.
4. Понад 70, к. у. в1. = 0,523, к. у. в2. = 0,468.

Ім'я атрибута: Мерехтіння.

Наявність стійкого мерехтіння у хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок в анамнезі, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Не було, к. у. в1. = 0,951, к. у. в2. = 0,977.
3. Було, к. у. в1. = 0,049, к. у. в2. = 0,023.

Ім'я атрибута: Мозок.

Наявність порушення мозкового кровообігу у хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Не було, к. у. в1. = 0,922, к. у. в2. = 0,954.
3. Було, к. у. в1. = 0,078, к. у. в2. = 0,046.

Ім'я атрибута: Діабет інфаркту.

Наявність цукрового діабету у хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Не було, к. у. в1. = 0,905, к. у. в2. = 0,941.
3. Є, к. у. в1. = 0,095, к. у. в2. = 0,059.

Ім'я атрибута: Клінічна смерть.

Наявність клінічної смерті у хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Не було, к. у. в1. = 0,940, к. у. в2. = 0,964.
3. Була, к. у. в1. = 0,060, к. у. в2. = 0,036.

Ім'я атрибута: Фібриляція.

Яка фібриляція шлуночків у хворого?

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.

2. Не було, к. у. в1. = 0,939, к. у. в2. = 0,962.
3. Однократна, к. у. в1. = 0,040, к. у. в2. = 0,027.
4. Повторна, к. у. в1. = 0,021, к. у. в2. = 0,011.

Ім'я атрибута: Синдром.

Наявність болючого синдрому у хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Не було, к. у. в1. = 0,072, к. у. в2. = 0,069.
3. Був не інтенсивний, к. у. в1. = 0,087, к. у. в2. = 0,115.
4. Був інтенсивний, к. у. в1. = 0,841, к. у. в2. = 0,816.

Ім'я атрибута: Ожиріння.

Наявність ожиріння у хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок в анамнезі, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Ні, к. у. в1. = 0,842, к. у. в2. = 0,743.
3. Є, к. у. в1. = 0,338, к. у. в2. = 0,257.

Ім'я атрибута: Тромбоемболія.

Наявність тромбоемболії у хворого:

Відповіді:

1. Немає вказівок в анамнезі, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Не було, к. у. в1. = 0,956, к. у. в2. = 0,968.
3. Була, к. у. в1. = 0,044, к. у. в2. = 0,032.

Ім'я атрибута: Свідомість.

Наявність свідомість у хворого.

Відповіді:

1. Немає вказівок, к. у. в1. = 1,0, к. у. в2. = 1,0.
2. Втрати свідомості не було, к. у. в1. = 0,861, к. у. в2. = 0,876.
3. Була втрата свідомості, к. у. в1. = 0,139, к. у. в2. = 0,124.

Список правил БЗ.

Фрейм 1.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Шлуночкова недостатність | Заміщення |

Вік | Заміщення |

Серцева недостатність | Заміщення |

Колапс | Заміщення |

Пульс | Заміщення |

Стать | Заміщення |

Число інфарктів | Заміщення |

Характеристика | Заміщення |

Цільовий слот

ОП (ускладнене) | Обчислити.

ОП (гладке) | Обчислити.

Правило 2. A&V#.

ЯКЩО

A ОП (ускладнене) > 1

B ОП (гладке) < 1

ТО

Плин інфаркту міокарда = Ускладнений.

Правило 3. A&V#.

ЯКЩО

A ОП (ускладнене) = 1

B ОП (гладке) < 1

ТО

Плин інфаркту міокарда = Ускладнений.

Правило 4. A&V#.

ЯКЩО

A ОП (ускладнене) > 1

B ОП (гладке) > 1

ТО

Прогноз = Додаткове обстеження.

Правило 5. A&V#.

ЯКЩО

A ОП (ускладнене) < 1

B ОП (гладке) < 1

ТО

Прогноз = Додаткове обстеження.

Правило 6. A&V#.

ЯКЩО

A ОП (ускладнене) = 1

B ОП (гладке) = 1

ТО

Прогноз = Додаткове обстеження.

Правило 7. A&V#.

ЯКЩО

A ОП (ускладнене) < 1

B ОП (гладке) > 1

ТО

Прогноз = Гладкий плин інфаркту міокарда.

Правило 8. A&V#.

ЯКЩО

A ОП (ускладнене) = 1

B ОП (гладке) > 1

ТО

Прогноз = Додаткове обстеження.

Правило 9. A&V#.

ЯКЩО

A ОП (ускладнене) > 1

B ОП (гладке) = 1

ТО

Прогноз = Додаткове обстеження.

Правило 10, A&V#.

ЯКЩО

A ОП (ускладнене) < 1

B ОП (гладке) = 1

ТО

Прогноз = Гладкий плин інфаркту міокарда.

На рис. 3.6 наведене дерево цілей для визначення значення атрибута "Прогноз".

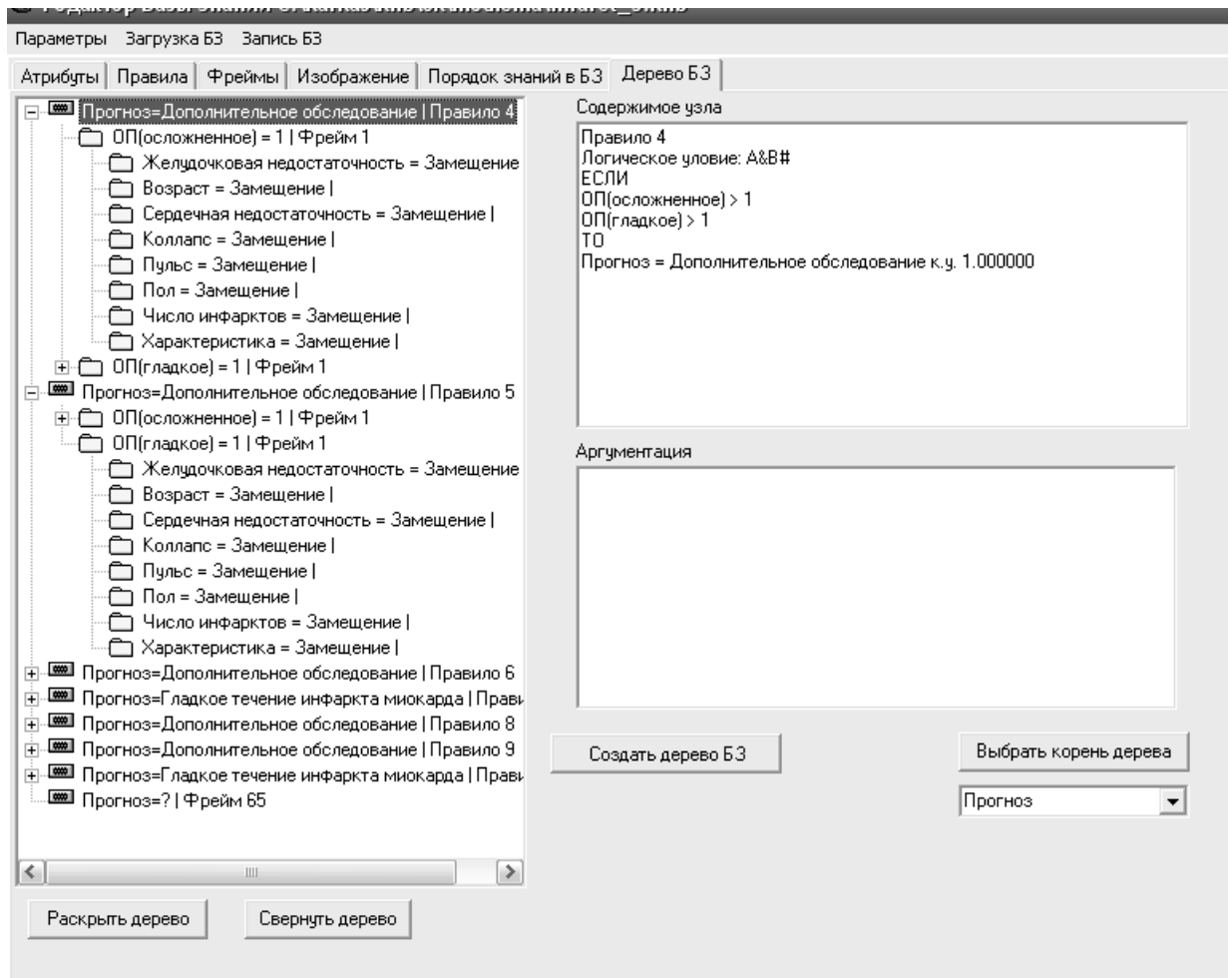


Рис. 3.6. Дерево целей для визначення значення атрибута "Прогноз"

Фрейм 11.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
Плин інфаркту міокарда | Заміщення | н

Цільовий слот

Апостеріорна ймовірність | Обчислити.

Правило 12. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність $[] 0, \dots, 0,009$

ТО

Фібриляція старт-період 1 = Розвинеться пізніше 6 тижнів.

Фібриляція старт-період 2 = Розвинеться пізніше 6 тижнів.

Правило 13. A#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність \square 0,009,...,0,022

ТО

Фібриляція старт-період 1 = Розівинеться пізніше 6 тижнів.

Фібриляція старт-період 2 = Розівинеться на 2 добу.

Правило 14. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність \square 0,022,...,0,032

ТО

Фібриляція старт-період 1 = Розівинеться на 2 добу.

Фібриляція старт-період 2 = Розівинеться за 1 добу, пізніше старт-періоду.

Правило 15. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність \square 0,032,...,0,034

ТО

Фібриляція старт-період 1 = Розівинеться за 1 добу, пізніше старт-періоду.

Фібриляція старт-період 2 = Розівинеться в межах 3 – 6 тижнів.

Правило 16. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність \square 0,034,...,0,039

ТО

Фібриляція старт-період 1 = Розівинеться в межах 3 – 6 тижнів.

Фібриляція старт-період 2 = Розівинеться до кінця 1 тижня.

Правило 17. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність \square 0,039,...,0,060

ТО

Фібриляція старт-період 1 = Розівинеться до кінця 1 тижня.

Фібриляція старт-період 2 = Розівинеться від 1 до 3 тижнів.

Правило 18. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність \square 0,060,...,0,803

ТО

Фібриляція старт-період 1 = Розівинеться від 1 до 3 тижнів.

Фібриляція старт-період 2 = Не розвинеться.

Правило 19. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність \square 0,803,...,1

ТО

Фібриляція старт-період 1 = Не розвинеться.

Фібриляція старт-період 2 = Не розвинеться.

Правило 20, A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність \square 0,...,0,014

ТО

Гостра л.шлуночкова недост. 1 = Розвинеться пізніше 6 тижнів.

Гостра л.шлуночкова недост. 2 = Розвинеться пізніше 6 тижнів.

Правило 21. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність \square 0,014,...,0,032

ТО

Гостра л.шлуночкова недост. 1 = Розвинеться пізніше 6 тижнів.

Гостра л.шлуночкова недост. 2 = Розвинеться від 3 до 6 тижнів.

Правило 22. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність \square 0,032,...,0,073

ТО

Гостра л.шлуночкова недост. 1 = Розвинеться від 3 до 6 тижнів.

Гостра л.шлуночкова недост. 2 = Розвинеться від 1 до 3 тижнів.

Правило 23. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність \square 0,073,...,0,089

ТО

Гостра л.шлуночкова недост. 1 = Розвинеться від 1 до 3 тижнів.

Гостра л.шлуночкова недост. 2 = Розвинеться до кінця 1 тижня.

Правило 24. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність \square 0,089,...,0,103

ТО

Гостра л.шлуночкова недост. 1 = Розівинеться до кінця 1 тижня.

Гостра л.шлуночкова недост. 2 = Розівинеться на 2 добу.

Правило 25. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність [] 0,103,...,0,174

ТО

Гостра л.шлуночкова недост. 1 = Розівинеться на 2 добу.

Гостра л.шлуночкова недост. 2 = Розівинеться за 1 добу, пізніше старт-періоду.

Правило 26. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність [] 0,174,...,0,515

ТО

Гостра л.шлуночкова недост. 1 = Розівинеться за 1 добу, пізніше старт-період.

Гостра л.шлуночкова недост. 2 = Не розівинеться.

Правило 27. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність [] 0,515,...,1

ТО

Гостра л.шлуночкова недост. 1 = Не розівинеться.

Гостра л.шлуночкова недост. 2 = Не розівинеться.

Правило 28. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність [] 0,...,0,263

ТО

Хронічна серц. недост. 1 = Розівинеться.

Хронічна серц. недост. 2 = Розівинеться.

Правило 29. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність [] 0,263,...,0,737

ТО

Хронічна серц. недост. 1 = Розівинеться.

Хронічна серц. недост. 2 = Не розівинеться.

Правило 30. A#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,737, \dots, 1$

ТО

Хронічна серц. недост. 1 = Не розвинеться.

Хронічна серц. недост. 2 = Не розвинеться.

Правило 31. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0, \dots, 0,015$

ТО

Аритмія після старт-періоду 1 = Розвинеться пізніше 6 тижнів.

Аритмія після старт-періоду 2 = Розвинеться пізніше 6 тижнів.

Правило 32. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,015, \dots, 0,073$

ТО

Аритмія після старт-періоду 1 = Розвинеться пізніше 6 тижнів.

Аритмія після старт-періоду 2 = Розвинеться від 3 до 6 тижнів.

Правило 33. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,073, \dots, 0,111$

ТО

Аритмія після старт-періоду 1 = Розвинеться від 3 до 6 тижнів.

Аритмія після старт-періоду 2 = Розвинеться від 1 до 3 тижнів.

Правило 34. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,111, \dots, 0,138$

ТО

Аритмія після старт-періоду 1 = Розвинеться від 1 до 3 тижнів.

Аритмія після старт-періоду 2 = Розвинеться до 1 тижня.

Правило 35. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,138, \dots, 0,187$

ТО

Аритмія після старт-періоду 1 = Розвинеться до 1 тижня.

Аритмія після старт-періоду 2 = Розвинеться на 2 добу.

Правило 36. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність $\in [0,187, \dots, 0,192]$

ТО

Аритмія після старт-періоду 1 = Розвинеться на 2 добу.

Аритмія після старт-періоду 2 = Розвинеться за 1 добу, пізніше старт-періоду.

Правило 37. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність $\in [0,192, \dots, 0,284]$

ТО

Аритмія після старт-періоду 1 = Розвинеться в 1 добу, пізніше старт-періоду.

Аритмія після старт-періоду 2 = Не розвинеться пізніше старт-періоду.

Правило 38. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність $\in [0,284, \dots, 1]$

ТО

Аритмія після старт-періоду 1 = Не розвинеться пізніше старт-періоду.

Аритмія після старт-періоду 2 = Не розвинеться пізніше старт-періоду.

Правило 39. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність $\in [0, \dots, 0,008]$

ТО

Тромбоемболія після старт-періоду 1 = Розвинеться пізніше 6 тижнів.

Тромбоемболія після старт-періоду 2 = Розвинеться пізніше 6 тижнів.

Правило 40, A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність $\in [0,008, \dots, 0,015]$

ТО

Тромбоемболія після старт-періоду 1 = Розівинеться пізніше 6 тижнів.

Тромбоемболія після старт-періоду 2 = Розівинеться за 1 добу, пізніше старт-періоду.

Правило 41. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність $\in [0,015, \dots, 0,017]$

ТО

Тромбоемболія після старт-періоду 1 = Розівинеться за 1 добу, пізніше старт-періоду.

Тромбоемболія після старт-періоду 2 = Розівинеться на 2 добу.

Правило 42. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність $\in [0,017, \dots, 0,021]$

ТО

Тромбоемболія після старт-періоду 1 = Розівинеться на 2 добу.

Тромбоемболія після старт-періоду 2 = Розівинеться від 3 до 6 тижнів.

Правило 43. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність $\in [0,021, \dots, 0,034]$

ТО

Тромбоемболія після старт-періоду 1 = Розівинеться від 3 до 6 тижнів.

Тромбоемболія після старт-періоду 2 = Розівинеться до кінця 1 тижня.

Правило 44. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність $\in [0,034, \dots, 0,043]$

ТО

Тромбоемболія після старт-періоду 1 = Розівинеться до кінця 1 тижня.

Тромбоемболія після старт-періоду 2 = Розівинеться від 1 до 3 тижнів.

Правило 45. A#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,043, \dots, 0,862]$

ТО

Тромбоемболія після старт-періоду 1 = Розвинеться від 1 до 3 тижнів.

Тромбоемболія після старт-періоду 2 = Не розвинеться.

Правило 46. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,862, \dots, 1]$

ТО

Тромбоемболія після старт-періоду 1 = Не розвинеться.

Тромбоемболія після старт-періоду 2 = Не розвинеться.

Правило 47. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,010, \dots, 0,011]$

ТО

Розрив після старт-період 1 = Розвинеться на 2 добу.

Розрив після старт-період 2 = Розвинеться за 1 добу або пізніше

6 тижнів.

Правило 48. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0, \dots, 0,010]$

ТО

Розрив після старт-періоду 1 = Розвинеться на 2 добу.

Розрив після старт-періоду 2 = Розвинеться на 2 добу.

Правило 49. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,011, \dots, 0,025]$

ТО

Розрив після старт-періоду 1 = Розвинеться за 1 добу або пізніше

6 тижнів.

Розрив після старт-періоду 2 = Розвинеться від 3 до 6 тижнів.

Правило 50, А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,025, \dots, 0,932]$

ТО

Розрив після старт-періоду 1 = Розівинеться від 3 до 6 тижнів.

Розрив після старт-періоду 2 = Не відбудеться.

Правило 51. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,932, \dots, 1$

ТО

Розрив після старт-періоду 1 = Не відбудеться.

Розрив після старт-періоду 2 = Не відбудеться.

Правило 52. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0, \dots, 0,009$

ТО

Повторний інфаркт після старт-періоду 1 = Розівинеться пізніше 6 тижнів.

Повторний інфаркт після старт-періоду 2 = Розівинеться пізніше 6 тижнів.

Правило 53. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,009, \dots, 0,011$

ТО

Повторний інфаркт після старт-періоду 1 = Розівинеться пізніше 6 тижнів.

Повторний інфаркт після старт-періоду 2 = Розівинеться від 3 до 6 тижнів.

Правило 54. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,011, \dots, 0,029$

ТО

Повторний інфаркт після старт-періоду 1 = Розівинеться від 3 до 6 тижнів.

Повторний інфаркт після старт-періоду 2 = Розівинеться до 3 тижнів.

Правило 55. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,029, \dots, 0,951]$

ТО

Повторний інфаркт після старт-періоду 1 = Розівинеться до 3 тижнів.

Повторний інфаркт після старт-періоду 2 = Не розівинеться.

Правило 56. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,951, \dots, 1]$

ТО

Повторний інфаркт після старт-періоду 1 = Не розівинеться.

Повторний інфаркт після старт-періоду 2 = Не розівинеться.

Правило 57. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0, \dots, 0,020]$

ТО

Результат 1 = Летальний, пізніше 6 тижнів.

Результат 2 = Летальний, пізніше 6 тижнів.

Правило 58. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,020, \dots, 0,048]$

ТО

Результат 1 = Летальний, пізніше 6 тижнів.

Результат 2 = Летальний, від 3 до 6 тижнів.

Правило 59. А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,048, \dots, 0,051]$

ТО

Результат 1 = Летальний, від 3 до 6 тижнів.

Результат 2 = Летальний, на 2 добу.

Правило 60, А#.

ЯКЩО

А Апостеріорна ймовірність $\in [0,051, \dots, 0,060]$

ТО

Результат 1 = Летальний, на 2 добу.

Результат 2 = Летальний у 1 добу, але пізніше старт-періоду.

Правило 61. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність $\in [0,060, \dots, 0,064$

ТО

Результат 1 = Летальний, у 1 добу, але пізніше старт-періоду.

Результат 2 = Летальний, до кінця 1 тижня.

Правило 62. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність $\in [0,064, \dots, 0,095$

ТО

Результат 1 = Летальний, до кінця 1 тижня.

Результат 2 = Летальний, від 1 до 3 тижнів.

Правило 63. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність $\in [0,095, \dots, 0,662$

ТО

Результат 1 = Летальний, від 1 до 3 тижнів.

Результат 2 = Хворий виживе.

Правило 64. A#.

ЯКЩО

A Апостеріорна ймовірність $\in [0,662, \dots, 1$

ТО

Результат 1 = Хворий виживе.

Результат 2 = Хворий виживе.

Фрейм 65.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Фібриляція старт-період 1 | Заміщення | н

Фібриляція старт-період 2 | Заміщення | н

Гостра л.шлуночкова недост. 1 | Заміщення | н

Гостра л.шлуночкова недост. 2 | Заміщення | н

Хронічна серц. недост. 1 | Заміщення | н

Хронічна серц. недост. 2 | Заміщення | н

Аритмія після старт-періоду 1 | Заміщення | н

Аритмія після старт-періоду 2 | Заміщення | н

Тромбоемболія після старт-періоду 1 | Заміщення | н

Тромбоемболія після старт-періоду 2 | Заміщення | н
Розрив після старт-періоду 1 | Заміщення | н
Розрив після старт-періоду 2 | Заміщення | н
Повторний інфаркт після старт-періоду 1 | Заміщення | н
Повторний інфаркт після старт-періоду 2 | Заміщення | н
Результат 1 | Заміщення | н
Результат 2 | Заміщення | н
Цільовий слот
Прогноз | ?.

3.2. Нейлоровський висновок

Розглянемо інше застосування формули Байєса, запропоноване К. Нейлором [31] і реалізоване в системі "КАРКАС".

Алгоритм машини висновку ґрунтується на наступних припущеннях.

Перше. Введення верхніх і нижніх порогів для ймовірностей гіпотез.

Нехай $P_{\text{MAX}}(H)$ — максимальна можлива ймовірність, досяжна для даної гіпотези, за умови, що всі свідчення, наявні в базі знань і пов'язані з цією гіпотезою, будуть підтверджені користувачем на користь гіпотези H , тоді

$$\text{sup}(H) = 0,9 * P_{\text{MAX}}(H);$$

$$\text{inf}(H) = 0,5 * \text{sup}(H).$$

Величини $P_{\text{MAX}}(H)$ для всіх H можуть бути обчислені заздалегідь і включені в БЗ.

Якщо ймовірність $P(H)$ після обліку всіх свідчень перевершує верхній поріг $\text{sup}(H)$ ($P(H) > \text{sup}(H)$), то гіпотеза H приймається як основа для можливого висновку. Якщо ж $P(H) < \text{inf}(H)$, де $\text{inf}(H)$ – нижній поріг, то гіпотеза H відкидається як неправдоподібна.

Друге. Облік невизначеностей, що містяться реакції користувачів.

Облік невизначеності, що мшститься у відповідях користувача на запитання ЕС, є важливим моментом в організації діалогу. Відповідь користувача можна проранжирувати наприклад, за 5-бальною шкалою (від -2 до 2), де -2 відповідає відповіді "Ні", 0 – "Не знаю", +2 – "Так".

Отже, при відповіді $R = 2$ маємо $P(H \mid R) = P(H \mid E)$, при відповіді $R = 0$ апіорна ймовірність не змінюється й тому $P(H \mid R) = P(H)$, при відповіді $R = -2$ маємо $P(H \mid R) = P(H \mid \neg E)$. Проміжні значення $P(H \mid R)$ відновлюємо за допомогою лінійної інтерполяції.

Третє. Введення цін свідчень, що визначають сценарій діалогу з користувачем.

Для вибору свідчень із БЗ у [31] запропонована процедура непрямого ланцюжка міркувань на основі ціни свідчень. Ідея полягає в тому, що кожному свідченню приписується ціна, що відображе важливість свідчення у процесі висновку. Далі при побудові діалогу щораз вибирається свідчення з найбільшими цінами. У процесі висновку свідчень увесь час перераховуються залежно від одержуваних поточних результатів.

Ціна свідчення E обчислюється за формулою:

$$C(E) = \sum | P(H_i \mid E) - P(H_i \mid \neg E) |.$$

Таким чином, $C(E)$ визначається як повна сума максимально можливих змін ймовірностей за всіма N гіпотезами, наявними у БЗ.

Далі система вибирає свідчення E з максимальною ціною $C(E)$ і ставить відповідне запитання користувачеві. Після одержання відповіді (за 5-бальною шкалою) перераховуються всі ймовірності $P(H_i)$ — вони замінюються на $P(H_i \mid R)$. Після формування нового масиву $P(H_i)$ заново перераховуються всі ціни свідчень і процес повторюється.

Зазначимо, що у процесі висновку всі ймовірності $P(E \mid H)$, $P(E \mid \neg H)$ залишаються незмінними — змінюється тільки масив $P(H)$. Ціни свідчень, що відносяться до малоїмовірних гіпотез, автоматично падають. А ціни свідчень, що відносяться до більш імовірних гіпотез, будуть зростати.

Ціни свідчень дозволяють внести певну "інертність" у роботу ЕС, що сприятливо відображається на психологічному стані користувача.

Досить перебрати всі свідчення й усі гіпотези, для того щоб закінчити консультацію. Однак консультацію можна закінчити значно раніше.

З кожною гіпотезою H пов'язані наступні числа:

1. $P(H)$ – поточна ймовірність істинності гіпотези H .

2. $P_{\max}(H)$ — поточна максимальна досяжна ймовірність для гіпотези H у припущенні, що всі свідчення, що залишилися, будуть свідчити на користь H .

3. $P_{\min}(H)$ — поточна мінімальна ймовірність гіпотези H .

4. $\text{sup}(H) = 0,9 * P_{\max}(H)$ — верхній поріг.

5. $\text{inf}(H) = 0,5 * \text{sup}(H)$ – нижній поріг.

З урахуванням зазначених п'яти величин можливі наступні умови зупинки роботи ЕС:

1. Визначення найбільш імовірної гіпотези. Якщо в деякий момент обробки списку свідчень у процесі роботи ЕС виявляється, що для якоїсь гіпотези H_k виконуються умови:

$$P_{\min}(H_k) > P_{\max}(H_i), \text{ для будь-якого } i \neq k,$$

то, мабуть, гіпотеза H_k є найбільш імовірною і продовжувати процес експертизи не треба.

2. Визначення правдоподібної гіпотези. Тобто такої гіпотези H , для якої в даний момент часу виконалася умова:

$$P_{\min}(H) > \text{sup}(H).$$

Даний критерій зупинки є основним і реалізується частіше інших.

Звичайно користувача цікавлять усі такі гіпотези й тому необхідно додатково перевірити умову:

$$P_{\max}(H) < \text{sup}(H)$$

для всіх інших гіпотез. Якщо ця умова не виконана, то процес роботи ЕС може бути продовжений для поповнення списку правдоподібних висновків.

3. Відсутність висновку – констатація факту, що ЕС не може прийняти рішення. Дана ситуація виникає, якщо в якийсь момент часу виконується наступна нерівність:

$$P_{\max}(H) < \text{inf}(H) \text{ для всіх } H.$$

Машина висновку для байєсовського методу – це алгоритм, що дозволяє генерувати й перевіряти гіпотези.

Найпростіший варіант ухвалення рішення полягає в тому, щоб вивести всі гіпотези із вказівкою їхніх ймовірностей. І користувач сам вибирає гіпотезу.

В ЕС для алгоритму машини висновку використовуються прямий ланцюжок міркувань (від фактів до гіпотез). Така процедура вибірки запитання за даними із БФ може виявитися довгою для одержання результату консультації, оскільки факти, що приводять до прийняття гіпотези, можуть випадково з'явитися наприкінці консультації.

Крім того, з боку користувача машина висновку поводить не послідовно, оскільки ставляться запитання, обрані навмання.

Зворотний ланцюжок міркувань (від гіпотези до фактів) більш цілеспрямований, але проблема полягає в порядку вибору гіпотез.

Ціна свідчення обчислюється для кожного свідчення E як сума максимальних змін імовірностей, які можуть відбутися у всіх N гіпотезах, до яких це свідчення застосовуються $C(E) = \sum |P(H_i | E) - P(H_i | \neg E)|$. Першим завжди ставиться те питання, в якого така ціна виявляється найбільшою.

Проблема, звичайно, полягає в тому, як виділити важливе запитання. Оскільки якщо ЕС має 100 свідчень, кожне з яких вимірюється за одинадцятибальною шкалою, то можливо 11^{100} різних шляхів, якими може повести користувач. Для кожного з 11^{100} таких шляхів є $100!$ різних способів упорядкування запитань.

Алгоритм машини висновку:

1. Для кожної гіпотези обчислюється апріорна ймовірність $P(H)$.
2. Для кожного свідчення визначається його ціна $C(E)$.
3. З усіх $C(E)$ наявне найбільше.
4. Ставиться запитання користувачу з приводу цього свідчення. Відповідь користувач вибирає за шкалою від -2 до $+2$ (позначимо її символом R).
5. При заданому R здійснюється перерахування для всіх гіпотез, у яких згадувалося це свідчення (обчислюється $P(H | R)$).
6. Виконується перерахування цін для всіх свідчень.
7. Обчислюються мінімальні й максимальні величини для кожної гіпотези.
8. Наявний максимальний (якщо їх декілька, то вибирається перший максимум) з можливих мінімумів для цих гіпотез.

9. Якщо існує такий максимум, що перевищує найбільший мінімум, то відбувається перехід до кроку 3. Якщо такого немає, то існує найбільш імовірний результат, що видається користувачеві.

Наведемо декілька скриншотів (рис. 3.7 – 3.9) із системи "КАРКАС" при діагностиці захворювань загального характеру.

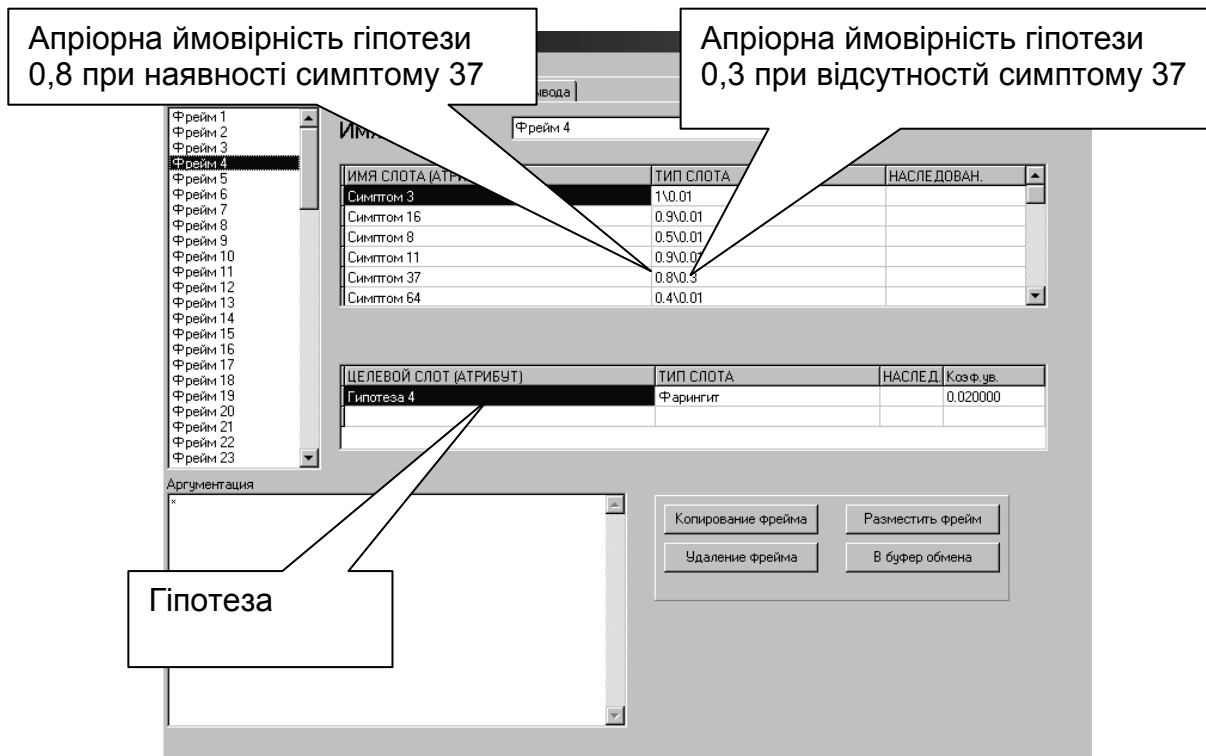


Рис. 3.7. Фрейм для запису симптомів з їхніми ймовірностями для гіпотези

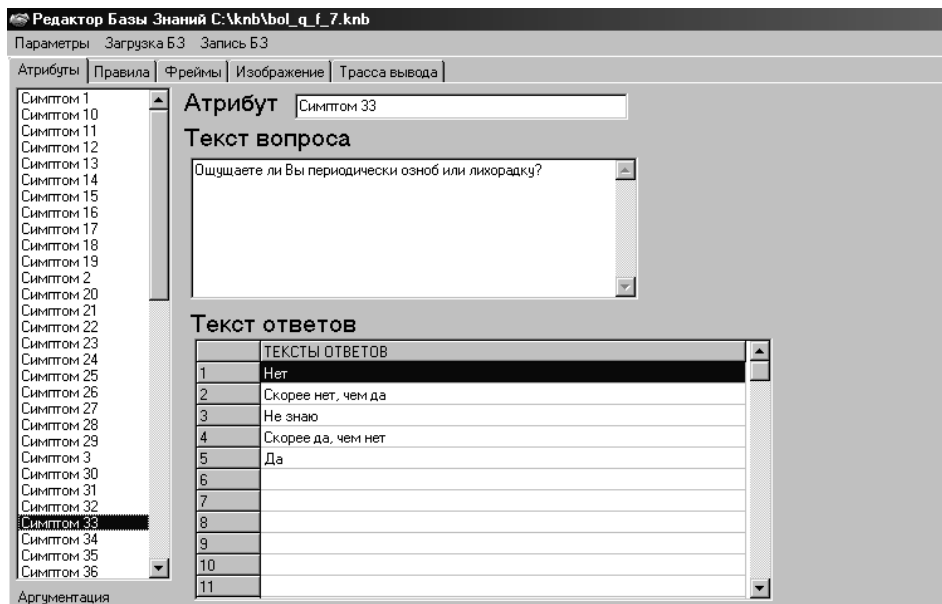


Рис. 3.8. Формат данных для запитання про симптом захворювання

Статистичні дані щодо симптомів і їхніх апріорних імовірностей підтверджувальних і спростувальних гіпотез, ґрунтуються на даних з роботи [31] і представлені в системі "КАРКАС" через фрейми (рис. 3.9).

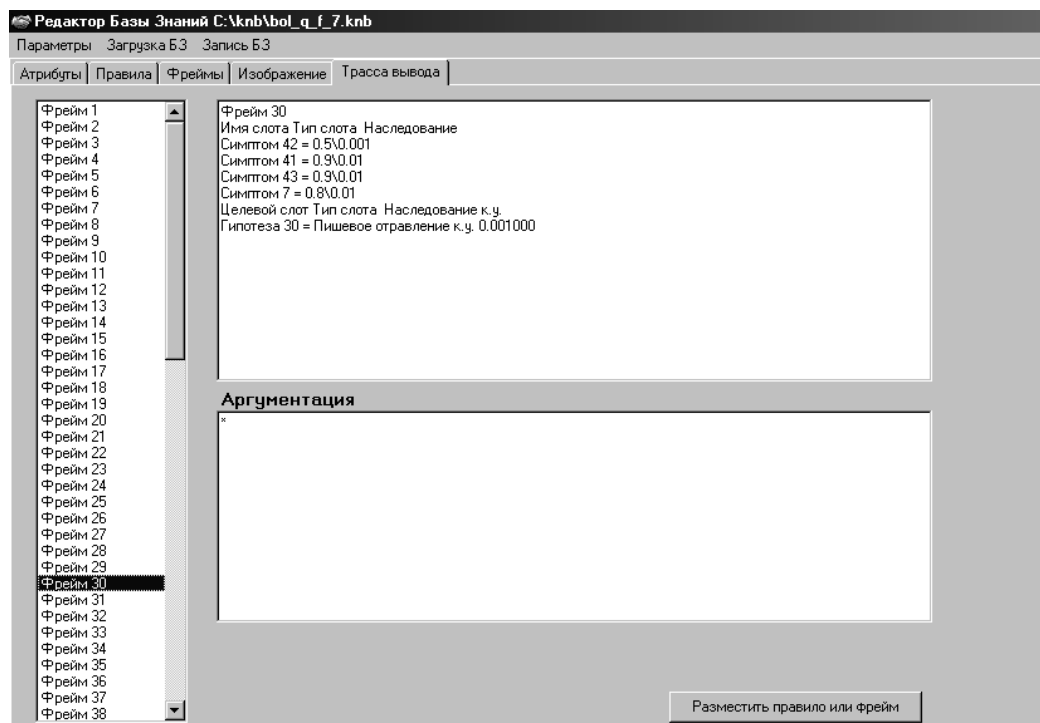


Рис. 3.9. Фреймы БЗ

Список атрибутів БЗ.

Ім'я атрибута: Симптом 1.

Чи багато ви чхаєте?

Відповіді:

1. Ні.
2. Скоріше ні, ніж так.
3. Не знаю.
4. Скоріше так, ніж ні.
5. Так.

Оскільки варіанти відповідей на запитання в усіх інших симптомах такі ж, як і для симптому 1, тоді наведемо тільки тексти запитань.

Симптом 2. Чи болять або сльозяться у вас очі?

Симптом 3. Чи болить у вас горло?

Симптом 4. Чи охрип ваш голос?

Симптом 5. Чи багато ви кашляєте?

Симптом 6. Чи є у вас нежить?

Симптом 7. Чи болить у вас голова або ви взагалі страждаєте від головних болів?

Симптом 8. Чи є у вас підвищена температура (більше 37°C)?

Симптом 9. Чи доводиться вам подовгу перебувати в запиленій атмосфері?

Симптом 10. Чи непокоїть вас шкірна сверблячка?

Симптом 11. Чи пересохнуло у вас у горлі?

Симптом 12. Чи чутни у вас хрипи під час дихання?

Симптом 13. Чи закладений у вас ніс?

Симптом 14. Чи була у вас останнім часом застуда або інша подібна інфекція?

Симптом 15. Чи відчуваєте ви загальний хворобливий стан?

Симптом 16. Чи відчуваєте ви труднощі при ковтанні?

Симптом 17. Чи болять у вас м'язи?

Симптом 18. Чи відчуваєте Ви біль у грудях?

Симптом 19. Чи видалені у вас гланди?

Симптом 20. Чи є у вас симптоми, що проявляються у вигляді "приступів"?

Симптом 21. Чи виділяється у вас мокротиння при кашлі?

Симптом 22. Чи є у вас задишка?

Симптом 23. Чи дуже ви пітнієте не тільки при фізичному навантаженні, але й у стані спокою?

Симптом 24. Чи прискорений ваш пульс? (Нормальний пульс – 60 – 80 ударів за хвилину або небагато частіші для осіб старше 70 і моложе 20 років).

Симптом 25. Чи трапляються у вас сильні приступи задишки, які викликають серйозну заклопотаність?

Симптом 26. Чи спостерігається у вас посиніння шкіри?

Симптом 27. Чи є кров у мокротинні, коли ви кашляєте?

Симптом 28. Чи не відчуваєте ви себе засоромленим від того, що відбувається навколо?

Симптом 29. Чи не спостерігаєте ви у себе (або в пацієнта) проявів нескладної мови й поганої координації рухів?

Симптом 30. Чи буває у вас сухий (без виділення мокротиння) кашель?

Симптом 31. Чи відчуваєте ви біль при диханні або кашлі?

Симптом 32. Чи бувають у вас дуже сильні болі у грудях?

Симптом 33. Чи відчуваєте ви періодично озноб або лихоманку?

Симптом 34. Чи спостерігаються у вас довгостроково (шість і більше тижнів) симптоми якоїсь хвороби?

Симптом 35. Чи опухли фаланги ваших пальців (з нігтів при цьому сходять захисна плівка й вони загинаються)?

Симптом 36. Чи спостерігали ви симптоми, що виникають звичайно при великому фізичному навантаженні?

Симптом 37. Чи курите Ви? Для відповіді використовуйте ділену на п'ять кількість сигарет, що викурюються Вами за день (максимальна відповідь 2 означає, що ви викурюєте від 10 сигарет і більше).

Симптом 38. Чи бувають у вас відчуття запаморочення?

Симптом 39. Чи бувають у вас відчуття серцебиття (серце б'ється швидше або не так рівно, як треба)?

Симптом 40. Чи не розпухнули ваші щиколотки?

Симптом 41. Чи була у вас блювота або сильна нудота?

Симптом 42. Чи є у вас біль у животі?

Симптом 43. Чи був у вас розлад шлунку?

Симптом 44. Чи вилучений у вас апендикс?

Симптом 45. Чи є у вас ознаки жовтяниці (наприклад, пожовтіння білків очей)?

Симптом 46. Чи відчуваєте ви якусь напруженість і тривогу?

Симптом 47. Чи важко ви засинаєте? Чи часто ви прокидаєтеся вночі?

Симптом 48. Чи спостерігаєте ви в себе мимовільні посмикування або тремтіння?

Симптом 49. Чи страждаєте ви від запорів, коли випорожнення буває рідко або утруднене?

Симптом 50. Чи скаржитесь ви на пам'ять (існують труднощі в запам'ятовуванні окремих фактів)?

Симптом 51. Чи втратили ви (повністю або частково) здатність говорити?

Симптом 52. Чи буває у вас кровотеча в області заднього проходу?

Симптом 53. Укажіть вашу стать. Уведіть 2 для чоловіка й – 2 для жінки. Для аналізу незалежно від стать введіть 0.

Симптом 54. Чи є у вас відчуття оніміння або болю в області шиї?

Симптом 55. Чи не ушкоджували ви голову за останні кілька тижнів (важливим може бути навіть невелике ушкодження)?

Симптом 56. Чи було у вас останнім часом ненормальне випорожнення?

Симптом 57. Чи буває у вас сильна відрижка або вихід газів?

Симптом 58. Чи часто у вас спостерігається слабкість або навіть непритомність?

Симптом 59. Чи є у вас сверблячка в якійсь частині тіла (незалежно від наявності або відсутності висипки)?

Симптом 60. Чи є у вас на шкірі якась висипка?

Симптом 61. Чи відчуваєте ви онімілість якоїсь частини тіла або відчуття поколювання?

Симптом 62. Чи є у вас зайва вага або вона нижче норми (уведіть 2 при певному надлишку ваги або – 2 при її дефіциті й 0, якщо вага в нормі)?

Симптом 63. Чи є у вас боліє в області обличчя або чола?

Симптом 64. Чи є у вас якісь припухлості під шкірою?

Симптом 65. Чи змінився колір вашої шкіри?

Симптом 66. Чи нема у вас занадто частого сечовипускання?

Симптом 67. Чи спостерігаєте ви біль при сечовипусканні?

Симптом 68. Чи є у вас порушення зору (все розпливається, двоїться, ви бачите спалаки (дефекти зору, які можуть бути виправлені окулярами)?

Список фреймів БЗ.

Фрейм 1.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 49 | 0,8\0,01 |

Симптом 17 | 0,5\0,01 |

Симптом 24 | 0\0,01 |

Симптом 23 | 0,001\0,01 |

Симптом 39 | 0,001\0,01 |

Симптом 4 | 0,5\0,01 |

Симптом 43 | 0\0,01 |

Симптом 46 | 0,001\0,01 |

Симптом 48 | 0,001\0,01 |

Симптом 62 | 0,9\0,05 |

Цільовий слот

Гіпотеза 1 | Застуда.

На рис. 3.10 подане однорівневе дерево цілей (90 підцілей) для визначення загального захворювання за симптомами пацієнта.

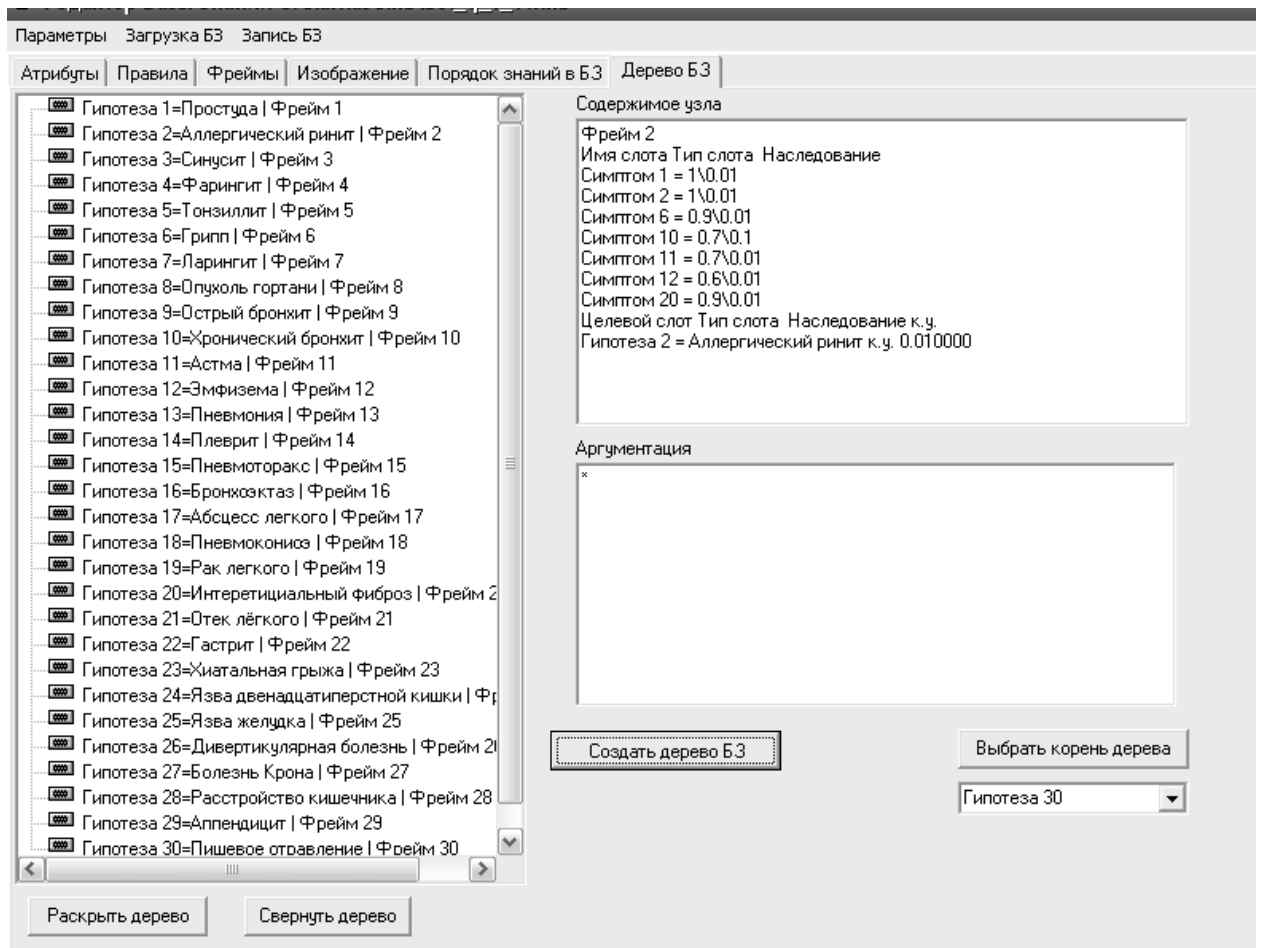


Рис. 3.10. Дерево цілей для гіпотез про загальне захворювання

Фрейм 2.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 1 | 1\0,01 |

Симптом 2 | 1\0,01 |

Симптом 6 | 0,9\0,01 |

Симптом 10 | 0,7\0,1 |

Симптом 11 | 0,7\0,01 |

Симптом 12 | 0,6\0,01 |

Симптом 20 | 0,9\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 2 | Алергічний риніт.

Фрейм 3.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 14 | 0,08\0,01 |

Симптом 13 | 0,9\0,01 |
Симптом 15 | 0,8\0,01 |
Симптом 7 | 0,6\0,01 |
Симптом 22 | 0,5\0,01 |
Симптом 2 | 0,5\0,001 |
Симптом 6 | 0,5\0,01 |
Симптом 63 | 0,9\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 3 | Синусит.

Фрейм 4.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 3 | 1\0,01 |
Симптом 16 | 0,9\0,01 |
Симптом 8 | 0,5\0,01 |
Симптом 11 | 0,9\0,01 |
Симптом 37 | 0,8\0,3 |
Симптом 64 | 0,4\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 4 | Фарингіт.

Фрейм 5.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 3 | 1\0,01 |
Симптом 7 | 0,9\0,01 |
Симптом 15 | 1\0,01 |
Симптом 16 | 0,7\0,01 |
Симптом 19 | 0\0,5 |
Симптом 8 | 0,8\0,01 |
Симптом 34 | 0\0,01 |
Симптом 64 | 0,8\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 5 | Тонзиліт.

Фрейм 6.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 3 | 0,9\0,01 |
Симптом 1 | 0,9\0,01 |

Симптом 6 | 0,5\0,01 |
Симптом 7 | 0,7\0,01 |
Симптом 8 | 1\0,01 |
Симптом 15 | 1\0,01 |
Симптом 17 | 0,8\0,01 |
Симптом 18 | 0,6\0,01 |
Симптом 34 | 0\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 6 | Грип.

Фрейм 7.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 4 | 1\0,01 |
Симптом 8 | 0,6\0,01 |
Симптом 15 | 0,05\0,01 |
Симптом 16 | 0,17\0,01 |
Симптом 37 | 0,8\0,3 |

Цільовий слот

Гіпотеза 7 | Ларингіт.

Фрейм 8.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 4 | 1\0,01 |
Симптом 34 | 0,99\0,01 |
Симптом 37 | 0,8\0,3 |

Цільовий слот

Гіпотеза 8 | Пухлина гортані.

Фрейм 9.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 5 | 0,01\0,01 |
Симптом 8 | 1\0,01 |
Симптом 12 | 1\0,01 |
Симптом 15 | 1\0,01 |
Симптом 18 | 0,5\0,01 |
Симптом 21 | 1\0,01 |
Симптом 31 | 0,9\0,01 |
Симптом 34 | 0\0,01 |

Симптом 22 | 0,9\0,01 |
Цільовий слот
Гіпотеза 9 | Гострий бронхіт.
Фрейм 10,
Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
Симптом 5 | 1\0,01 |
Симптом 12 | 0,9\0,01 |
Симптом 14 | 0,5\0,01 |
Симптом 21 | 1\0,01 |
Симптом 22 | 0,8\0,01 |
Симптом 34 | 1\0,01 |
Симптом 36 | 0,9\0,01 |
Симптом 37 | 0,8\0,3 |
Цільовий слот
Гіпотеза 10 | Хронічний бронхіт.
Фрейм 11.
Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
Симптом 12 | 0,8\0,01 |
Симптом 22 | 1\0,01 |
Симптом 23 | 0,5\0,01 |
Симптом 24 | 0,5\0,01 |
Симптом 25 | 0,5\0,01 |
Симптом 26 | 0,5\0,01 |
Симптом 31 | 0,8\0,01 |
Цільовий слот
Гіпотеза 11 | Астма.
Фрейм 12.
Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
Симптом 22 | 1\0,01 |
Симптом 5 | 0,001\0,01 |
Симптом 26 | 0,8\0,01 |
Симптом 12 | 0,001\0,01 |
Симптом 21 | 0,01\0,01 |
Симптом 37 | 0,8\0,3 |
Цільовий слот

Гіпотеза 12 | Емфізема.

Фрейм 13.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 8 | 1\0,01 |

Симптом 15 | 1\0,01 |

Симптом 18 | 0,8\0,01 |

Симптом 22 | 1\0,01 |

Симптом 23 | 0,5\0,01 |

Симптом 26 | 0,5\0,01 |

Симптом 28 | 1\0,01 |

Симптом 29 | 0,02\0,01 |

Симптом 27 | 0,2\0,01 |

Симптом 31 | 0,9\0,01 |

Симптом 36 | 1\0,9 |

Симптом 7 | 0,9\0,01 |

Симптом 17 | 0,9\0,01 |

Симптом 32 | 0,5\0,001 |

Цільовий слот

Гіпотеза 13 | Пневмонія.

Фрейм 14.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 31 | 0,8\0,01 |

Симптом 32 | 0,8\0,01 |

Симптом 22 | 0,5\0,01 |

Симптом 5 | 0,8\0,01 |

Симптом 8 | 0,9\0,01 |

Симптом 15 | 1\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 14 | Плеврит.

Фрейм 15.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 18 | 0,8\0,01 |

Симптом 22 | 0,8\0,01 |

Симптом 32 | 0,8\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 15 | Пневмоторакс.

Фрейм 16.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 21 | 1\0,0 |

Симптом 27 | 0,5\0,01 |

Симптом 5 | 1\0,01 |

Симптом 14 | 0,5\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 16 | Бронхоектаз.

Фрейм 17.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 33 | 0,9\0,01 |

Симптом 18 | 0,5\0,01 |

Симптом 21 | 0,5\0,01 |

Симптом 27 | 0,5\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 17 | Абсцес легені.

Фрейм 18.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 22 | 1\0,01 |

Симптом 36 | 1\0,01 |

Симптом 21 | 0,8\0,01 |

Симптом 9 | 1\0,001 |

Цільовий слот

Гіпотеза 18 | Пневмоконіоз.

Фрейм 19.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 5 | 1\0,01 |

Симптом 21 | 0,8\0,01 |

Симптом 27 | 0,5\0,01 |

Симптом 22 | 0,5\0,01 |

Симптом 18 | 0,8\0,01 |

Симптом 12 | 0,5\0,01 |

Симптом 37 | 0,99\0,3 |

Цільовий слот

Гіпотеза 19 | Рак легені.

Фрейм 20,

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 22 | 0,8\0,01 |

Симптом 35 | 0,8\0,01 |

Симптом 21 | 0,6\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 20 | Інтеретиціальний фіброз.

Фрейм 21.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 22 | 0,9\0,01 |

Симптом 25 | 0,9\0,01 |

Симптом 30 | 0,5\0,01 |

Симптом 27 | 0,5\0,01 |

Симптом 26 | 0,5\0,01 |

Симптом 12 | 0,8\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 21 | набряк легені.

Фрейм 22.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 41 | 0,8\0,01 |

Симптом 43 | 0,8\0,01 |

Симптом 42 | 0,5\0,01 |

Симптом 8 | 0,4\0,01 |

Симптом 37 | 0,9\0,5 |

Цільовий слот

Гіпотеза 22 | Гастрит.

Варіант консультації з генеруванням гіпотез поданий на рис. 3.11.

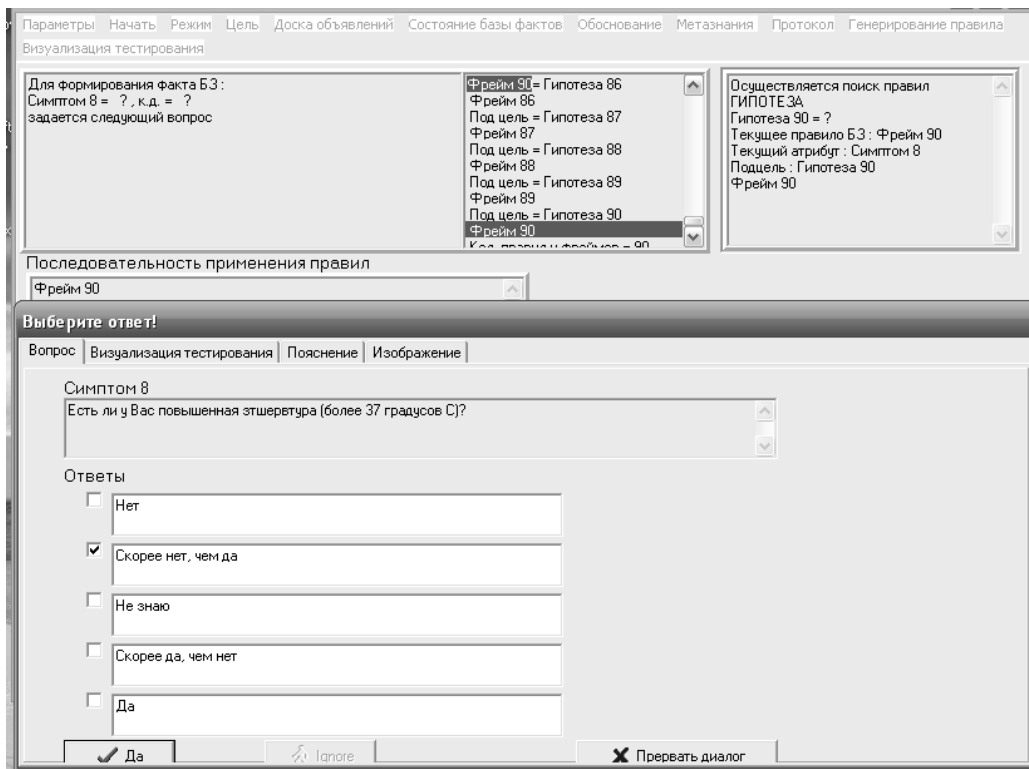


Рис. 3.11. Режим консультації з генеруванням гіпотези й вибору відповіді

Фрейм 23.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 18 | 0,9\0,01 |

Симптом 32 | 0,5\0,001 |

Симптом 42 | 0,8\0,001 |

Симптом 57 | 0,9\0,01 |

Симптом 16 | 0,9\0,01 |

Симптом 41 | 0,8\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 23 | Хиатальна грижа.

Фрейм 24.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 37 | 0,8\0,2 |

Симптом 42 | 0,99\0,001 |

Симптом 41 | 0,8\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 24 | Виразка дванадцятипалої кишки.

Фрейм 25.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 42 | 0,9\0,001 |

Симптом 18 | 0,5\0,01 |

Симптом 20 | 0,8\0,01 |

Симптом 41 | 0,7\0,01 |

Симптом 56 | 0,9\0,01 |

Симптом 62 | 0,0001\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 25 | Виразка шлунка.

Фрейм 26.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 42 | 0,6\0,001 |

Симптом 43 | 0,5\0,01 |

Симптом 41 | 0,5\0,01 |

Симптом 8 | 0,5\0,01 |

Симптом 49 | 0,5\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 26 | Дивертикулярна хвороба.

Фрейм 27.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 42 | 0,9\0,001 |

Симптом 43 | 0,9\0,01 |

Симптом 15 | 0,9\0,01 |

Симптом 8 | 0,7\0,01 |

Симптом 62 | 0,00001\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 27 | Хвороба Крона.

Фрейм 37.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 40 | 0,8\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 37 | Глибокий тромбоз вен.

Фрейм 38.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 15 | 0,8\0,01 |
Симптом 17 | 0,8\0,01 |
Симптом 40 | 0,5\0,001 |
Цільовий слот
Гіпотеза 38 | Ревматичний артрит.
Фрейм 39.
Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
Симптом 22 | 0,9\0,01 |
Симптом 36 | 0,5\0,01 |
Симптом 25 | 0,5\0,001 |
Симптом 12 | 0,6\0,01 |
Симптом 18 | 0,5\0,001 |
Симптом 32 | 0,3\0,001 |
Симптом 40 | 0,5\0,01 |
Симптом 42 | 0,5\0,01 |
Симптом 28 | 0,3\0,001 |
Симптом 47 | 0,9\0,01 |
Цільовий слот
Гіпотеза 39 | Серцева недостатність.
Фрейм 40,
Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
Симптом 46 | 0,9\0,01 |
Симптом 28 | 0,3\0,01 |
Симптом 47 | 0,6\0,01 |
Симптом 39 | 0,8\0,01 |
Симптом 23 | 0,6\0,01 |
Симптом 48 | 0,6\0,01 |
Симптом 16 | 0,3\0,61 |
Симптом 43 | 0,2\0,01 |
Симптом 22 | 0,5\0,01 |
Симптом 50 | 0,5\0,01 |
Симптом 57 | 0,5\0,01 |
Симптом 58 | 0,5\0,01 |
Симптом 15 | 0,5\0,01 |
Симптом 7 | 0,5\0,01 |

Симптом 4 | 0,5\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 40 | Стан тривоги.

Фрейм 41.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 47 | 0,5\0,01 |

Симптом 7 | 0,5\0,01 |

Симптом 49 | 0,5\0,01 |

Симптом 50 | 0,5\0,01 |

Симптом 15 | 0,5\0,01 |

Симптом 62 | 0,8\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 41 | Депресія.

Фрейм 42.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 18 | 0,5\0,01 |

Симптом 32 | 0,9\0,001 |

Симптом 20 | 0,5\0,01 |

Симптом 36 | 0\0,2 |

Симптом 38 | 0,5\0,01 |

Симптом 22 | 0,5\0,01 |

Симптом 23 | 0,5\0,01 |

Симптом 41 | 0,5\0,01 |

Симптом 15 | 0,9\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 42 | Коронарний тромбоз.

Фрейм 43.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 37 | 0,8\0,37 |

Симптом 18 | 0,9\0,01 |

Симптом 36 | 0,9\0,01 |

Симптом 22 | 0,5\0,01 |

Симптом 27 | 0,5\0,01 |

Симптом 38 | 0,5\0,01 |

Симптом 41 | 0,3\0,01 |

Цільовий слот

Гіпотеза 43 | Ангіна.

Фрейм 44.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Симптом 22 | 1\0,01 |

Симптом 18 | 0,7\0,01 |

Симптом 21 | 0,6\0,01 |

Симптом 27 | 0,5\0,001 |

Симптом 25 | 0,5\0,001 |

Симптом 26 | 0,4\0,0001 |

Цільовий слот

Гіпотеза 44 | Легенева емболія.

3.3. Використання таблиць для подання знань

Постановка завдання. У цей час на ринку мобільних телефонів представлена величезна кількість різноманітних моделей GSM-телефонів. Тому існує проблема вибору найбільш підходящої моделі телефону, наприклад, тільки з можливістю говорити і приймати дзвінки або мати зручну адресну книгу, або стильно виглядати.

На сайтах, присвячених мобільному зв'язку, в Інтернеті є численні сервіси на вибір. Їхнім недоліком є те, що вся інформація видається в деякому не завжди зручному для клієнта вигляді й за трафік ще потрібно платити.

На базі інструментарію системи "КАРКАС" слід створити БЗ для прототипу ЕС "МОБІЛЕ" [16]. Крім того, потрібно розробити тести для визначення рівня знань фахівців в області мобільного зв'язку.

Призначення прототипу ЕС — прототип ЕС "МОБІЛЕ" має дозволити швидко і якісно підібрати мобільний телефон за наступними категоріями:

бюджетний (економ-клас);

бізнес-клас;

іміджеві (дуже дорогі);

спеціалізовані.

Сфера застосування прототипу ЕС — це різні центри продажів мобільних телефонів.

Мета прототипу ЕС — підбір найбільш оптимального варіанта мобільного телефону.

Вихідні дані: параметри мобільного телефону.

Список можливих значень мети консультації – мобільний телефон (бюджетний, іміджевий, спеціальний і т. д.).

Ідентифікація предметної області. При виборі мобільного телефону можна виділити ряд категорій, наприклад: бюджетні, бізнес-клас, іміджеві, спеціалізовані (захищений корпус від вологи й ударів, телефони Е-класу, смартфони, камерофони й т. д.).

У кожній категорії телефон підбирається за певними пріоритетними параметрами. Наприклад, для бюджетного апарата важливість мають наступні характеристики:

- ціна;
- дизайн (вага, розміри апарата);
- ємність акумуляторів;
- телефонна книга, будильник, калькулятор.

А для бізнес-класу апарат повинен мати інші функціональні характеристики:

- більша записна книжка;
- Bluetooth (IrDA – інфрачервоний порт);
- GPRS.

Для іміджевих апаратів на першому місці при виборі – дизайн: вага і зовнішній вигляд.

Зазначимо, що подані категорії мобільних телефонів досить умовні з огляду на майбутнє швидкісного Інтернету (WiFi, WiMAX).

Концептуальна модель. БЗ сконструйована за допомогою системи "КАРКАС". Машина логічного висновку реалізує як прямий, так і зворотний ланцюжок міркувань.

Режим консультації призначений для фахівців з мобільного зв'язку. Машина висновку, що здійснює консультацію, заснована на алгоритмі зворотного ланцюжка міркувань. Цілі консультацій для машини висновку:

- телефон;
- бюджетний телефон;

телефон бізнес-класу;
іміджевий телефон.

Число параметрів, що беруть участь у консультації, становить понад 55. Перелічимо деякі з них зі своїми значеннями:

виробник (Alcatel, Asus, Emol, Ericcson, Fly, Kenned, LG, Mitsubishi. Motorola, Nokia, PalmOne. Panasonic, Pantech, Philips, Sagem, Samsung, Siemens, Sitronics, Sofi, Sony, Sony Ericcson, Trium);

стандарт – GSM 1800, GSM 1900, GSM 900, WCDMA (UMTS);

рік випуску – 1999 – 2005;

вага телефону;

висота телефону;

ширина телефону;

товщина телефону

ціна;

дисплей: кількість кольорів; кількість градацій сірого; тип кольорового; розмір дисплея по ширині; розмір дисплея по висоті; розширення дисплея по горизонталі; розширення дисплея по вертикалі; кількість рядків дисплея; колір підсвічування;

зовнішній дисплей: кольоровість зовнішнього; кількість кольорів; тип кольоровості; розширення по горизонталі; розширення по вертикалі; кількість рядків; колір підсвічування;

акумулятор: тип акумулятора; ємність батареї; режим розмови; режим очікування;

повідомлення: види типів повідомлень; прискорений набір; різне про повідомлення;

сигнали виклику: сигнали виклику; всього сигналів; кількість тонів; різне про мелодії;

пам'ять у телефоні: телефонна книга; різне;

органайзер: список справ; різне;

комунікації; версія Wap; клас GPRS; різне;

голосові функції: кількість голосових команд; тривалість запису; диктофон; різне;

додаткові параметри: кількість ігор; розширення фотокамери; різне.

База даних містить характеристики за зазначеними параметрами для більш ніж 600 моделей мобільних телефонів.

При виборі користувачем мети консультації (телефон) машина висновку генерує рекурсивно більш ніж 55 запитань для одержання значень характеристик телефону. Час консультації стає більшим і такий режим можливий тільки для налагодження бази знань. У випадку вибору інших цілей консультації машина висновку генерує приблизно по 15 запитань. Оскільки значення параметрів мобільних телефонів різні для різних категорій, тому машина висновку здійснює висновок залежно від значущості параметра телефону. Таблиця значущості параметрів телефонів від категорії наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Категорії мобільних телефонів

№ з/п	Атрибут	Категорії		
		бюджетний	бізнес-клас	іміджевий
1	Вартість телефону	0,9	0,5	0,1
2	Розмір телефону	0,2	0,8	0,9
3	Вага телефону	0,2	0,7	0,9
4	Час роботи акумулятора	0,4	0,8	0,4
5	Виклик	0,5	0,6	0,3
6	Розташування антени	0,1	0,5	0,2
7	Фліп	0,25	0,4	0,2
8	Будильник	0,15	0,7	0,1
9	Вібратор	0,05	0,6	0,2
10	Калькулятор	0,1	0,7	0,2
11	Мікрофон	0,1	0,5	0,1
12	Голосовий зв'язок	0,15	0,4	0,2
13	Інфрачервоний порт	0,4	0,8	0,2
14	WAP	0,3	0,8	0,2
15	Дисплей	0,3	0,7	0,8

База знань містить 12 продукцій і 5 фреймів. На скриншоті рис. 3.12 наведений момент пояснення того, як працює правило 2.

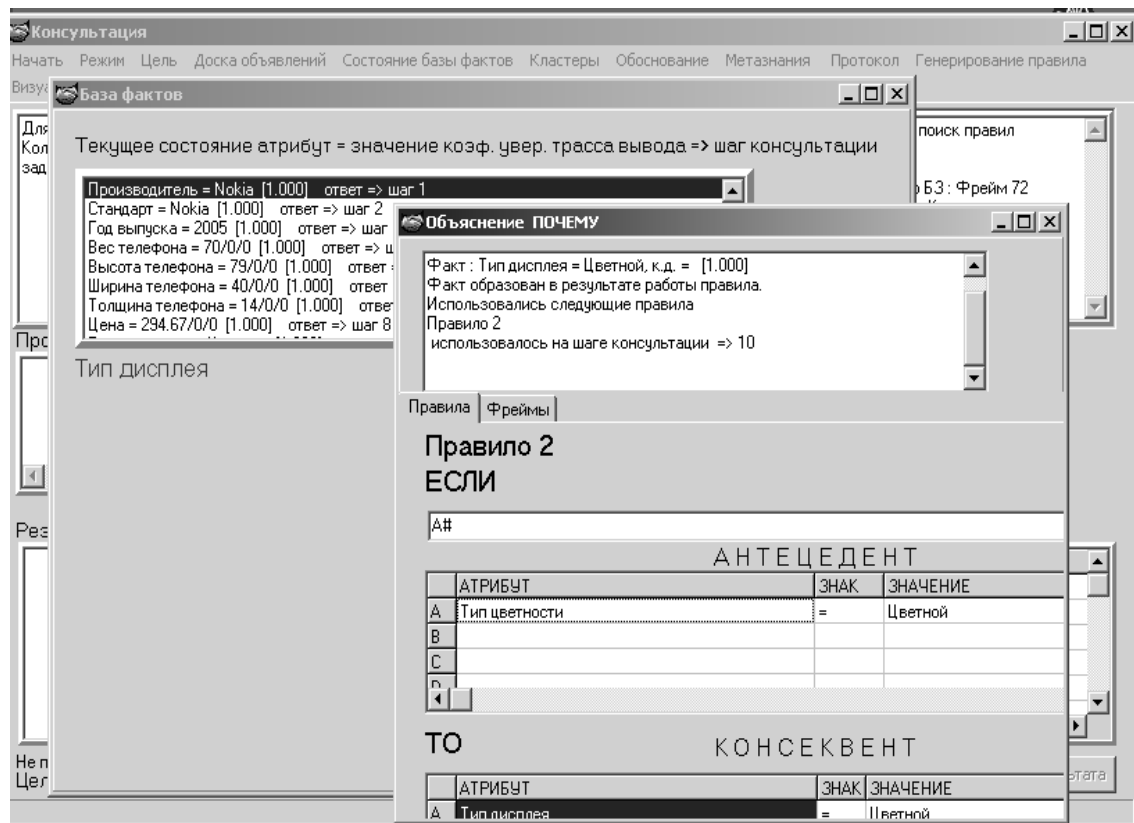


Рис. 3.12. Пояснения "Чому" спрацювало правило 2

Результат консультації формується у вигляді списку й сортується за убаванням збігу значень параметрів мобільного телефону з умовами відбору. Максимальний відсоток переваги характеристики мобільного телефону показує фахівцеві найбільш підходящий знайдений телефон.

На рис. 3.13 наведений результат консультації щодо вибору телефону.

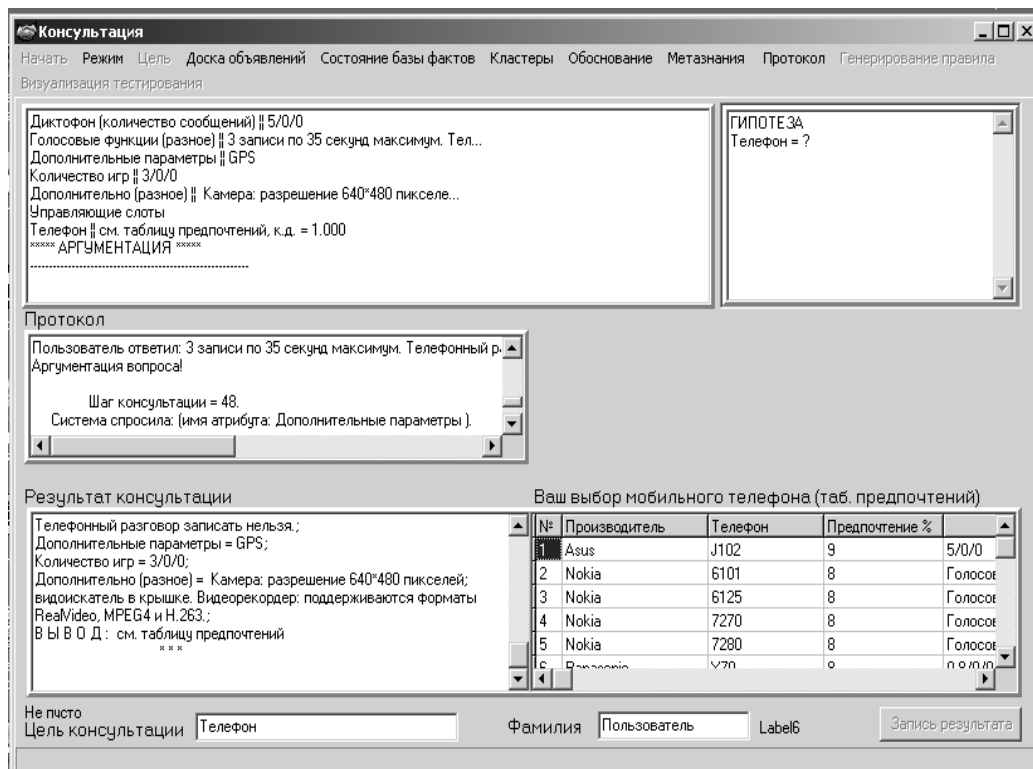


Рис. 3.13. Результат консультації

Для перегляду всіх параметрів знайденого телефону досить виконати подвійне клацання миші на осередку таблиці з назвою моделі телефону. У цьому режимі для пошуку телефону варто відповісти на запитання за всіма параметрами, що значно збільшує час консультації.

Режим консультації "експрес-мобіле" призначений для пошуку мобільного телефону за зазначеними параметрами шляхом вибору конкретних параметрів. Машина висновку організує алгоритм прямого ланцюжка міркувань (рис. 3.14).

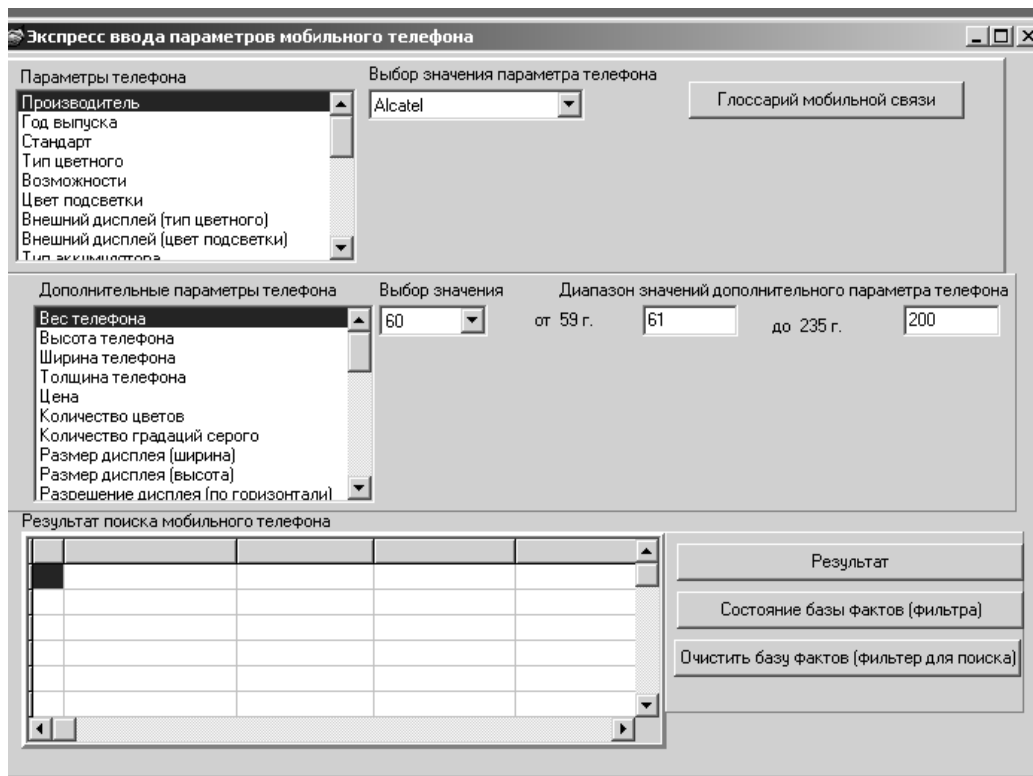


Рис. 3.14. Вибір параметрів мобільного телефону (режим "експрес-мобіле")

Параметри в цьому режимі розділені на дві групи. Перша група містить параметри значення, що вибираються зі списку. Друга група – параметри значення, які користувач може вибрати з діапазону значень. Тут же є посилання на файл підказування (глосарій мобільного зв'язку), де наводиться необхідна для вибору значень параметрів довідкова інформація.

Результат консультації поданий у вигляді списку переваг на вибір мобільного телефону. Для користувача виводяться характеристики мобільного телефону. За якими здійснювався відбір телефону, зображення телефону й повна характеристика його параметрів рис. 3.15.

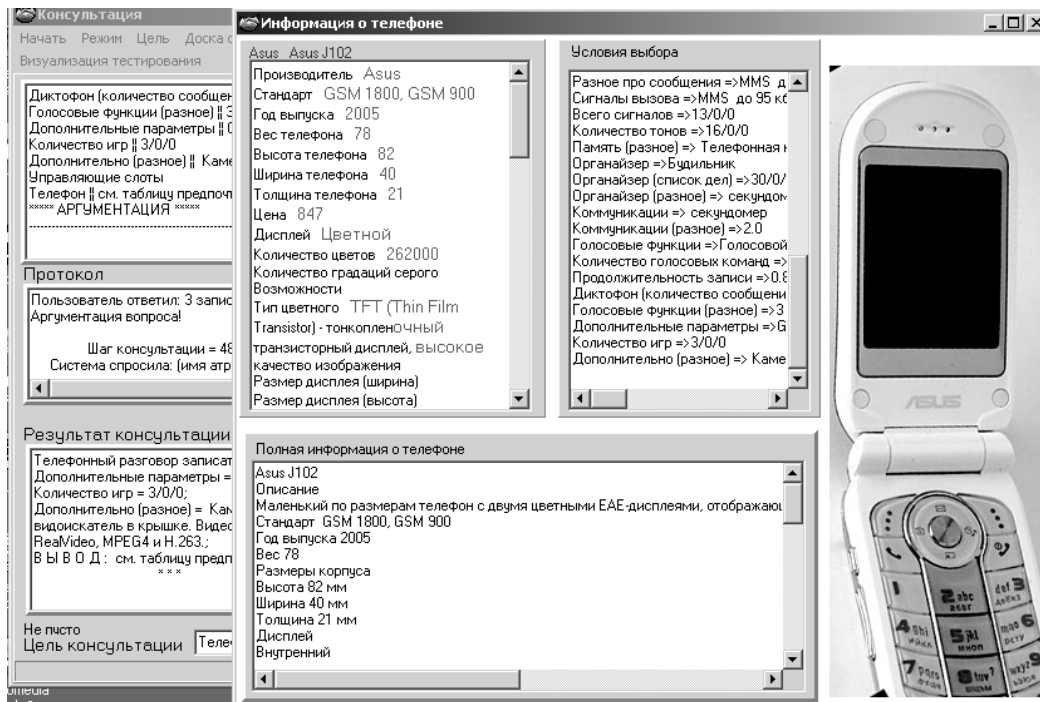


Рис. 3.15. Характеристики мобильного телефону (режим "экспрес-мобіле")

Особливість складання правил для бази знань полягає в тому, що в консеквенті перераховуються моделі телефонів, а їх кілька сотень. Використання таких продукцій важке, тому була створена таблиця телефонів з їхніми характеристиками (рис. 3.16). У консеквент заноситься рядок, у якому перераховуються моделі телефонів із цієї таблиці і вказується відповідний рівень значущості цього параметра телефону. Оскільки для висновку застосовується прямий ланцюжок міркувань, то після опитування всіх параметрів відбувається сортування моделей телефонів із всіх консеквентів відпрацьованих правил і на перший рівень виносяться ті моделі телефонів, які одержали найвищий відсоток переваги.

Загрузка (mobile.dat) Запись (mobile.dat)

Количество телефонов 874

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1	Alcatel	ELLE No 3	2007	99	95	50	16	GSt	Цве	262		TFT					176	220						
2	Alcatel	One Touch 153	2004	89	107	46	20	GSt	Мок								112	64	5	Же				
3	Alcatel	One Touch 155	2006	85	100	46	21	GSt	Мок 2								101	65						
4	Alcatel	One Touch 156	2005	80	101	46	20	GSt	Цве				STN	101	80				4					
5	Alcatel	One Touch 320	2003	80	100	45	20	GSt	Мок			Вьл					112	64	6					
6	Alcatel	One Touch 331	2003	77	98	43	20	GSt	Мок			Вьл					100	48	6					
7	Alcatel	One Touch 332	2003	78	98	40	21	GSt	Цве	409				28	19	96	65	4						
8	Alcatel	One Touch 355	2004	80	100	45	19	GSt	Вьл	Цве	655						128	128						

Имя CD диска MC Label1

Загрузка MC

Загрузка файла xls MC

Топ Label6

1-строка

2-строка

Рис. 3.16. Таблица характеристик мобильных телефонов

Оскільки список телефонів досить великий за замовчуванням, то варіанти, що не набрали 50%, не розглядаються. За допомогою правил цю межу можна змінювати.

Консультація в режимі топ-мобіле призначена для відбору десяти мобільних телефонів, які користувалися найбільшим попитом в Україні, на думку експертів журналу "Світ зв'язку" за 2005 рік [5].

Усі моделі телефонів розбиті на чотири кластери, де кластеризуючою ознакою був параметр – ціна. Діапазони значень ціни відповідно для кластерів такі:

- до 1 000 грн;
- від 1 000 до 1 750 грн;
- від 1 750 до 2 250 грн;
- від 2 250 грн;

Кожний елемент кластера характеризується наступними ознаками: виробник, модель, ціна, тривалість роботи телефону, оснащення телефону, ергономіка, експертна оцінка. У кожному кластері подані

перші десять телефонів, які відсортовані в убутному порядку за балу експертів.

База знань містить також процедурні правила для обчислення необхідних даних деяких параметрів мобільних телефонів.

Для тестування знань фахівців мобільного зв'язку був розроблений тест на знання характеристик мобільних телефонів. Тест містить більше 40 запитань за тематиною мобільного зв'язку. Для створення тесту використовувався інструментарій експертно-навчальної системи "КАРКАС". Режим тестування поданий на рис. 3.17.

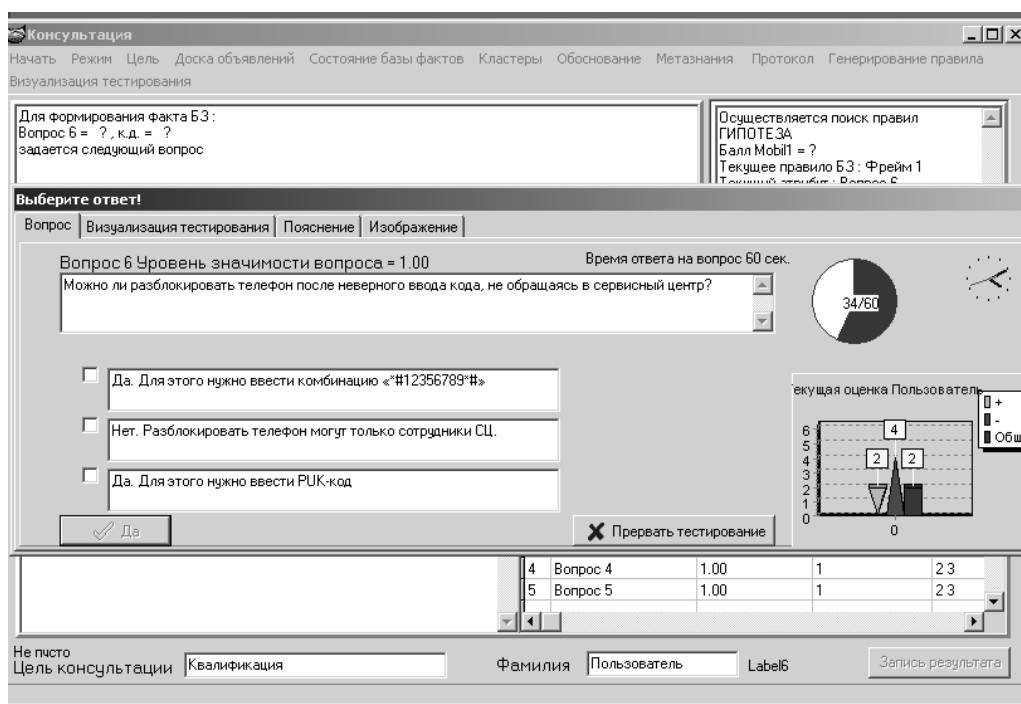


Рис. 3.17. Режим тестування для визначення рівня знань фахівця з мобільного зв'язку

Список атрибутов БЗ.

Ім'я атрибута: Інфрачервоний порт.

Наявність інфрачервоного порту (IrDA):

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Рядок дисплея.

Кількість рядків внутрішнього екрана:

Відповіді:

1. Менше 4 рядків.
2. Більше 4 рядків.

Ім'я атрибута: Фліп.

Наявність фліпа (механічне блокування клавіатури).

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Тривалість розмови.

Тривалість безперервної розмови:

Відповіді:

1. 3 – 4 години.
2. 4 – 5 годин.
3. 5 – 6 годин.
4. Більше 6 годин.

Ім'я атрибута: Дисплей.

Тип дисплея:

Відповіді:

1. Монохромний.
2. Кольоровий.

Ім'я атрибута: Висота телефону.

Розміри корпусу: висота телефону.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Антена.

Розташування антени.

Відповіді:

1. Зовнішня.
2. Внутрішня.
3. Знімна.

Ім'я атрибута: Вібродзвінок.

Наявність вібродзвінка.

Відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Ім'я атрибута: Вартість.

Вартість телефону.

Відповіді:

1. Не більш ніж \$100.

2. \$101 – \$200.

3. Більше \$400.

Ім'я атрибута: Вага телефону.

Вага телефону.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Голосовий набір.

Наявність голосового набору.

Відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Ім'я атрибута: Мікрофон.

Наявність мікрофона.

Відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Ім'я атрибута: Будильник.

Наявність будильника.

Відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Ім'я атрибута: Час.

Час роботи акумулятора телефону.

Відповіді:

1. Менше 5 днів.

2. 5 – 10 днів.

3. Більше 10 днів.

Ім'я атрибута: Калькулятор.

Наявність калькулятора.

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Wap.

Наявність Wap-інтернету.

Ні відповідей.

Ім'я атрибута: Ширина телефону.

Розміри корпусу : ширина телефону.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Товщина телефону.

Розміри корпусу: товщина телефону.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Рік випуску.

Рік випуску мобільного телефону.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Виробник.

Виробник телефону.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Стандарт.

Стандарт.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Ціна.

Орієнтовна ціна.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Кількість кольорів.

Кількість кольорів дисплея телефону.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Тип кольоровості.

Тип кольоровості дисплея телефону.

Відповіді:

1. Монохромний.

2. Кольоровий.

Ім'я атрибута: Розмір дисплея (ширина).

Розмір: ширина дисплея телефону.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Розмір дисплея (висота).

Розмір: висота дисплея телефону.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Розширення дисплея (по горизонталі).

Розширення по горизонталі дисплея телефону.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Розширення дисплея (по вертикалі).

Розширення по вертикалі дисплея телефону.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Кількість рядків дисплея.

Кількість рядків дисплея.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Тип кольоровості.

Тип кольорового дисплея.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Кількість градацій сірого.

Кількість градацій сірого для монохромного дисплея.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Можливості.

Можливості монохромного дисплея.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Колір підсвічування.

Колір підсвічування дисплея.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: У дисплеї (тип).

Тип зовнішнього дисплея.

Відповіді:

1. Монохромний.

2. Кольоровий.

3. Немає.

Ім'я атрибута: У дисплеї (кількість кольорів).

Кількість кольорів дисплея телефону.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: У дисплеї (тип кольоровості).

Тип зовнішнього кольорового дисплея.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: У дисплеї (розширення по горизонталі).

Розширення по горизонталі зовнішнього дисплея телефону.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: У дисплеї (розширення по вертикалі).

Розширення по вертикалі зовнішнього дисплея телефону.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: У дисплеї (кількість рядків).

Кількість рядків зовнішнього дисплея.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Тип кольоровості (у дисплеї).

Тип кольоровості зовнішнього дисплея телефону.

Відповіді:

1. Монохромний.

2. Кольоровий.

3. Не знаю.

Ім'я атрибута: У дисплеї (колір підсвічування).

Колір підсвічування зовнішнього дисплея.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Тип акумулятора.

Тип акумулятора.

Відповіді:

1. Список.

2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Ємність батареї.

Ємність батареї.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Режим розмови.

Час роботи в режимі розмови.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Режим очікування.

Час роботи в режимі очікування.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Види типів повідомлень.

Види типів повідомлень.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Прискорений набір.

Види типів повідомлень.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Різне про повідомлення.

Додаткова інформація про повідомлення.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Сигнали виклику.

Сигнали виклику.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Усього сигналів.

Усього сигналів виклику.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Кількість тонів.

Кількість тонів у поліфонічних мелодіях.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Пам'ять (телефонна книга).

Телефонна книга в пам'яті (кількість записів).

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Пам'ять (різне).

Можливості пам'яті телефону.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Органайзер.

Органайзер (годинники, будильник, планувальник, конвертер валют, калькулятор).

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Органайзер (список справ).

Список справ у планувальнику.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Органайзер (різне).

Додаткові можливості органайзера.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Комунікації.

Комунікації.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Комунікації (різне).

Комунікації (різне).

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Голосові функції.

Види голосових функцій.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Кількість голосових команд.

Кількість голосових команд.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Тривалість запису.

Тривалість запису диктофона.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Диктофон (кількість повідомлень).

Усього повідомлень у диктофоні.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Голосові функції (різне).

Голосові функції (різне).

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Додаткові параметри.

Додаткові можливості телефону.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Кількість ігор.

Кількість ігор.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Додатково (різне).

Додаткова інформація про телефон.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Різне про мелодії.

Різне про мелодії.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Версія War.

Версія War.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Клас GPRS.

Клас GPRS.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Ім'я атрибута: Розширення фотокамери.

Розширення фотокамери.

Відповіді:

1. Список.
2. Не знаю.

Список правил БЗ.

Правило 2. A#.

ЯКЩО

A Тип кольоровості = Кольоровий

ТО

Тип дисплея = Кольоровий.

Правило 3. A#.

ЯКЩО

A Тип кольоровості = Монохромний

ТО

Тип дисплея = Монохромний.

Правило 4. A#.

ЯКЩО

A Тип кольоровості (у дисплеї) = Монохромний

ТО

У дисплей (тип) = Монохромний.

Правило 5. A#.

ЯКЩО

A Тип кольоровості (у дисплея) = Кольоровий

ТО

У дисплей (тип) = Кольоровий.

Правило 6. A#.

ЯКЩО

A Тип кольоровості (у дисплеї) = Не знаю

ТО

У дисплеї (тип) = Не знаю.

Фрейм 22.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Вага телефону | Уведення |

Цільовий слот

Вага | Обчислити.

Фрейм 71.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Тип дисплея | Монохромний |

Кількість градацій сірого | Заміщення |

Можливості | Заміщення |

Розмір дисплея (ширина) | Заміщення |
Розмір дисплея (висота) | Заміщення |
Розширення дисплея (по горизонталі) | Заміщення |
Розширення дисплея (по вертикалі) | Заміщення |
Кількість рядків дисплея | Заміщення |
Колір підсвічування | Заміщення |
Цільовий слот
Дисплей | Монохромний.
Фрейм 72.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
Тип дисплея | Кольоровий |
Кількість кольорів | Заміщення |
Тип кольоровості | Заміщення |
Розмір дисплея (ширина) | Заміщення |
Розмір дисплея (висота) | Заміщення |
Розширення дисплея (по горизонталі) | Заміщення |
Розширення дисплея (по вертикалі) | Заміщення |
Кількість рядків дисплея | Заміщення |
Цільовий слот
Дисплей | Кольоровий.
Фрейм 71а.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
У дисплеї (тип) | Кольоровий |
У дисплеї (кількість кольорів) | Заміщення |
У дисплеї (тип кольоровості) | Заміщення |
У дисплеї (розширення по горизонталі) | Заміщення |
У дисплеї (розширення по вертикалі) | Заміщення |
У дисплеї (кількість рядків) | Заміщення |
Цільовий слот
Зовнішній дисплей | Кольоровий.
Фрейм 71б.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
У дисплеї (тип) | Монохромний |
У дисплеї (тип кольоровості) | Заміщення |
У дисплеї (розширення по горизонталі) | Заміщення |

У дисплеї (розширення по вертикалі) | Заміщення |
У дисплеї (кількість рядків) | Заміщення |
У дисплеї (колір підсвічування) | Заміщення |
Цільовий слот
Зовнішній дисплей | Монохромний.
Фрейм 71в.
Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
У дисплеї (тип) | Ні |
Цільовий слот
Зовнішній дисплей | Ні.
Фрейм 73.
Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
Виробник | Список | н
Стандарт | Список | н
Рік випуску | Список | н
Вага телефону | Список | н
Висота телефону | Список | н
Ширина телефону | Список | н
Товщина телефону | Список | н
Ціна | Список | н
Дисплей | Заміщення | н
Зовнішній дисплей | Заміщення | н
Тип акумулятора | Список | н
Ємність батареї | Список | н
Режим розмови | Список | н
Режим очікування | Список | н
Види типів повідомлень | Список | н
Прискорений набір | Список | н
Різне про повідомлення | Список | н
Сигнали виклику | Список | н
Усього сигналів | Список | н
Кількість тонів | Список | н
Пам'ять (телефонна книга) | Список | н
Пам'ять (різне) | Список | н
Органайзер | Список | н

Органайзер (список справ) | Список | н
Органайзер (різне) | Список | н
Комунікації | Список | н
Комунікації (різне) | Список | н
Голосові функції | Список | н
Кількість голосових команд | Список | н
Тривалість запису | Список | н
Диктофон (кількість повідомлень) | Список | н
Голосові функції (різне) | Список | н
Додаткові параметри | Список | н
Кількість ігор | Список | н
Додатково (різне) | Список | н
Цільовий слот
Телефон | див. таблицю переваг.

Список правил і фреймів для визначення топ-мобільного телефону.

Правило 2. A#.

ЯКЩО

A Тип кольоровості = Кольоровий

ТО

Тип дисплея = Кольоровий, к. у. п. = 1,0.

Правило 3. A#.

ЯКЩО

A Тип кольоровості = Монохромний

ТО

Тип дисплея = Монохромний, к. у. п. = 1,0.

Правило 4. A#.

ЯКЩО

A Тип кольоровості (у дисплеї) = Монохромний

ТО

У дисплеї (тип) = Монохромний, к. у. п. = 1.0.

Правило 5. A#.

ЯКЩО

A Тип кольоровості (у дисплеї) = Кольоровий

ТО

У дисплеї (тип) = Кольоровий, к. у. п. = 0,0.

Правило 6. А#.

ЯКЩО

А Тип кольоровості (у дисплеї) = Не знаю

ТО

У дисплеї (тип) = Не знаю, к. у. п. = 1,0.

Правило 7. А#.

ЯКЩО

А Ціна телефону = до 200\$

ТО

Телефон топ = Бюджетний (економ-клас), к. у. п. = 1,0.

Аргументація.

Правило складене на підставі знань експертів журналу "Світ зв'язку".

Фрейм 22.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Вага телефону | Уведення |

Цільовий слот.

Вага | Обчислити.

Фрейм 71.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Тип дисплея | Монохромний |

Кількість градацій сірого | Заміщення |

Можливості | Заміщення |

Розмір дисплея (ширина) | Заміщення |

Розмір дисплея (висота) | Заміщення |

Розширення дисплея (по горизонталі) | Заміщення |

Розширення дисплея (по вертикалі) | Заміщення |

Кількість рядків дисплея | Заміщення |

Колір підсвічування | Заміщення |

Цільовий слот.

Дисплей | Монохромний.

Фрейм 72.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Тип дисплея | Кольоровий |

Кількість кольорів | Заміщення |
Тип кольоровості | Заміщення |
Розмір дисплея (ширина) | Заміщення |
Розмір дисплея (висота) | Заміщення |
Розширення дисплея (по горизонталі) | Заміщення |
Розширення дисплея (по вертикалі) | Заміщення |
Кількість рядків дисплея | Заміщення |
Цільовий слот.
Дисплей | Кольоровий.
Фрейм 71а.
Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
У дисплеї (тип) | Кольоровий |
У дисплеї (кількість кольорів) | Заміщення |
У дисплеї (тип кольорового) | Заміщення |
У дисплеї (розширення по горизонталі) | Заміщення |
У дисплеї (розширення по вертикалі) | Заміщення |
У дисплеї (кількість рядків) | Заміщення |
Цільовий слот.
Зовнішній дисплей | Кольорової.
Фрейм 71б.
Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
У дисплеї (тип) | Монохромний |
У дисплеї (тип кольоровості) | Заміщення |
У дисплеї (розширення по горизонталі) | Заміщення |
У дисплеї (розширення по вертикалі) | Заміщення |
У дисплеї (кількість рядків) | Заміщення |
У дисплеї (колір підсвічування) | Заміщення |
Цільовий слот.
Зовнішній дисплеї | Монохромний.
Фрейм 71в.
Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
У дисплеї (тип) | Немає |
Цільовий слот.
Зовнішній дисплеї | Немає.
Фрейм 73.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
Виробник | Список | н
Стандарт | Список | н
Рік випуску | Список | н
Вага телефону | Список | н
Висота телефону | Список | н
Ширина телефону | Список | н
Товщина телефону | Список | н
Ціна | Список | н
Дисплей | Заміщення | н
Зовнішній дисплей | Заміщення | н
Тип акумулятора | Список | н
Ємність батареї | Список | н
Режим розмови | Список | н
Режим очікування | Список | н
Види типів повідомлень | Список | н
Прискорений набір | Список | н
Різне про повідомлення | Список | н
Сигнали виклику | Список | н
Усього сигналів | Список | н
Кількість тонів | Список | н
Пам'ять (телефонна книга) | Список | н
Пам'ять (різне) | Список | н
Органайзер | Список | н
Органайзер (список справ) | Список | н
Органайзер (різне) | Список | н
Комунікації | Список | н
Комунікації (різне) | Список | н
Голосові функції | Список | н
Кількість голосових команд | Список | н
Тривалість запису | Список | н
Диктофон (кількість повідомлень) | Список | н
Голосові функції (різне) | Список | н
Додаткові параметри | Список | н
Кількість ігор | Список | н

Додатково (різне) | Список | н

Цільовий слот.

Телефон | див. таблицю переваг.

Правило 8. А#.

ЯКЩО

А Ціна телефону = від \$200 до \$350

ТО

Телефон топ = Бізнес-клас 1, к. у. п. = 1,0.

Аргументація.

Правило складене на підставі знань експертів журналу "Світ зв'язку".

Правило 9. А#.

ЯКЩО

А Ціна телефону = від \$350 до \$500

ТО

Телефон топ = Бізнес-клас 2 к. у. п. = 2,0.

Аргументація.

Правило складене на підставі знань експертів журналу "Світ зв'язку".

Правило 10, А#.

ЯКЩО

А Ціна телефону = від \$500

ТО

Телефон топ = Іміджевий к. у. п. = 3,0.

Аргументація.

Правило складене на підставі знань експертів журналу "Світ зв'язку".

Правило 11. А#.

ЯКЩО

А Ціна/якість = Так

ТО

Телефон ціна/якість = Десять телефонів, к. у. п. = 1,0.

Правило 12. А#.

ЯКЩО

А Ціна/якість = Так

ТО

Телефон ціна/якість = Ні інформації, к. у. п. = 0,0.

Фрейм 74.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Ціна телефону | Заміщення | н

Тривалість | Заміщення | н

Оснащення | Заміщення | н

Цільовий слот.

Телефон МС | див. таблицю переваг.

Висновок. Прототип ЕС “МОБІЛЕ” дозволяє швидко підібрати необхідний телефон за його характеристиками.

Результат відбору подається у вигляді переваг у процентному співвідношенні між телефонами:

Nokia 91 – 90%;

Motorola V31 – 85%;

Samsung SGH–D800 – 75%.

Крім характеристик телефону видається додаткова інформація:

інструкції користувача;

можливості розвитку телефону, перспективні його новинки;

секрети телефону;

мелодії телефону.

Розділ 4. Еколого-економічні моделі баз знань

Перехід від емпіричних оцінок до науково обґрунтованих методів прийняття екологічно правильних рішень лежить через створення ЕС екологічного моніторингу, орієнтованих на оцінку і прогноз стану навколишнього природного середовища, що перебуває під антропогенним впливом.

Далі розглядаються різні моделі БЗ засновані на еколого-економічній інформації й орієнтовані на екологічну оцінку стану навколишнього природного середовища.

4.1. Модель бази знань для вибору системи очищення води

Постановка завдання. Останнім часом дуже актуальним є питання якості питної води, адже від цього залежить здоров'я людства.

Маючи властивості універсального розчинника, вода постійно несе велику кількість різних іонів, склад і співвідношення яких визначаються умовами формування джерела води.

Розробити модель БЗ для вибору систем очищення води.

Призначення прототипу ЕС — це консультування з підбору систем очищення води (на прикладі комерційних систем "ECONOM" і "EXTRA" [47]).

Сфера застосування прототипу ЕС — це різні муніципальні системи водопідготовки, лабораторії аналізу води.

Мета прототипу ЕС — підбір найбільш оптимального варіанта системи очищення води.

Вихідні дані:

аналіз води;

системи очищення води.

Очікувані результати (список можливих значень мети консультації). Від вибору системи очищення води багато в чому залежить якість води, яку споживає населення. Такий прототип ЕС

забезпечує ефективний вибір найбільш прийнятної й вигідної системи очищення води за критеріями, обраними користувачем.

Ідентифікація предметної області. Єдино точний і надійний спосіб перевірки води на якість, придатність для пиття – це аналіз води. Аналіз води дозволяє визначити якість води.

Один з найбільш надійних і ефективних способів очищення води – це установка фільтраційної системи. Саме для розрахунку фільтраційної системи необхідний аналіз води.

Види аналізів води:

скорочений аналіз води;

повний хімічний аналіз води;

визначення окремих груп показників якості води відповідно до вимог замовника і специфіки використання води.

Показники умовно можна розділити на групи:

органолептичні показники (запах, присмак, кольоровість, мутність);

токсикологічні показники (алюміній, свинець, миш'як, феноли, пестициди);

показники, що впливають на органолептичні властивості води (рН, твердість загальна, нафтопродукти, залізо, марганець, нітрати, кальцій, магній, окислення перманганатне, сульфід);

хімічні речовини, що утворюються при обробці води (хлор залишковий вільний, хлороформ, срібло);

мікробіологічні показники (термотолерантні коліформи або E.coli, ОМЧ).

Таким чином, щоб відповісти на запитання про придатність води для пиття, необхідно оцінити зразок, як мінімум, з вищевказаними параметрами. На підставі результатів проведеного аналізу можна вибрати систему очищення води.

Технологія зворотного осмосу застосовується для опріснення і знесолення води.

Вибір системи очищення води ґрунтується на результатах аналізу води:

аналіз органолептичних показників;

аналіз токсикологічних показників;

аналіз показників, що впливають на органолептичні властивості води;

аналіз хімічних речовин, що утворюються при обробці води;

аналіз мікробіологічних показників.

Концептуальну модель проведення аналізу води для оцінки пропозицій для вибору систем очищення води можна подати у вигляді дерева цілей (рис. 4.1). Тут дужкою позначена вершина типу "І", а відсутність дужки – "АБО".

Логічна модель опитування користувача за запитаннями, які утворюють вимоги до вибору системи очищення води, наведена на рис. 4.2.

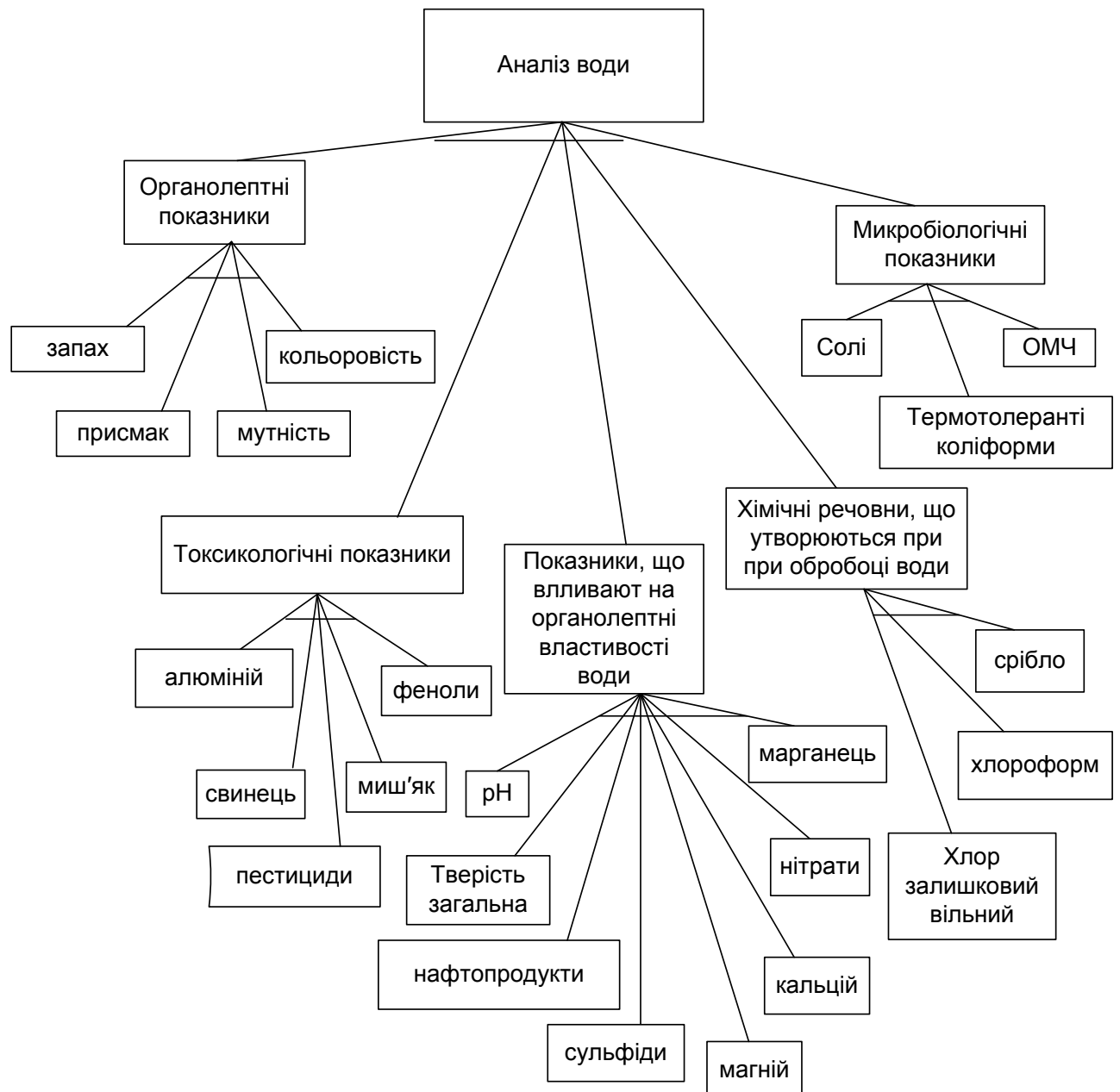
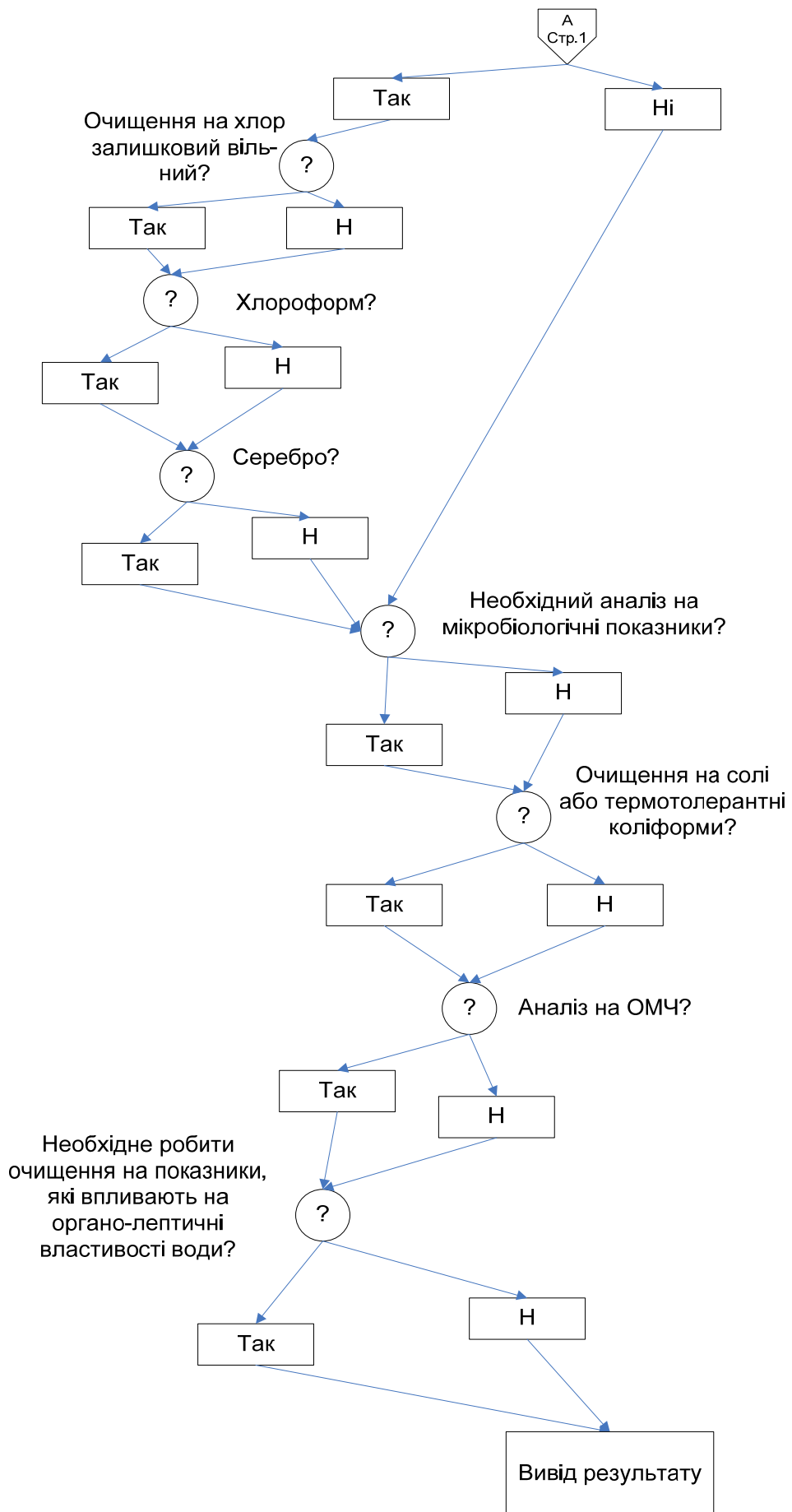


Рис. 4.1. **Дерево цілей для завдання аналізу води**



Закінчення рис. 4.2

Атрибути БЗ – показники води для визначення фільтрів очищення води (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Атрибути БЗ (показники води)

Атрибут	Запитання	Відповіді
1	2	3
Хімічно_хлороформ	Очищення на хлороформ?	Так
		Ні
Токсикологічні	Необхідне очищення токсикологічних показників?	Так
		Ні
Органолепт_присмак	Необхідне очищення води на присмак?	Так
		Ні
Хімічні_хлор	Очищення на хлор залишковий вільний?	Так
		Ні
Токсикол_пестициди	Необхідне очищення на пестициди?	Так
		Ні
Солі	Очищення на солі або термотолерантні коліформи?	Так
		Ні
Органолепт_запах	Необхідне очищення на запах?	Так
		Ні
Органолептичні	Необхідне очищення органолептичних показників?	Так
		Ні
Токсиколог_миш'як	Необхідне очищення на миш'як?	Так
		Ні
ОМЧ	Аналіз на ОМЧ?	Так
		Ні
Органолепт_мутність	Необхідне очищення мутності?	Так
		Ні
Хімічні	Необхідне очищення на хімічні показники?	Так
		Ні
Органолепт_кольоровість	Необхідне очищення кольоровості?	Так
		Ні

Закінчення таблиця 4.1

1	2	3
Хімічні_срібло	Очищення на срібло?	Так
		Ні
Токсиколог_алюміній	Необхідне очищення на алюміній?	Так
		Ні
Мікробіологічні	Необхідний аналіз на мікробіологічні показники?	Так
		Ні
Токсиколог_феноли	Необхідне очищення на феноли?	Так
		Ні
Токсиколог_свинець	Необхідне очищення на свинець?	Так
		Ні
Впливають_на_органолептику	Необхідне робити очищення на показники, які впливають на органолептичні властивості води?	Так
		Ні

Правила БЗ.

Правило 1а. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Так

B Органолепт_присмак = Так

C Органолепт_запах = Так

D Органолепт_мутність = Так

ТО

Органолептичні = позитивно.

Правило 1. A#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Ні

ТО

Органолептичні = Негативно.

Правило 1с. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Так

B Органолепт_присмак = Ні

C Органолепт_запах = Так

D Органолепт_мутність = Так

ТО

Органолептичні = Позитивно.

Правило 1d. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Так

B Органолепт_присмак = Так

C Органолепт_запах = Так

D Органолепт_мутність = Ні

ТО

Органолептичні = Позитивно.

Правило 1e. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Так

B Органолепт_присмак = Ні

C Органолепт_запах = Ні

D Органолепт_мутність = Ні

ТО

Органолептичні = Позитивно.

Правило 1b. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Так

B Органолепт_присмак = Так

C Органолепт_запах = Ні

D Органолепт_мутність = Так

ТО

Органолептичні = Позитивно.

Правило 1f. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Так

B Органолепт_присмак = Так

C Органолепт_запах = Ні

D Органолепт_мутність = Ні

ТО

Органолептичні = Позитивно.

Правило 1g. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Так

B Органолепт_присмак = Ні

C Органолепт_запах = Так

D Органолепт_мутність = Ні

ТО

Органолептичні = Позитивно.

Правило 1h. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Ні

B Органолепт_присмак = Ні

C Органолепт_запах = Ні

D Органолепт_мутність = Ні

ТО

Органолептичні = Негативно.

Правило 11. A#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Так

ТО

Органолептичні = Позитивно.

Фрейм_1. Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Органолептичні | Заміщення | н

Органолепт_присмак | Заміщення | н

Органолепт_запах | Заміщення | н

Органолепт_мутність | Заміщення | н

Органолепт_кольоровість | Заміщення | н

Цільовий слот

Органолептичні показники | Не визначений |

Правило 2. A#.

ЯКЩО

A Токсикологічні = Ні

ТО

Токсикологічні = Негативно.

Правило 2a. A&B&C&D&E&F#.

ЯКЩО

A Токсикологічні = Так
В Токсикол_пестициди = Так
С Токсиколог_алюміній = Так
D Токсиколог_миш'як = Так
Е Токсиколог_свинець = Так
F Токсиколог_феноли = Так
ТО

Токсикологічні = Позитивно.

Правило 2b. A&B&C&D&E&F#.

ЯКЩО

A Токсикологічні = Так
В Токсикол_пестициди = Ні
С Токсиколог_алюміній = Так
D Токсиколог_миш'як = Так
Е Токсиколог_свинець = Так
F Токсиколог_феноли = Так
ТО

Токсикологічні = Позитивно.

Правило 2c. A&B&C&D&E&F#.

ЯКЩО

A Токсикологічні = Так
В Токсикол_пестициди = Так
С Токсиколог_алюміній = Ні
D Токсиколог_миш'як = Так
Е Токсиколог_свинець = Так
F Токсиколог_феноли = Так
ТО

Токсикологічні = Позитивно.

Правило 2d. A&B&C&D&E&F#.

ЯКЩО

A Токсикологічні = Так
В Токсикол_пестициди = Так
С Токсиколог_алюміній = Так
D Токсиколог_миш'як = Ні
Е Токсиколог_свинець = Так

F Токсиколог_феноли = Так

ТО

Токсикологічні = Позитивно.

Правило 2e. A&B&C&D&E&F#.

ЯКЩО

A Токсикологічні = Так

B Токсикол_пестициди = Так

C Токсиколог_алюміній = Так

D Токсиколог_миш'як = Так

E Токсиколог_свинець = Ні

F Токсиколог_феноли = Так

ТО

Токсикологічні = Позитивно.

Правило 2f. A&B&C&D&E&F#.

ЯКЩО

A Токсикологічні = Так

B Токсикол_пестициди = Так

C Токсиколог_алюміній = Так

D Токсиколог_миш'як = Так

E Токсиколог_свинець = Так

F Токсиколог_феноли = Ні

ТО

Токсикологічні = Позитивно.

Правило 2g. A&B&C&D&E&F#.

ЯКЩО

A Токсикологічні = Так

B Токсикол_пестициди = Ні

C Токсиколог_алюміній = Ні

D Токсиколог_миш'як = Так

E Токсиколог_свинець = Так

F Токсиколог_феноли = Так

ТО

Токсикологічні = Позитивно.

Правило 2h. A&B&C&D&E&F#.

ЯКЩО

A Токсикологічні = Так
В Токсикол_пестициди = Ні
С Токсиколог_алюміній = Так
D Токсиколог_миш'як = Ні
Е Токсиколог_свинець = Так
F Токсиколог_феноли = Так
ТО

Токсикологічні = Позитивно.
Правило 2і. A&B&C&D&E&F#.
ЯКЩО

A Токсикологічні = Так
В Токсикол_пестициди = Ні
С Токсиколог_алюміній = Так
D Токсиколог_миш'як = Так
Е Токсиколог_свинець = Так
F Токсиколог_феноли = Ні
ТО

Токсикологічні = Позитивно.
Правило 2j. A&B&C&D&E&F#.
ЯКЩО

A Токсикологічні = Так
В Токсикол_пестициди = Ні
С Токсиколог_алюміній = Так
D Токсиколог_миш'як = Ні
Е Токсиколог_свинець = Ні
F Токсиколог_феноли = Так
ТО

Токсикологічні = Позитивно.
Правило 2к. A&B&C&D&E&F#.
ЯКЩО

A Токсикологічні = Так
В Токсикол_пестициди = Так
С Токсиколог_алюміній = Так
D Токсиколог_миш'як = Ні
Е Токсиколог_свинець = Так

F Токсиколог_феноли = Ні

ТО

Токсикологічні = Позитивно.

Правило 21. A&B&C&D&E&F#.

ЯКЩО

A Токсикологічні = Ні

B Токсикол_пестициди = Ні

C Токсиколог_алюміній = Ні

D Токсиколог_миш'як = Ні

E Токсиколог_свинець = Ні

F Токсиколог_феноли = Ні

ТО

Токсикологічні = Негативно.

Правило 22. A#.

ЯКЩО

A Токсикологічні = Так

ТО

Токсикологічні = Позитивно.

Фрейм_2. Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Токсикологічні | Заміщення | н

Токсикол_пестициди | Заміщення | н

Токсиколог_миш'як | Заміщення | н

Токсиколог_алюміній | Заміщення | н

Токсиколог_феноли | Заміщення | н

Токсиколог_свинець | Заміщення | н

Цільовий слот

Токсикологічні показники | Не визначений |

Правило 3. A#.

ЯКЩО

A Мікробіологічні = Ні

ТО

Мікробіологічні = Негативно.

Правило 33. A#.

ЯКЩО

A Мікробіологічні = Так

ТО

Мікробіологічні = Позитивно.

Правило 3а. A&B&C#.

ЯКЩО

A Мікробіологічні = Так

B ОМЧ = Так

C Солі = Так

ТО

Мікробіологічні = позитивно.

Правило 3б. A&B&C#.

ЯКЩО

A Мікробіологічні = Так

B ОМЧ = Так

C Солі = Ні

ТО

Мікробіологічні = Позитивно.

Правило 3с. A&B&C#.

ЯКЩО

A Мікробіологічні = Так

B ОМЧ = Ні

C Солі = Так

ТО

Мікробіологічні = Позитивно.

Правило 3d. A&B&C#.

ЯКЩО

A Мікробіологічні = Ні

B ОМЧ = Ні

C Солі = Ні

ТО

Мікробіологічні = Негативно.

Фрейм_3. Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Мікробіологічні | Заміщення | н

Солі | Заміщення | н

ОМЧ | Заміщення | н

Цільовий слот

Мікробіологічні показники | Не визначений |

Правило 4. A#.

ЯКЩО

A Хімічні = Ні

ТО

Хімічні = Негативно.

Правило 44. A#.

ЯКЩО

A Хімічні = Так

ТО

Хімічні = Позитивно.

Правило 4а. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Хімічні = Так

B Хімічно_хлороформ = Так

C Хімічні_срібло = Так

D Хімічні_хлор = Так

ТО

Хімічні = Позитивно.

Правило 4b. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Хімічні = Так

B Хімічно_хлороформ = Ні

C Хімічні_срібло = Так

D Хімічні_хлор = Так

ТО

Хімічні = Позитивно.

Правило 4с. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Хімічні = Так

B Хімічно_хлороформ = Так

C Хімічні_срібло = Ні

D Хімічні_хлор = Так

ТО

Хімічні = Позитивно.

Правило 4d. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Хімічні = Так

B Хімічно_хлороформ = Так

C Хімічні_срібло = Так

D Хімічні_хлор = Ні

ТО

Хімічні = Позитивно.

Правило 4e. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Хімічні = Так

B Хімічно_хлороформ = Ні

C Хімічні_срібло = Ні

D Хімічні_хлор = Так

ТО

Хімічні = Позитивно.

Правило 4f. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Хімічні = Так

B Хімічно_хлороформ = Ні

C Хімічні_срібло = Так

D Хімічні_хлор = Ні

ТО

Хімічні = Позитивно.

Правило 4g. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Хімічні = Так

B Хімічно_хлороформ = Так

C Хімічні_срібло = Ні

D Хімічні_хлор = Ні

ТО

Хімічні = Позитивно.

Правило 4h. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Хімічні = Ні

B Хімічно_хлороформ = Ні

C Хімічні_срібло = Ні

D Хімічні_хлор = Ні

ТО

Хімічні = Негативно.

Фрейм_4.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Хімічні | Заміщення | н

Хімічні_хлор | Заміщення | н

Хімічні_срібло | Заміщення | н

Хімічно_хлороформ | Заміщення | н

Цільовий слот

Хімічні показники | Не визначений.

Правило 5. A#.

ЯКЩО

A Впливають_на_органолептику = Ні

ТО

Впливають на органолептику = Негативно.

Правило 55. A#.

ЯКЩО

A Впливають_на_органолептику = Так

ТО

Впливають на органолептику = Позитивно.

Фрейм_5.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Впливають_на_органолептику | Заміщення | н

Цільовий слот

Впливають на органолептику | Не визначений.

Правило 7. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A Порганолептические = Позитивно

B Птоксикологічні = Негативно

C Мікробіологічні = Негативно

D Хімічні = Негативно

E Впливають на органолептику = Негативно

ТО

Система очищення води = ECONOM.

Правило 7а. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Негативно

B Токсикологічні = Позитивно

C Мікробіологічні = Негативно

D Хімічні = Негативно

E Впливають на органолептику = Негативно

ТО

Система очищення води = EXTRA.

Правило 7b. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Негативно

B Токсикологічні = Негативно

C Мікробіологічні = Позитивно

D Хімічні = Негативно

E Впливають на органолептику = Негативно

ТО

Система очищення води = Промислові системи очищення й фільтрації води.

Правило 7с. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Негативно

B Токсикологічні = Негативно

C Мікробіологічні = Негативно

D Хімічні = Позитивно

E Впливають на органолептику = Негативно

ТО

Система очищення води = Комерційні системи очищення води.

Правило 7d. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Негативно

B Токсикологічні = Негативно

C Мікробіологічні = Негативно

D Хімічні = Негативно
E Впливають на органолептику = Позитивно
ТО

Система очищення води = ECONOM.

Правило 7e. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Позитивно
B Токсикологічні = Позитивно
C Мікробіологічні = Негативно
D Хімічні = Негативно
E Впливають на органолептику = Негативно
ТО

Система очищення води = EXTRA.

Правило 7f. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A Органолептичні = Позитивно
B Токсикологічні = Негативно
C Мікробіологічні = Негативно
D Хімічні = Негативно
E Впливають на органолептику = Негативно
ТО

Система очищення води = ECONOM.

Фрейм 5.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Токсикологічні | Заміщення | н

Мікробіологічні | Заміщення | н

Впливають на органолептику | Заміщення | н

Органолептичні | Заміщення | н

Хімічні | Заміщення | н

Цільовий слот

Система очищення води | Не визначений.

Структура дерева правил і фреймів БЗ подана на рис. 4.3.

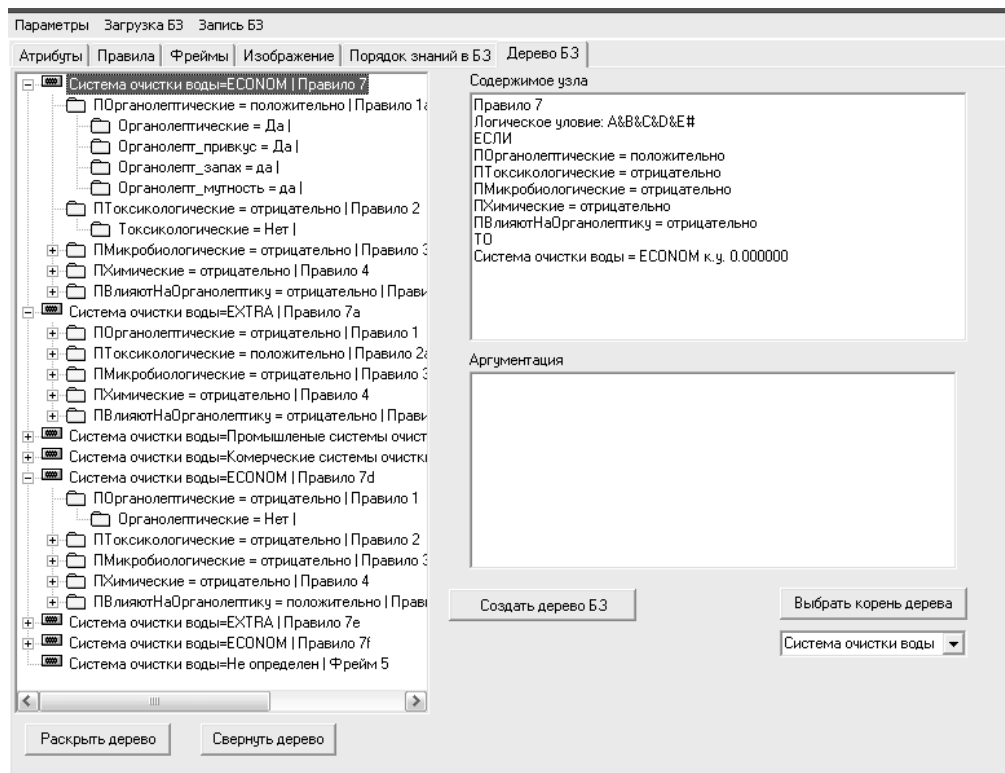


Рис. 4.3. Структура дерева правил і фреймів БЗ

Робота когнітолога в системі "КАРКАС". Першим етапом створення БЗ є введення питальних атрибутів. Список атрибутів БЗ для вибору системи очищення води поданий на рис. 4.4.

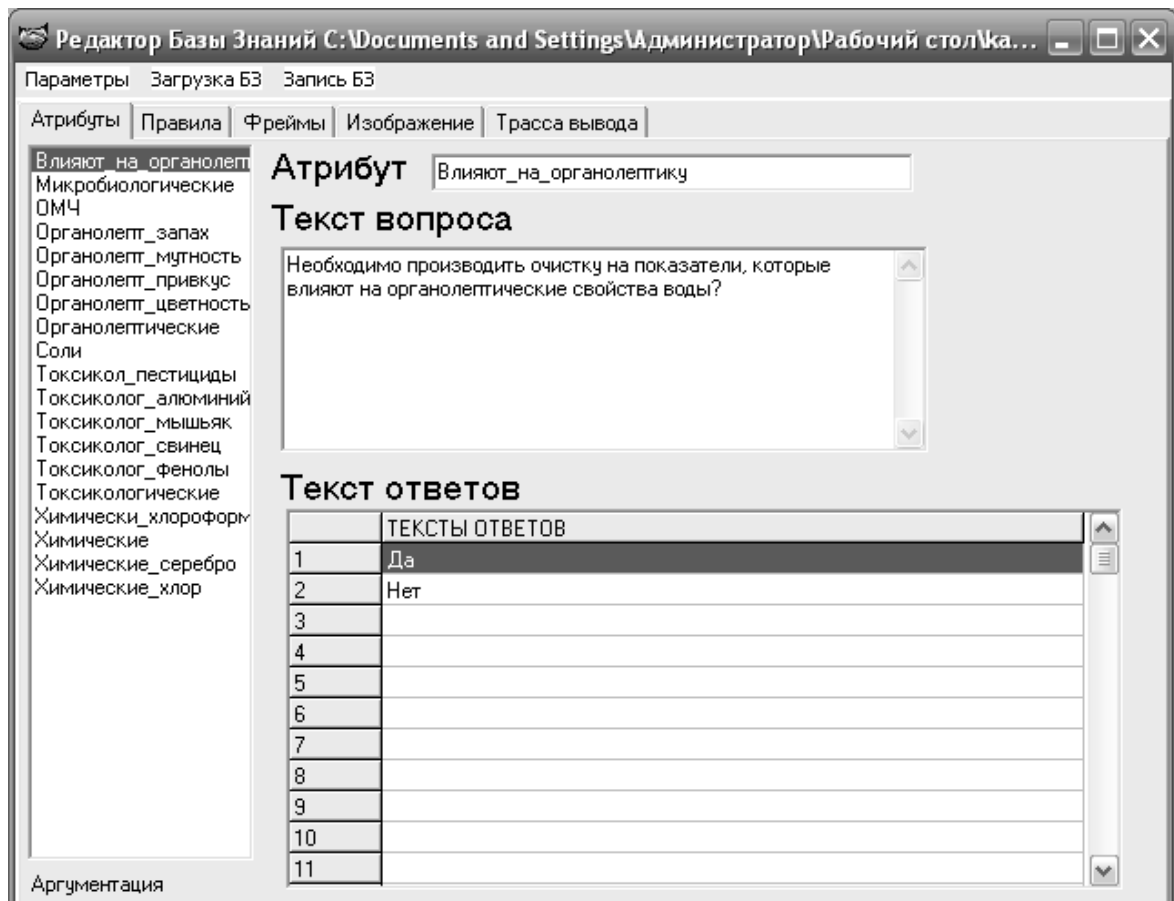


Рис. 4.4. Атрибути БЗ

Наступним етапом створення БЗ є написання правил, які наведені на рис. 4.5. Після створення правил, приступаємо до створення фреймів, поданих на рис. 4.6.

Зауваження 4.1. Фрейм 1 застосовується тоді, коли не знайдено значення органолептичних показників, Фрейм 2 – значення токсикологічних показників, Фрейм 3 – значення мікробіологічних показників, Фрейм 4 – значення хімічних показників, Фрейм 5 – значення показників, які впливають на органолептичні властивості води, Фрейм 7 – значення системи очищення води.

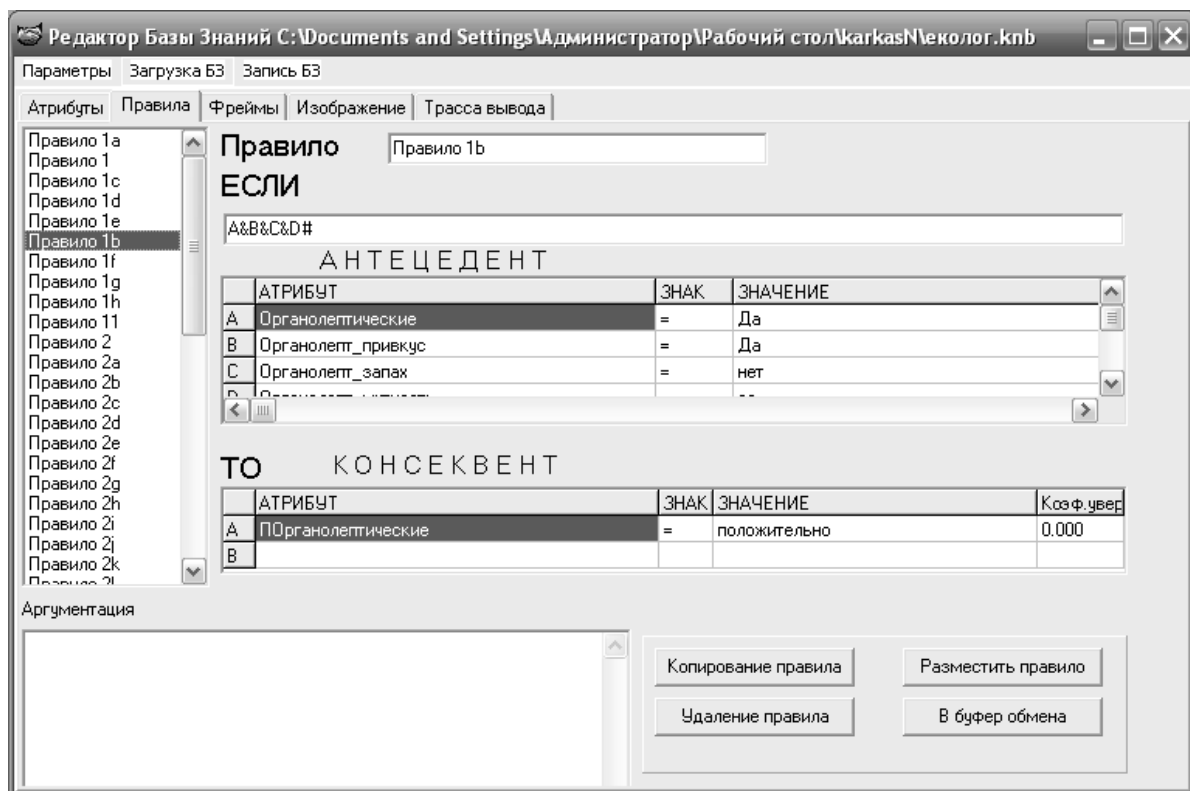


Рис. 4.5. Правила БЗ

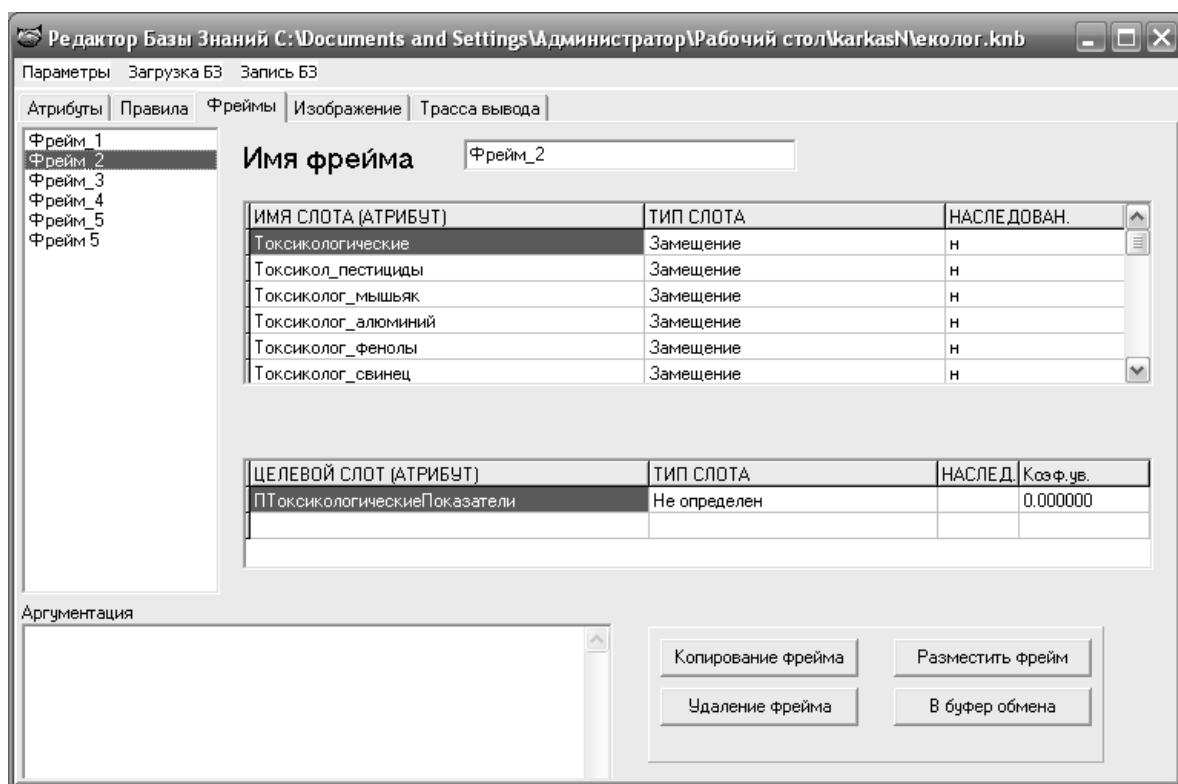


Рис. 4.6. Фреймы БЗ

Тестування БЗ. Для здійснення вибору системи очищення води користувачеві системи "КАРКАС" необхідно вибрати мету й режим консультування. Далі слід відповісти на всі поставлені запитання, на підставі відповідей на які система зробить вивід і запропонує рішення вибору системи очищення води.

Вибираємо мету консультації. Режим консультації – без пояснення. Відповідаємо на запитання. На рис. 4.7 поданий результат консультації. У результаті консультації, на підставі відповідей користувача, система визначила, що підходящою системою очищення води є ECONOM.

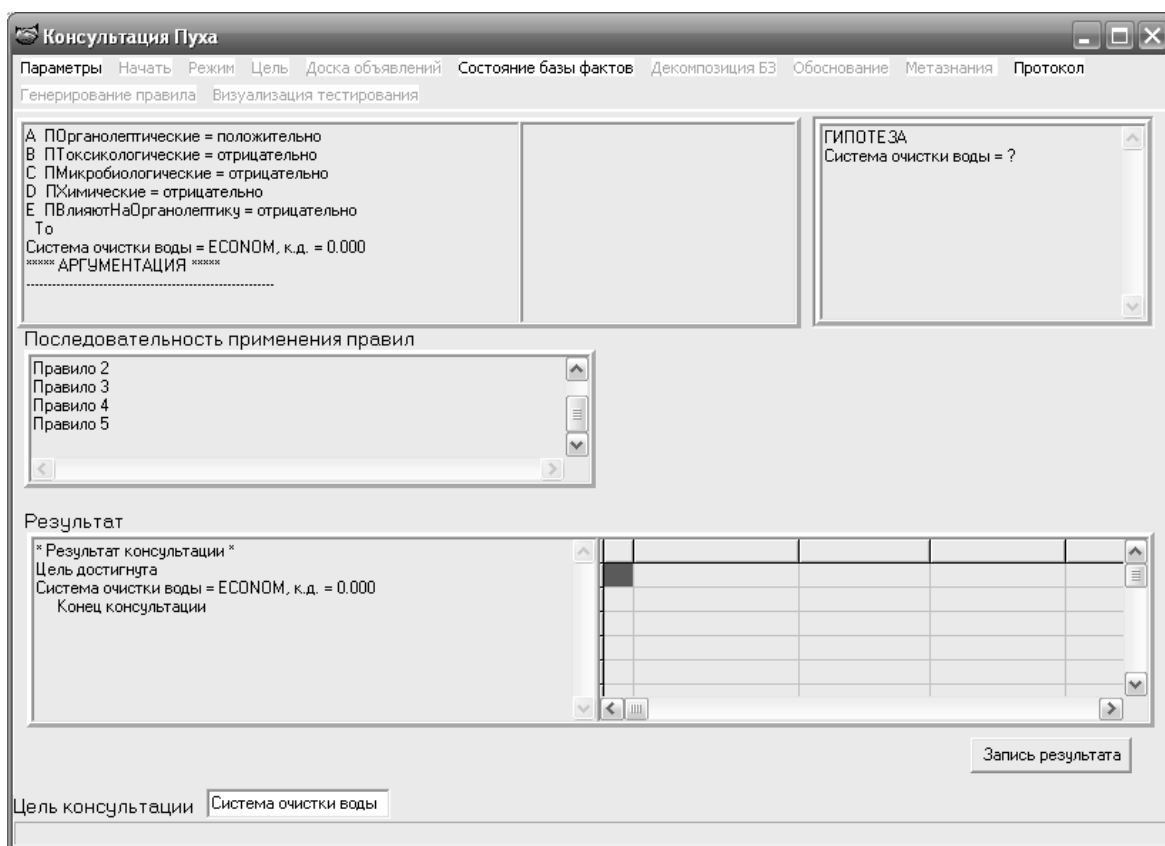


Рис. 4.7. Результат консультації

Фрагмент бази фактів наведено на рис. 4.8.

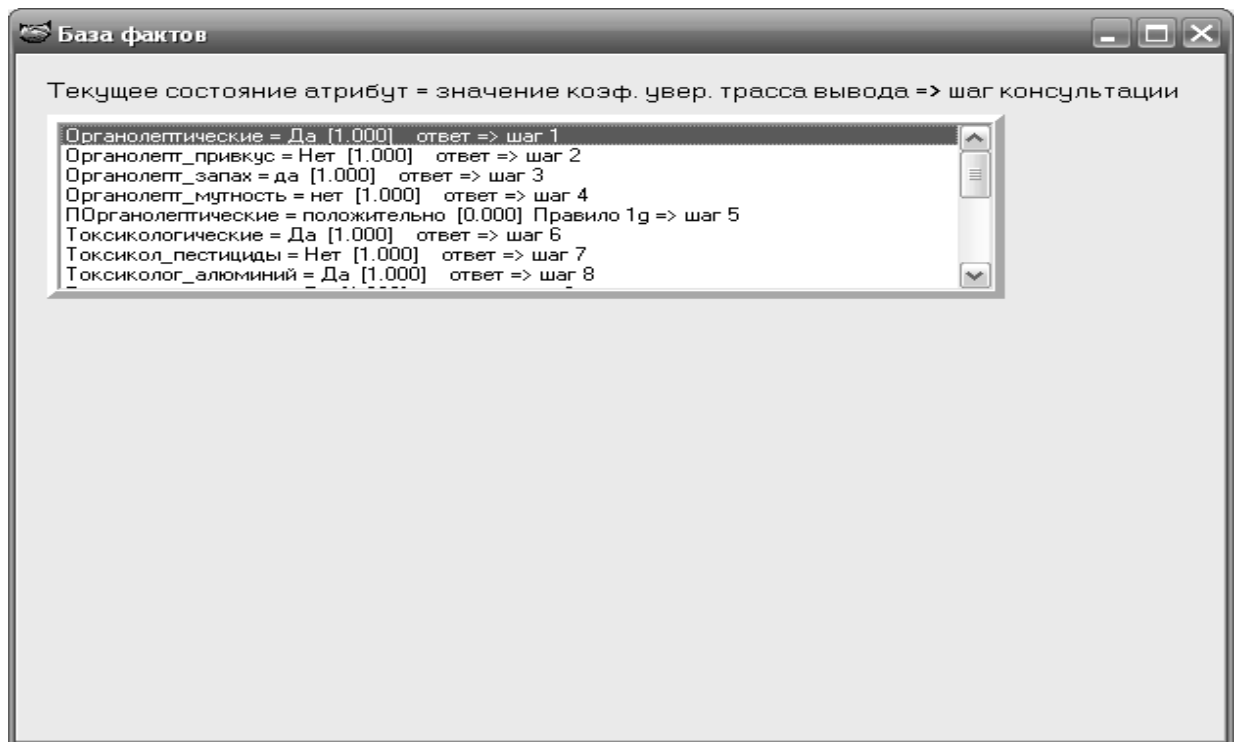


Рис. 4.8. База фактів

Протокол консультації від 13.11.08 8:30:37

Мета консультації: визначити значення для атрибута "Система очищення води".

Атрибут підцілі: Система очищення води.

Крок консультації = 1.

Система запитала: (ім'я атрибута: Органолептичні).

Необхідне очищення органолептичних показників?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 2.

Система запитала: (ім'я атрибута: Органолепт_присмак).

Необхідне очищення води на присмак?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 3.

Система запитала: (ім'я атрибута: Органолепт_запах).

Необхідне очищення на запах?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 4.

Система запитала: (ім'я атрибута: Органолепт_мутність).

Необхідне очищення мутності?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 5.

Спрацювало правило:

Правило 1g

Якщо A&B&C&D#

A Органолептичні = Так

B Органолепт_присмак = Ні

C Органолепт_запах = Так

D Органолепт_мутність = Ні

Те

Органолептичні = Позитивно.

Крок консультації = 6.

Система запитала: (ім'я атрибута: Токсикологічні).

Необхідне очищення токсикологічних показників?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 7.

Система запитала: (ім'я атрибута: Токсикол_пестициди).

Необхідне очищення на пестициди?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 8.

Система запитала: (ім'я атрибута: Токсиколог_алюміній).

Необхідне очищення на алюміній?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 9.

Система запитала: (ім'я атрибута: Токсиколог_миш'як).

Необхідне очищення на миш'як?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 10.

Система запитала: (ім'я атрибута: Токсиколог_свинець).

Необхідне очищення на свинець?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 11.

Система запитала: (ім'я атрибута: Токсиколог_феноли).

Необхідне очищення на феноли?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 12.

Спрацювало правило:

Правило 22

Якщо A#

А Токсикологічні = Так

Те

Токсикологічні = Позитивно.

Крок консультації = 13.

Система запитала: (ім'я атрибута: Мікробіологічні).

Необхідний аналіз на мікробіологічні показники?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 14.

Спрацювало правило:

Правило 33

Якщо A#

А Мікробіологічні = Так

Те

Мікробіологічні = Позитивно.

Крок консультації = 15.

Система запитала: (ім'я атрибута: Хімічні).

Необхідне очищення наприсмак?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 16.

Спрацювало правило:

Правило 44

Якщо A#

А Хімічні = Так

Те

Хімічні = Позитивно.

Крок консультації = 17.

Система запитала: (ім'я атрибута: Впливають_на_органолептику).

Необхідно зробити аналіз на показники, які впливають на органолептичні властивості води?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 18.

Спрацювало правило:

Правило 55

Якщо A#

A Впливають_на_органолептику = Так

Те

Впливають на органолептику = Позитивно.

Крок консультації = 19.

Спрацювало правило:

Правило 7f

Якщо A&B&C&D&E#.

A Органолептичні = Позитивно

B Токсикологічні = Негативно

C Мікробіологічні = Негативно

D Хімічні = Негативно

E Впливають на органолептику = Негативно

Те

Система очищення води = ECONOM.

Результат консультації.

Система очищення води = ECONOM.

4.2. Модель бази знань для ідентифікації надзвичайної ситуації

Постановка завдання. Щодня в усьому світі відбуваються природні катаклізми, аварії й терористичні акти. Від того, чи зорієнтується людина у проблемі, чи знає, як їй діяти у сформованій ситуації, що склалася, чи не розгубиться вона, як швидко почне щось застосовувати може залежати життя.

Визначення надзвичайної ситуації (НС) для її подальшого усунення – це важливий момент, від якого можуть залежати багато життів і благополуччя навколишнього середовища [48].

Мета створення прототипу ЕС – це визначення надзвичайної ситуації. Після чого можна застосовувати дії для її усунення залежно від масштабу події і її виду. За сукупністю виявлених вимог буде здійснюватися вибір із БЗ відповідних надзвичайних ситуацій.

Призначення прототипу ЕС – це консультування з питання визначення НС для консультативного обслуговування громадян.

Сфера застосування прототипу ЕС – це різні муніципальні системи.

Мета прототипу ЕС – визначення НС за первинними ознаками, характеристиками й описами.

Вихідні дані: модель БЗ ґрунтується на функціональному аналізі типів НС і їхніх характеристик.

Очікувані результати (список можливих значень мети консультації): такий прототип ЕС дозволить особі, якій приймає рішення, швидко зорієнтуватися в ситуації.

Ідентифікація предметної області. Надзвичайна ситуація – це обстановка на певній території, що склалася в результаті аварії, небезпечного природного явища, катастрофи, стихійного або іншого лиха, які можуть спричинити або спричинили людські жертви, заподіяні шкоду здоров'ю людей або навколишньому природному середовищу.

НС класифікуються за причинами виникнення, швидкістю поширення та масштабом.

НС будь-якого типу у своєму розвитку проходять чотири типові стадії (фази).

До НС техногенного характеру відносяться:

аварії на АЕС із руйнуванням виробничих споруд і радіоактивним зараженням території;

аварії на хімічно небезпечних об'єктах з викидом, витоком сильно діючих отруйних речовин (СДОР) у навколишнє середовище;

аварії в науково-дослідних установах (на виробничих підприємствах), що здійснюють розробку, виготовлення, переробку,

зберігання і транспортування бактеріальних засобів та препаратів або інших біологічних речовин з викидом у навколишнє середовище;

авіаційні катастрофи, що спричинили значну кількість людських жертв і потребують проведення пошуково-рятувальних робіт;

зіткнення або сходження з рейок поїздів (поїздів у метрополітенах);

аварії на водних комунікаціях, що викликали значну кількість людських жертв, забруднення отруйними речовинами акваторій портів, прибережних територій, внутрішніх водойм;

аварії на трубопроводах, що викликали масовий викид речовин, що транспортуються, і забруднення навколишнього середовища у безпосередній близькості від населених пунктів;

аварії на очисних спорудах;

гідродинамічні аварії;

пожежі, що виникають у результаті вибухів на пожежанебезречних об'єктах.

НС природного характеру можуть виникати внаслідок:

геофізичних явищ (землетрусів і вивержень вулканів);

геологічних явищ (сель, обвал, зсув);

метеорологічних, у тому числі агрометеорологічних, явищ (буря, ураган, смерч);

гідрологічних явищ (повінь);

морських гідрологічних явищ (цунамі, шторм);

природних пожеж (лісові, торф'яні);

явищ космічного походження (космічне випромінювання великої інтенсивності).

Серед НС екологічного характеру виділяють:

1. НС, пов'язані зі зміною стану суші (ґрунту, надр, ландшафту).

2. НС, пов'язані зі зміною складу і властивостей атмосфери (повітряного середовища).

3. НС, пов'язані зі зміною стану гідросфери (водного середовища).

До НС соціального характеру відносяться:

війни;

локальні й регіональні конфлікти;

голод;

великі страйки.

Концептуальна модель предметної області визначення НС подана у вигляді дерева цілей (рис. 4.9). Визначення НС ґрунтується на дослідженні ознак і показників ситуації, що виникла.

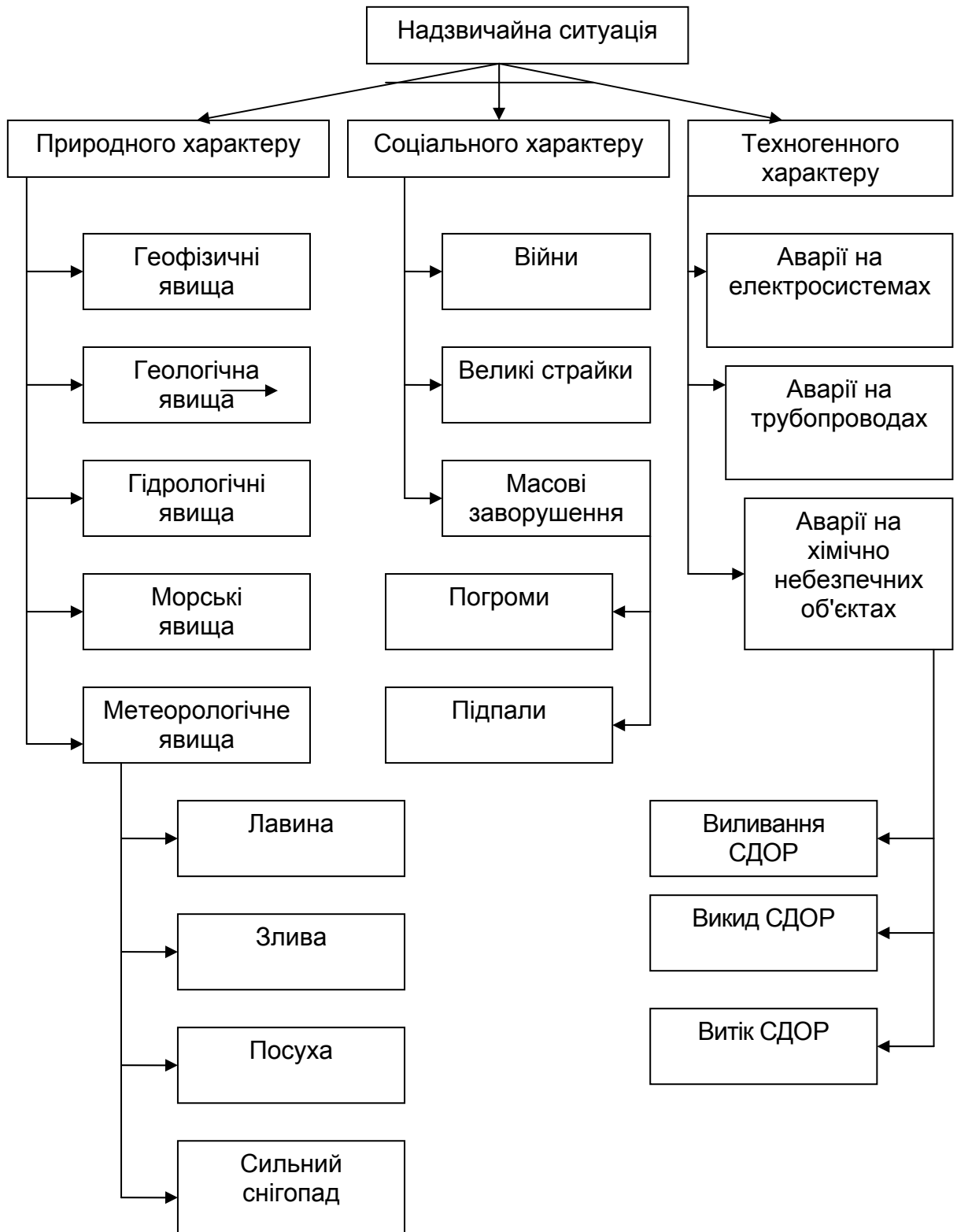


Рис. 4.9. **Дерево цілей** для завдання визначення НС

Атрибути БЗ наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Атрибути БЗ

Атрибут	Запитання	Відповіді
1	2	3
Аварії на трубопроводах	Чи рідка виділяється речовина?	Витік газу
		Викид забруднюючих речовин
Аварії на хімічно небезпечних об'єктах	Якого типу аварія?	Виливання СДОР
		Викид СДОР
		Витік СДОР
Аварії на електричних системах	Який тип поломки?	Згорів генератор
		Обірвано електролінію
Війни	Якого типу війна?	Громадянська
		Міжнародна
Геологічне явище	Якого типу геологічне явище?	Обвал
		Зсув
		Посадка земної поверхні
Геофізичне явище	Якого типу геофізичне явище?	Землетрус
		Виверження вулкана
Гідрологічне явище	Якого типу гідрологічне явище?	Повінь
		Паводок
Великі страйки	Що зупинено?	Виробництво
		Транспорт
Масові заворушення	Якого типу масове заворушення?	Погроми
		Підпали
Метеорологічне явище	Який тип метеорологічного явища?	Лавина
		Посуха
		Сильний снігопад
		Злива
		Ураган
Морське гідрологічне явище	Якого типу морське гідрологічне явище ?	Цунамі
		Шторм

Закінчення таблиці 4.2

1	2	3
Природна НС	Якого виду природна НС?	Геофізичне явище
		Морські гідрологічні явища
		Геологічне явище
		Гідрологічне явище
		Природна пожежа
		Метеорологічне явище
Природні пожежі	Що горить?	Ліс
		Торф
		Степ
Соціальна НС	Якого виду соціальна НС?	Війни
		Великі страйки
		Масові заворушення
		Голод
Техногенна НС	Якого виду техногенна НС?	Аварія на електричних системах
		Аварії на трубопроводах
		Аварії на хімічно небезпечних об'єктах
Характер надзвичайної ситуації	Якого характеру надзвичайна ситуація?	Природного характеру
		Соціального характеру
		Техногенного характеру

Список правил БЗ.

Правило Р1. А&В&С#.

ЯКЩО

А Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

В Природна НС = Природна пожежа

С Природні пожежі = Ліс

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Лісова природна пожежа.

Правило P2. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

B Природна НС = Природна пожежа

C Природні пожежі = Торф

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Торф'яна природна пожежа.

Правило P3. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

B Природна НС = Природна пожежа

C Природні пожежі = Степ

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Горить степ.

Правило Geof1. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

B Природна НС = Геофізичне явище

C Геофізичне явище = Землетрус

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Землетрус.

Правило Geof2. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

B Природна НС = Геофізичне явище

C Геофізичне явище = Виверження вулкана

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Виверження вулкана.

Правило Geol1. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

B Природна НС = Геологічне явище

C Геологічне явище = Обвал

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Обвал ґрунту.

Правило Geol2. A&B&C#.

ЯКЩО

А Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

В Природна НС = Геологічне явище

С Геологічне явище = Зсув

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Зсув ґрунту.

Правило Geol3. A&B&C#.

ЯКЩО

А Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

В Природна НС = Геологічне явище

С Геологічне явище = Посадка земної поверхні

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Посадка земної поверхні.

Правило Gidrol1. A&B&C#.

ЯКЩО

А Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

В Природна НС = Гідрологічне явище

С Гідрологічне явище = Повінь

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Повінь.

Правило Gidrol2. A&B&C#.

ЯКЩО

А Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

В Природна НС = Гідрологічне явище

С Гідрологічне явище = Паводок

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Паводок.

Правило Mor1. A&B&C#.

ЯКЩО

А Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

В Природна НС = Морські гідрологічні явища

С Морське гідрологічне явище = Цунамі

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Цунамі.

Правило Mor2. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

B Природна НС = Морські гідрологічні явища

C Морське гідрологічне явище = Шторм

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Шторм.

Правило Met1. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

B Природна НС = Метеорологічне явище

C Метеорологічне явище = Лавина

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Лавина.

Правило Met2. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

B Природна НС = Метеорологічне явище

C Метеорологічне явище = Посуха

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Посуха.

Правило Met3. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

B Природна НС = Метеорологічне явище

C Метеорологічне явище = Сильний снігопад

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Сильний снігопад.

Правило Met4. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

B Природна НС = Метеорологічне явище

C Метеорологічне явище = Злива

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Злива.

Правило Met5. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Природного характеру

B Природна НС = Метеорологічне явище

C Метеорологічне явище = Ураган

ТО

Природна надзвичайна ситуація = Ураган.

Фрейм_1.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Характер надзвичайної ситуації | Заміщення | н

Природна НС | Заміщення | н

Природні пожежі | Заміщення | н

Морське гідрологічне явище | Заміщення | н

Метеорологічне явище | Заміщення | н

Гідрологічне явище | Заміщення | н

Геологічне явище | Заміщення | н

Геофізичне явище | Заміщення | н

Цільовий слот

Природна надзвичайна ситуація | Не визначена.

Правило W1. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Соціального характеру

B Соціальна НС = Війни

C Війни = Громадянська

ТО

Соціальна надзвичайна ситуація = Громадянська війна.

Правило W2. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Соціального характеру

B Соціальна НС = Війни

C Війни = Міжнаціональна

ТО

Соціальна надзвичайна ситуація = Міжнаціональна війна.

Правило Zab1. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Соціального характеру

B Соціальна НС = Великі страйки

C Великі страйки = Виробництво

ТО

Соціальна надзвичайна ситуація = Страйк на виробництві.

Правило Zab2. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Соціального характеру

B Соціальна НС = Великі страйки

C Великі страйки = Транспорт

ТО

Соціальна надзвичайна ситуація = Страйк на транспорті.

Правило Vesp1. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Соціального характеру

B Соціальна НС = Масові заворушення

C Масове заворушення = Погроми

ТО

Соціальна надзвичайна ситуація = Погроми в результаті масових заворушень.

Правило Vesp2. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Соціального характеру

B Соціальна НС = Масові безладдя

C Масове заворушення = Підпали

ТО

Соціальна надзвичайна ситуація = Підпали в результаті масових заворушень.

Фрейм _2. Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Характер надзвичайної ситуації | Заміщення | н

Соціальна НС | Заміщення | н

Війни | Заміщення | н

Великі страйки | Заміщення | н

Масове заворушення | Заміщення | н

Цільовий слот

Соціальна надзвичайна ситуація | Не визначена |

Правило Electro1. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Техногенного характеру

B Техногенна НС = Аварія на електросистемах

C Аварії на електросистемах = Згорів генератор

ТО

Техногенна надзвичайна ситуація = Згорів генератор на електросистемах.

Правило Electro2. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Техногенного характеру

B Техногенна НС = Аварія на електросистемах

C Аварії на електросистемах = Обірвана електролінія

ТО

Техногенна надзвичайна ситуація = Обірвана електролінія на електросистемах.

Правило Turbo1. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Техногенного характеру

B Техногенна НС = Аварії на трубопроводах

C Аварії на трубопроводах = Витік газу

ТО

Техногенна надзвичайна ситуація = Витік газу на трубопроводі.

Правило Turbo2. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Техногенного характеру

B Техногенна НС = Аварії на трубопроводах

C Аварії на трубопроводах = Виливши забруднюючих речовин

ТО

Техногенна надзвичайна ситуація = Виливання забруднюючих речовин на трубопроводі.

Правило Him1. A&B&C#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Техногенного характеру
B Техногенна НС = Аварії на хімічно небезпечних об'єктах
C Аварії на хімічно небезпечних об'єктах = Виливання СДОР
ТО

Техногенна надзвичайна ситуація = Виливання СДОР на хімічно небезпечних об'єктах.

Правило Нім2. А&В&С#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Техногенного характеру
B Техногенна НС = Аварії на хімічно небезпечних об'єктах
C Аварії на хімічно небезпечних об'єктах = Викид СДОР
ТО

Техногенна надзвичайна ситуація = Викид СДОР на хімічно небезпечних об'єктах.

Правило Нім3. А&В&С#.

ЯКЩО

A Характер надзвичайної ситуації = Техногенного характеру
B Техногенна НС = Аварії на хімічно небезпечних об'єктах
C Аварії на хімічно небезпечних об'єктах = Витік СДОР
ТЕ

Техногенна надзвичайна ситуація = Витік СДОР на хімічно небезпечних об'єктах.

Фрейм _3.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Характер надзвичайної ситуації | Заміщення | н

Техногенна НС | Заміщення | н

Аварії на електросистемах | Заміщення | н

Аварії на трубопроводах | Заміщення | н

Аварії на хімічно небезпечних об'єктах | Заміщення | н

Цільовий слот

Техногенна надзвичайна ситуація | Не визначена.

Фрейм _4.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Характер надзвичайної ситуації | Заміщення | н

Природна НС | Заміщення | н

Соціальна НС | Заміщення | н
 Техногенна НС | Заміщення | н
 Геологічне явище | Заміщення | н
 Гідрологічне явище | Заміщення | н
 Природні пожежі | Заміщення | н
 Геофізичне явище | Заміщення | н
 Морське гідрологічне явище | Заміщення | н
 Метеорологічне явище | Заміщення | н
 Війни | Заміщення | н
 Великі страйки | Заміщення | н
 Масове заворушення | Заміщення | н
 Аварії на електричних системах | Заміщення | н
 Аварії на трубопроводах | Заміщення | н
 Аварії на хімічно небезпечних об'єктах | Заміщення | н
 Цільовий слот
 Надзвичайна ситуація | Не визначена.
Результат консультації поданий на рис. 4.10.

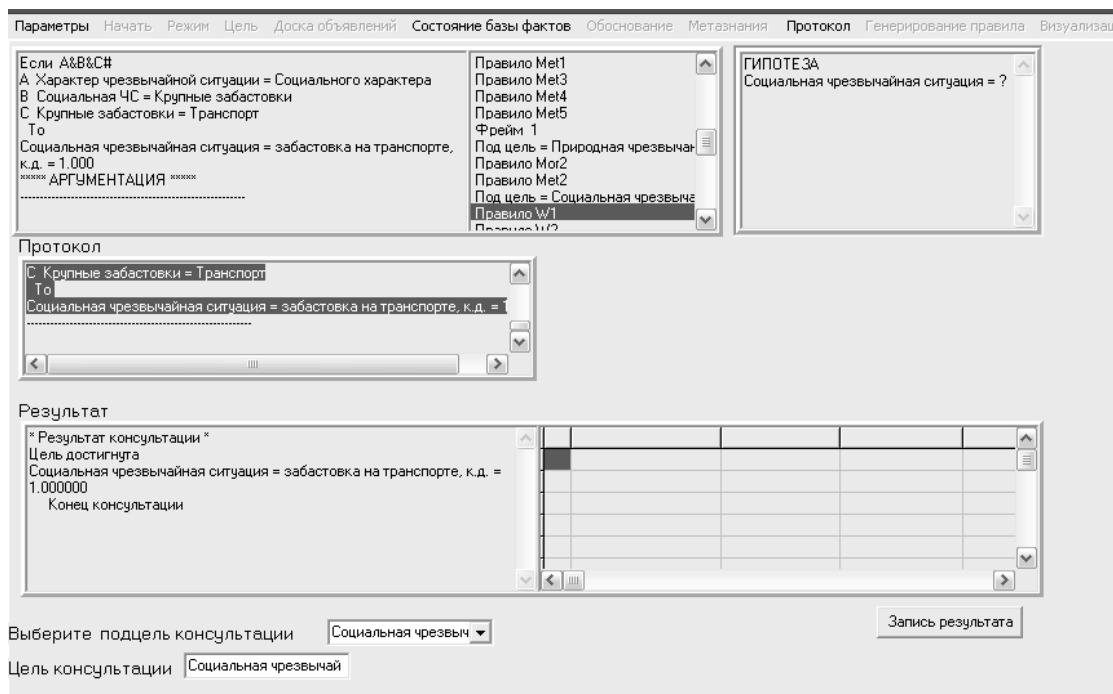


Рис. 4.10. Результат консультації визначення соціальної НС

Протокол консультації від 18.03.09 20:38:24

Мета консультації: визначити значення для атрибута "Соціальна надзвичайна ситуація".

Атрибут підцілі: Соціальна надзвичайна ситуація.

Крок консультації = 1.

Система запитала: (ім'я атрибута: Характер надзвичайної ситуації).

Якого характеру надзвичайна ситуація?

Можливі відповіді:

1. Природного характеру.
2. Соціального характеру.
3. Техногенного характеру.

Користувач відповів: Соціального характеру.

Крок консультації = 2.

Система запитала: (ім'я атрибута: Соціальна НС).

Якого виду соціальна НС?

Можливі відповіді:

1. Війни.
2. Великі страйки.
3. Масові заворушення.
4. Голод.

Користувач відповів: Великі страйки.

Крок консультації = 3.

Система запитала: (ім'я атрибута: Війни).

Якого типу війна?

Можливі відповіді:

1. Громадянська.
2. Міжнаціональна.

Користувач відповів: Міжнаціональна.

Крок консультації = 4.

Система запитала: (ім'я атрибута: Великі страйки).

Що зупинено?

Можливі відповіді:

1. Виробництво.
2. Транспорт.

Користувач відповів: Транспорт.

Крок консультації = 5.

Спрацювало правило:

Правило Zab2

Якщо A&B&C#

A Характер надзвичайної ситуації = Соціального характеру

B Соціальна НС = Великі страйки

C Великі страйки = Транспорт

ТО

Соціальна надзвичайна ситуація = Страйк на транспорті.

4.3. Модель бази знань для пошуку джерел забруднення водних ресурсів

Постановка завдання. У зв'язку з розвитком світового господарства споживання води зростає стрімкими темпами. Воно подвоюється кожні 8 – 10 років. Одночасно збільшується ступінь забруднення вод, тобто відбувається їхнє якісне виснаження.

Розробити модель БЗ для визначення джерел забруднення водних ресурсів.

Призначення прототипу ЕС – консультування з запитання визначення джерела забруднення водних ресурсів.

Сфера застосування прототипу ЕС – це різні муніципальні системи водопідготовки, лабораторії аналізу води.

Мета прототипу ЕС – визначення джерела забруднення залежно від тих шкідливих речовин, які присутні на об'єкті.

Клас розв'язуваних проблем: аналіз діяльності об'єкта, на якому здійснюються дослідження, аналіз і діагностика джерела з погляду складових речовин.

Вихідні дані: аналіз води.

Ідентифікація предметної області. Під забрудненням водою розуміється зниження їхніх біосферних функцій і економічного значення в результаті надходження в них шкідливих речовин. Джерелами забруднення визнаються об'єкти, з яких здійснюється скидання або інше надходження у водні об'єкти шкідливих речовин, що погіршують якість

поверхневих вод, обмежують їхнє використання, а також негативно впливають на стан дна й берегових водних об'єктів [49].

Основні види та джерела забруднення вод представлені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Основні види й джерела забруднення вод

Найменування	Джерела	Наслідок
1	2	3
Хімічні забруднення		
Пестициди і їхні різновиди, нітрати, нітрити, азот, фосфор	Добрива, використовувані в сільському господарстві, що потрапляють у воду із ґрунту	Накопичуються у планктоні й рибі, по ланцюжку живлення попадають в організм людини, викликаючи небезпечні захворювання
Нафта й нафто-продукти	Стоки нафтопереробних заводів, катастрофи вантажних танкерів, що перевозять нафто продукти, витоки	12 р. нафти роблять непридатної для вживання 1 тонну води
Важкі метали (ртуть, цинк, нікель, хром, свинець т.д.)	Вимивання ґрунтових порід підземними водами; вихлипні гази й викиди виробництва	Важкі метали, накопичуючись у тканинах організму, викликають необоротні порушення роботи мозку
Органічні й неорганічні отруйні речовини	Природні відкладення, сільськогосподарські добрива, промислові відходи	Надлишок даних речовин в організмі викликає вроджені аномалії плода, генетичні мутації
Фізико-механічні забруднення		
Радіонукліди (уран, стронцій, плутоній, торій, цезій)	Застосування ізотопів у медицині, ядерні вибухи й аварії на АС	Порушує процеси кровотворення, викликає онкологічні захворювання
Теплові забруднення	Спуск у водойми підігрітих вод теплових і атомних електростанцій	У теплій воді знижується вміст кисню, що спричиняє загибель риби

Закінчення таблиці 4.3

1	2	3
Механічні забруднення	Стічні води целюлозно-паперової промисловості	У процесі гниття деревні частки виділяють дубильні речовини, поглинаючи при цьому велику кількість кисню
Біогенні забруднення		
Бактерії, віруси, найпростіші	Стік каналізаційних вод	Забруднення водних джерел бактеріями, найпростішими й вірусами є найнебезпечнішим для людини

Вибір джерела забруднення водних ресурсів ґрунтується на дослідженні забрудненої місцевості об'єкта і ділиться на наступні види забруднень водних ресурсів, що впливають на стан:

- хімічні забруднення;
- біогенні забруднення;
- фізико-механічні забруднення.

Концептуальну модель предметної області забруднення водних ресурсів можна подати у вигляді дерева цілей (рис. 4.11). Тут дужкою позначена вершина типу "І", а відсутність дужки – "АБО".

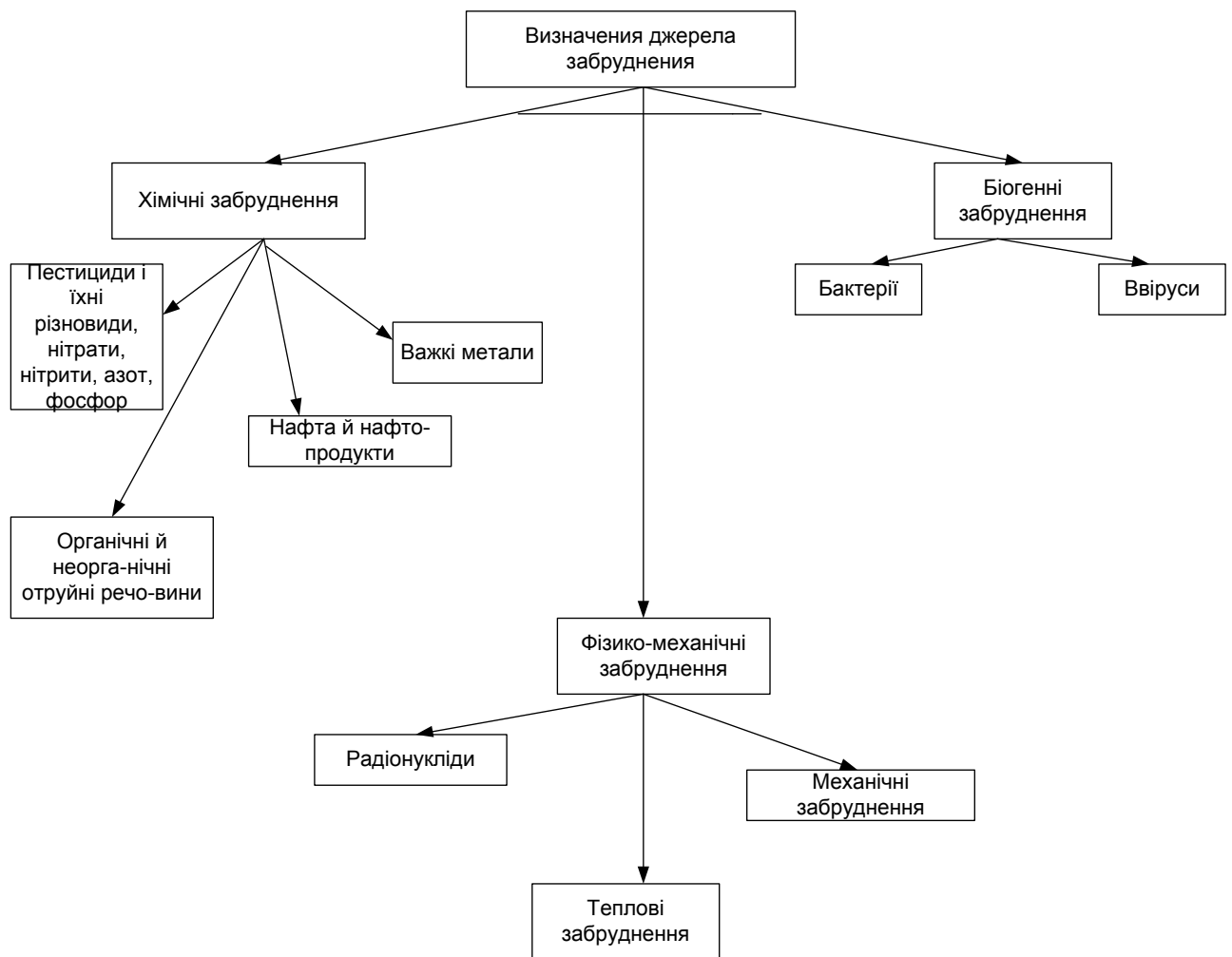


Рис. 4.11. Дерево цілей для вибору джерела забруднення водних ресурсів

Далі наведена логічна модель вибору джерела забруднення водних ресурсів. На рис. 4.12 зображена логічна модель, що визначає хімічне джерело забруднення.

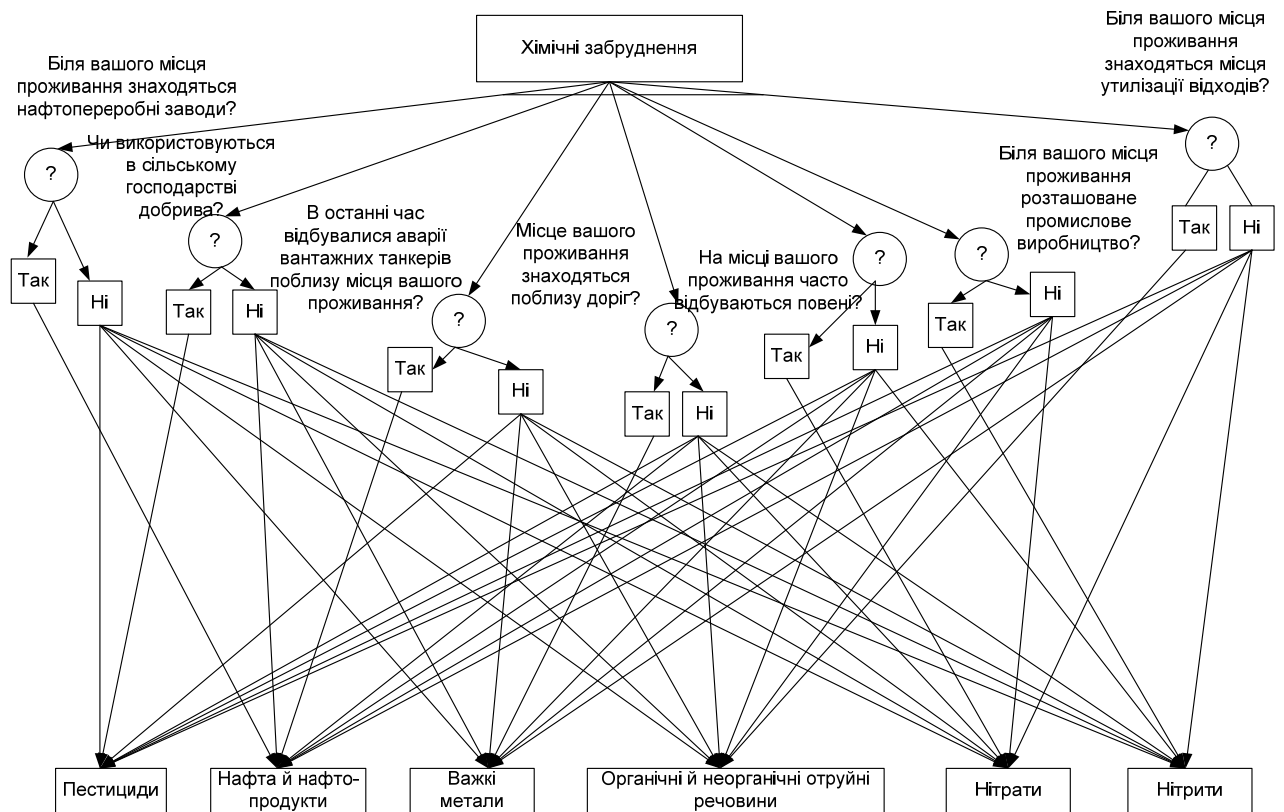


Рис. 4.12. Логічна схема визначення хімічного джерела забруднення

На рис. 4.13 зображена логічна модель, що визначає біогенне джерело забруднення.

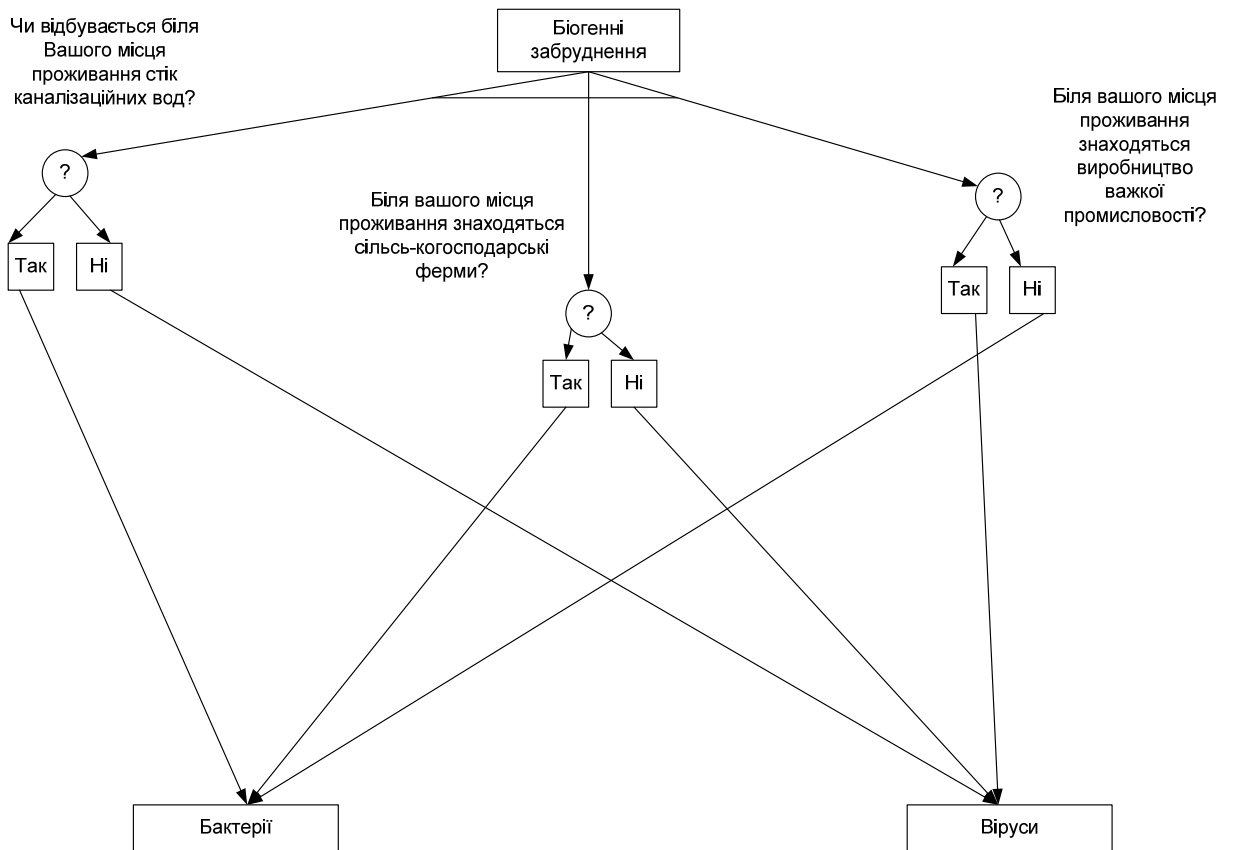


Рис. 4.13. Логічна схема визначення біогенного джерела забруднення

На рис. 4.14 зображена логічна модель, що визначає фізико-хімічне джерело забруднення.

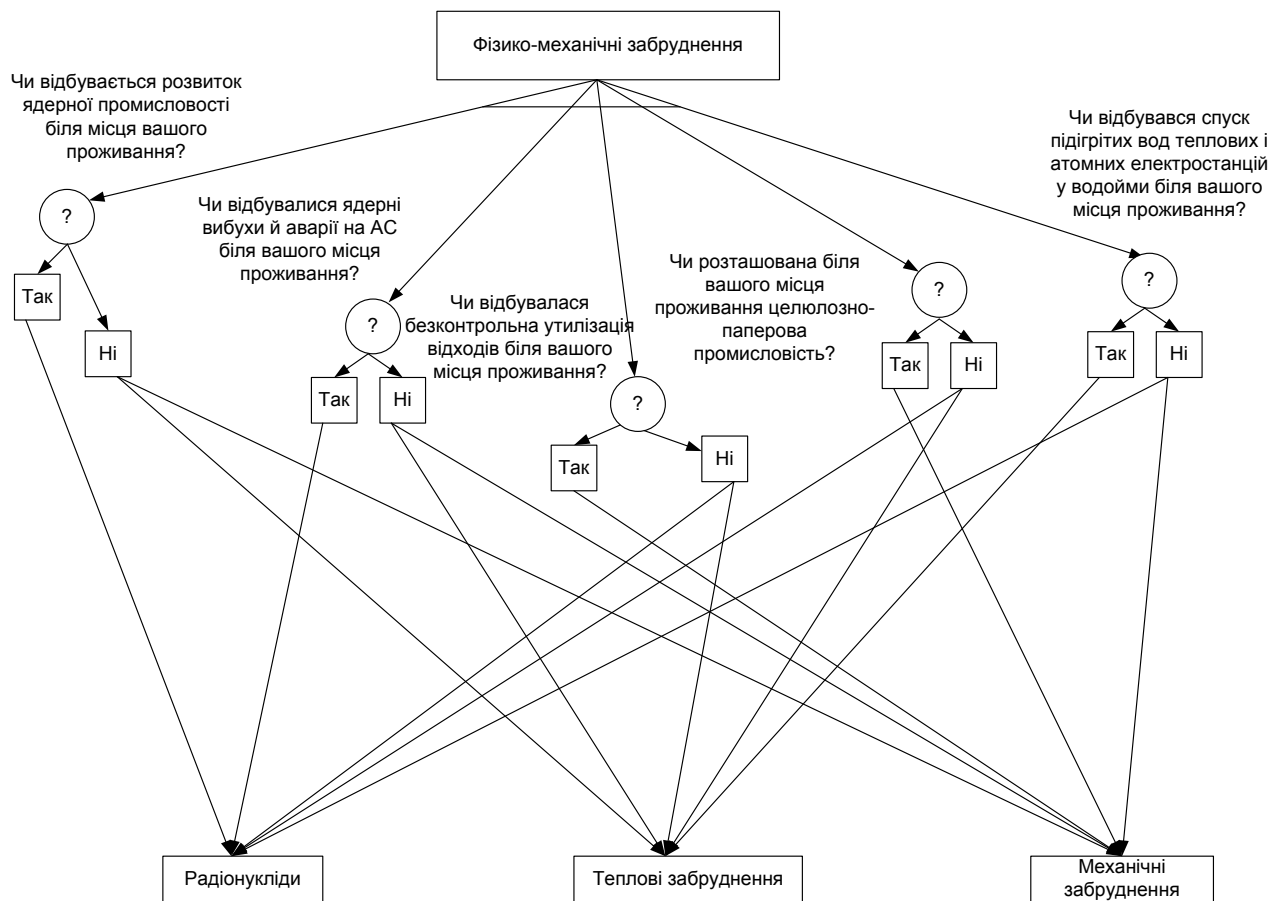


Рис. 4.14. Логічна схема визначення фізико-хімічного джерела забруднення

Джерело забруднення визначається на підставі показників хімічних забруднень, біогенних і фізико-механічних.

На рис. 4.15 зображений приклад логічної схеми визначення джерела забруднення на підставі зазначених показників. Приклад для чотирьох джерел – населені пункти, теплове забруднення, промисловість і сільське господарство.

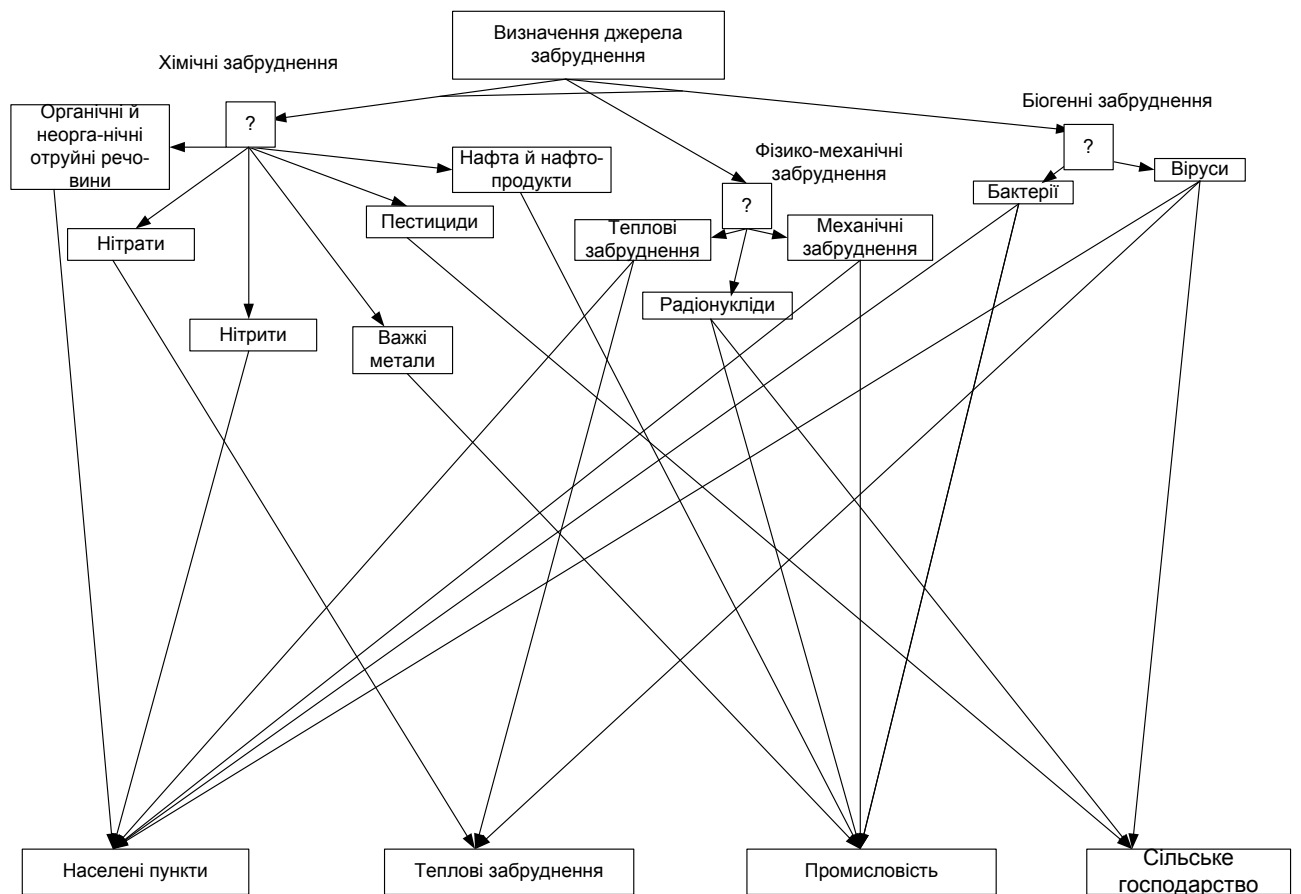


Рис. 4.15. Логічна схема визначення джерела забруднення водних ресурсів

Дерево цілей для визначення джерела забруднення водних ресурсів у системі "КАРКАС" подане на рис. 4.16.

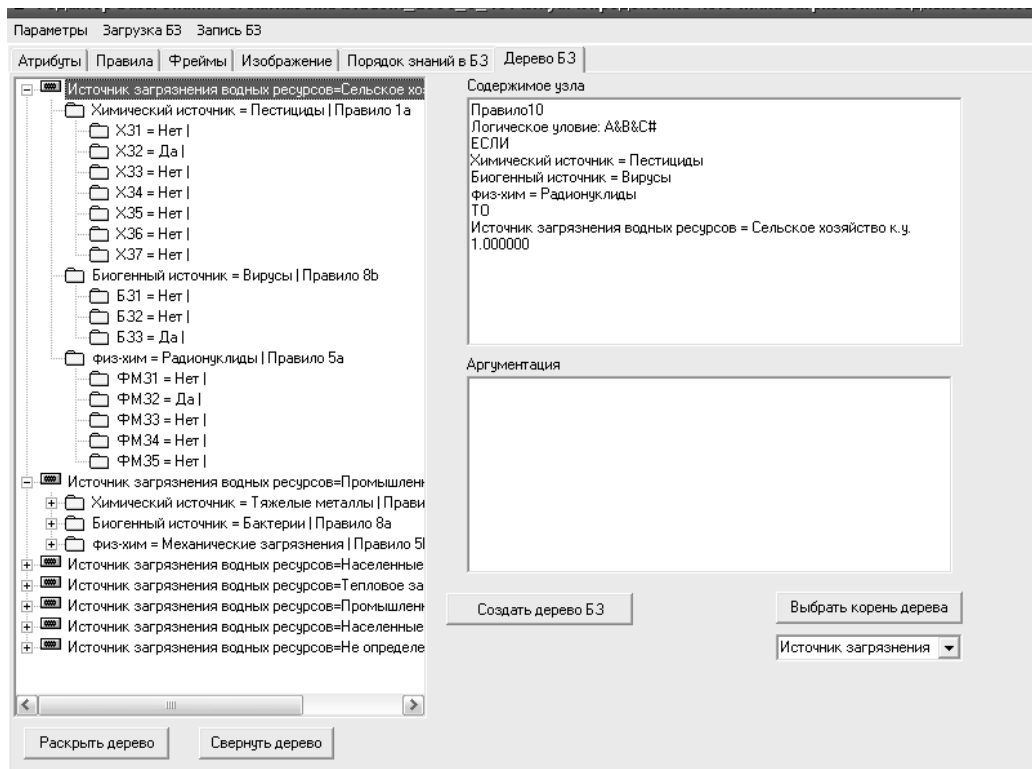


Рис. 4.16. Дерево цілей для визначення джерела забруднення водних ресурсів у системі "КАРКАС"

Атрибути БЗ і їхні значення наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Атрибути БЗ предметної області (джерела забруднення вод)

Атрибут	Запитання	Відповіді
1	2	3
БЗ1	Чи відбувається біля Вашого місця проживання стік каналізаційних вод?	Так Ні
БЗ2	Біля вашого місця проживання знаходяться сільськогосподарські ферми?	Так Ні
БЗ3	Біля вашого місця проживання знаходяться виробництво важкої промисловості?	Так Ні
ФМ31	Чи відбувається розвиток ядерної промисловості біля місця вашого проживання?	Так Ні
ФМ32	Чи відбувалися ядерні вибухи й аварії на АС біля вашого місця проживання?	Так

Закінчення таблиці 4.4

1	2	3
		Ні
ФМ33	Чи відбувалася безконтрольна утилізація відходів біля вашого місця проживання?	Так
		Ні
ФМ34	Чи розташована біля вашого місця проживання целюлозно-паперова промисловість?	Так
		Ні
ФМ35	Чи відбувався спуск підігрітих вод теплових і атомних електростанцій у водойми біля вашого місця проживання?	Так
		Ні
Х31	Біля вашого місця проживання знаходяться нафтопереробні заводи?	Так
		Ні
Х32	Чи використовуються в сільському господарстві добрива?	Так
		Ні
Х33	В останні час відбувалися аварії вантажних танкерів поблизу місця вашого проживання?	Так
		Ні
Х34	Місце вашого проживання знаходяться поблизу доріг?	Так
		Ні
Х35	На місці вашого проживання часто відбуваються повені?	Так
		Ні
Х36	Біля вашого місця проживання розташоване промислове виробництво?	Так
		Ні
Х37	Біля вашого місця проживання знаходяться місця утилізації відходів?	Так
		Ні

Правила БЗ.

Правило 1а. A&B&C&D&E&F&G#.

ЯКЩО

A X31 = Ні

B X32 = Так

C X33 = Ні

D X34 = Ні

E X35 = Ні

F X36 = Ні

G X37 = Ні

ТО

Хімічне джерело = Пестициди.

Правило 1b. A&B&C&D&E&F&G#.

ЯКЩО

A X31 = Ні

B X32 = Ні

C X33 = Так

D X34 = Ні

E X35 = Ні

F X36 = Ні

G X37 = Ні

ТО

Хімічне джерело = Нафта, нафтопродукти.

Правило 1c. A&B&C&D&E&F&G#.

ЯКЩО

A X31 = Ні

B X32 = Ні

C X33 = Ні

D X34 = Так

E X35 = Ні

F X36 = Ні

G X37 = Ні

ТО

Хімічне джерело = Важкі метали.

Правило 1d. A&B&C&D&E&F&G#.

ЯКЩО

A X31 = Ні

B X32 = Ні

C X33 = Ні

D X34 = Ні

E X35 = Так

F X36 = Ні

G X37 = Ні

ТО

Хімічне джерело = Нітрати.

Правило 1e. A&B&C&D&E&F&G#.

ЯКЩО

A X31 = Ні

B X32 = Ні

C X33 = Ні

D X34 = Ні

E X35 = Ні

F X36 = Так

G X37 = Ні

ТО

Хімічне джерело = Нітрити.

Правило 1f. A&B&C&D&E&F&G#.

ЯКЩО

A X31 = Ні

B X32 = Ні

C X33 = Ні

D X34 = Ні

E X35 = Ні

F X36 = Ні

G X37 = Так

ТО

Хімічне джерело = Органічні й неорганічні отруйні речовини.

Правило1. A&B&C&D&E&F&G#.

ЯКЩО

A X31 = Так

B X32 = Ні

C X33 = Ні

D X34 = Ні

E X35 = Ні

F X36 = Ні

G X37 = Ні

ТО

Хімічне джерело = Нафта, нафтопродукти.

Фрейм1.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

X31 | Заміщення | н

X32 | Заміщення | н

X33 | Заміщення | н

X34 | Заміщення | н

X35 | Заміщення | н

X36 | Заміщення | н

X37 | Заміщення | н

Цільовий слот

Хімічне джерело | Не визначене.

Правило 8a. A&V&C#.

ЯКЩО

A Б31 = Ні

B Б32 = Так

C Б33 = Ні

ТО

Біогенне джерело = Бактерії.

Правило 8b. A&V&C#.

ЯКЩО

A Б31 = Ні

B Б32 = Ні

C Б33 = Так

ТО

Біогенне джерело = Віруси.

Правило 8. A&V&C#.

ЯКЩО

A Б31 = Так

B Б32 = Ні

C Б33 = Ні

ТО

Біогенне джерело = Бактерії.

Фрейм3.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Б31 | Заміщення | н

Б32 | Заміщення | н

Б33 | Заміщення | н

Цільовий слот

Біогенне джерело | Не визначене.

Правило 5a. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A ФМ31 = Ні

B ФМ32 = Так

C ФМ33 = Ні

D ФМ34 = Ні

E ФМ35 = Ні

ТО

Фіз-хім = Радіонукліди.

Правило 5b. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A ФМ31 = Ні

B ФМ32 = Ні

C ФМ33 = Так

D ФМ34 = Ні

E ФМ35 = Ні

ТО

Фіз-хім = Механічні забруднення.

Правило 5c. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A ФМ31 = Ні

B ФМ32 = Ні

C ФМ33 = Ні

D ФМ34 = Так

E ФМ35 = Ні

ТО

Фіз-хім = Механічні забруднення.

Правило 5d. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A ФМ31 = Ні

B ФМ32 = Ні

C ФМ33 = Ні

D ФМ34 = Ні

E ФМ35 = Так

ТО

Фіз-хім = Теплове забруднення.

Правило 5. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A ФМ31 = Так

B ФМ32 = Ні

C ФМ33 = Ні

D ФМ34 = Ні

E ФМ35 = Ні

ТО

Фіз-хім = Радіонукліди.

Фрейм 2.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

ФМ31 | Заміщення | н

ФМ32 | Заміщення | н

ФМ33 | Заміщення | н

ФМ34 | Заміщення | н

ФМ35 | Заміщення | н

Цільовий слот

Фіз-хім | Не визначений.

Правило 10. A&B&C#.

ЯКЩО

A Хімічне джерело = Пестициди

B Біогенне джерело = Віруси

C Фіз-хім = Радіонукліди

ТО

Джерело забруднення водних ресурсів = Сільське господарство.

Правило 11. A&B&C#.

ЯКЩО

A Хімічне джерело = Важкі метали

B Біогенне джерело = Бактерії

C Фіз-хім = Механічні забруднення

ТО

Джерело забруднення водних ресурсів = Промисловість.

Правило 13. A&B&C#.

ЯКЩО

А Хімічне джерело = Органічні й неорганічні отруйні речовини

В Біогенне джерело = Бактерії

С Фіз-хім = Теплове забруднення

ТО

Джерело забруднення водних ресурсів = Населені пункти.

Правило 14. A&B&C#.

ЯКЩО

А Хімічне джерело = Нітрати

В Біогенне джерело = Віруси

С Фіз-хім = Теплове забруднення

ТО

Джерело забруднення водних ресурсів = Теплове забруднення.

Правило 15. A&B&C#.

ЯКЩО

А Хімічне джерело = Нафта, нафтопродукти

В Біогенне джерело = Бактерії

С Фіз-хім = Радіонукліди

ТО

Джерело забруднення водних ресурсів = Промисловість.

Правило 16. A&B&C#.

ЯКЩО

А Хімічне джерело = Нітрити

В Біогенне джерело = Віруси

С Фіз-хім = Механічні забруднення

ТО

Джерело забруднення водних ресурсів = Населені пункти.

Фрейм 4.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Хімічне джерело | Заміщення | н

Біогенне джерело | Заміщення | н

Фіз-хім | Заміщення | н

Цільовий слот

Джерело забруднення водних ресурсів | Не визначений.

Тестування БЗ. Для здійснення вибору джерела забруднення користувачеві системи "КАРКАС" необхідно вибрати з меню "ЕС", увести мету й режим консультування, наприклад, з поясненням. Далі слід відповісти на всі поставлені запитання системою. На підставі відповідей користувача система зробить висновок і запропонує рішення, що визначає джерело забруднення водних ресурсів.

Отже, метою консультації вибираємо цільовий атрибут "Джерело забруднення водних ресурсів". Установлюємо режим консультації: з поясненнями. Запускаємо логічний висновок і відповідаємо на запитання. На будь-якому кроці консультації завжди можна подивитися й відкоригувати факти БЗ (рис. 4.17).

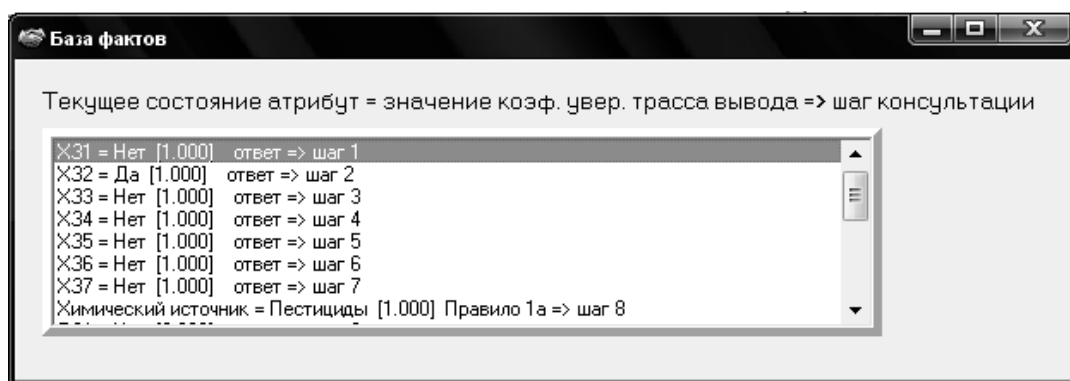


Рис. 4.17. Стан бази фактів

На рис. 4.18 наведений результат консультації. У результаті консультації, на підставі відповідей користувача, система визначила, що джерелом забруднення є сільське господарство.

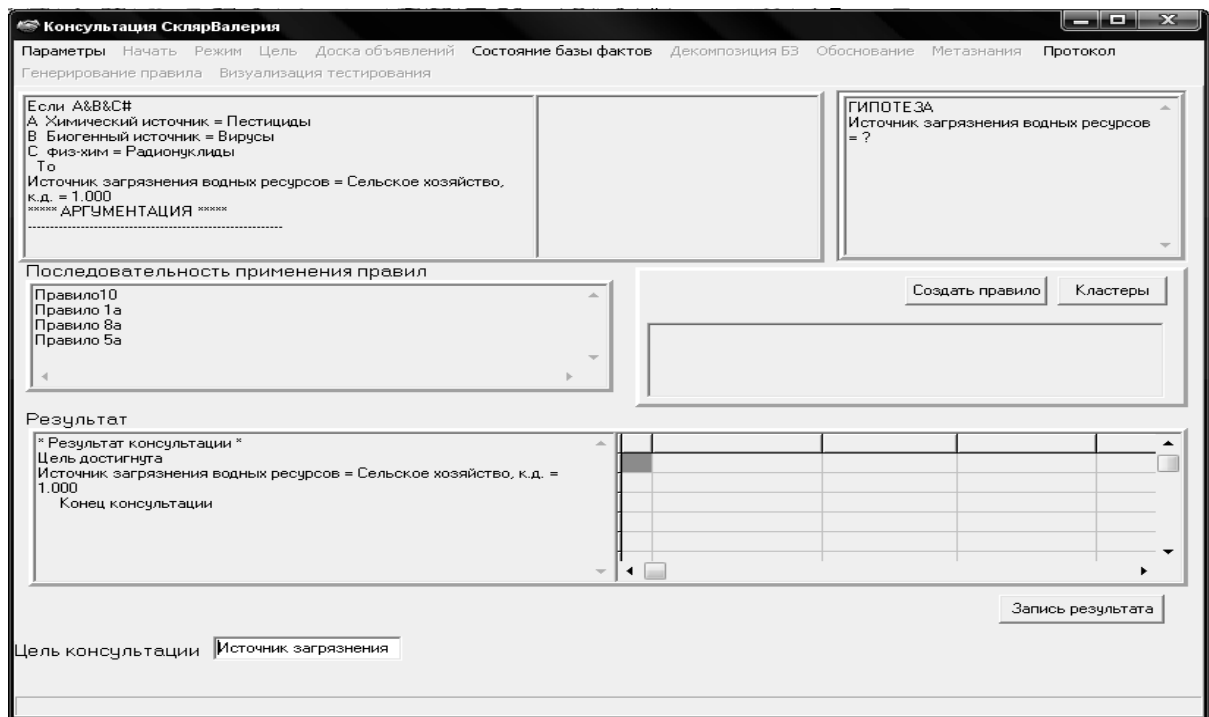


Рис. 4.18. Результат консультації

Далі наводиться протокол консультації.

Мета консультації: визначити значення для атрибута "Джерело забруднення водних ресурсів".

Атрибут підцілі: Джерело забруднення водних ресурсів.

Крок консультації = 1.

Система запитала: (ім'я атрибута: X31).

Біля Вашого місця проживання знаходяться нафтопереробні заводи?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 2.

Система запитала: (ім'я атрибута: X32).

Чи використовуються в сільському господарстві добрива?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 3.

Система запитала: (ім'я атрибута: X33).

В останні час відбувалися аварії вантажних танкерів поблизу місця вашого проживання?

Можливі відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 4.

Система запитала: (ім'я атрибута: X34).

Місце вашого проживання знаходяться поблизу доріг?

Можливі відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 5.

Система запитала: (ім'я атрибута: X35).

На місці вашого проживання часто відбуваються повені?

Можливі відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 6.

Система запитала: (ім'я атрибута: X36).

Біля вашого місця проживання розташоване промислове виробництво?

Можливі відповіді :

1. Так.
2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 7.

Система запитала: (ім'я атрибута: X37).

Біля вашого місця проживання знаходяться місця утилізації відходів?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 8.

Спрацювало правило:

Правило 1a

Якщо A&B&C&D&E&F&G#

A X31 = Ні

B X32 = Так

C X33 = Ні

D X34 = Ні

E X35 = Ні

F X36 = Ні

G X37 = Ні

Те

Хімічне джерело = Пестициди, к. у. п. = 1,0.

Крок консультації = 9.

Система запитала: (ім'я атрибута: Б31).

Чи відбувається біля вашого місця проживання стік каналізаційних вод?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 10.

Система запитала: (ім'я атрибута: Б32).

Біля вашого місця проживання знаходяться сільськогосподарські ферми?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 11.

Система запитала: (ім'я атрибута: Б33).

Біля вашого місця проживання знаходяться виробництво важкої промисловості?

Можливі відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 12.

Спрацювало правило:

Правило 8b

Якщо A&V&C#

A Б31 = Ні

B Б32 = Ні

C Б33 = Так

Те

Біогенне джерело = Віруси, к. у. п. = 1,0.

Крок консультації = 13.

Система запитала: (ім'я атрибута: ФМ31).

Чи відбувається розвиток ядерної промисловості біля місця вашого проживання?

Можливі відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 14.

Система запитала: (ім'я атрибута: ФМ32).

Чи відбувалися ядерні вибухи й аварії на АС біля вашого місця проживання?

Можливі відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 15.

Система запитала: (ім'я атрибута: ФМ33).

Чи відбувалася безконтрольна утилізація відходів біля вашого місця проживання?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 16.

Система запитала: (ім'я атрибута: ФМ34).

Чи розташована біля вашого місця проживання целюлозно-паперова промисловість?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 17.

Система запитала: (ім'я атрибута: ФМ35).

Чи відбувався спуск підігрітих вод теплових і атомних електростанцій у водойми біля вашого місця проживання?

Можливі відповіді:

1. Так.

2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 18.

Спрацювало правило:

Правило 5a

Якщо A&B&C&D&E#

A ФМ31 = Ні

B ФМ32 = Так

C ФМ33 = Ні

D ФМ34 = Ні

E ФМ35 = Ні

Те

Фіз-хім = Радіонукліди, к.у. п. = 1,0.

Крок консультації = 19.

Спрацювало правило:

Правило10

Якщо A&B&C#

А Хімічне джерело = Пестициди

В Біогенне джерело = Віруси

С Фіз-хім = Радіонукліди

ТО

Джерело забруднення водних ресурсів = Сільське господарство, к.
у. п. = 1,0.

4.4. Модель бази знань для аналізу інтегральної оцінки стану навколишнього природного середовища регіону

Постановка завдання. Визначення інтегральної оцінки на такому невизначеному й багатофакторному понятті, як стан навколишнього природного середовища, – особливо важливе завдання. Воно у зв'язку з різноманіттям вихідних показників і характеристик є складним й таким, що навряд чи до кінця буде розв'язаним.

Один з підходів – експертний, при якому група кваліфікованих фахівців на основі вивчення безлічі вихідних даних знаходить деяке загальне рішення завдання.

Розробити модель БЗ для визначення інтегральної оцінки стану навколишнього природного середовища регіону.

Призначення прототипу ЕС – це консультування на вибір інтегральної оцінки стану навколишнього природного середовища регіону.

Сфера застосування прототипу ЕС – це різні муніципальні екологічні системи.

Мета прототипу ЕС – підбір інтегральної оцінки стану навколишнього природного середовища регіону.

Вихідні дані: інтегральні оцінки навколишнього природного середовища [50]:

атмосфера;

гідросфера;

літосфера;

біосфера.

Ідентифікація предметної області. Загальна інтегральна оцінка стану навколишнього природного середовища (НПС) формується з інтегральних оцінок його складових, таких як атмосфера, гідросфера, літосфера, біосфера.

Для визначення інтегральної оцінки екологічного стану за кожного зі складових розроблена система індикаторних показників.

Індикаторними показниками можуть бути також узагальнені оцінки (індекси якості води й атмосфери, коефіцієнти забруднення), інтегрально оцінююча якість середовища, що характеризується багатьма інгредієнтами.

Весь діапазон зміни кожного з індикаторних показників розбивається на п'ять піддіапазонів, які називаються класами й характеризуються числами (балами) від 1 до 5.

Клас 1 відповідає дуже гарному екологічному стану, 2 – гарному, 3 – задовільному, 4 – поганому й 5 – дуже поганому стану.

Інтегральні оцінки розроблялися за наступними складовими і індикаторними показниками:

атмосфера (індикаторні показники – викиди від стаціонарних джерел і транспорту);

гідросфера (індикаторні показники – модуль стоку, забруднення води за інтегральними показниками, змив із сільгоспугідь, водовідведення, забруднення питної води);

літосфера, включаючи ґрунти, ландшафти, надра, відходи (індикаторні показники – розораність, вміст гумусу, еродованість, лісистість, радіаційне й хімічне забруднення та ін.);

біосфера (індикаторні показники – природно-заповідний фонд, рослинний і тваринний світ).

Концептуальну модель предметної області для визначення інтегральної оцінки стану НПС регіону можна подати у вигляді дерева цілей (рис. 4.19).

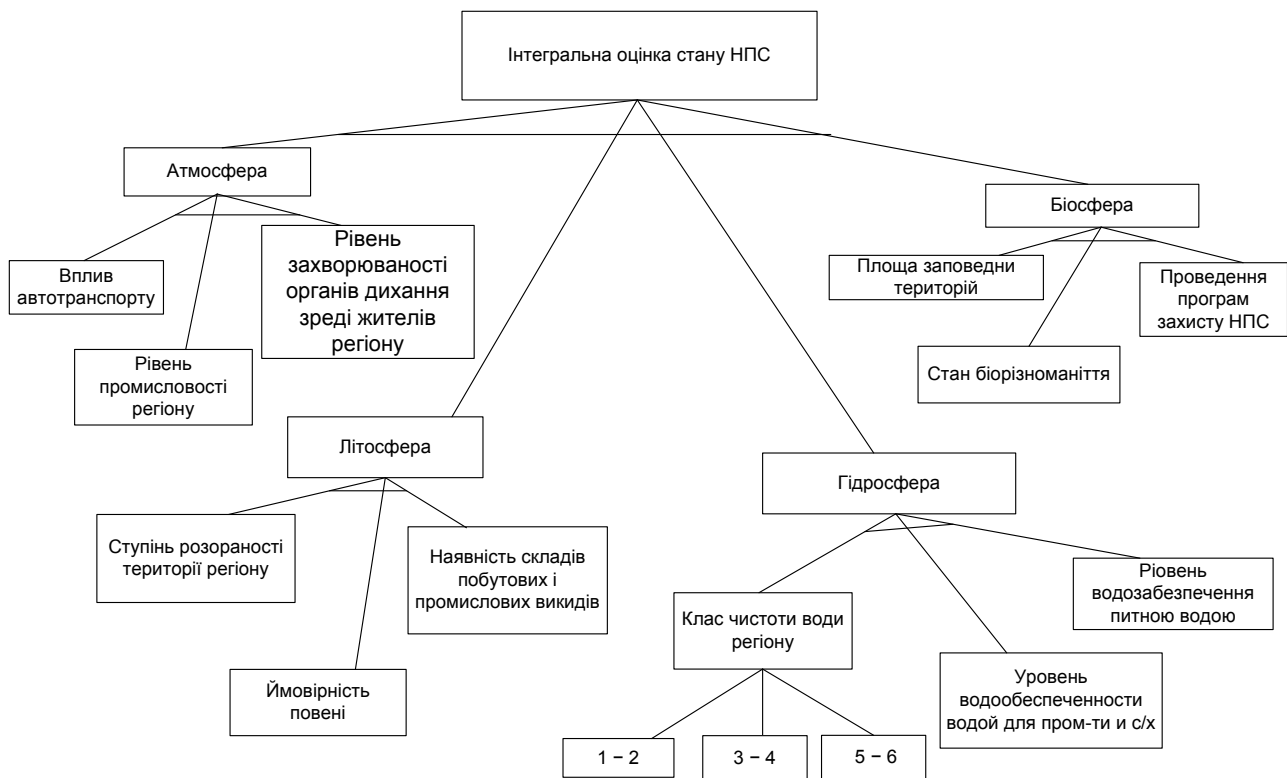


Рис. 4.19. Дерево цілей для завдання оцінки стану НПС

Список атрибутів БЗ.

Ім'я атрибута: Гідросфера_4.

Чи велика кількість підприємств, що мають стік відпрацьованої води в наземні води регіону?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Гідросфера_2.

Який рівень використання запасів води регіону в промислових і с/г потребах?

Відповіді:

1. Низький.
2. Середній.
3. Високий.

Ім'я атрибута: Літосфера_3.

Чи багато в регіоні офіційних і неофіційних складів промислових або побутових відходів?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Літосфера_2.

Який ступінь лісистості території?

Відповіді:

1. Низький.
2. Середній.
3. Високий.

Ім'я атрибута: Атмосфера_4.

Чи високий рівень захворюваності органів дихальної системи в регіоні?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Літосфера_1.

Який ступінь використання земель у с/г потребах (тобто ступінь розораності)?

Відповіді:

1. Низький.
2. Середній.
3. Високий.

Ім'я атрибута: Біосфера_1.

Оцінена площа заповідних і природоохоронних територій у регіоні?

Відповіді:

1. До 1 000 га.
2. Понад 1 000 га.

Ім'я атрибута: Атмосфера_3.

Яка відносна кількість автотранспорту в регіоні (порівняно з іншими)?

Відповіді:

1. Низька.
2. Середня.
3. Висока.

Ім'я атрибута: Гідросфера_1.

Який ступінь забезпеченості регіону питною водою?

Відповіді:

1. Недостатній.
2. Достатній.

Ім'я атрибута: Гідросфера_3.

Який клас якості води (за класифікацією за 6 класами)?

Відповіді:

1. 1 – 2.
2. 3 – 4.
3. 5 – 6.

Ім'я атрибута: Літосфера_4.

Чи велика ймовірність підтоплення землі, карстів, зсувів та ін.?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Атмосфера_2.

Чи багато підприємств, що роблять викиди в атмосферу, такі, як оксиди сірки, азоту, пил?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Біосфера_3.

Чи ведеться робота зі збереження видів (держпрограми, громадські ініціативи)?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Біосфера_2.

Стан біорізноманіття регіону?

Відповіді:

1. Знижується.
2. Стабільний.
3. Зростає.

Ім'я атрибута: Атмосфера_1.

Чи є регіон промисловим?

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Список правил і фреймів БЗ.

Правило 1а. A&B&C&D#.

ЯКЩО

- A Атмосфера_1 = Так
- B Атмосфера_2 = Так
- C Атмосфера_3 = Високий
- D Атмосфера_4 = Так

ТО

Підціль_Атмосфера = 5.

Аргументація.

Підціль_Атмосфера = 5. Дане значення класу стану НПС указує на дуже поганий стан атмосфери регіону

Правило 1. A#.

ЯКЩО

- A Органолептичні = Ні
- B Атмосфера_1 = Так
- C Атмосфера_2 = Ні
- D Атмосфера_3 = Середній
- E Атмосфера_4 = Ні

ТО

Підціль_Атмосфера = 3.

Аргументація.

Підціль_Атмосфера = 3. Дане значення класу стану НПС указує на задовільний стан атмосфери регіону

Правило 1с. A&B&C&D#.

ЯКЩО

- A Атмосфера_1 = Так
- B Атмосфера_2 = Так
- C Атмосфера_3 = Середній
- D Атмосфера_4 = Так

ТО

Підціль_Атмосфера = 4.

Аргументація.

Підціль_Атмосфера = 4. Дане значення класу стану НПС указує на поганий стан атмосфери регіону

Правило 1d. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Атмосфера_1 = Ні

B Атмосфера_2 = Ні

C Атмосфера_3 = Низький

D Атмосфера_4 = Ні

ТО

Підціль_Атмосфера = 2.

Аргументація.

Підціль_Атмосфера = 2. Дане значення класу стану НПС указує на гарний стан атмосфери регіону

Правило 1e. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Атмосфера_1 = Ні

B Атмосфера_2 = Ні

C Атмосфера_3 = Високий

D Атмосфера_4 = Так

ТО

Підціль_Атмосфера = 1.

Аргументація.

Підціль_Атмосфера = 1. Дане значення класу стану НПС указує на дуже гарний стан атмосфери регіону

Правило 1b. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Атмосфера_1 = Так

B Атмосфера_2 = Так

C Атмосфера_3 = Низький

D Атмосфера_4 = Ні

ТО

Підціль_Атмосфера = 3.

Аргументація.

Підціль_Атмосфера = 3. Дане значення класу стану НПС указує на задовільний стан атмосфери регіону

Правило 1f. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Атмосфера_1 = Так

B Атмосфера_2 = Так

C Атмосфера_3 = Низький

D Атмосфера_4 = Так

ТО

Підціль_Атмосфера = 4.

Аргументація.

Підціль_Атмосфера = 4. Дане значення класу стану НПС указує на поганий стан атмосфери регіону

Фрейм_1.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Атмосфера_1 | Заміщення | н

Атмосфера_2 | Заміщення | н

Атмосфера_3 | Заміщення | н

Атмосфера_4 | Заміщення | н

Цільовий слот

Підціль_Атмосфера | Не визначена.

Правило 2a. A&B&C#.

ЯКЩО

A Біосфера_1 = До 1 000 га

B Біосфера_2 = Знижується

C Біосфера_3 = Ні

ТО

Підціль_Біосфера = 5.

Аргументація.

Підціль_Біосфера = 5. Дане значення класу стану НПС указує на дуже поганий стан біосфери регіону

Правило 2b. A&B&C#.

ЯКЩО

A Біосфера_1 = До 1 000 га

B Біосфера_2 = Стабільний

С Біосфера_3 = Ні

ТО

Підціль_Біосфера = 4.

Аргументація.

Підціль_Біосфера = 4. Дане значення класу стану НПС указує на поганий стан біосфери регіону.

Правило 2с. А&В&С#.

ЯКЩО

А Біосфера_1 = Понад 1 000 га

В Біосфера_2 = Знижується

С Біосфера_3 = Ні

ТО

Підціль_Біосфера = 4.

Аргументація.

Підціль_Біосфера = 4. Дане значення класу стану НПС указує на поганий стан біосфери регіону.

Правило 2d. А&В&С#.

ЯКЩО

А Біосфера_1 = Понад 1 000 га

В Біосфера_2 = Стабільний

С Біосфера_3 = Ні

ТО

Підціль_Біосфера = 3.

Аргументація.

Підціль_Біосфера = 3. Дане значення класу стану НПС указує на задовільний стан біосфери регіону.

Правило 2е. А&В&С#.

ЯКЩО

А Біосфера_1 = Понад 1 000 га

В Біосфера_2 = Зростає

С Біосфера_3 = Ні

ТО

Підціль_Біосфера = 2.

Аргументація.

Підціль_Біосфера = 2. Дане значення класу стану НПС указує на гарний стан біосфери регіону

Правило 2f. A&B&C#.

ЯКЩО

A Біосфера_1 = Понад 1000 га

B Біосфера_2 = Зростає

C Біосфера_3 = Так

ТО

Підціль_Біосфера = 1.

Аргументація.

Підціль_Біосфера = 1. Дане значення класу стану ОПС указує на дуже гарний стан біосфери регіону

Фрейм_2.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Біосфера_1 | Заміщення | н

Біосфера_2 | Заміщення | н

Біосфера_3 | Заміщення | н

Цільовий слот

Підціль_Біосфера | Не визначена.

Правило 3. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Гідросфера_1 = Недостатній

B Гідросфера_2 = Високий

C Гідросфера_3 = 5 – 6

D Гідросфера_4 = Так

ТО

Підціль_Гідросфера = 5.

Аргументація.

Підціль_Гідросфера = 5. Дане значення класу стану НПС указує на дуже поганий стан водних ресурсів регіону.

Правило 3a. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Гідросфера_1 = Недостатній

B Гідросфера_3 = 5 – 6

C Гідросфера_2 = Середній

D Гідросфера_4 = Так

ТО

Підціль_Гідросфера = 4.

Аргументація.

Підціль_Гідросфера = 4. Дане значення класу стану НПС указує на поганий стан водних ресурсів регіону.

Правило 3b. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Гідросфера_1 = Достатній

B Гідросфера_2 = Високий

C Гідросфера_3 = 3 – 4

D Гідросфера_4 = Ні

ТО

Підціль_Гідросфера = 3.

Аргументація.

Підціль_Гідросфера = 3. Дане значення класу стану НПС указує на задовільний стан водних ресурсів регіону.

Правило 3c. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Гідросфера_1 = Достатній

B Гідросфера_2 = Середній

C Гідросфера_3 = 1 – 2

D Гідросфера_4 = Ні

ТО

Підціль_Гідросфера = 2.

Аргументація.

Підціль_Гідросфера = 2. Дане значення класу стану НПС указує на гарний стан водних ресурсів регіону.

Правило 3d. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Гідросфера_1 = Достатній

B Гідросфера_2 = Низький

C Гідросфера_3 = 1 – 2

D Гідросфера_4 = Ні

ТО

Підціль_Гідросфера = 1.

Аргументація.

Підціль_Гідросфера = 1. Дане значення класу стану НПС указує на дуже гарний стан водних ресурсів регіону.

Фрейм_3.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Гідросфера_1 | Заміщення | н

Гідросфера_2 | Заміщення | н

Гідросфера_4 | Заміщення | н

Гідросфера_3 | Заміщення | н

Цільовий слот

Підціль_Гідросфера | Не визначена.

Правило 4b. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Літосфера_1 = Високий

B Літосфера_2 = Низький

C Літосфера_3 = Так

D Літосфера_4 = Так

ТО

Підціль_Літосфера = 5.

Аргументація.

Підціль_Літосфера = 5. Дане значення класу стану НПС указує на дуже поганий стан земельних ресурсів регіону.

Правило 4a. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Літосфера_1 = Високий

B Літосфера_2 = Середній

C Літосфера_3 = Так

D Літосфера_4 = Ні

ТО

Підціль_Літосфера = 4.

Аргументація.

Підціль_Літосфера = 4. Дане значення класу стану НПС указує на поганий стан земельних ресурсів регіону.

Правило 4c. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Літосфера_1 = Середній

B Літосфера_2 = Середній

C Літосфера_3 = Так

D Літосфера_4 = Так

ТО

Підціль_Літосфера = 3.

Аргументація.

Підціль_Літосфера = 3. Дане значення класу стану НПС указує на задовільний стан земельних ресурсів регіону.

Правило 4d. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Літосфера_1 = Низький

B Літосфера_2 = Середній

C Літосфера_3 = Ні

D Літосфера_4 = Ні

ТО

Підціль_Літосфера = 2.

Аргументація.

Підціль_Літосфера = 2. Дане значення класу стану НПС указує на гарний стан земельних ресурсів регіону.

Правило 4e. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Літосфера_1 = Низький

B Літосфера_2 = Високий

C Літосфера_3 = Ні

D Літосфера_4 = Так

ТО

Підціль_Літосфера = 1.

Аргументація.

Підціль_Літосфера = 1. Дане значення класу стану НПС указує на дуже гарний стан земельних ресурсів регіону.

Фрейм_4.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Літосфера_4 | Заміщення | н

Літосфера_1 | Заміщення | н

Літосфера_2 | Заміщення | н

Літосфера_3 | Заміщення | н

Цільовий слот

Підціль_Літосфера | Не визначена.

Правило 7. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Підціль_Атмосфера = 1

B Підціль_Біосфера = 1

C Підціль_Гідросфера = 1

D Підціль_Літосфера = 1

ТО

Оцінка_НПС = 1.

Аргументація.

Оцінка_НПС = 1. Дане значення атрибута вказує, що стан навколишнього природного середовища відповідає нормативному і його можна охарактеризувати як дуже гарне.

Правило 7а. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Підціль_Атмосфера = 2

B Підціль_Біосфера = 2

C Підціль_Гідросфера = 2

D Підціль_Літосфера = 2

ТО

Оцінка_НПС = 2.

Аргументація.

Оцінка_НПС = 2. Дане значення атрибута вказує, що стан навколишнього природного середовища близький до нормативного і його можна охарактеризувати як гарне, але спостерігаються й негативні впливи на нього.

Правило 7б. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Підціль_Атмосфера = 3

B Підціль_Біосфера = 3

C Підціль_Гідросфера = 3

D Підціль_Літосфера = 3

ТО

Оцінка_НПС = 3.

Аргументація.

Оцінка_НПС = 3. Дане значення атрибута вказує, що стан навколишнього природного середовища можна охарактеризувати як задовільний.

Правило 7в. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Підціль_Атмосфера = 4

B Підціль_Біосфера = 4

C Підціль_Гідросфера = 4

D Підціль_Літосфера = 4

ТО

Оцінка_НПС = 4.

Аргументація.

Оцінка_НПС = 4. Дане значення атрибута вказує, що стан навколишнього природного середовища близький до поганого, тобто до перевищення граничних меж і концентрацій.

Правило 7р. A&B&C&D#.

ЯКЩО

A Підціль_Атмосфера = 5

B Підціль_Біосфера = 5

C Підціль_Гідросфера = 5

D Підціль_Літосфера = 5

ТО

Оцінка_НПС = 5.

Фрейм_5.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Підціль_Атмосфера | Заміщення | н

Підціль_Біосфера | Заміщення | н

Підціль_Гідросфера | Заміщення | н

Підціль_Літосфера | Заміщення | н

Цільовий слот

Оцінка_НПС | Не визначена.

Дерево цілей у цій предметній області побудовано із двома рівнями ієрархії підцілей. Правила містять аргументацію щодо їхнього застосування (рис. 4.20).

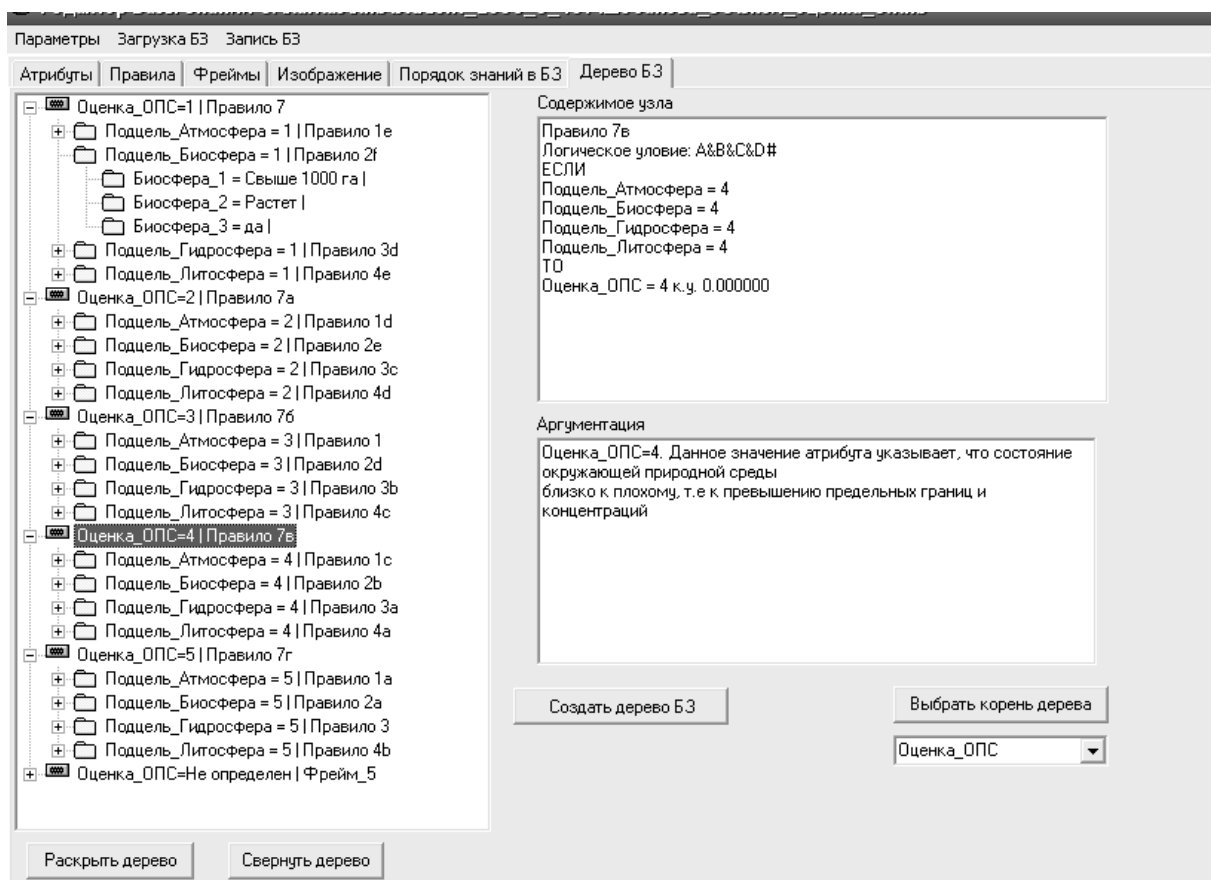


Рис. 4.20. Дворівневе дерево цілей

Протокол консультації від 21.03.09 18:28:31

Мета консультації: визначити значення для атрибута "Оцінка_НПС".

Атрибут підцілі: Оцінка_НПС.

Крок консультації = 1.

Система запитала: (ім'я атрибута: Атмосфера_1).

Чи є регіон промисловим?

Можливі відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 2.

Система запитала: (ім'я атрибута: Атмосфера_2).

Чи багато підприємств, що роблять викиди в атмосферу, такі, як оксиди сірки, азоту, пил?

Можливі відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 3.

Система запитала: (ім'я атрибута: Атмосфера_3).

Яке відносна кількість автотранспорту в регіоні (порівняно з іншими)?

Можливі відповіді:

1. Низька.
2. Середня.
3. Висока.

Користувач відповів: Висока.

Крок консультації = 4.

Система запитала: (ім'я атрибута: Атмосфера_4).

Чи високий рівень захворюваності органів дихальної системи в регіоні?

Можливі відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 5.

Спрацювало правило:

Правило 1a

Якщо A&B&C&D#

A Атмосфера_1 = Так

B Атмосфера_2 = Так

C Атмосфера_3 = Високий

D Атмосфера_4 = Так

Те

Підціль_Атмосфера = 5, к. у. п. = 1,0.

Крок консультації = 6.

Система запитала: (ім'я атрибута: Біосфера_1).

Оцінена площа заповідних і природоохоронних територій у регіоні?

Можливі відповіді:

1. До 1 000 га.
2. Понад 1 000 га.

Користувач відповів: До 1 000 га.

Крок консультації = 7.

Система запитала: (ім'я атрибута: Біосфера_2).

Стан біорізноманітності регіону?

Можливі відповіді:

1. Знижується.
2. Стабільний.
3. Зростає.

Користувач відповів: Знижується.

Крок консультації = 8.

Система запитала: (ім'я атрибута: Біосфера_3).

Чи ведеться робота зі збереження видів (держпрограми, громадські ініціативи)?

Можливі відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Користувач відповів: Ні.

Крок консультації = 9.

Спрацювало правило:

Правило 2а

Якщо A&V&C#

A Біосфера_1 = До 1 000 га

B Біосфера_2 = Знижується

C Біосфера_3 = Ні

Тє

Підціль_Біосфера = 5, к. у. п. = 1,0.

На рис. 4.21 поданий момент логічного висновку, коли спрацювало правило 2а.

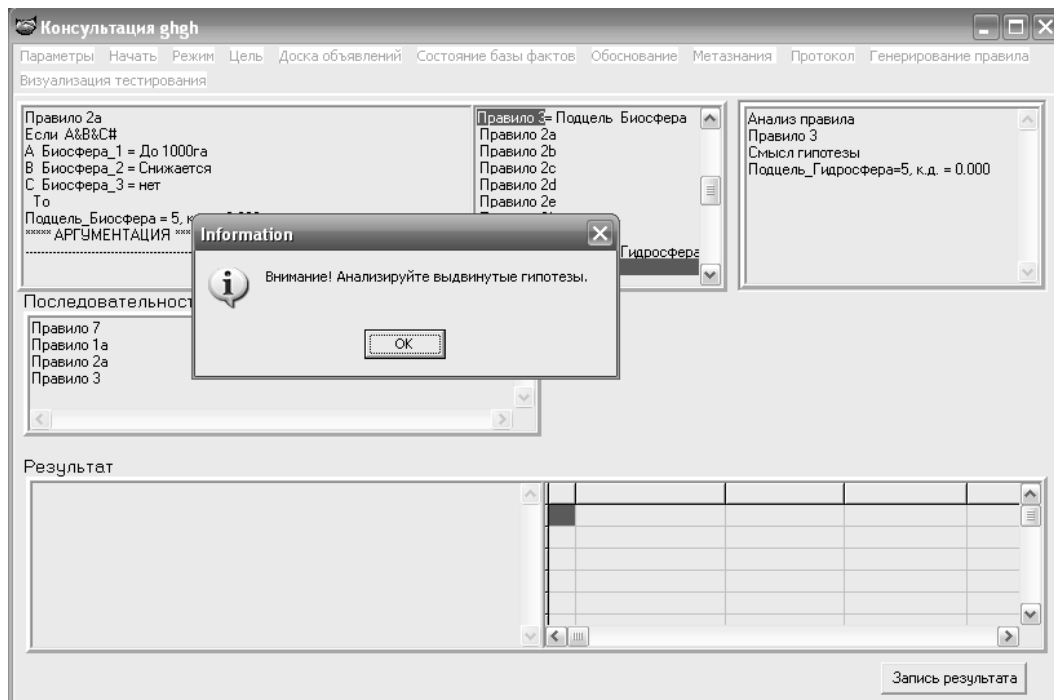


Рис. 4.21. Момент логічного висновку, коли спрацювало правило 2а

Крок консультації = 10.

Система запитала: (ім'я атрибута: Гідросфера_1).

Ступінь забезпеченості регіону питною водою?

Можливі відповіді:

1. Недостатній.
2. Достатній.

Користувач відповів: Недостатній.

Крок консультації = 11.

Система запитала: (ім'я атрибута: Гідросфера_2).

Рівень використання запасів води регіону в промислові й с/г потребах?

Можливі відповіді:

1. Низький.
2. Середній.
3. Високий.

Користувач відповів: Високий.

Крок консультації = 12.

Система запитала: (ім'я атрибута: Гідросфера_3).

Який клас якості води (за класифікацією за 6 класами)?

Можливі відповіді:

1. 1 – 2.
2. 3 – 4.
3. 5 – 6.

Користувач відповів: 5 – 6.

Крок консультації = 13.

Система запитала: (ім'я атрибута: Гідросфера_4).

Чи велика кількість підприємств, що мають стік відпрацьованої води в наземні води регіону?

Можливі відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 14.

Спрацювало правило:

Правило 3

Якщо A&V&C&D#

A Гідросфера_1 = Недостатній

B Гідросфера_2 = Високий

C Гідросфера_3 = 5 – 6

D Гідросфера_4 = Так

ТО

Підціль_Гідросфера = 5, к. у. п. = 1,0.

Крок консультації = 15.

Система запитала: (ім'я атрибута: Літосфера_1).

Який ступінь використання земель у с/г потребах (тобто ступінь розораності)?

Можливі відповіді:

1. Низький.
2. Середній.
3. Високий.

Користувач відповів: Високий.

Крок консультації = 16.

Система запитала: (ім'я атрибута: Літосфера_2).

Який ступінь лісистості території?

Можливі відповіді:

1. Низький.
2. Середній.
3. Високий.

Користувач відповів: Низький.

Крок консультації = 17.

Система запитала: (ім'я атрибута: Літосфера_3).

Чи багато в регіоні офіційних і неофіційних складів промислових або побутових відходів?

Можливі відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 18.

Система запитала: (ім'я атрибута: Літосфера_4).

Чи велика ймовірність підтоплення землі, карстів, зсувів та ін.?

Можливі відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Користувач відповів: Так.

Крок консультації = 19.

Спрацювало правило:

Правило 4b

Якщо A&V&C&D#

A Літосфера_1 = Високий

B Літосфера_2 = Низький

C Літосфера_3 = Так

D Літосфера_4 = Так

Те

Підціль_Літосфера = 5, к. у. п. = 1,0.

На рис. 4.22 подане пояснення, що генерується системою "КАРКАС", як утворився факт БЗ.

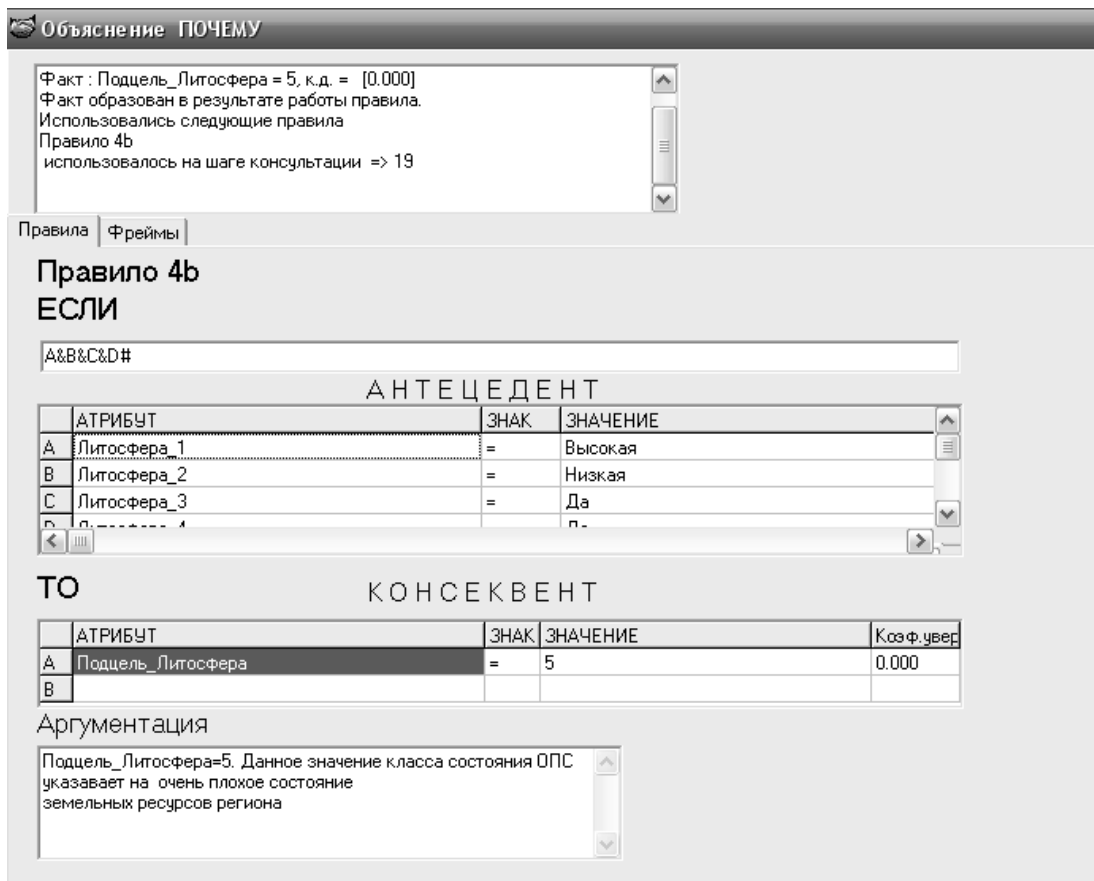


Рис. 4.22. Пояснения того "чому" утворився факт БЗ

Крок консультації = 20.

Спрацювало правило:

Правило 7р.

Якщо A&B&C&D#

A Підціль_Атмосфера = 5

B Підціль_Біосфера = 5

C Підціль_Гідросфера = 5

D Підціль_Літосфера = 5

ТО

Оцінка_НПС = 5, к. у. п. = 1,0.

4.5. Модель бази знань для підбору фільтра для очищення повітря

Постановка завдання. Забруднення повітря прийнято розділяти на аерозольне (твердими частками) і молекулярне (газом). Частки попадають в організм через дихальну систему. Газові, або молекулярні забруднювачі також попадають в організм із повітрям, потім через легені у кровоносну систему, зрештою поширюючись по всьому організму. Хоча самі ці речовини невидимі, багато форм забруднення добре помітні. Це можуть бути вихлипні гази вантажівоки, дим фабричної труби або сигарети, пил, піднятий проїжджаючими автомобілями. Негативний вплив, що забруднення робить на людину.

Розробити модель БЗ для вибору фільтра для очищення повітря.

Призначення прототипу ЕС — це консультування з підбору повітряного фільтра для приміщення (на прикладі комерційних фільтрів **SOFILAIR H13, H14, S-Flo W P-Series** [51]).

Сфера застосування прототипу ЕС — це різні муніципальні об'єкти, які мають потребу у визначенні того або іншого фільтра.

Мета прототипу ЕС — визначення типу фільтра залежно від тих забруднюючих речовин, які присутні в повітрі приміщення.

Вихідні дані: аналіз повітря.

Клас розв'язуваних проблем: аналіз і діагностика повітря приміщень із погляду складових речовин.

Очікувані результати (список можливих значень мети консультації). Список фільтрів для очищення повітря:

високоєфективні повітряні фільтри: SOFILAIR H13, H14;

високопродуктивний HEPA-фільтр;

повітряні фільтри тонкого очищення: S-Flo W P-Series, Hi-Flo A Series;

кишеньковий фільтр CLOSE PLEAT GREEN Absolute;

компактний гофрований фільтр Absolute.

Ідентифікація предметної області. Контроль за джерелами забруднення – очевидний спосіб забезпечення гарної якості повітря у приміщенні, що одночасно приводить до зниження витрати енергії.

Класифікація якості зовнішнього повітря наведена в табл. 4.5.

Класифікація якості зовнішнього повітря

Опис якості повітря	Рівні концентрації					Категорії якості зовнішнього повітря
	CO ₂ (проміле)	CO (мг/м ³)	NO ₂ (мг/ м ³)	SO ₂ (мг/ м ³)	PM ₁₀ (мг/ м ³)	
Сільські місцевості без значних джерел	350	< 1	5 – 32	< 5	< 20	ODA 1
Невеликі міста	400	1 – 3	15 – 40	5 – 15	10 – 30	ODA 2/3
Центр міста	450	2 – 6	30 – 80	10 – 50	20 – 50	ODA 4/5

CO₂ є продуктом людського дихання і є гарним індикатором ефективності вентиляції, але не якості повітря в цілому. Таблиця 4.6 містить типові рівні CO₂ і обсяги зовнішнього повітря, необхідні для того, щоб віднести повітря приміщення в ту або іншу категорію.

Таблиця 4.6

Класифікація якості внутрішнього повітря приміщень

Категорія	Опис	Рівень CO ₂ вище, ніж у зовнішньому повітрі (проміле). Типовий діапазон	Надходження зовнішнього повітря (м ³ за годину на людину). Типовий діапазон, зона для некурців
IDA 1	Висока якість повітря приміщення	< 400	> 54
IDA 2	Середня якість повітря приміщення	400 – 600	36 – 54
IDA 3	Середня якість повітря приміщення	600 – 1 000	22 – 36
IDA 4	Низька якість повітря приміщення	> 1 000	< 22

Вибір фільтра для очищення повітря ґрунтується на дослідженні повітря приміщень і ділиться на наступні етапи:

якість внутрішнього повітря;

якість зовнішнього повітря.

Концептуальну модель предметної області визначення фільтра можна подати у вигляді дерева цілей (рис. 4.23).

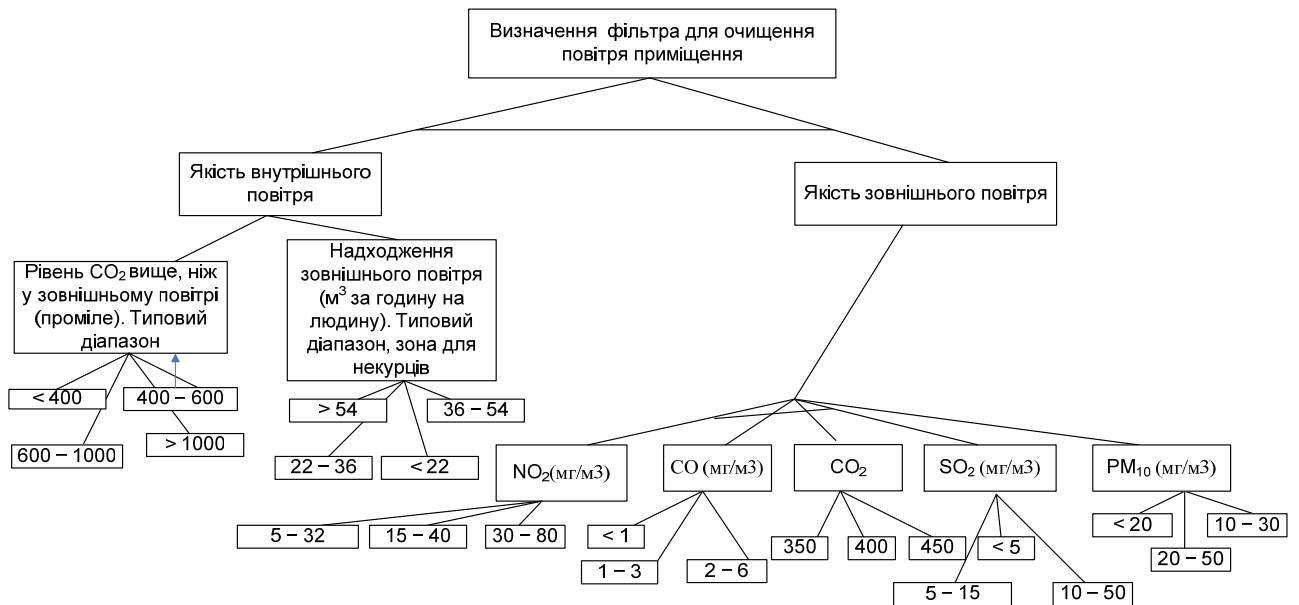


Рис. 4.23. Дерево цілей для повітряного фільтра

Атрибути БЗ.

Ім'я атрибута: Зона для некурців.

Надходження зовнішнього повітря (м³ за годину на людину).

Відповіді:

1. < 22.
2. 22 – 36.
3. 36 – 54.
4. > 54.

Ім'я атрибута: CO.

Який рівень концентрації CO?

Відповіді:

1. < 1.
2. 1 – 3.
3. 3 – 6.

Ім'я атрибута: NO₂.

Який рівень концентрації NO₂ (мг/м³)?

Відповіді:

1. 5 – 32.
2. 32 – 45.
3. 45 – 80.

Ім'я атрибута: CO₂.

Який рівень концентрації CO₂?

Відповіді:

1. 350.
2. 400.
3. 450.

Ім'я атрибута: PM₁₀.

Який рівень концентрації PM₁₀ (мг/м³)?

Відповіді:

1. < 15.
2. 15 – 30.
3. 30 – 50.

Ім'я атрибута: SO₂.

Який рівень концентрації SO₂ (мг/м³)?

Відповіді:

1. < 5.
2. 5 – 15.
3. 15 – 50.

Ім'я атрибута: Якість внутрішнього повітря.

Який рівень CO₂ у зовнішньому повітрі?

Відповіді:

1. < 400.
2. 400 – 600.
3. 600 – 1000.
4. > 1000.

Список правил і фреймів БЗ.

Правила бази знань.

Правило 2. A&V#.

ЯКЩО

А Якість внутрішнього повітря = < 400

В Зона для некурців = < 22

ТО

Категорія внутрішнього повітря = IDA1.

Правило 2а. А&В#.

ЯКЩО

А Якість внутрішнього повітря = 400 – 600

В Зона для некурців = 22 – 36

ТО

Категорія внутрішнього повітря = IDA2.

Правило 2б. А&В#.

ЯКЩО

А Якість внутрішнього повітря = 600 – 1 000

В Зона для некурців = 36 – 54

ТО

Категорія внутрішнього повітря = IDA3.

Правило 2в. А&В#.

ЯКЩО

А Якість внутрішнього повітря = > 1 000

В Зона для некурців = > 54

ТО

Категорія внутрішнього повітря = IDA4.

Фрейм 2.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Зона для некурців | Заміщення | н

Якість внутрішнього повітря | Заміщення | н

Цільовий слот

Категорія внутрішнього повітря | Не визначена.

Правило 1а. А&В&С&D&Е#.

ЯКЩО

А $\text{NO}_2 = 5 - 32$

В $\text{CO}_2 = 350$

С $\text{CO} = < 1$

Д $\text{SO}_2 = < 5$

Е $\text{PM}_{10} = < 15$

ТО

Категорія зовнішнього повітря = ODA1.

Правило 1б. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A $\text{NO}_2 = 32 - 45$

B $\text{CO}_2 = 400$

C $\text{CO} = 1 - 3$

D $\text{SO}_2 = 5 - 15$

E $\text{PM}_{10} = 15 - 30$

ТО

Категорія зовнішнього повітря = ODA2.

Правило 1в. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A $\text{NO}_2 = 45 - 80$

B $\text{CO}_2 = 450$

C $\text{CO} = 3 - 6$

D $\text{SO}_2 = 15 - 50$

E $\text{PM}_{10} = 30 - 50$

ТО

Категорія зовнішнього повітря = ODA3.

Правило 1г. A&B&C&D&E#.

ЯКЩО

A $\text{NO}_2 = 5 - 32$

B $\text{CO}_2 = 400$

C $\text{CO} = 1 - 3$

D $\text{SO}_2 = 5 - 15$

E $\text{PM}_{10} = 15 - 30$

ТО

Категорія зовнішнього повітря = ODA4.

Фрейм 1.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

CO | Заміщення | н

NO₂ | Заміщення | н

CO₂ | Заміщення | н

PM₁₀ | Заміщення | н

SO₂ | Заміщення | н

Цільовий слот

Категорія зовнішнього повітря | Не визначена.

Правило 3. A&B#.

ЯКЩО

A Категорія внутрішнього повітря = IDA1

B Категорія зовнішнього повітря = ODA1

ТО

Тип фільтра = SOFILAIR H10.

Правило 3а. A&B#.

ЯКЩО

A Категорія внутрішнього повітря = IDA1

B Категорія зовнішнього повітря = ODA2

ТО

Тип фільтра = SOFILAIR H12.

Правило 3б. A&B#.

ЯКЩО

A Категорія внутрішнього повітря = IDA1

B Категорія зовнішнього повітря = ODA3

ТО

Тип фільтра = OPAKFIL-G Micretain H10.

Правило 3в. A&B#.

ЯКЩО

A Категорія внутрішнього повітря = IDA1

B Категорія зовнішнього повітря = ODA4

ТО

Тип фільтра = CLOSE PLEAT GREEN Absolute.

Правило 3г. A&B#.

ЯКЩО

A Категорія внутрішнього повітря = IDA2

B Категорія зовнішнього повітря = ODA1

ТО

Тип фільтра = SOFILAIR H13.

Правило 3д. A&B#.

ЯКЩО

А Категорія внутрішнього повітря = IDA2

В Категорія зовнішнього повітря = ODA2

ТО

Тип фільтра = SOFILAIR H14.

Правило 3ж. A&B#.

ЯКЩО

А Категорія внутрішнього повітря = IDA2

В Категорія зовнішнього повітря = ODA3

ТО

Тип фільтра = SOFILAIR CH-105.

Правило 3е. A&B#.

ЯКЩО

А Категорія внутрішнього повітря = IDA2

В Категорія зовнішнього повітря = ODA4

ТО

Тип фільтра = HEPA-фільтр.

Правило 3і. A&B#.

ЯКЩО

А Категорія внутрішнього повітря = IDA3

В Категорія зовнішнього повітря = ODA2

ТО

Тип фільтра = SOFILAIR T16.

Правило 3з. A&B#.

ЯКЩО

А Категорія внутрішнього повітря = IDA3

В Категорія зовнішнього повітря = ODA1

ТО

Тип фільтра = SOFILAIR 35.

Правило 3к. A&B#.

ЯКЩО

А Категорія внутрішнього повітря = IDA3

В Категорія зовнішнього повітря = ODA3

ТО

Тип фільтра = SOFILAIR M5.

Правило 3л. A&B#.

ЯКЩО

A Категорія внутрішнього повітря = IDA3

B Категорія зовнішнього повітря = ODA4

TO

Тип фільтра = OPAKFIL-G 12.

Правило 3м. A&B#.

ЯКЩО

A Категорія внутрішнього повітря = IDA4

B Категорія зовнішнього повітря = ODA1

TO

Тип фільтра = OPAKFIL-G 3.

Правило 3н. A&B#.

ЯКЩО

A Категорія внутрішнього повітря = IDA4

B Категорія зовнішнього повітря = ODA2

TO

Тип фільтра = OPAKFIL-G Micretain H10.

Правило 3о. A&B#.

ЯКЩО

A Категорія внутрішнього повітря = IDA4

B Категорія зовнішнього повітря = ODA3

TO

Тип фільтра = Micretain H10.

Правило 3п. A&B#.

ЯКЩО

A Категорія внутрішнього повітря = IDA4

B Категорія зовнішнього повітря = ODA4

TO

Тип фільтра = фільтр Absolute 3.

Фрейм 3.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Категорія зовнішнього повітря | Заміщення | н

Категорія внутрішнього повітря | Заміщення | н

Цільовий слот

Тип фільтра | Не визначений.

На рис. 4.24 подане дерево цілей для вибору повітряного фільтра.

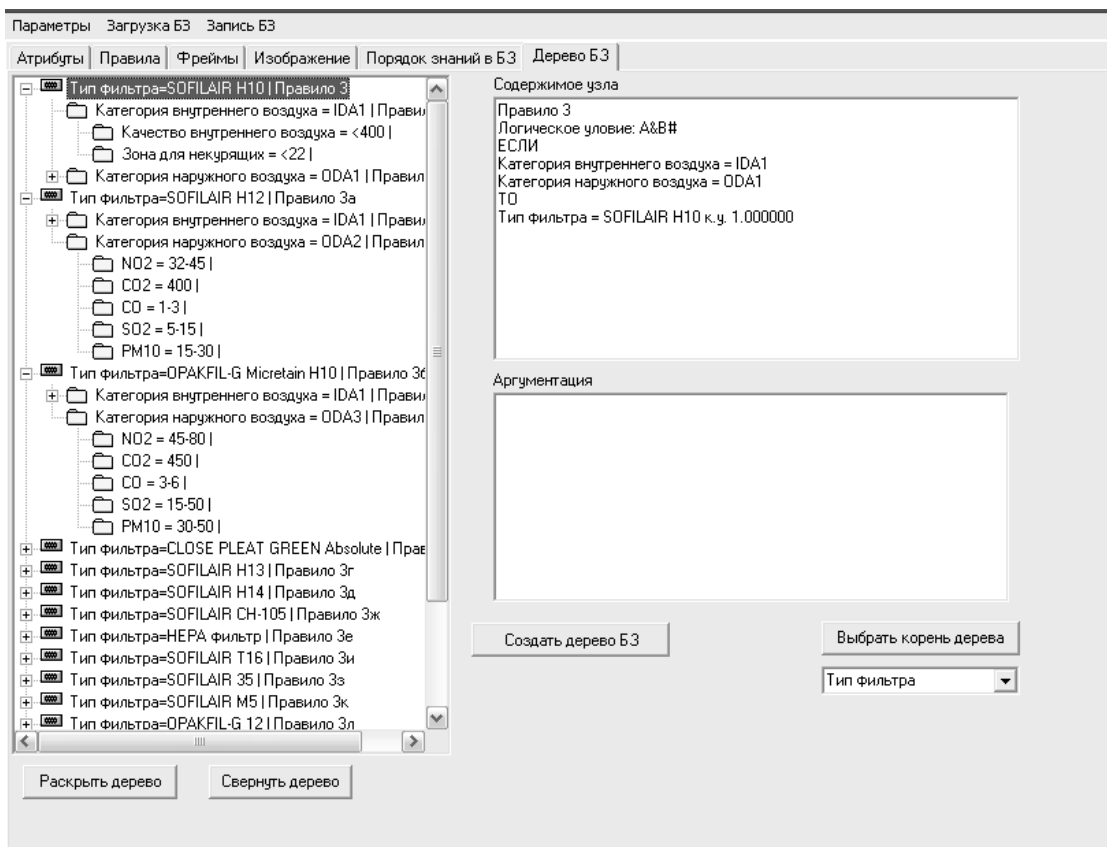


Рис. 4.24. Дерево цілей для вибору повітряного фільтра

Протокол консультації від 21.03.09 22:39:56.

Мета консультації: визначити значення для атрибута "Тип фільтра".

Атрибут підцілі: Тип фільтра.

Крок консультації = 1.

Система запитала: (ім'я атрибута: Якість внутрішнього повітря).

Який рівень CO₂ у зовнішньому повітрі?

Можливі відповіді:

1. < 400.
2. 400 – 600.
3. 600 – 1 000.
4. > 1 000.

Користувач відповів: < 400.

Крок консультації = 2.

Система запитала: (ім'я атрибута: Зона для некурців).

Надходження зовнішнього повітря (м^3 за годину на людину).

Можливі відповіді:

1. < 22 .
2. $22 - 36$.
3. $36 - 54$.
4. > 54 .

Користувач відповів: < 22 .

Крок консультації = 3.

Спрацювало правило:

Правило 2.

Якщо A&B#

A Якість внутрішнього повітря = < 400

B Зона для некурців = < 22

ТО

Категорія внутрішнього повітря = IDA1, к. у. п. = 1,0.

Крок консультації = 4.

Система запитала: (ім'я атрибута: NO_2).

Який рівень концентрації NO_2 ($\text{мг}/\text{м}^3$)?

Можливі відповіді:

1. $5 - 32$.
2. $32 - 45$.
3. $45 - 80$.

Користувач відповів: $5 - 32$.

Крок консультації = 5.

Система запитала: (ім'я атрибута: CO_2).

Який рівень концентрації CO_2 ?

Можливі відповіді:

1. 350.
2. 400.
3. 450.

Користувач відповів: 350.

Крок консультації = 6.

Система запитала: (ім'я атрибута: CO).

Який рівень концентрації CO?

Можливі відповіді:

1. < 1.
2. 1 – 3.
3. 3 – 6.

Користувач відповів: < 1.

Крок консультації = 7.

Система запитала: (ім'я атрибута: SO₂).

Який рівень концентрації SO₂ (мг/м³)?

Можливі відповіді:

1. < 5.
2. 5 – 15.
3. 15 – 50.

Користувач відповів: < 5.

Крок консультації = 8.

Система запитала: (ім'я атрибута: PM₁₀).

Який рівень концентрації PM₁₀ (мг/м³)?

Можливі відповіді:

1. < 15.
2. 15 – 30.
3. 30 – 50.

Користувач відповів: < 15.

Крок консультації = 9.

Спрацювало правило:

Правило 1а.

ЯКЩО A&B&C&D&E#

A NO₂ = 5 – 32

B CO₂ = 350

C CO = < 1

D SO₂ = < 5

E PM₁₀ = < 15

ТО

Категорія зовнішнього повітря = ODA1, к. у. п. = 1,0.

Крок консультації = 10.

Спрацювало правило:

Правило 3.

ЯКЩО A&B#

A Категорія внутрішнього повітря = IDA1

B Категорія зовнішнього повітря = ODA1

TO

Тип фільтра = SOFILAIR H10, к. у. п. = 1,0.

Розділ 5. Інтелектуальна кластеризація

5.1. Кластерний аналіз

Завдання класифікації є одними з найважливіших як у науково-технічних дослідженнях, проведених у біології, медицині, геології, так і в соціально-економічних. За своєю постановкою такі завдання різноманітні й численні. Одна з них – класифікація без навчання – полягає в розбивці сукупності об'єктів, які описуються набором ознак, на однорідні групи, що називаються кластерами. Для вирішення такого завдання використовують методи кластерного аналізу, які дозволяють виділити в r -вимірному просторі ознак багатовимірних об'єктів найрізноманітнішою природи кластери, що володіють спеціальними властивостями (компактністю, зв'язністю та ін.) [1; 25; 27]. При класифікації багатовимірних спостережень результати кластерного аналізу дозволяють дослідникові більш обґрунтовано відносити невідомий об'єкт до того або іншого відомого класу.

Кластерний аналіз (кластеризація, таксономія, самонавчання, навчання без учителя) призначений для розбивки безлічі об'єктів на задане або невідоме число класів на підставі деякого математичного критерію якості класифікації (cluster – гроно, пучок, скупчення, група елементів, що характеризуються якою-небудь загальною властивістю). Критерій якості кластеризації (функціонал якості розбивки) тією чи іншою мірою відображає наступні неформальні вимоги:

усередині груп об'єкти повинні бути тісно пов'язані між собою;

об'єкти різних груп мають бути далекими один від одного;

за інших рівних умов розподіли об'єктів за групами повинні бути рівномірними.

В алгоритмах кластеризації найбільш важливим і найменш формалізованим є визначення поняття однорідності, або міри близькості об'єктів, кластерів і якості розбивки об'єктів на групи (об'єктивності одержуваних угруповань), від чого переважно залежить остаточний результат класифікації. У кожному конкретному завданні ця проблема вирішується по-своєму й залежить в основному від цілей дослідження, структури, виду вихідних даних і у значній мірі опирається на інтуїцію дослідника. Все це вказує на те, що реалізація таких алгоритмів у вигляді прикладних програм у пакетному режимі малоефективна. Тому для оптимального евристичного вирішення завдань кластеризації дослідник повинен активно використовувати знання експертів з кластерного аналізу.

Важливим моментом у кластерному аналізі вважається вибір метрики (міри близькості об'єктів), від чого вирішальним чином залежить остаточний варіант розбивки об'єктів на групи при заданому алгоритмі розбивки. У кожному конкретному завданні цей вибір здійснюється по-своєму, з урахуванням головних цілей дослідження, фізичної і статистичної природи використовуваної інформації.

Важливою у кластерному аналізі є відстань між кластерами об'єктів. Наведемо приклади найпоширеніших відстаней і мір близькості, що характеризують взаємне розташування окремих кластерів об'єктів.

Нехай S_i – i -й кластер об'єктів, n_i – число об'єктів, що утворюю кластер.

Відстань d_{\min} "найближчого сусіда" – це відстань між найближчими об'єктами кластерів:

$$d_{\min}(S_l, S_m) = \min_{x_i \in S_l, x_j \in S_m} d(x_i, x_j),$$

де $d(x_i, x_j)$ – це відстань між об'єктів.

Відстань d_{\max} "далекого сусіда" — відстань між найдальшими об'єктами кластерів:

$$d_{\max}(S_l, S_m) = \max_{x_i \in S_l, x_j \in S_m} d(x_i, x_j).$$

Вибір ієї або іншої міри відстані між кластерами залежить від геометричних фігур, які утворюю об'єкти у просторі ознак. Наприклад, застосування відстані "найближчого сусіда" має гарні результати кластеризації, коли об'єкти у просторі ознак утворюю ланцюгову структуру. Відстань "далекого сусіда" застосовується, коли об'єкти утворюю кулясті хмари. У випадку, коли об'єкти утворюю еліпсоїди, то рекомендується використовувати відстані між їхніми центрами ваги.

Алгоритми кластерного аналізу відрізняються більшою розмаїтістю. Це можуть бути, наприклад, алгоритми, що реалізують повний перебір об'єктів або здійснюють випадкові розбивки безлічі об'єктів. У той же час більшість таких алгоритмів складається із двох етапів. На першому етапі задається початкова (випадкова) розбивка безлічі об'єктів на кластери й визначається функціонал якості розбивки. На другому етапі об'єкти переносяться із кластера в кластер доти, доки значення функціонала якості розбивки не перестане поліпшуватися.

Класифікаційні процедури ієрархічного типу призначені для одержання наочного уявлення про структуру всієї досліджуваної сукупності об'єктів. Ці процедури засновані на послідовному об'єднанні кластерів (агломеративні) і на послідовній розбивці (дивізимні).

В агломеративних процедурах на першому кроці всі об'єкти вважаються окремими кластерами. Потім на кожному наступному кроці два найближчих кластери поєднуються в один. Кожне об'єднання зменшує число кластерів на один. На останньому кроці всі об'єкти поєднуються в один кластер. Найбільш підходяща розбивка здійснюється на підставі значення функціонала якості або евристично експертом. Візуалізація агломеративних процедур здійснюється за допомогою дендрограми.

Різні варіанти відстаней між кластерами дозволяють одержати різні варіанти кластеризації.

Нехай кластер $S_{(m,n)}$ є об'єднанням кластерів S_m та S_n і $d_{m,n} = d(S_m, S_n)$ – відстань між кластерами S_m та S_n .

Тоді наступна формула [1] визначає відстань між кластером S_i і кластером $S_{(m,n)}$:

$$d_{l(m,n)} = d(S_l, S_{(m,n)}) = \alpha d_{lm} + \beta d_{ln} + \gamma d_{mn} + \delta |d_{lm} - d_{ln}|,$$

де α , β , γ і δ – числові коефіцієнти, які задає експерт за кластерним аналізом.

На відміну від оптимізаційних кластерних алгоритмів, що надають експертіві кінцевий результат групування об'єктів, ієрархічні процедури дозволяють простежити процес виділення угруповань і ілюструють взаємозв'язок кластерів.

Це дає можливість оцінити структури об'єктів у просторі ознак для більш точного підбору параметрів кластеризації.

Отже, кластеризація об'єктів, кожен з яких описується набором ознак, припускає знаходження однорідних груп об'єктів (кластерів), виділення їхньої схованої структури без точного знання типових представників. Є багато методів і алгоритмів кластеризації, які орієнтовані на вирішення різних завдань класифікації. Проблема кластеризації полягає в тому, що для кожного конкретного типу даних, структури розташування об'єктів у просторі ознак треба або правильно підібрати відомий алгоритм, або адаптувати його, або розробити новий. Для вирішення цієї проблеми широко застосовують знання експертів.

5.2. Математична модель кластерного аналізу

Нехай $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – безліч об'єктів, кожен з яких описується тим самим набором з P ознак. Тоді X можна розглядати як підмножину простору ознак $P = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_p$, де P_i – безліч значень i -ї ознаки і знак x — прямий добуток.

Завдання кластер-аналізу полягає в тому, щоб одержати розбивку безлічі X на систему підмножин $\{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ таку, що

$$X = S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_k, \quad i \neq j, \quad i, j = 1, 2, \dots, k,$$

і яка задовольняє деякий критерій якості розбивки, наприклад мінімум внутрішньогрупової суми квадратів відхилень (функціонал якості розбивки).

Будь яка розбивка безлічі X . взаємооднозначно визначає відношення еквівалентності $R \subset X \times X$. Тоді фактор-безліч X/R задає

відповідну розбивку безлічі X , а канонічна проекція $Pr_1 : X \rightarrow X/R$ – розподіл об'єктів за кластерами.

Нехай k — потужність фактор-безліч X/R . Ототожнимо його з безліччю $N = \{1, 2, \dots, k\}$ – номерів класів еквівалентності, тоді для будь-якого $t \in N$ кластер S_t визначається в такий спосіб:

$$S_t : q \circ Pr_1(X) = t, \text{ де } q \text{ — ізоморфізм } X/R \text{ на } N.$$

Нехай Ξ — безліч усіх відносин еквівалентності безлічі X . Ясно, що не кожне відношення еквівалентності становить цінність для вирішення завдання кластер-аналізу. Тому для вибору фактор-безліч, що відображає можливий природний поділ об'єктів на кластери, вводиться функціонал F на Ξ . Тоді число $F(\Xi)$ можна розглядати як числову характеристику розбивки. Цей функціонал називають або функціоналом якості розбивки, або цільовою функцією, або критерієм якості розбивки.

Отже, математична модель кластер-аналізу – це трійка об'єктів (P, F, Ξ) .

Процес кластеризації можна розглядати як ітеративне породження фактор-безліч за заданим відношенню еквівалентності. Дійсно, з огляду на транзитивність факторизації, за індукцією одержуємо наступний ланцюжок незростаючих за потужністю фактор-безліч: $F_1, F_2, \dots, F_h, \dots$, де $F_1 = X/R$, $F_h = F_{h-1}/R$. Стабілізація цього ланцюжка або його обривання на певному кроці здійснюється за допомогою функціонала F . Наприклад, нехай при агломеративному ієрархічному групуванні об'єктів відношення еквівалентності між ними визначається за принципом "найближчого сусіда" і K – число кластерів. Тоді для того, щоб одержати розбивку на K кластерів, треба побудувати ланцюжок з $N - K$ фактор-безліч, де останнє дає шукана розбивка. В інших алгоритмах кластеризації типу K -внутрігрупового середніх ланцюжок фактормножеств стабілізується шляхом коректування центрів кластерів, а в алгоритмі ISODATA за допомогою евристичних параметрів здійснюється її коливання, тобто поряд з об'єднанням кластерів відбувається розщеплення їх, і остаточний варіант вибору розбивки залежить від дослідника.

Таким чином, для того щоб вирішити завдання кластерного аналізу, треба постачити простір ознак P метрикою або лінійною структурою й

підібрати відношення еквівалентності з Ξ , що давало б, наприклад, екстремум деякому функціоналові F .

Наявність різних альтернатив у реалізації математичної моделі кластерного аналізу саме й припускає використання знань експертів щодо класифікації для одержання природної розбивки об'єктів на кластери. Останнє твердження стимулює розробки зі створення ЕС, які могли б їх використовувати при кластеризації.

5.3. Метод динамічних згущень для розмитої класифікації різнорідних даних

Нехай $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – кінцева безліч об'єктів. Кожен об'єкт x_i описується кінцевим набором з p ознак, тобто $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$. Тоді X можна розглядати як підмножину безлічі $P = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_p$, де P_j – безліч значень j -ї ознаки. Якщо ознака кількісна, то $P_j = R$ – безліч речовинних чисел. Якщо ознака порядкова або номінальний, то P_j – безліч міток довільної природи.

Система безлічей $S = (S_1, S_2, \dots, S_k)$ називається k -покриттям безлічі X , якщо виконані наступні умови:

1. $S_i \neq \emptyset$ для $i = 1, 2, \dots, k$.

$$2. X = \bigcup_{i=1}^k S_i.$$

Задамо на безлічі X структуру представництв, поставивши йому у відповідність безліч представництв Z і відображення $D' : X \times Z \rightarrow R^+$ [25]. Нехай 2^X – безліч усіх підмножин у X . Розглянемо відображення $D : 2^X \times Z \rightarrow R^+$, таке, що:

$$D(\{x\}, z) = D'(x, z) \quad (x \in X, z \in Z).$$

Припустимо, що виконано наступні умови:

1. $\min D(A, z)$ існує ($A \in 2^X$).

$$2. D(A, z) = \sum_{a \in A} D(a, z) \quad (A \in 2^X, z \in Z).$$

3. $Z = P$.

Оскільки ознаки різнотипні й можуть мати різну інформативність, то міру подібності D' між об'єктом $x \in X$ і представником $z \in Z$ локально пристосуємо до структури безлічі об'єктів X і задамо формулою:

$$D'(x, z) = \frac{\sum_{l=1}^p \alpha_l d^l(\text{Pr}_l x, \text{Pr}_l z)}{\sum_{l=1}^p \alpha_l}$$

де $\text{Pr}_l : P \rightarrow P_l$ – ортогональний проектор; α_l – коефіцієнт інформативності l -ї ознаки, $0 \leq \alpha_l \leq 1$; відображення d^l визначається залежно від типу ознаки.

Нехай l -ї ознака кількісна. Тоді

$$d^l : \text{Pr}_l(X) \times \text{Pr}_l(Z) \rightarrow R^+,$$

$$d^l(\text{Pr}_l x, \text{Pr}_l z) = |\text{Pr}_l x - \text{Pr}_l z| / |\max \text{Pr}_l(X) - \min \text{Pr}_l(X)|. \quad (5.1)$$

У випадку, якщо $\max \text{Pr}_l(X) = \min \text{Pr}_l(Z)$, то $d^l(\text{Pr}_l x, \text{Pr}_l z) = 0$.

Нехай l -ї ознака порядкова. Розглянемо міру розбіжності

$\tilde{d} : \text{Pr}_l(X) \times \text{Pr}_l(X) \times \text{Pr}_l(X) \rightarrow R^+$ у відносинах $\text{Pr}_l(x)$ і $\text{Pr}_l(z)$ до деякого елемента $y \in \text{Pr}_l(X)$, що визначена в такий спосіб [28]:

$$\tilde{d}(\text{Pr}_l x, \text{Pr}_l z, y) = 0, \text{ якщо } (\text{Pr}_l x - y)(\text{Pr}_l z - y) > 0, \text{ або } \text{Pr}_l x = \text{Pr}_l z = y,$$

$$\tilde{d}(\text{Pr}_l x, \text{Pr}_l z, y) = 1, \text{ якщо } (\text{Pr}_l x - y)(\text{Pr}_l z - y) < 0,$$

$$\tilde{d}(\text{Pr}_l x, \text{Pr}_l z, y) = 0,5, \text{ якщо } \begin{cases} \text{Pr}_l x = y, \text{ а } \text{Pr}_l z \neq y, \\ \text{Pr}_l x \neq y, \text{ а } \text{Pr}_l z = y. \end{cases}$$

Тоді

$$d^l(\text{Pr}_l x, \text{Pr}_l z) = (n-1)^{-1} \sum_{y \in \text{Pr}_l(X)} \tilde{d}(\text{Pr}_l(x), \text{Pr}_l(z), y) \quad (5.2)$$

Для номінальної ℓ -ї ознаки міра розбіжності \tilde{d} визначається в такий спосіб:

$$\tilde{d}(\text{Pr}_\ell x, \text{Pr}_\ell z, y) = 0, \text{ якщо } \begin{cases} \text{Pr}_\ell x = \text{Pr}_\ell z = y, \\ \text{Pr}_\ell x \neq y \text{ и } \text{Pr}_\ell z \neq y, \end{cases}$$

$$\tilde{d}(\text{Pr}_\ell x, \text{Pr}_\ell z, y) = 1, \text{ якщо } \begin{cases} \text{Pr}_\ell x = y, \text{Pr}_\ell z \neq y, \\ \text{Pr}_\ell x \neq y, \text{Pr}_\ell z = y. \end{cases}$$

Тоді

$$d^\ell(\text{Pr}_\ell x, \text{Pr}_\ell z) = n^{-1} \sum_{y \in \text{Pr}_\ell(X)} \tilde{d}(\text{Pr}_\ell(x), \text{Pr}_\ell(z), y). \quad (5.3)$$

Функції приналежності [25] для безлічей k -покриття $S = (S_1, S_2, \dots, S_k)$ безлічі X визначимо в такий спосіб:

$$W_j : X \rightarrow [0, 1] \quad (j = 1, 2, \dots, k),$$

$$w_{ij} > 0, \quad \sum_{j=1}^k w_{ij} = 1, \quad (i = 1, 2, \dots, n),$$

де $w_{ij} = W_j(x_i)$ визначають ступінь приналежності об'єкта x_i до безлічі S_j .

Нехай

$$D(S_j, z_j) = \sum_{x_i \in S_j} w_{ij}^m D'(x_i, z_j),$$

де $z_j \in Z$ – представник елемента покриття S_j ; $j = 1, 2, \dots, k$; $m > 2$ – ціла константа.

Нехай $S^\Delta = \{ S \}$ – безліч k -покриттів X і $Z^\Delta = Z^k$.

Функціоналом якості покриття назовемо перетворення

$$F : S^\Delta \times Z^\Delta \rightarrow R^+,$$

$$F(S, Z) = \sum_{j=1}^k D(S_j, z_j) \quad ((S, Z) \in S^\Delta \times Z^\Delta).$$

Оптимізаційня завдання формулюється в такий спосіб: знайти k -покриття S^* і представництво Z^* , що дають мінімум функціоналові F , тобто

$$F(S, Z) \rightarrow \min. \quad (5.4)$$

Спочатку вирішимо завдання зі знаходження мінімуму за змінною Z (при фіксованій S). Визначимо функцію представництва [25] як перетворення $g : S^\Delta \rightarrow Z^\Delta$, таке, що $g(S) = Z^*$ при $S = (S_1, S_2, \dots, S_k)$ і $Z^* = (z^*_1, z^*_2, \dots, z^*_k)$, де z^*_j мінімізує $D(S_j, z_j)$.

$$\begin{aligned} D(S_j, z_j) &= \sum_{x_i \in S_j} w_{ij}^m D'(x_i, z_j) = \sum_{i=1}^n w_{ij}^m D'(x_i, z_j) = \\ &= \sum_{i=1}^n w_{ij}^m \sum_{l=1}^p \alpha_l d^l(\text{Pr}_l x_i, \text{Pr}_l z_j) / \sum_{l=1}^p \alpha_l = \\ &= \left(\sum_{l=1}^p \alpha_l \right)^{-1} \sum_{l=1}^p \alpha_l \sum_{i=1}^n w_{ij}^m d^l(\text{Pr}_l x_i, \text{Pr}_l z_j) \quad (z_i \in Z). \end{aligned}$$

Отже, для $j = 1, 2, \dots, k$ і $l = 1, 2, \dots, p$ необхідно мінімізувати

$$\sigma(\text{Pr}_l z_j) = \sum_{i=1}^n w_{ij}^m d^l(\text{Pr}_l x_i, \text{Pr}_l z_j) \quad \text{за } (z_i \in Z). \quad (5.5)$$

Для кожного типу ознаки знайдемо явний вигляд функції σ . Для ℓ -ї кількісної ознаки відповідно до формули (5.1) маємо:

$$\sigma(\text{Pr}_l z_j) = \sum_{i=1}^n w_{ij}^m | \text{Pr}_l x - \text{Pr}_l z | / | \max \text{Pr}_l(X) - \min \text{Pr}_l(X) |$$

Функція $\sigma(\text{Pr}_l z_j)$ – опукла, кусково-лінійна функція однієї змінної на R і мінімум її може досягатися в одній із точок безлічі $A = \{ \text{Pr}_l x \mid i = 1, 2, \dots, n \}$, тобто мінімум існує, але може бути не єдиним.

Нехай ℓ -ї ознака порядкова, має γ можливих значень $G_1, G_2, \dots, G_\gamma$, занумерованих у порядку зростання, u_i – кількість об'єктів у X , що мають за ℓ -ї ознакою значення G_i , $i = 1, 2, \dots, \gamma$.

Припустима безліч рішень для завдання (5.5) – це кінцева безліч $\{ G_1, G_2, \dots, G_\gamma \}$, а значення функції σ у точці G_t , $t = 1, 2, \dots, \gamma$ можна обчислити відповідно до формули (5.2), таким чином:

$$\sigma(G_t) = (n-1)^{-1} \left\{ \sum_{i=1}^{t-1} u_i \left(\sum_{j=1}^{i-1} r_j + 0,5r_i \right) + 0,5u_t \left(\sum_{i=1}^{t-1} r_i + \sum_{i=t+1}^{\gamma} r_i \right) + \sum_{i=t+1}^{\gamma} u_i \left(\sum_{j=i+1}^{\gamma} r_j + 0,5r_i \right) \right\},$$

де $r_j = \sum_{q \in Q_j} w_{qj}^m$, $Q_j = \{ i \in \{1, 2, \dots, n\} \mid \text{Pr}_l x = G_j \}$ – безліч номерів об'єктів з X , що приймають значення G_j за ℓ -ї ознакою, $j = 1, 2, \dots, \gamma$.

Для номінальної ознаки відповідно до формули (5.3) маємо:

$$\sigma(G_t) = \sum_{i=1}^{t-1} (u_i + u_t) r_i + \sum_{i=t+1}^{\gamma} (u_i + u_t) r_i$$

для $t = 1, 2, \dots, \gamma$.

Таким чином, мінімум завдання (5.5) за змінною Z існує, але може бути не єдиним, і є формули, які дозволяють його знайти.

Розглянемо друге завдання з визначення мінімуму за змінною S (при фіксованій Z). Визначимо функцію призначення [25] як перетворення $f : Z^\Delta \rightarrow S^\Delta$, таке, що $f(Z) = S^*$, де $Z = (z_1, z_2, \dots, z_k)$, $S^* = (S^*_1, S^*_2, \dots, S^*_k)$.

Для $j = 1, 2, \dots, k$ безлічі $S_j^* = \{x_i \mid w_{ij}^* > 0\}$, де вектори $w_{ij}^* = (w_{i1}^*, w_{i2}^*, \dots, w_{ik}^*)$, $i = 1, 2, \dots, n$, підбираються так, щоб

$$\sum_{i=1}^n w_{ij}^m D'(x_i, z_j) \rightarrow \min \quad (5.6)$$

при обмеженнях

$$w_{ij} > 0, \sum_{j=1}^k w_{ij} > 0, \sum_{j=1}^k w_{ij} = 1, \quad (1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq k). \quad (5.7)$$

Завдання (5.6) і (5.7) є завданнями лінійного програмування від змінної w_i , тому мінімум існує й досягається в одній із вершин багатогранника рішень (5.7). Знайдемо рішення. Дотримуючись методу множників Лагранжа, розглянемо функціонал:

$$L(w_i, \lambda) = \sum_{j=1}^k w_{ij}^m D'(x_i, z_j) - \lambda \left(\sum_{j=1}^k w_{ij}^m - 1 \right)$$

Маємо

$$\frac{\partial L}{\partial w_{ij}} = m(w_{ij})^{m-1} D'(x_i, z_j) - \lambda = 0, \quad j = 1, 2, \dots, k.$$

Отже,

$$w_{ij} = \left[\frac{m}{\lambda} D'(x_i, z_j) \right]^{m-1}, \quad j = 1, 2, \dots, k,$$

де

$$\sum_{j=1}^k \left[\frac{m}{\lambda} D'(x_i, z_j) \right]^{m-1} = 1.$$

Таким чином, безліч S_j^* визначається як безліч об'єктів x_i з функцією приналежності w_{ij}^* , значення якої обчислюються за формулою

$$w_{ij}^* = \left[\frac{m}{\lambda} D'(x_i, z_j) \right]^{m-1} \left[\sum_{q=1}^k D'(x_i, z_q) \right]^{-(m-1)} \quad (5.8)$$

для будь-якого x_i за умовою $D(x_i, z_q) > 0$, $q = 1, 2, \dots, k$. Якщо існує об'єкт x_i , такий, що $D(x_i, z_q) = 0$ для деякого q , тоді $w_{iq}^* = 1$, $w_{ij}^* = 0$, $j \neq q$, $j = 1, 2, \dots, k$.

Тепер опишемо ітераційний алгоритм, що дає рішення завдання (5.4). Початкове k -покриття $S^{(0)}$ задамо довільними функціями приналежності:

$$W_j : X \rightarrow [0, 1], \quad j = 1, 2, \dots, k, \\ w_{ij} > 0, \sum_{j=1}^k w_{ij} > 0, \sum_{j=1}^k w_{ij} = 1, \quad (1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq k). \quad (5.9)$$

Рух алгоритму визначимо в такий спосіб:

$$v_n = (S^{(n)}, Z^{(n)}), Z^{(n)} = g(S^{(n-1)}) \text{ і } S^{(n)} = f(Z^{(n)}), u_n = F(v_n),$$

тобто процес побудови оптимального рішення завдання (5.4) полягає в ітеративному застосуванні функцій g і f . При цьому на кожному кроці ітерації алгоритму зменшується значення функціонала F . З огляду на неединичність мінімуму для функції представництва пропонується наступний спосіб знаходження мінімуму. Мінімум на кроці алгоритму $N+1$ вибирається рівним мінімуму на кроці N . Якщо це не можливо виконати, то мінімум вибирається довільним чином.

У реальних застосуваннях у процесі прагнення до глобального мінімуму можуть зустрічатися локальні мінімуми, викликані або

невдалим вибором мінімуму функції представництва, або вибором початкового k -покриття $S^{(0)}$.

Збіжність алгоритму випливає із пропозиції, доказ якого проводиться аналогічно тому, як в роботі [25].

Пропозиція 5.1. Послідовності u_n і v_n сходяться і стабілізуються одночасно при кінцевому числі кроків.

Доказ. Покажемо, що $u_{n-1} \geq F(S^{(n-1)}, Z^{(n)}) \geq u_n$.

Перша нерівність справедлива, оскільки для $j = 1, 2, \dots, k$

$$D(S^{(n-1)}_j, Z^{(n-1)}_j) \geq D(S^{(n-1)}_j, Z^{(n)}_j) \quad (5.10)$$

за визначенням g . Підсумовуючи за j від 1 до k , одержуємо:

$$u_{n-1} = F(S^{(n-1)}, Z^{(n-1)}) \geq F(S^{(n-1)}, Z^{(n)}). \quad (5.11)$$

Друга нерівність справедлива, оскільки для $i = 1, 2, \dots, n$

$$\sum_{j=1}^k (w_{ij}^{(n-1)})^m D(x_i, Z_j^{(n-1)}) \geq \sum_{j=1}^k (w_{ij}^{(n)})^m D(x_i, Z_j^{(n)})$$

за визначенням f . Підсумовуючи за i від 1 до n , маємо:

$$F(S^{(n-1)}, Z^{(n)}) \geq F(S^{(n)}, Z^{(n)}) = u_n. \quad (5.12)$$

Послідовність u_n убуває й обмежена знизу, отже, сходиться. Усяка послідовність, що сходиться на кінцевій безлічі, стабілізується, тобто починаючи з деякого кроку N $u_n = u$ для $n > N$.

Доведемо збіжність послідовності v_n .

Нехай послідовність u_n сходиться на N -ому кроці алгоритму, тобто $u = u_{+1}$. Тоді $F(v) = F(v_{+1})$. Покажемо, що $v_n = v$ для будь-якого $n > N$.

Справді, $F(v) = F(v_{+1})$ або $F(S^{(N)}, Z^{(N)}) = F(S^{(N+1)}, Z^{(N+1)})$ і $g(S^{(N)}) = Z^{(N+1)}$. Звідси виходить, що $Z^{(N)} = Z^{(N+1)}$.

Дійсно, допустимо протилетне, тобто $Z^{(N)} \neq Z^{(N+1)}$. Це означає, що існує індекс $j, j \in \{1, 2, \dots, k\}$ такий, що $z_j^{(N)} \neq z_j^{(N+1)}$. Отже, нерівності (5.10), (5.11) перетворюються у строгі, тобто маємо:

$$u = F(S^{(N)}, Z^{(N)}) > F(S^{(N)}, Z^{(N+1)}).$$

З іншого боку, відповідно до нерівності (5.12), маємо

$$F(S^{(N)}, Z^{(N+1)}) \geq F(S^{(N+1)}, Z^{(N+1)}) = u_{N+1}.$$

Отже, $u_N > u_{N+1}$. Це суперечить припущенню, що $u_N = u_{N+1}$.

Таким чином, $Z^{(N)} = Z^{(N+1)}$, звідки $f(Z^{(N)}) = f(Z^{(N+1)})$ за визначенням f , отже, $S^{(N)} = S^{(N+1)}$, звідки $v_N = v_{N+1}$. Таке міркування можна провести для будь-якого $n > N$, тобто $v_n = v_{n+1}$ ($n > N$). Пропозиція доведена.

Розглянемо окремий випадок k -покриття $S = (S_1, S_2, \dots, S_k)$ безлічі X . Нехай виконана ще одна додаткова умова:

$$S_i \cap S_j = \emptyset, \quad i \neq j, \quad i, j = 1, 2, \dots, k. \quad (5.13)$$

Покриття, що задовольняють умову (5.13), називаються розбивками, які відіграють важливу роль у проблемі класифікації. Елементи k -розбивки називаються кластерами.

Покажемо, як можна з k -покриття S безлічі X виділити k -розбивку. Нехай $x_i \in X$ належить декільком елементам покриття $S = (S_1, S_2, \dots, S_k)$, тобто $x_i = \bigcup_{j \in Q} S_j$, $Q \subseteq \{1, 2, \dots, k\}$ і $w_{ir}^* = \max w_{ij}$, $j \in Q$. Тоді $x_i \in S_r^*$. Якщо таких $r \in Q$ декілька, то можна взяти будь-яке, наприклад, найменше.

Якщо об'єкт $x_i \in X$ належить тільки одному елементу покриття S_j , тобто $w_{ij} = 1$, $w_{iq} = 0$, $q \neq j$, $j = 1, 2, \dots, k$, тоді об'єкт x_i буде визначати ядро для кластера S_r^* .

Таким чином, будується k -розбивка $S^* = (S_1^*, S_2^*, \dots, S_k^*)$.

За отриманим k -покриттям можна зробити ряд евристичних рекомендацій щодо взаємного розташування об'єктів у просторі ознак.

Наприклад, можна виділити "прикордонні" об'єкти для кластерів, тобто такі об'єкти $x_i \in X$, для яких значення функцій приналежності $w_{ij} = 1/k, j = 1, 2, \dots, k$.

Якщо число k (число кластерів) велике (більше ніж 100), то можна вважати, що "прикордонні" об'єкти вироджуються в "аномальні", що мало впливають на процес кластеризації.

Аналогічно будується ітераційний алгоритм, близький до алгоритму ISODATA [27]. Тут додані допоміжні евристичні процедури з розщеплення й об'єднання кластерів на основі обчислення їхніх статистик.

Алгоритм реалізований у модулі інтелектуальної кластеризації системи "КАРКАС" [11].

5.4. Модель бази знань для кластерного аналізу

Стратегія проведення кластеризації. Для вирішення завдання кластерного аналізу за допомогою системи "КАРКАС" рекомендується виконати ряд операцій:

1. Матрицю об'єкт-ознака записати в базу даних.
2. Зробити попередню обробку даних (заповнення пропусків у даних, зважування, редагування й відбір ознак).
3. Відібрати найбільш інформативні, репрезентативні ознаки за методом головних компонентів, а також за допомогою кластер-процедур, де мірою близькості груп ознак A_l і A_q є:

$$R_{lq}^{(r)} = \left[(m_l m_q)^{-1} \sum_{x_i \in A_l} \sum_{x_j \in A_q} |r_{ij}|^r \right]^{1/r},$$

де m_l і m_q – число ознак, що становлять групи A_l і A_q відповідно, а позитивне число r вибирається дослідником; r_{ij} – коефіцієнт кореляції між ознаками p_i і p_j .

4. Вибрати різні міри близькості між об'єктами:
зважена евклідова відстань:

$$d(x_i, x_j) = \left[\sum_{k=1}^p w_k (x_{ki} - x_{kj})^2 \right]^{1/2};$$

узагальнена відстань Махалонобиса

$$D^2(x_i, x_j) = (x_i - x_j)^T \Omega^T W^{-1} \Omega (x_i - x_j).$$

5. Вибрати різні міри близькості між кластерами (K-узагальнена відстань за Колмогоровим) за формулою:

$$d_r^{(K)}(S_l, S_m) = \left[(n_l n_m)^{-1} \sum_{x_i \in S_l} \sum_{x_j \in S_m} d^r(x_i, x_j) \right]^{1/r},$$

де n_l і n_m – кількість об'єктів x_i (відповідно x_j) у кластерах S_l (відповідно S_m). Зокрема, при $r \rightarrow -\infty$ маємо відстань, що вимірюється за принципом "найближчого сусіда", при $r \rightarrow +\infty$ маємо відстань, які вимірюється за принципом "далекого сусіда", при $r=1$ маємо відстань, що вимірюється за принципом "середнього зв'язку" [1].

6. Використовувати різні алгоритми класифікації багатовимірних об'єктів на класи:

а) алгоритм "K-внутрішньогрупових середніх" [1], що мінімізує показник якості, обумовлений як сума квадратів відстаней усіх точок, що входять у кластерную область, до центра кластера. Якість роботи цього алгоритму залежить від числа обраних центрів кластерів і від вибору вихідних центрів кластерів;

б) алгоритм ISODATA [27], що у принципі аналогічний попередньому алгоритму, однак має додаткові евристичні процедури, що дозволяють одержувати кращу оцінку якості кластеризації. У цьому алгоритмі центрами кластерів служать вибіркові середні, обумовлені ітеративно;

в) "агломеративна ієрархічна процедура" [1], принцип роботи якої полягає у послідовному об'єднанні об'єктів, а потім і цілих груп спочатку найближчих, а потім усе більше й більше віддалених одна від одної;

г) алгоритм типу FOREL [28], що дозволяє методом послідовних наближень знаходити мінімальний радіус гіперсфери, що дає розбивка сукупності об'єктів на задане число класів.

7. Оцінити і зрівняти якість розбивки на кластери, використовуючи різних функціонали якості:

"середнє внутрішньокластерне розсіювання":

$$I_1(S) = \left[n^{-1} \sum_{i=1}^{k(S)} (\nu(x_i))^{-1} \sum_{x_l \in S(x_i)} d^r(x_i, x_l) \right]^{1/r};$$

"міра концентрації об'єктів, що відповідає розбивці":

$$I_2(S) = [Z_r(S)]^{-1} = \left[n^{-1} \sum_{i=1}^n (\nu(x_i)/n)^r \right]^{-1/r},$$

де d – метрика факторного простору; n – число об'єктів; $S(x_i)$ – кластер, що містить об'єкт x_i ; $\nu(x_i)$ – число елементів у кластері $S(x_i)$; $k(S)$ – число класів, що виходять при розбивці S ; r – числовий параметр, що обирається експертом;

різні комбінації функціоналів:

$$\alpha I_1(S) + \beta I_2(S);$$

$$[I_1(S)]^\alpha + [I_2(S)]^\beta,$$

де α й β – деякі позитивні числа, що обрані експертом [1].

7. Інтерпретувати й документувати результати кластеризації: на екран дисплея виводиться таблиця відстаней між центрами кластерів, таблиця дисперсій для одержання уявлення про відносне розташування образів усередині кластера та ін.

Така стратегія кластеризації дозволяє експертові одержати додаткову інформацію про число, форму й компактність кластерів, про

кількість центрів кластерів і їхніх координат, про відстань між кластерами та про розмірність "аномальних" кластерів.

На основі отриманих результатів експерт складає правила для БЗ.

У режимі консультації з користувачем система вибирає необхідні правила для формування алгоритму кластеризації.

Кожний метод або алгоритм кластеризації може застосовуватися в певній ситуації, що описується різною інформацією: поганим або гарним розташуванням об'єктів у просторі ознак, щільністю кластерів тощо.

Система "КАРКАС" має модуль інтелектуальної кластеризації багатовимірних даних, що використовується для виявлення кластерів [8].

Робота дедуктивної машини висновку системи полягає в тому, що вона переглядає й аналізує правила БЗ спочатку для визначення значення атрибута "відстань", потім для визначення стратегії і т. к. Основна мета консультації – це одержання значення для атрибута "кластеризація", тобто вибір процедур і підбір параметрів алгоритмів кластеризації за допомогою правил.

Атрибути БЗ.

Ім'я атрибута: Стратегія.

Яка структура або стратегія об'єднання кластерів?

Відповіді:

1. Компактні й однакові.
2. Щільні й рознесені.
3. Виділено центри.
4. Мінімально розсіяні.
5. Медіани кластерів.
6. Зважування кластерів.
7. Невідома.

Ім'я атрибута: Розщеплення.

Укажіть діапазон зміни параметра розщеплення кластерів (інтервал від 0 до 1).

Відповіді:

1. Уведення.
2. За замовчуванням дорівнює 0,5.

Ім'я атрибута: Ітерація.

Уведіть число ітерацій роботи процедури кластеризації.

Відповіді:

1. Уведення.
2. За замовчуванням (5).

Ім'я атрибута: Відстань.

Відстань між центрами кластерів.

Відповіді:

1. Уведення.
2. За замовчуванням (1).

Ім'я атрибута: Дисперсія.

Укажіть максимальний розкид об'єктів у кластерах.

Відповіді:

1. Уведення.
2. За замовчуванням (1).

Ім'я атрибута: Центр.

Використовувати відстань між кластерами.

Відповіді:

1. Так.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Аномальність.

Задайте розмірність "аномальних" кластерів.

Відповіді:

1. Уведення.
2. За замовчуванням (розмірність = 1).

Ім'я атрибута: Число.

Число кластерів відоме?

Відповіді:

1. Уведення.
2. Ні.

Ім'я атрибута: Ознаки.

Укажіть тип ознак.

Відповіді:

1. Кількісні.
2. Порядкові.
3. Бінарні.
4. Якісні.

5. Змішані.

Ім'я атрибута: Ступінь приналежності.

Укажіть ступінь приналежності об'єктів до кластерів (від 0 до 1).

Відповіді:

1. Уведення.

2. Ні.

Ім'я атрибута: Потужність.

Укажіть число об'єктів у кластері.

Відповіді:

1. Уведення.

2. Ні.

Правила БЗ для вибору процедури кластеризації.

Правило_1. А#.

ЯКЩО

А Ознаки = Кількісні

ТО

Метрика = Евклідова, к. у. п. = 1,0.

Правило_2. А#.

ЯКЩО

А Ознаки = Порядкові

ТО

Метрика = Інфімум, к. у. п. = 1,0.

Правило_3. А#.

ЯКЩО

А Ознаки = Бінарні

ТО

Метрика = Хеммінгова, к. у. п. = 1,0.

Правило_4. А#.

ЯКЩО

А Ознаки = Якісні

ТО

Метрика = Стандартизована, к. у. п. = 1,0.

Правило_5. А#.

ЯКЩО

А Ознаки = Змішані

ТО

Метрика = Не використовується, к. у. п. = 1,0.

Фрейм_6.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Вибір | Заміщення |

Метрика | Евклідова |

Число | Уведення |

Стратегія | Заміщення |

Цільовий слот.

Кластеризація | "Ієрархічна".

Фрейм_7.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Вибір | Заміщення |

Метрика | Інфімум |

Число | Уведення |

Стратегія | Заміщення |

Цільовий слот.

Кластеризація | "Ієрархічна".

Фрейм_8.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Вибір | Заміщення |

Метрика | Хеммінгова |

Число | Уведення |

Стратегія | Заміщення |

Цільовий слот.

Кластеризація | "Ієрархічна".

Фрейм_9.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Вибір | Заміщення |

Метрика | Стандартизована |

Число | Уведення |

Стратегія | Заміщення |

Цільовий слот.

Кластеризація | "Ієрархічна".

Фрейм_10.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
Вибір | Заміщення |
Метрика | Супремум |
Число | Уведення |
Стратегія | Заміщення |
Цільовий слот.
Кластеризація | "Ієрархічна".
Фрейм_11.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
Вибір | Заміщення |
Метрика | Евклідова |
Число | Ні |
Стратегія | Заміщення |
Цільовий слот.
Кластеризація | "Ієрархічна".
Фрейм_12.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
Вибір | Заміщення |
Метрика | Інфімум |
Число | Ні |
Стратегія | Заміщення |
Цільовий слот.
Кластеризація | "Ієрархічна".
Фрейм_13.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
Вибір | Заміщення |
Метрика | Хеммінгова |
Число | Ні |
Стратегія | Заміщення |
Цільовий слот.
Кластеризація | "Ієрархічна".
Фрейм_14.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування
Вибір | Заміщення |
Метрика | Стандартизована |

Число | Ні |

Стратегія | Заміщення |

Цільовий слот.

Кластеризація | "Ієрархічна".

Фрейм_15.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Вибір | Заміщення |

Метрика | Супремум |

Число | Ні |

Стратегія | Заміщення |

Цільовий слот.

Кластеризація | "Ієрархічна".

Фрейм_16.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Вибір | Заміщення |

Метрика | Не використовується |

Число | Ні |

Потужність | Заміщення |

Ступінь приналежності | Заміщення |

Цільовий слот.

Кластеризація | "Нечітке динамічне згущення".

Фрейм для вибору процедури нечіткого динамічного згущення поданий на рис. 5.1.

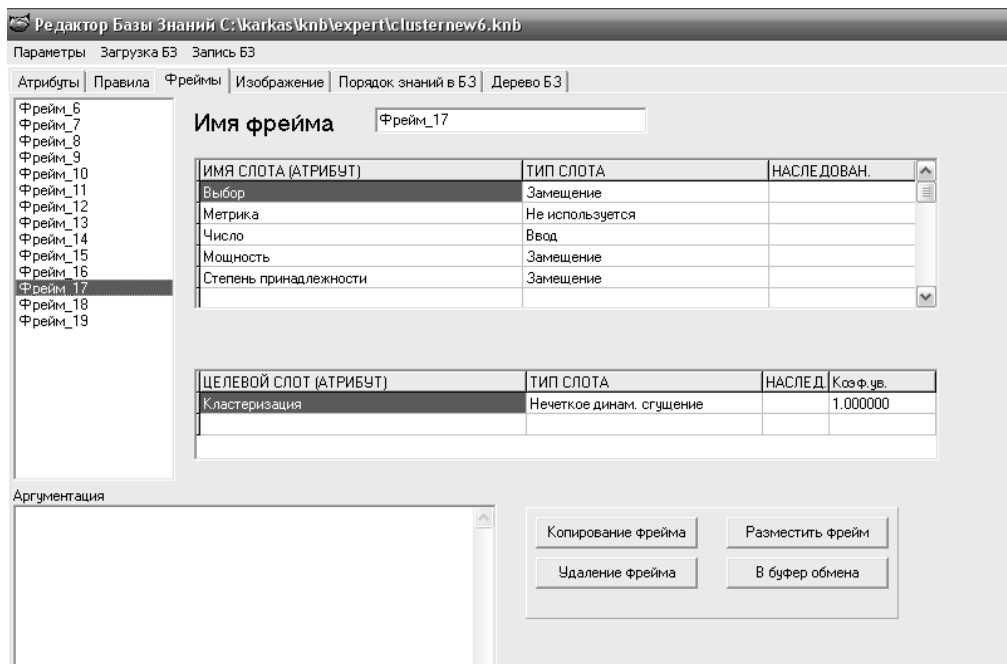


Рис. 5.1. Фрейм для вибору процедури нечіткого динамічного згущення

Фрейм_17.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Вибір | Заміщення |

Метрика | Не використовується |

Число | Уведення |

Потужність | Заміщення |

Ступінь приналежності | Заміщення |

Цільовий слот.

Кластеризація | "Нечітке динамічне згущення".

Фрейм_18.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Стратегія | Невідома |

Число | Ні |

Аномал | Заміщення |

Центр | Заміщення |

Цільовий слот.

Кластеризація | "К-внутрішньогрупових середніх".

Фрейм_19.

Ім'я слота | Тип слота | Спадкування

Стратегія | Невідома |
Число | Уведення |
Аномал | Заміщення |
Центр | Заміщення |
Дисперсія | Заміщення |
Відстань | Заміщення |
Ітерація | Заміщення |
Розщеплення | Заміщення |
Цільовий слот.
Кластеризація | "ISODATA".

Розділ 6. Мультиагентні технології в навчанні

Навчання з учителем засноване на алгоритмі заохочення й покарання. Самонавчання відрізняється від навчання тим, що тут про правильність рішення не повідомляється.

6.1. Адаптивна система навчання в системі "КАРКАС"

Адаптивна система навчання ґрунтується на використанні знань про навчальний процес (цілі та стратегії навчання) і про здатності учня для забезпечення:

керування зворотним зв'язком "учитель – учень" – аналіз рівня засвоєння знань і залежно від нього генерування наступного навчання;
індивідуального підходу в одержанні знань учнем;
якісного оперативного контролю знань із рейтинговою оцінкою рівня знань.

У зв'язку з тим, що дистанційне навчання (ДН) із застосуванням Web-технологій бурхливо й широко розвивається (з'явився широкополосний Інтернет), а парадигма ДН ґрунтується на самостійному вивченні контенту (теоретичного й практичного навчального матеріалу), то роль адаптивної системи навчання в сучасних умовах значно зростає.

Адаптивна система навчання містить як невід'ємну частину адаптивне тестування, тобто широкий клас методик тестування, що передбачають зміну послідовності пред'явлення завдань у самому процесі тестування з урахуванням відповідей випробуваного на вже пред'явлені завдання.

БЗ адаптованого навчання й тестування саме припускають відійти від прямолінійного навчання та тестування учня.

Процеси адаптивного навчання й тестування можна подати, як керовану логічним висновком консультацію.

При організації адаптивного навчання виникає ряд завдань як технічного, так і дидактичного характерів. З них найбільш складними є завдання дидактичного плану.

- надати знання студентам у прийнятній для них формі;

- забезпечити мотивацію студентів до навчання.

Адаптивні системи навчання, засновані на застосуванні елементів ШІ, додають наступні завдання:

- генерація контенту для навчання на основі знань того, кого навчають;

- вибір методу навчання на основі вже наявного рівня знань того, хто вчиться;

- виявлення антизнань (для керування стратегією навчання).

Для вирішення цих завдань використовуються різні методи подання знань, які добре зарекомендували себе в ШІ.

У ШІ для подання знань найпоширенішими конструкціями є семантичні мережі, фрейми, продукції, нейронні мережі.

Для побудови контенту виявляється зручною фреймо-продукційна модель подання знань, у якій кожна тема подається у вигляді фрейму, що містить слот змісту теми, слот питань для тесту, слот лабораторного практикуму.

Для створення такої системи необхідно:

- вибрати модель подання знань контенту;

- розробити БЗ і засоби її наповнення;

- розробити стратегію оцінки знань студентів.

Така спеціалізована адаптивна система навчання дозволяє здійснювати аналіз знань учня, визначати впорядковану сукупність

відомих йому, зрозуміти й обчислювати рейтингову оцінку знань того, кого навчають.

Адаптивна система навчання системи "КАРКАС" містить наступні компоненти:

- машину висновку для забезпечення навчання;
- машину висновку для адаптивного тестування;
- аналізатор помилок учня.

Адаптивна система включає ряд моделей як навчання, так і учня.

Модель навчання характеризується наступними параметрами:

- педагогічна оцінка навчання;
- типи помилок під час виконання контрольних завдань;
- час виконання контрольних завдань;
- потреба в допомозі при виконанні завдання.

Моделі учня характеризується такими параметрами:

- психологічний тип поведження учня;
- рівень інтелектуального розвитку учня;
- рівень підготовленості до досліджуваного предмета;
- мотивація.

На початку навчання кожен студент проходить реєстрацію й авторизацію в системі. Оскільки всі люди за своїми психофізіологічними особливостями діляться на екстравертів і інтровертів, то моделі навчання для них різні. Тому для вибору відповідної моделі навчання кожному студентові пропонується пройти тест на визначення психологічного типу (тест Айзенка). На основі результатів тесту студент попадає в один із восьми кластерів психологічного типу: гіперсангвінік, сангвінік, гіперхолерик, холерик, гіперфлегматик, флегматик, гіпермеланхолік, меланхолік [6; 9; 15].

На рис. 6.1 наведено скриншот системи "КАРКАС" під час тестування психофізіологічних особливостей студентів.

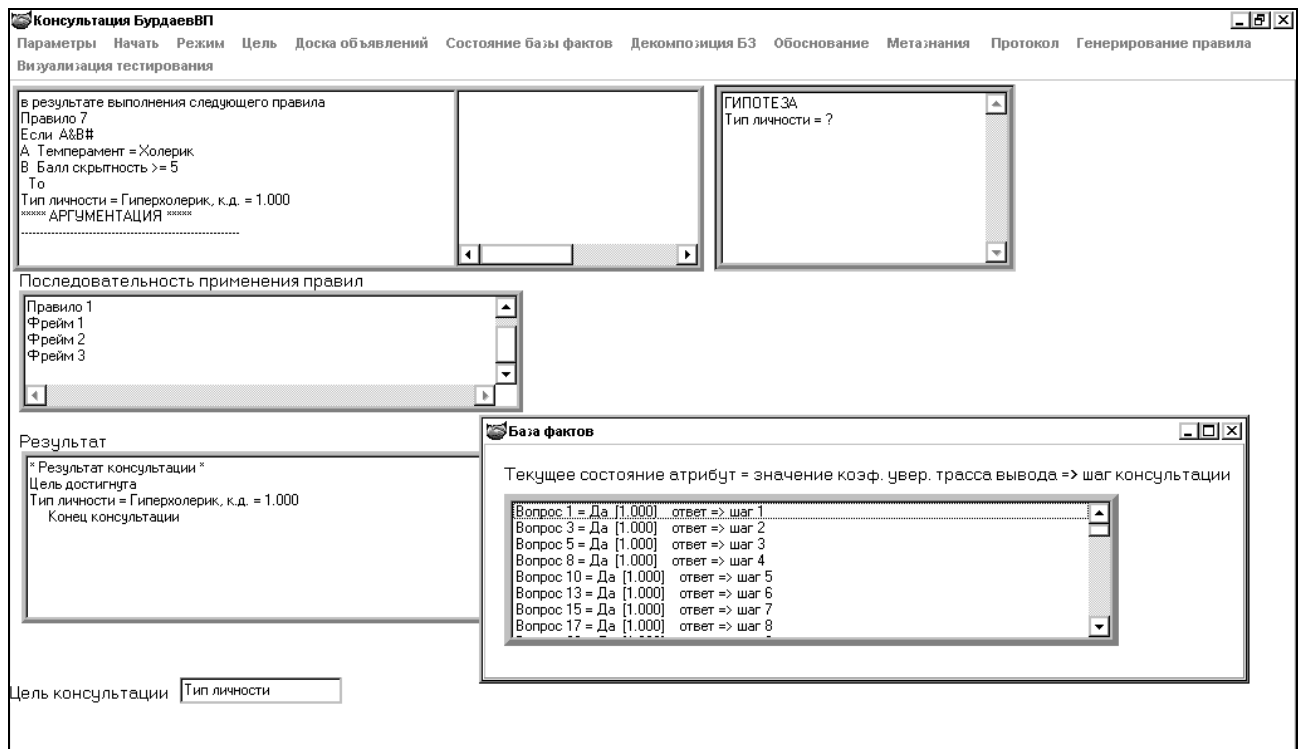


Рис. 6.1. Визначення психофізіологічних особливостей студентів у системі "КАРКАС"

БЗ для визначення психофізіологічних особливостей студентів містить дванадцять продукцій і три фрейми.

Далі студент тестується з метою обчислення коефіцієнта інтелектуального рівня IQ.

У результаті тестування студент одержує початкову оцінку, що є основою для розрахунку подальшого його рейтингу при навчанні.

Відповідно до кластерів психологічного типу кожен студент прикріплюється до відповідної моделі навчання.

Наприклад, для гіперсангвініка модель навчання враховує наступні параметри:

готовність звернутися до допомоги при вивченні контенту (аргументовані відповіді вчителя);

застосування flash-анімації для задоволення емоційних сплесків;

завдання для навчання й тестування повинні містити практичний характер (індуктивний метод навчання).

Для гіперфлегматика модель навчання характеризується такими параметрами:

спокійні методики навчання;

тестування за часом повинне бути більш тривалим, ніж у екстравертів;

завдання для навчання й тестування витримані в більш абстрактних термінах (дедуктивний метод навчання).

Отже, в результаті попереднього тестування кожен студент буде займатися за своєю моделлю навчання.

На першій контрольній точці студент тестується на рівень придбаних знань і обчислюється його рейтингова оцінка. Підсумкова інформація про навички, вміння вирішувати завдання й теоретичні знання студента надається в деканат в електронному вигляді.

Перша контрольна точка з начальної дисципліни "Системи штучного інтелекту" призначена для оцінки знань студента з розробки онтології предметної області для прототипу ЕС.

У результаті аналізу помилок студента здійснюється корекція його моделі навчання.

Друга контрольна точка призначена для оцінки знань студента з розробки БЗ і її тестування в системі "КАРКАС".

Адаптивність навчання полягає в тому, що на кожній контрольній точці відбувається підбір моделі навчання залежно від рівня знань, що показує студент. Зазначимо, що модифікуються такі параметри моделі, як послідовність, глибина й форми надання контенту.

Система "КАРКАС" під час спілкування зі студентом формує індивідуальну його траєкторію навчання на основі оцінок, одержуваних ним під час проходження контрольних точок. Такі траєкторії зберігаються в базі даних системи й можуть бути використані як для статистичного аналізу успішності студентів, так і для коректування моделей навчання.

Зауваження 6.1. Особливо цікава точка біфуркації, коли у процесі навчання система пропонує змінити модель навчання.

Під час навчання й тестування системою формується ряд показників для контролю знань:

оцінка стосовно правильних відповідей;

погрішність відповіді (оцінка стосовно неправильних відповідей);

дельта – зважена оцінка (різниця між першими двома оцінками);

експертна оцінка (шкала оцінок підбирається вчителем і залежить від обсягу засвоєного контенту учнем (табл. 6.1);

рейтингова оцінка;

агрегуюча оцінка.

Таблиця 6.1

Шкала експертних оцінок

Відсоток від обсягу засвоєного контенту	Оцінка
0 — 10	1
11 — 15	2
16 — 20	3
21 — 35	4
36 — 44	5
45 — 59	6
60 — 65	7
66 — 72	8
73 — 79	9
80 — 87	10
88 — 93	11
94 — 100	12

Для інтерпретації оцінок учня використовуються різні діаграми, які формуються під час тестування при проходженні студентом контрольної точки. Приклад діаграм оцінок наведений на рис. 6.2. Значимо, що за кожним питанням наведена статистика на вибір варіантів відповідей.

У системі "КАРКАС" для кращої візуалізації результатів тестування використовуються модифіковані "обличчя Чернова". "Обличчя Чернова" – це стилізоване людське обличчя, що використовується для графічного відображення стану багатовимірного об'єкта. Кожен із конструктивних параметрів обличчя відповідає одній відповіді на запитання в ході тестування. Використовуються наступні параметри:

овальна форма обличчя – при правильній відповіді, у протилежному разі – прямокутна;

очі відкриті – при правильній відповіді, у протилежному разі – закриті;

ніс, вуса, губи, вуха, брови, вії, волосся присутні при правильних відповідях, у противному разі – відсутні або неповністю рисуються на зображенні обличчя;

борода присутня при неправильних відповідях.

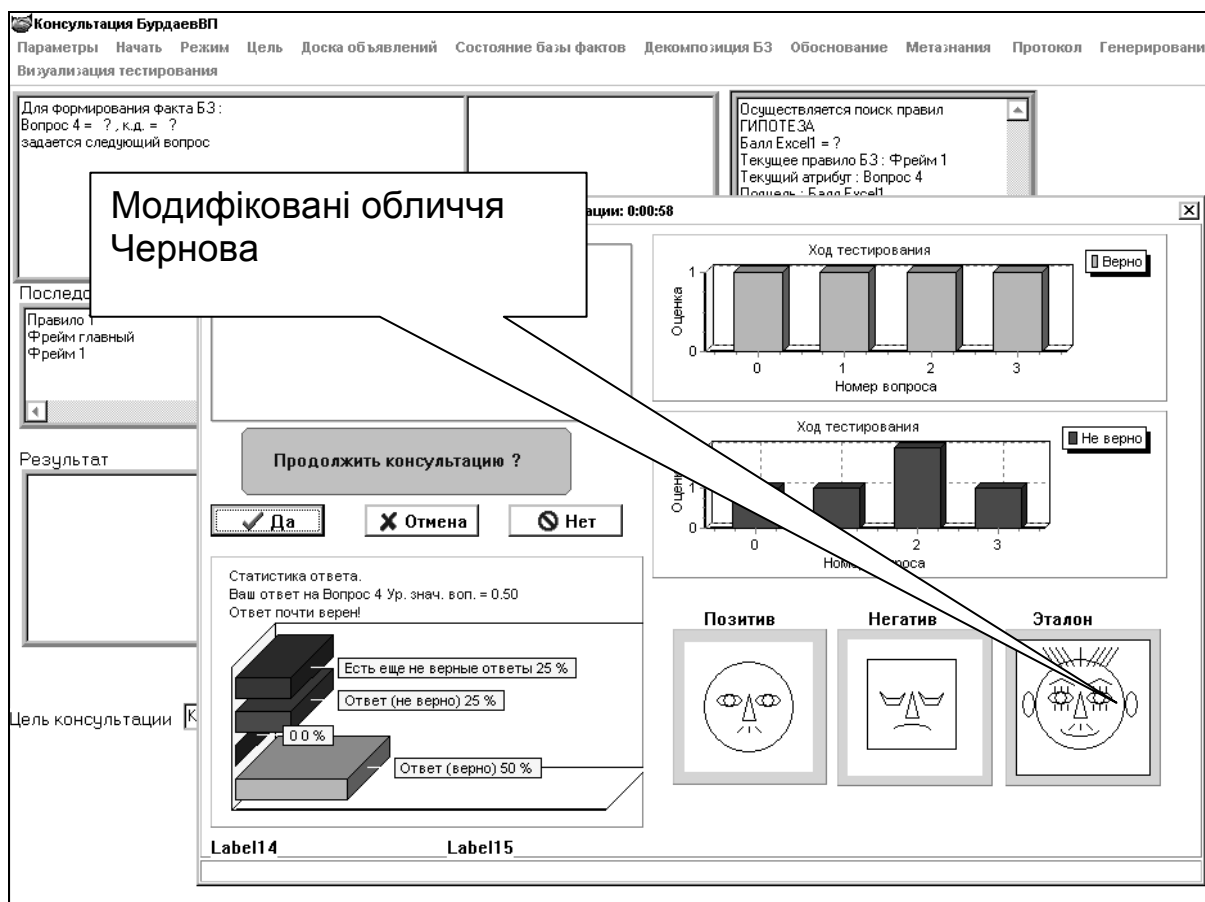


Рис. 6.2. Діаграми оцінок

Эталон – цей рисунок відображає ситуацію, в якій при тестуванні правильно обрані всі варіанти відповідей на запитання.

Позитив – цей рисунок відповідає поточному стану варіантів правильно обраних відповідей. Він повинен бути максимально заповнений, тобто відповідати еталону.

Негатив – цей рисунок відповідає поточному стану варіантів не правильно обраних відповідей.

Машина висновку навчання використовує БЗ для прийняття рішень у ситуаціях при виконанні завдань студентом. Висновок ґрунтується на зворотному ланцюжку міркувань (break tracing).

БЗ навчання містить продукції, які відображають моделі учня, типові помилки того, кого навчають.

Для придбання й закріплення навичок і вмінь система "КАРКАС" має тренувальний режим, що дозволяє студентові самостійно придбати знання з навчальної дисципліни "Системи штучного інтелекту" і підготуватися до модульного контролю. Доступ до системи в режимі тренінгу відкритий у лабораторних класах обчислювального центру Харківського національного економічного університету.

6.2. Клієнт-серверна технологія експертної навчальної системи для мереж Інтернет та Інтранет

Архітектура "клієнт-сервер" складається з наступних компонентів: сервер, що виконує запити клієнта;

клієнт, який надає інтерфейс користувача, що посилає запити до сервера й одержує відповідь від нього;

мережне комунікаційне програмне забезпечення, що здійснює взаємодію між клієнтом і сервером.

Використання клієнт-серверної технології дає певні переваги при побудові ЕС:

база знань зберігається на сервері й, отже, необхідність її відновлення однократна;

база знань може бути доступна іншим додаткам, а перевага для експертно-навчальних систем (ЕНС) полягає ще й у тому, що можна зберігати контент на сервері й на ньому відслідковувати статистику навчання.

Клієнт-серверні ЕС і ЕНС для мереж Internet/Intranet дозволяють розширити можливості їхнього застосування в дистанційному навчанні.

Комп'ютерна система "КАРКАС" дозволяє розробляти прототипи ЕС, а також може бути використана для адаптованого тестування й навчання студентів по локальній мережі [6; 7; 9; 12; 14; 15].

Основними компонентами "КАРКАС" є наступні: редактор БЗ; машини логічного висновку (прямий, зворотний, непрямий висновок, формула Байєса); підсистема пояснення; аналізатор тесту; модуль викладача; компонента навчання (рис. 6.3).

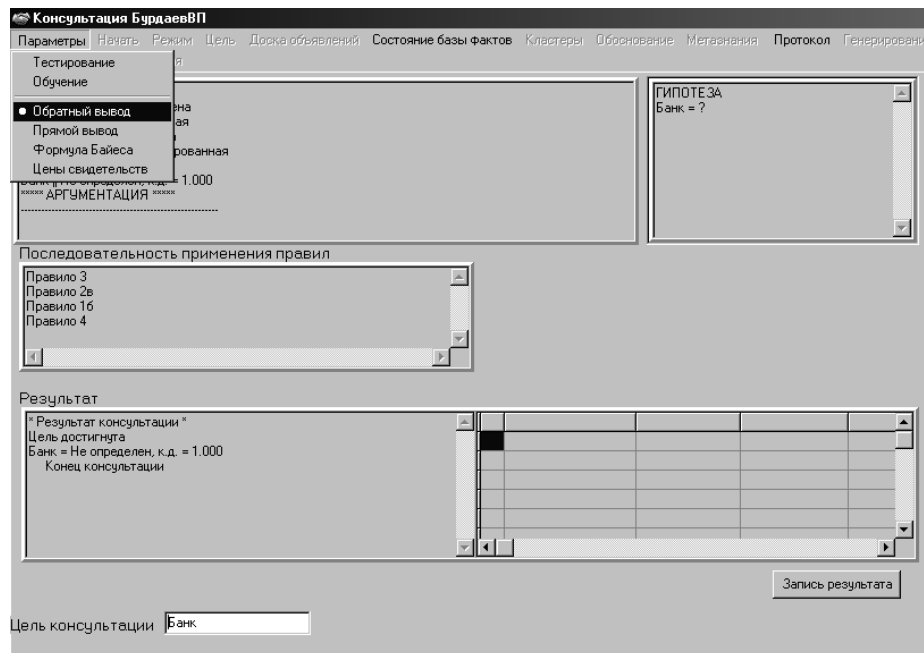


Рис. 6.3. Режим wyboru машини висновку: зворотний висновок

Основне завдання системи "КАРКАС" – це надання можливості придбання студентом знань, умінь, навичок з розробки БЗ і створення прототипів ЕС самостійно, а також для того, кого навчають, тестування.

Спроби застосування мережних технологій побудови ЕС і ЕНС для мереж Internet/Intranet обговорювалися, наприклад, у джерелах [21; 36]. У цих роботах пропонується розміщувати компоненти ЕС: БЗ, логічний висновок, систему пояснення на сервері, а діалоговий інтерфейс реалізовувати на клієнтській машині. Є принаймні п'ять важливих причин, які перешкоджають реалізації клієнт-серверних (розподілених) ЕС:

1. Конструктивні елементи компонентів ЕС не відособлені один від одного.
2. БЗ – це не база даних, для яких існують потужні СУБД (Oracle, InterBase, MySQL і так далі), що використовують SQL-запити.

3. Багатокористувальницький доступ до БЗ для редагування просто не припустимий.

4. Логічний висновок і специфіка створення БЗ (різні способи подання знань) не сприяють необхідності об'єднання їх у єдину систему. Нагадаємо, що для Symantec Web розроблений ряд мов описів, Web-сервісів, але дотепер немає ніяких пропозицій щодо реалізації логічного висновку.

5. Програмне забезпечення інструментальних засобів для побудови ЕС і БЗ є ексклюзивним та дорогим.

Можна, звичайно, розмістити ЕС на Web-сервері для завантаження на клієнтську машину за посиланням download і оновлювати її на сервері, але це не клієнт-серверне рішення.

Аналогічно можна стверджувати і про використання триланкової архітектури "клієнт-сервер" (сервер – CORBA – клієнт), коли БЗ розміщується на сервері додатків і подається у вигляді правил бізнес-рішень.

Також не підходять технології "тонкого клієнта" (БЗ, логічний висновок, система пояснення розташовується на сервері, а діалог з ЕС підтримується як на сервері, так і на клієнті) та "товстого клієнта" (БЗ, логічний висновок, система пояснення розташовується на клієнтській машині, а діалоговий інтерфейс підтримується клієнтом і сервером).

Зазначимо, що БЗ ЕС є інтелектуальною власністю й не може бути доступна для вільного використання. А навчальні БЗ варто розміщувати на Web-сервері, щоб будь-який користувач зміг проаналізувати, як працює ЕС, і вдосконалити свої знання про предметну область.

Не слід забувати про навантаження на сервер у пікових ситуаціях. Жоден провайдер не віддасть сервер тільки для функціонування ЕС, оскільки реакція користувача при консультації або поясненні непередбачувана. А це важливі моменти функціонування ЕС (консультації можуть тривати від декількох хвилин до кількох годин).

Зовсім інша справа – це розробка ЕНС для мереж Internet/Intranet.

ЕНС – це комп'ютерна система, побудована на основі знань експертів предметної області (кваліфікованих викладачів, методистів, психологів), що здійснює й контролює процес навчання. Призначення такої системи полягає в тому, що вона, з одного боку допомагає

викладачеві навчати й контролювати студентів, а з іншого (студентам самотійно навчатися).

Основними компонентами ЕНС є наступні: БЗ; машина висновку; модуль навчання; система пояснення; модуль "навчальне тестування".

Як правило, БЗ містить:

психодіагностичні правила для ідентифікації психологічних типів тих, кого навчають;

дидактичні прийоми для навчання. Правила становлять накопичені знання викладачів з оцінки знань тих, кого навчають;

правила навчання. Такі правила змінюють послідовність пропонованих завдань контенту. Ця послідовність є функцією багатьох змінних: психологічний тип того, кого навчають, рівень навчання, того, кого навчають, рівень складності завдання, кількість проходження навчання;

правила адаптованого тестування.

Зауваження 6.2. У результаті проведених досліджень за допомогою системи "КАРКАС" встановлено, що інтроверти краще порівняно з екстравертами показують результати в навчанні (навчальна дисципліна "Системи штучного інтелекту").

У зв'язку з викладеним із приводу розподілених ЕС, для навчання й тестування рекомендується використовувати технологію "товстого клієнта", тобто коли всі компоненти ЕНС перебувають на клієнтській машині, а на сервер передаються результати навчання й тестування. І не треба побоюватися проте, що результати можуть бути замінені з огляду на сучасні можливості шифрування протоколу з вилученням сервером.

Чому саме така технологія?

Відомо, що близько 80% усієї сприйманої людиною інформації – це зорова. Тому мультимедійні технології (аві-файли) є пріоритетними при навчанні. Якщо їх розташовувати й запускати на сервері – це величезне навантаження на сервер як наслідок, зростає трафік до величезних розмірів.

Концепція навчання в системі "КАРКАС". Програмна реалізація модуля навчання системи "КАРКАС" заснована на використанні клієнт-серверної технології на основі програмування сокетів. При цьому

система реалізує клієнт-серверну взаємодію: "товстий клієнт" – "тонкий сервер", тобто серверна частина реалізує тільки доступ до ресурсів системи (ідентифікація студента, установлення зв'язку з ним і одержання оцінок тесту від нього), а основна частина додатка (машини висновку, пояснення, навчання, БЗ) перебуває на клієнті.

Інакше кажучи, система працює і як сервер, і як клієнт. Залежно від постановки завдання має три режими функціонування:

1) у випадку розробки БЗ система працює як звичайна оболонка для створення ЕС;

2) у випадку навчання студентів у локальній мережі один із комп'ютерів мережі оголошується робочим місцем викладача, на якому відслідковується процес навчання. На інших комп'ютерах система працює в режимі навчання. Результати навчання транслюються на комп'ютер викладача. Контент навчання подається на локальному порталі;

3) у випадку адаптованого тестування система використовує сокети для передачі статистик (оцінки, помилки тих, хто тестується, образу робочого стола того, хто тестується) на комп'ютер викладача.

На відміну від ЕС для побудови БЗ ЕНС залучаються не тільки експерти-викладачі, а й використовуються знання про педагогічні прийоми і стратегії навчання, про психологічні особливості особистості. Тому модулі знання формуються багатьма експертами. І тут варто брати до уваги погодженість думок експертів і робити тонке настроювання бази знань, що враховує компетентність експертів. Звичайно, ці труднощі можна обійти, якщо є експерт, що поєднає у собі знання фахівця з предметної області, знання про тактику і стратегію навчання та що володіє психологічними прийомами навчання, тобто висококваліфікований викладач.

Система пояснення результатів навчання й тестування дуже важлива, оскільки вона підсилює довіру того, кого навчають, або того, хто тестується до системи. Як уже згадувалося вище, є два споконвічних питання: чому і як. Наприклад, коли ЕНС ставить запитання, то той кого навчають, може поцікавитися чому поставлена запитання, або якщо система виставила оцінку, то тому, кого навчають, хочеться одержати аргументовану відповідь, як система прийшла до такого рішення.

Залежно від того, як система впорається з такими запитаннями, той кого навчають, або погодиться з оцінкою, або не повірить наведеному поясненню.

Пояснення й аналіз помилок того, кого навчають (зворотний зв'язок “учитель – учень”), є складною проблемою комп'ютерного навчання. Одним із способів одержання пояснення є підготовлені заздалегідь пояснення. Інакше кажучи, прогнозуються типові помилки на запитання й на вирішення завдань, і у випадку їхнього виникнення під час процесу навчання пред'являються тому, кого навчають. Другий спосіб полягає в тому, що при аналізі відповідей пояснення впливає з них, і за отриманими відповідями визначається знання тих, кого навчають, предмета вивчення. Інакше кажучи, будується база антизнань, що дозволяє за допомогою машини висноаку дати розгорнуте пояснення результатам навчання й тестування.

У методичному плані система "КАРКАС" реалізує психолого-педагогічні й дидактичні основи навчання за допомогою модуля викладача, що включає наступні компоненти:

- формування мотивації до навчання;
- вивчення дисципліни, навчання, самонавчання;
- тестування й система пояснення;
- поточний і результуючий контролі.

Компонент навчання становить комплекс програмних модулів, що реалізують різні механізми висновку для досягнення педагогічної мети в навчанні. Побудова діалогу будується на основних психологічних принципах навчання:

- дружній інтерфейс;
- вихід з діалогу в будь-який момент;
- своєчасна й мотивована допомога.

Інший підхід до вирішення завдання створення клієнт-серверних ЕНС полягає у використанні мультиагентної технології, що забезпечує керування студентом у процесі індивідуального навчання.

6.3. Мультиагентні системи в навчанні

Один із сучасних перспективних напрямків у ШІ – це застосування мультиагентних технологій для управління складними системами, такими, як розподілений пошук інформації в Інтернеті, керування виробництвом, дистанційне навчання.

Сучасні комп'ютерні Інтернет-технології ДН ґрунтуються на необхідності побудови систем, що складаються з набору компонентів, функціонуючих як незалежно, так і узгоджено для досягнення однієї загальної мети. Такі системи називають мультиагентами (МАС), а їхні компоненти – агентами [3; 14; 22; 46].

Основа цього підходу при створенні МАС у навчанні полягає в конструюванні комп'ютерної системи як сукупності, наприклад, що впливає на агентів:

- контента;
- учителя;
- учня;
- аналізатора контролю знань.

Таким чином, усі управління навчальним процесом здійснюються колективом агентів, що адаптується під конкретного учня і дбає про його мету навчання.

Програмний агент становить об'єкт, що здатний аналізувати ситуацію, приймати рішення, спілкуватися з іншими агентами, інформувати систему, учителя й учня про результати їх дій.

Кожен з агентів має свою БЗ і використовує свій логічний висновок.

Контент подається у вигляді семантичної мережі, де у вершинах розташовані фрейми, що акумулюють знання навчальної дисципліни, а дуги вказують на відносини між ними.

Агент контенту управляє вмістом навчальної дисципліни: темами лекцій, лабораторним практикумом, індивідуальними й самостійними завданнями.

Агент учителя підбирає модель "учитель – учень" відповідно до педагогічної мети навчання, виробляє стратегію й тактику в навчанні на основі повідомлень агентів учня й аналізатора контролю знань. Наприклад, підтримує наступні розповсюджені моделі:

- послідовне представлення контенту;

представлення контенту за його рівнем складності;
вибір учнем контенту під час навчання;
адаптоване представлення контенту залежно від ступеня рівня знань
учня.

Агент учня маніпулює знаннями про учня, відслідковує рівень стану знань учня, його інтереси в навчанні, класифікує тип учня й підраховує рейтинг його знань.

Агент пояснення формує під час процесу навчання систему підказок, необхідних для роз'яснення термінів учневі.

Агент адаптивного навчання ґрунтується на використанні знань про навчальний процес (мету та стратегії навчання) і про здатності учня для забезпечення:

управління зворотним зв'язком "учитель – учень" – аналіз рівня засвоєння знань і залежно від нього генерування наступного навчання;
індивідуального підходу в одержанні знань учнем;
якісного оперативного контролю знань із рейтинговою оцінкою рівня знань.

Агент адаптивного тестування реалізує різні методики тестування, наприклад, що передбачають зміну послідовності пред'явлення завдань у самому процесі тестування з урахуванням відповідей випробуваного на вже пред'явлені завдання.

БЗ агентів адаптованого навчання й тестування саме припускають відійти від прямолінійного навчання та тестування учня.

Агент аналізатора контролю знань дозволяє здійснити аналіз знань учня, визначити впорядковану сукупність відомих йому, зрозуміти й обчислити рейтингову оцінку знань того, кого навчають.

Агент дошки-оголошення (blackboard) аналізує повідомлення від інших агентів і вибирає метаправила для управління процесом навчання.

Активно взаємодіючи один з одним, такі агенти здатні забезпечити якісно інший рівень навчання учня (рис. 6.4).

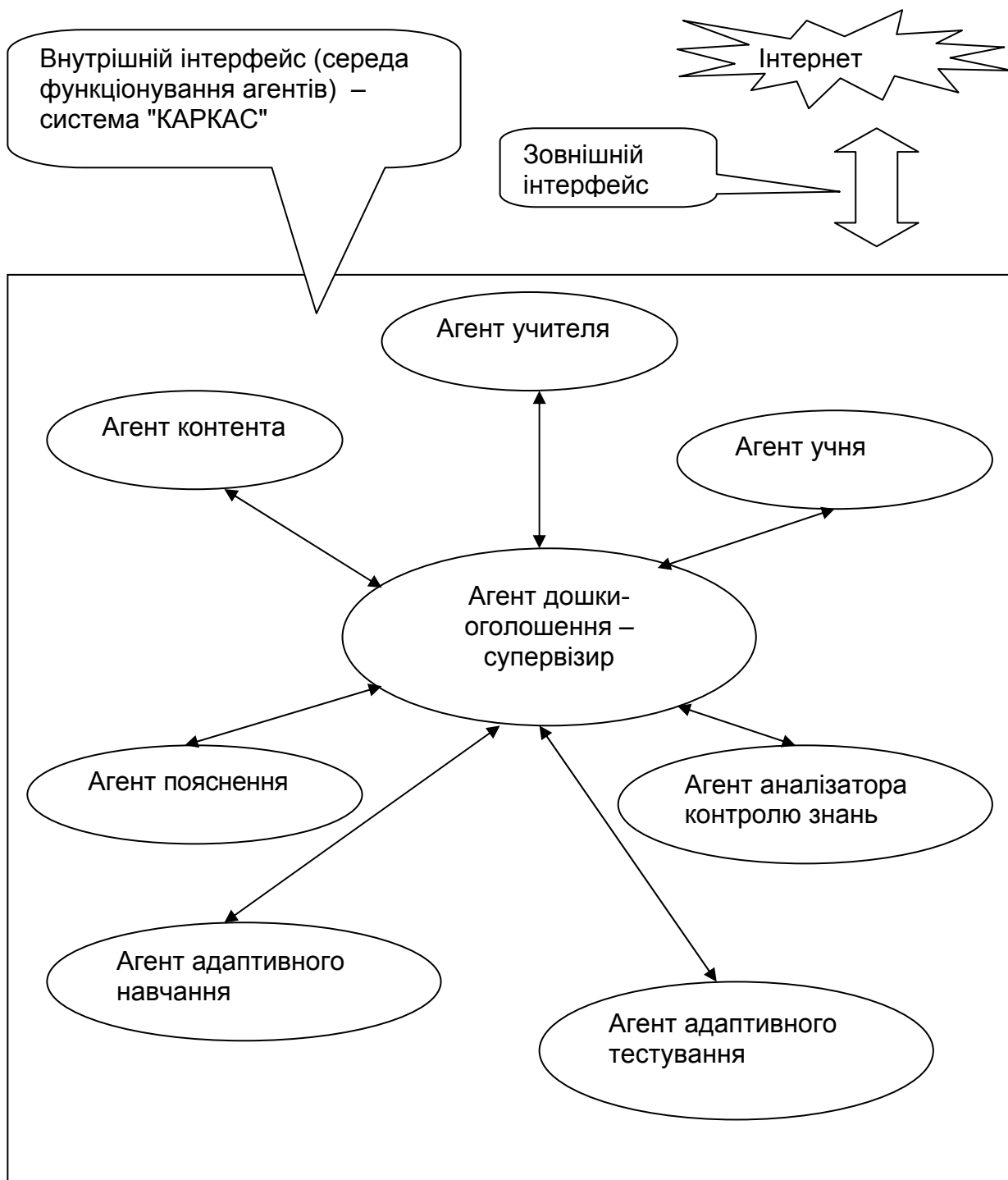


Рис. 6.4. Середовище функціонування агентів системи "КАРКАС"

Таким чином, у ДН пропонується використовувати мультиагентну систему з централізованим керуванням, де як центр управління навчальним процесом виступає агент дошки-оголошення.

Основним ключовим моментом у мультиагентній системі є реалізація контенту, від якого залежить якість у навчанні.

Застосовуючи технологію Macromedia Flash, можна додати деяким програмним агентам (учителеві, учневі) анімовані образи, що збільшить мотивацію учня до навчання й активізує його сприйняття контенту.

6.4. Модуль викладача системи "КАРКАС"

Компоненти модуля викладача моделюють функції викладача, тобто забезпечують процес засвоєння знань. До складу модуля також входить програма "Монітор", за допомогою якої викладач може контролювати роботу тих, кой навчають, на своєму робочому місці [13; 15].

У мережному варіанті система "КАРКАС" діє в такий спосіб. У навчальному класі (ОЦ) на кожному з комп'ютерів інсталюється система "КАРКАС". Як моніторинг тестування вибирається, наприклад, десятий комп'ютер, за яким буде працювати викладач або асистент. У режимі монітора викладача встановлюється з'єднання з кожним із комп'ютерів ОЦ. У результаті установки з'єднання з комп'ютерами ОЦ з'являється активний список користувачів, які можуть приступити до навчання й тестування.

При установці з'єднання програми "Монітор" викладача з комп'ютером студента останньому комп'ютеру повідомляється IP-адреси комп'ютера викладача, для того щоб наприкінці тестування система переслала по мережі оцінки і протокол тестування (рис. 6.5).

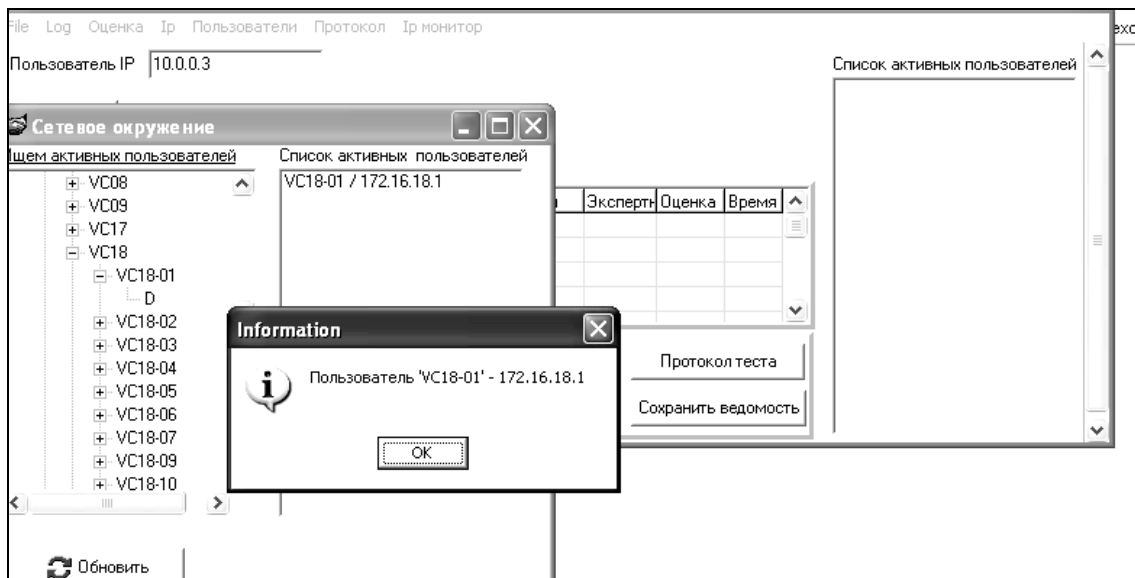


Рис. 6.5. Установка з'єднання з комп'ютером у локальній мережі

У випадку, якщо в результаті колізій у мережі результат тестування не з'являється в таблиці, викладач за допомогою пункту меню "Оцінка" може одержати ці результати. Потім заповнюються поля форми програми "Монитор": дисципліна, прізвище викладача, факультет, курс, група – і натискається кнопка "Зберегти відомість".

Програма "Монитор" викладача надає також і наступні можливості для контролю тестування й навчання студентів:

сканувати робочий стіл активного користувача. Це дозволяє викладачеві в режимі реальної часу контролювати, як студент працює за комп'ютером;

одержати список запущених програм на комп'ютері студента і якщо буде потреба заблокувати непотрібні програми (пункт меню "LOG");

одержати оцінки тестування і протокол тестування;

установити з'єднання з комп'ютером мережі за його IP-адресою;

просканувати локальну мережу і знайти активних користувачів для роботи із системою "КАРКАС";

Кнопка "Зберегти відомість" призначена для створення відомості тестування у вигляді файлу MS Excel.

За допомогою кнопки "Протокол тесту" всі протоколи тестування, отримані від локальних комп'ютерів, збираються в один файл MS Excel,

який можна записати на CD-диск. Отже, можна зберігати в електронному вигляді всі оцінки і протоколи тестування за багато років, а потім зробити статистичні дослідження з метою поліпшення процедур тестування (стратегії, запитання, відповіді, коефіцієнти значущості запитань) – це дозволить адаптувати тестування до студентського контингенту.

У 2004 – 2009 навчальних роках навчання й тестування проводилося в декількох групах першого курсу фінансового факультету, факультету міжнародних економічних відносин, старших курсів факультету економічної інформатики. І як результат такої процедури – студенти в групах, які навчалися й тестувалися таким чином, більш успішно здали іспит як з навчальної дисципліни "Інформатика й комп'ютерна техніка", так і з навчальної дисципліни "Системи штучного інтелекту" (рис. 6.6).

начать Режим Цель Доска объявлений Состояние базы фактов Кластеры Обоснование Метазнания Протокол Генерирование правила

Визуализация тестирования

Квалификация = ? [1.000]
в результате выполнения следующего правила
Правило 1
Если A#
A Оценка [] 0..4
То
Квалификация = ?, к.д. = 1.000
***** АРГУМЕНТАЦИЯ *****

ГИПОТЕЗА
Квалификация = ?

Протокол

Погрешность ответов = 6
Оценка с учетом значимости вопросов = 4
Экспертная оценка = ЕДИНИЦА (1)
Ваша оценка равна 2

Результат консультации

*** КАРКАС *** Уважаемый коллега Пользователь
Время консультации => 0:04:21
Ваша оценка составляет:
Оценка по отношению к верным ответам = 10
Погрешность ответов = 6
Оценка с учетом значимости вопросов = 4
Экспертная оценка = ЕДИНИЦА (1)
Ваша оценка равна 2

Аргументация оценки теста

№	Вопрос	Значи	Ответы верны	Ответы не	Ответы пол
1	Вопрос 162	1.00	1	2 3	3
2	Вопрос 153	1.00	1	2 3	2
3	Вопрос 121	0.80	1	2 3	1 3 2
4	Вопрос 160	0.50	1	2 3	2

Не пусто
Цель консультации Квалификация Фамилия Пользователь Label6 Запись результата

/4/ ЕДИНИЦА (1) /2/

Рис. 6.6. Результаты тестування й аргументація оцінки тесту

У системі "КАРКАС" є можливість вирішення практичних завдань у MS Excel. У питанні формується ситуаційне завдання, наприклад, на складні відсотки, пошук рішення оптимізаційного завдання, через OLE-технологію викликаються об'єкти MS Excel, де відбувається вирішення завдання. У цільовий осередок заноситися результат вирішення ситуаційного завдання. Потім здійснюється повернення в "КАРКАС" і подальша процедура тестування.

Для конструювання стратегії тестування в системі "КАРКАС" призначений пункт меню "Параметри тестування". Доступ до цього режиму санкціонований – викладач повинен ввести пароль (рис. 6.7).

<input type="checkbox"/> верные ответы показываются всегда	Время для ответа на вопрос в секундах (0..360)	60
<input type="checkbox"/> верные ответы показываются при F1	Максимальный балл для оценки (5..12)	12
<input type="checkbox"/> ответы скрыть	Порог для выбора значимости вопроса (0..1)	0.40
<input type="checkbox"/> скрыть варианты ответов	Стратегия тестирования 5 10 15 20 25 30	5
<input type="checkbox"/> студент		

Рис. 6.7. Параметри для навчання й тестування

Призначення параметрів тестування наступне:

правильні відповіді показуються завжди – призначений для того, щоб під час тестування або навчання були зазначені правильні відповіді;

правильні відповіді показуються при <F1> – призначений для того, щоб під час тестування користувач зміг побачити правильні відповіді при натисканні на клавішу;

відповіді сховати – призначений для того, щоб під час тестування користувач не зміг побачити відразу всю сукупність відповідей. Текст відповідей з'являється тільки у випадку, коли курсор миші встановлений на полі тексту відповіді. Цей параметр дозволяє зменшити ймовірність

вибору відповіді шляхом порівняння варіантів відповідей, використовуючи метод виключення неправильні відповідей;

сховати варіанти відповідей – призначений для того, щоб під час тестування користувач навіть при варіантах відповідей, коли тільки один з них правильний замість радіокнопок з'являється чекбокси;

студент – призначений для того, щоб автоматизувати процес вибору випадковим чином запитань по темі "Excel". Тут формується тест за шістьма темами з випадковою вибіркою за п'ятьма запитаннями з кожної теми. Користувач вводить своє прізвище й відповідає на запитання. Наприкінці тесту він повідомляє викладача, що тестування закінчив. Викладач за допомогою програми "Монітор" одержує файли оцінок і протоколу консультації, потім формує відомість оцінок;

час відповіді на запитання в секундах (0,...,360) – дозволяє встановити час в секундах із зазначеного діапазону для відповіді на запитання;

максимальний бал для оцінки [5,...,12] – дозволяє встановити бал для оцінки результату тестування;

поріг для вибору значущості питання [0,...,1] – дозволяє під час тестування не враховувати запитання, в яких значущість менше встановленого порога;

стратегія тестування 5 10 15 20 25 30 – дозволяє вибрати кількість запитань для формування тесту з теми "Excel".

Для того щоб параметри були активними, їх треба зберегти (кнопка "Зберегти"). Значення параметрів перебувають у поточній папці "КАРКАС" – ім'я файлу karkas.dat.

Для того щоб установити параметри, які були записані, варто натиснути кнопку "Завантажити".

Вихід із цього режиму – закрити вікно "Параметри навчання й тестування".

6.4. Модуль тестування системи "КАРКАС"

Сучасні тести в Інтернеті мають на меті сертифікацію того, хто тестується, й побудовані на виборі декількох варіантів відповідей із запропонованих, і результати тестування формуються на підрахунку правильних і неправильних відповідей. Такі тести не підходять для навчання.

У системі "КАРКАС" використовуються наступні можливості для тестування того, кого навчають:

- створювати тести;

- проводити тестування як на окремому комп'ютері, так і по локальній мережі;

- за кожному тестуванням складати детальний протокол і застосовувати засоби для аналізу результатів тестування;

- автоматично формуватися файли протоколів і відомостей результатів тестування, які можуть бути використані для зберігання інформації про контрольну точку модульного контролю;

- працювати в інтеграції з пакетом Microsoft® Office (Word, Excel, PowerPoint);

- використовувати підказки й навчальні блоки у роботі з нею (презентації в стилі MS PowerPoint, Macromedia Flash);

- набудовувати індивідуальні стратегії для тестування:

 - вибір різних тем;

 - складання за темами;

 - випадковим чином формування запитань для тестів;

 - використання коефіцієнтів значущості запитань;

 - адаптування тестів під час тестування як убік підвищення значущості запитань, так і у протилежний;

- наочна графічна інтерпретація тестування: діаграми поточної оцінки, діаграми розподілу правильних і неправильних відповідей, діаграми статистики відповідей, модифіковані "обличчя Чернова" для оцінки результатів тестування;

 - для оцінки тесту формувати ряд показників:

 - оцінка стосовно правильних відповідей;

 - погрішність відповіді;

 - загальна оцінка;

 - експертна оцінка;

заклучна оцінка;

БЗ з тестування та база даних (запитання й відповіді) мають захист від несанкціонованого доступу й копіювання;

тести формуються динамічно відповідно до стратегій викладача й правил БЗ.

Викладач може адаптувати тест для студента за допомогою генерування правил тесту (рис. 6.8).

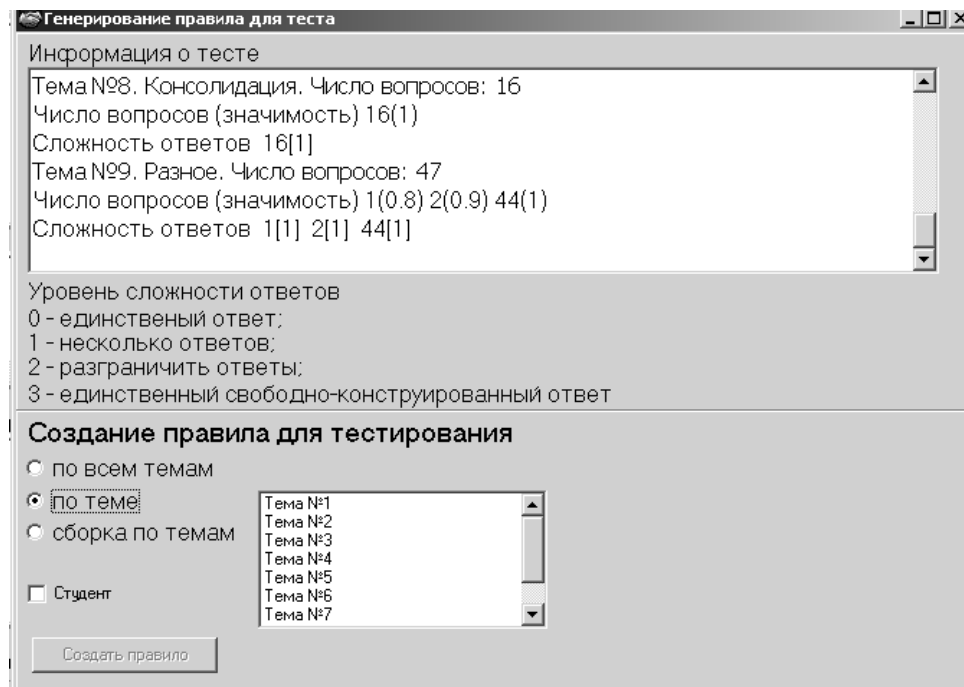


Рис. 6.8. Адаптування тесту за допомогою генерування спеціального правила БЗ

У системі "КАРКАС" можна виділити наступні режими роботи:

режим експерта-викладача;

режим навчання;

режим тестування.

Зовнішній вигляд завантажника системи для виклику режиму тестування подано на рис. 6.9.

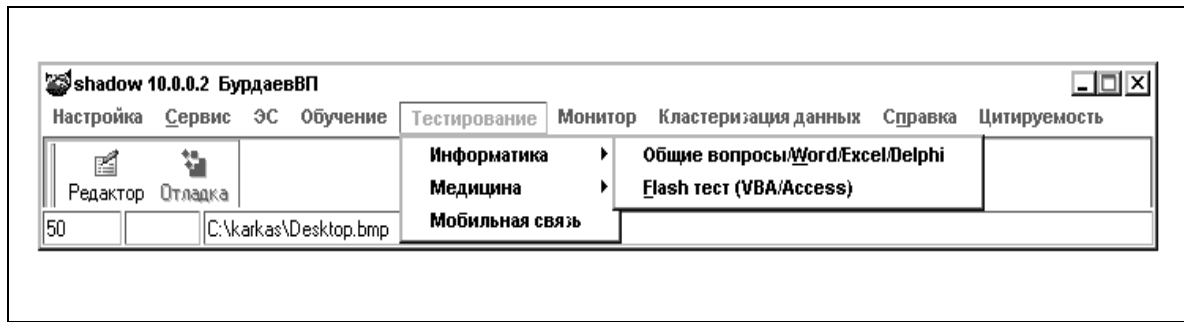


Рис. 6.9. Зовнішній вигляд завантажника системи "КАРКАС" для тестування

Призначення режиму експерта-викладача – це підготовка модулів знань для навчання й тестування. Для подання знань використовуються продукції та фрейми. Зовнішній вигляд редактора БЗ подано на рис. 6.10.

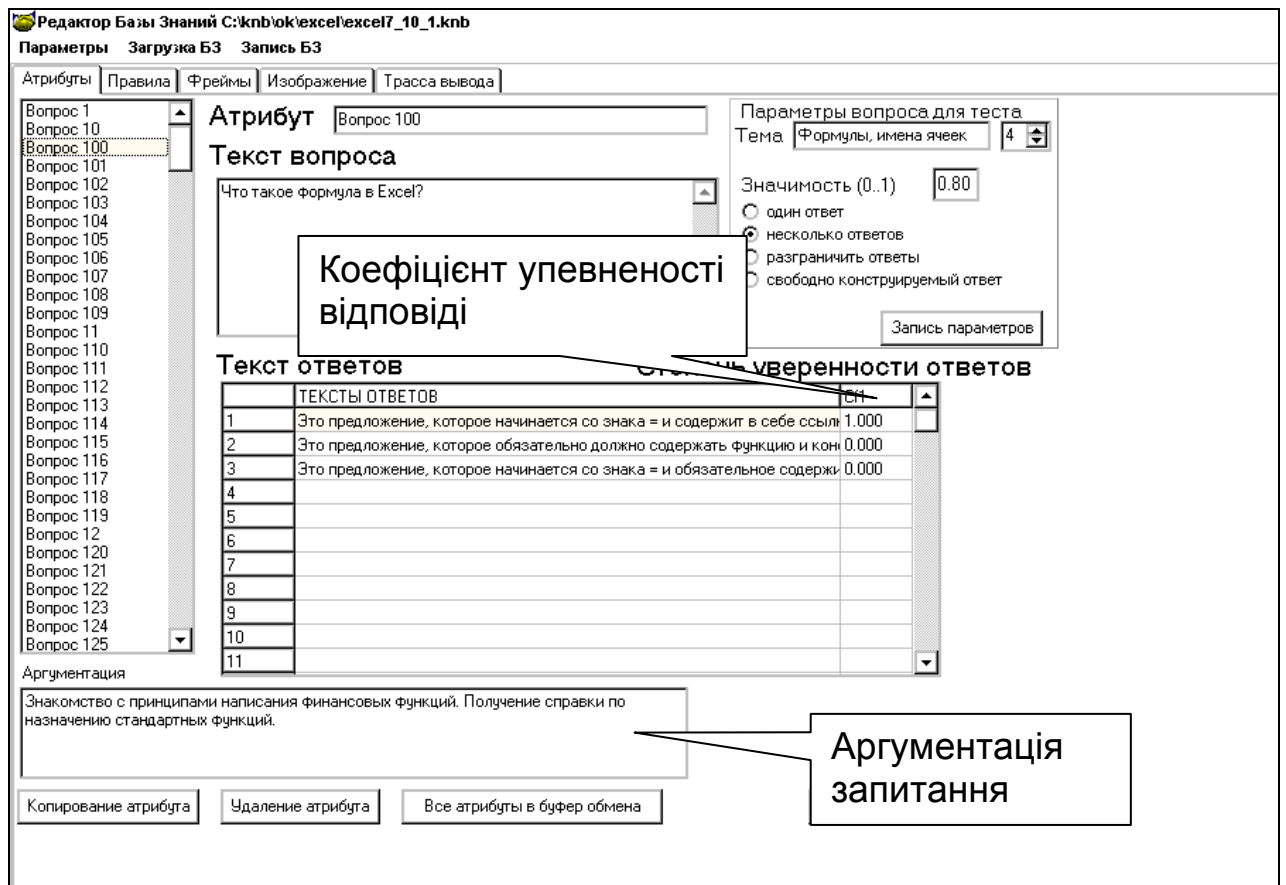


Рис. 6.10. Редагування запитання й відповідей у системі "КАРКАС"

Для кожного запитання тесту можна задати наступні параметри, за якими відбувається настроювання стратегії тестування і їх кластеризація по темами.

Параметри атрибута:

тема, до якої ставитися запитання;

номер теми;

значущість атрибута (дійсне число від 0 до 1), що пропоставляється експертом або групою експертів з урахуванням їх компетентності;

структура відповіді:

можлива тільки одна правильна відповідь;

кілька правильних відповідей;

розмежування відповідей (розподілити правильні відповіді на дві, або три гіпотези);

вільно конструйована відповідь (відповідь уводиться користувачем або вибирається зі списку ключових слів);

дихотомічна відповідь;

відповідь, формована за допомогою маркерів на зображенні;

конструйована відповідь;

кожне запитання може бути забезпечене аргументованим текстом, що використовується, наприклад, при поясненні студентові важливості запитання.

Для зручності редагування запитань і відповідей модуль редактора БЗ містить ряд сервісних кнопок: копіювання атрибута, видалення атрибута, копіювання всіх атрибутів у буфер обміну, завантаження зображення. Такі ж сервісні функції є в кожного атрибута й викликаються за допомогою контекстного меню.

Структура відповіді в тесті може бути різноманітна, тому для збереження параметрів атрибута служить кнопка "Запис параметра" (рис. 6.10).

Традиційний тест становить список запитань із варіантами відповідей, серед яких можуть перебувати правильні відповіді. Частка правильних відповідей стосовно всіх правильних варіантів відповідей тесту визначає оцінку знань того, хто тестується. При цьому варіант відповіді дихотомічний – має статус правильної або неправильної

відповіді. За допомогою такого підходу важко оцінити повноту знань того, хто тестується. Для вирішення цієї проблеми застосовують нечітку логіку, тобто варіант відповіді оцінюється за допомогою функції приналежності. Інакше кажучи, всі варіанти відповідей є правильними, і їхня правильність оцінюється функцією приналежності, що приймає значення з діапазону $[0, 1]$. Якщо варіант відповіді правильний, то $\mu = 1$, відповідно, якщо варіант відповіді неправильний, то $\mu = 0$. Отже, неповне знання характеризується числом від 0 до 1.

Існують вільно конструйовані відповіді на запитання, тобто відповідь є правильним, коли той, хто тестується правильно розподілив значення функції приналежності між елементами відповіді (елементи відповіді утворюють повну групу подій).

Використання нечіткої логіки приводить до поняття нечіткого тесту.

Нехай n — кількість запитань у тесті; q_i — коефіцієнт значущості i -го запитання; μ_{ij} — значення функції приналежності для j -го варіанта відповіді на i -іє запитання (точність j -го варіанта можливої відповіді), тоді значення правильності відповідей на всі запитання тесту обчислюється за формулами:

у випадку вибору одного або декількох правильних відповідей зі списку відповідей:

$$E_1 = \sum q_i \times \mu_{ij};$$

у випадку вибору вільно конструйованої відповіді:

$$E_2 = \sum q_i \times (\sum \mu_{ij}),$$

де $i = 1, \dots, n$, $j = 1, \dots, m$, тут m – число елементів відповіді.

Оцінка того, хто тестується визначається як частка його правильних відповідей до всіх правильних відповідей тесту:

$$E = (E_1 + E_2) / E_{\max},$$

де $E_{\max} = \sum q_i$.

Використання коефіцієнтів значущості запитань дозволяє виділити з безлічі запитань тесту найбільш істотні, видалити малозначні запитання й тим самим спростити тест за кількістю запитань.

Застосування значущості відповідей дозволяє визначити повноту як знання, так і незнання. Просте вгадування відповідей або використання методу виключення для вибору варіантів відповіді в нечітких тестах не приводить до бажаного результату. Саме в таких тестах проявляються знання того, хто тестується [17].

Для кращого розуміння запитання, крім аргументації, можна використовувати закладку "Зображення". У системі "КАРКАС" з кожним запитанням може бути пов'язаний рисунок, на якому кольоровими маркерами або винесеннями відзначені можливі варіанти відповідей (рис. 6.11).

Наприклад:

Питання 41. Значущість запитання: 1,0. Як видалити з потокового осередку його формат?

Відповіді:

1. За допомогою вибору послідовно команд *Виправлення* — *Очистити* — *Формат*.

2. Викликати команду *Виправлення* з основного меню й вибрати команду *Видалити*.

3. Нажати на клавішу *Delete* на клавіатурі.

4. Установити на ній курсор миші, натиснути на праву клавішу і з меню вибрати команду *Очистити вміст*.

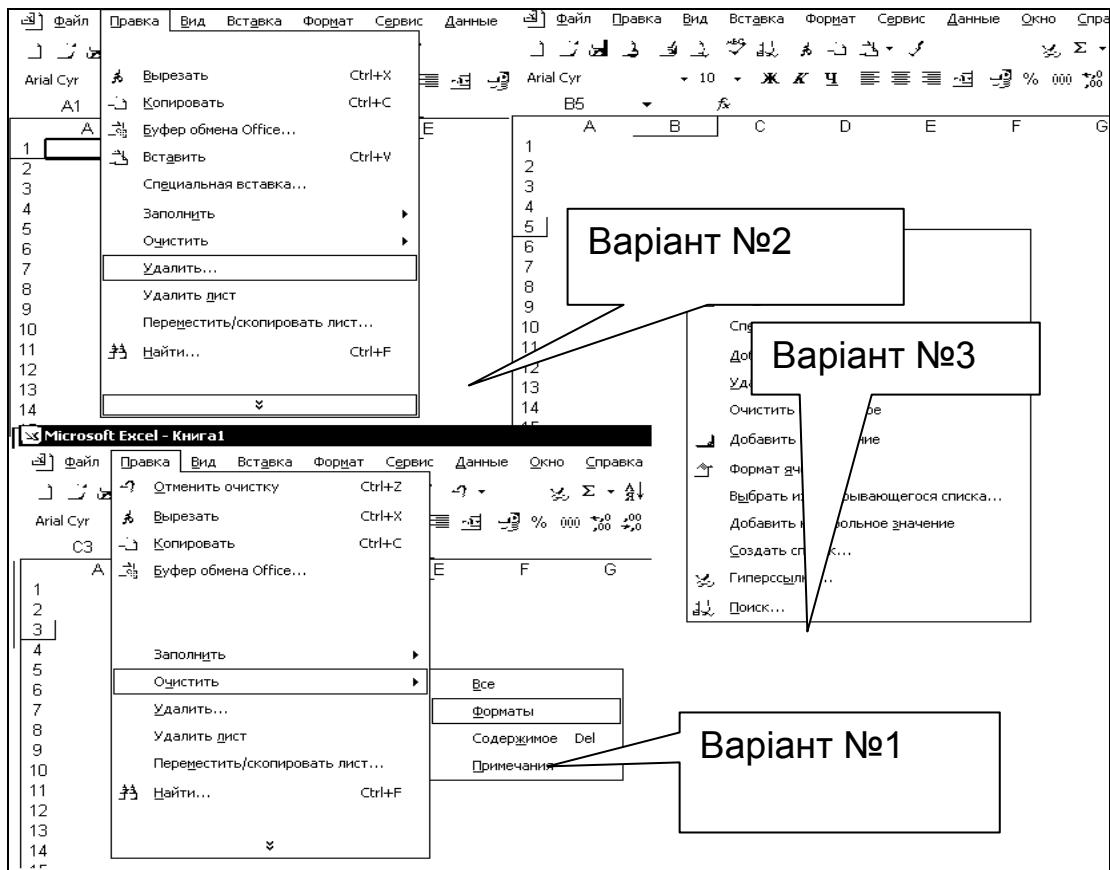


Рис. 6.11 Рисунок з асоційованим запитанням

Режим навчання, призначений для адаптивного інтерактивного навчання, має різного рівня підказки і є можливість переглянути поточну оцінку.

Кнопка "База фактів" призначена для аналізу відповідей того, кого навчають (рис. 6.12).

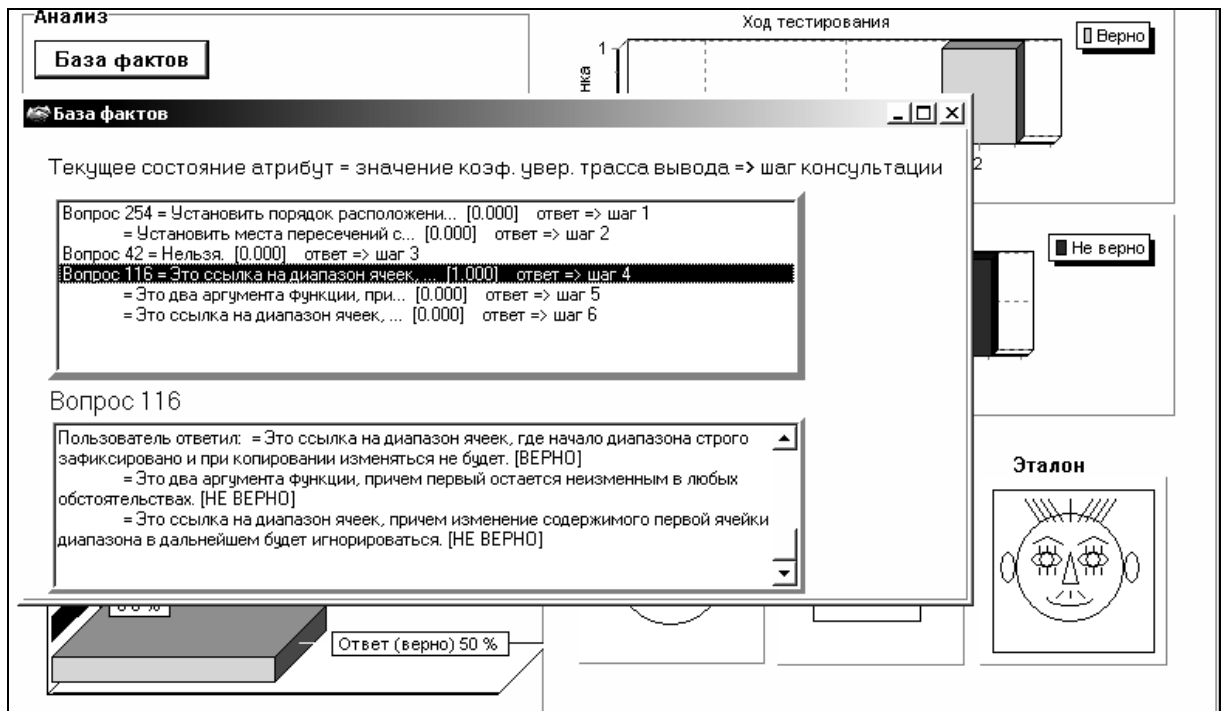


Рис. 6.12. Аналіз відповіді користувача на запитання (пояснення "Як")

Режим тестування призначений для контролю знань. Він дозволяє вибрати різні стратегії тестування, тобто формування й подання запитань користувачеві, які встановлюються за допомогою параметрів тестування та навчання.

Загальний вигляд вікна при постанову запитання під час тестування подано на рис. 6.13.

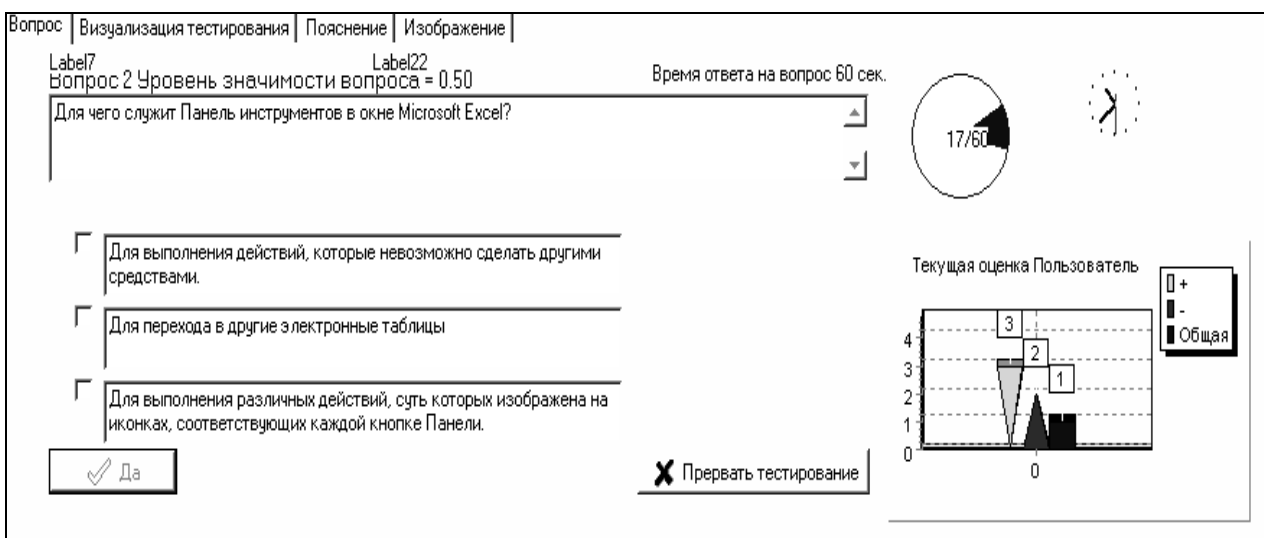


Рис. 6.13. **Діалогове вікно при відповіді на запитання**

Варіанти відповідей можуть бути сховані. У такому випадку той, кого навчають, або той, хто тестується, одночасно не може переглядати всі відповіді на запитання, що не дозволяє йому методом правдоподібного виключення вгадати правильну відповідь. Оскільки йому доводиться для аналізу відповідей весь час переміщати курсор миші між вікнами варіантів відповіді, вибір відповіді в цьому випадку гарантує, що користувач вибрав відповідь відповідно до його рівня знань.

У системі "КАРКАС" є й найпоширеніший метод вибору відповіді, коли всі відповіді представлені користувачеві одночасно.

Стандартний варіант результату тестування подано на рис. 6.14.

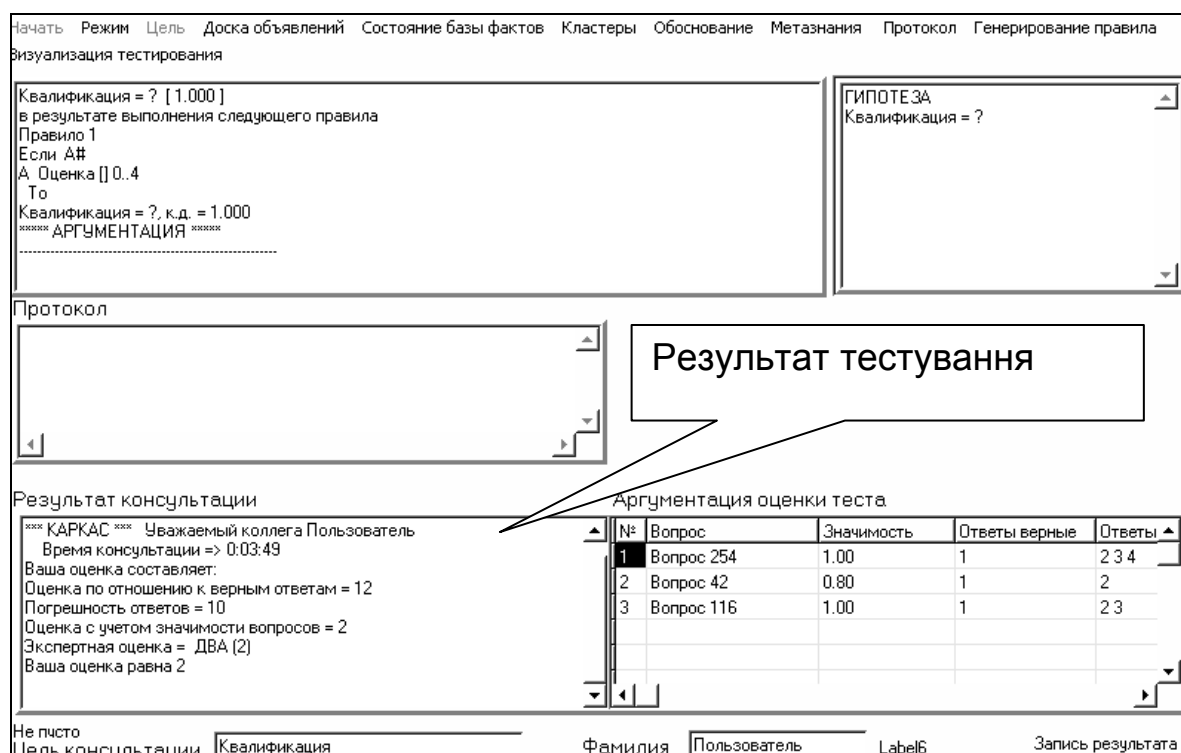


Рис. 6.14. **Стандартний варіант результату тестування**

Процес тестування протоколюється, і протокол може використовуватися для аналізу знань того, хто тестується.

6.6. Модель навчання системи "КАРКАС"

Парадигма сучасного процесу ДН ґрунтується на самостійному вивченні тим, хто навчається, теоретичного і практичного матеріалу [4; 9].

Рівень придбаних знань у ДН оцінюється, як правило, за допомогою різного роду тестів.

У цій парадигмі істотним недоліком є відсутність кваліфікованих викладачів, методистів, психологів, що здійснюють і контролюють процес навчання які у традиційній моделі "учитель – учень".

Для того що б усунути такий недолік, для допомоги в навчальній пропонується використовувати навчальні системи (НС).

Навчальна система містить ряд компонентів:

електронні підручники й енциклопедії, призначені для ілюстрації змісту досліджуваного предмета;

тестові програми, що служать для контролю й корекції знань тих, кого навчають;

ЕНС, засновані на знаннях висококваліфікованих викладачів і експертів навчальної дисципліни;

друковані матеріали: конспекти лекцій, навчальні посібники, методичні розробки до лабораторних робіт.

Зв'язки зі швидким розвитком Інтернет-технологій перетворять комп'ютерні навчальні технології у сфері освіти. І може здатися, що традиційну модель навчання "учитель – учень" можна не використовувати. Але, як доводить практика, живе спілкування вчителя й учня, а також учнів у групі ніяка комп'ютерна система навчання не замінить. А це немаловажний фактор у навчанні.

Процес засвоєння знань тими, кого навчають, може бути розбитий на кілька етапів.

Формування мотивації учня до навчання. На цьому етапі завдання вчителя полягає в тому, щоб виявити значущість досліджуваного предмета, визначення його зв'язків з іншими науковими дисциплінами. Тут може бути використане програмне забезпечення, що дозволить продемонструвати цікаві факти і явища, що становлять предмет вивчення. На цьому етапі роль учителя як організатора і провідника нових знань дуже велика.

Подання нового контенту й засвоєння знань. Для цього використовуються мультимедійні модулі навчальної системи, які яскраво й ефективно можуть відображати логіку та динаміку досліджуваного контенту. Учитель за допомогою електронних підручників і тестуючих програм забезпечує індивідуальну роботу учнів. На цьому етапі учень самостійно й у власному темпі вивчає основні положення контенту. Така форма навчання та контролю засвоєних знань є високорезультативною й дозволяє вчителю відслідковувати й коректувати процес засвоєння знань. Для самостійного та додаткового вивчення контенту предмета вчитель пропонує учневі електронні підручники, а для контролю засвоєних знань застосовуються тестуючі програми. Тестуючі програми в основному використовуються для досліджуваного матеріалу, що може бути виражений у короткій і визначеній формі. Комп'ютерні програми забезпечують візуальну підтримку роботи вчителя й дають уявлення про хід засвоєння знань учнями.

Результуюча перевірка знань. Тут варто використовувати ЕНС, які пропонують не тільки тести зі складними рівнями, але й ситуаційні завдання. Учитель на даному етапі контролює не лише загальний зміст засвоєного контенту, вміння учнів вирішувати типові завдання, але й здатність учня застосовувати засвоєні знання у вирішенні творчих завдань. У ході підсумкового контролю учень може висловити власні нетрадиційні погляди на предмет вивчення, вирішити завдання своїм оригінальним способом. Часто зустрічається випадок, коли учень надає правильну логіку рішення завдання, але робить помилки в обчисленнях внаслідок неуважності. У такій ситуації комп'ютерна програма побачить тільки неправильний результат рішення. І тільки вчитель зможе провести загальний аналіз дій учня, зробити висновки про те, наскільки точно й міцно засвоєні знання, дати учневі конструктивні поради на майбутнє.

Отже, у сучасних комп'ютерних технологіях навчання роль учителя зводиться не тільки до того, щоб закласти свої знання в комп'ютерну систему, але й до того, щоб брати активну участь у самому процесі засвоєння знань учнями, а комп'ютерна програма може допомогти вчителю зібрати статистику за процесом навчання, виконати аналіз бази даних результатів навчання.

Розглянемо концепцію навчання, реалізовану у прототипі ЕНС "ПАТФІЗ" [19], що показала себе дуже ефективною й надійною в навчанні студентів за наступними розділами:

- патологічна фізіологія кровообігу;
- патологічна фізіологія червоної крові;
- патологічна фізіологія білої крові.

Тому що:

по-перше, система дозволяє студентам згадати вихідний рівень знань за курсом нормальної фізіології;

по-друге, вона допомагає вирішувати й більш складні завдання;

по-третє, система дозволяє працювати також і в режимі самоконтролю того, кого навчають, для виявлення пробілів знань основ патологічної фізіології.

Загальна структура комп'ютерної технології навчання ґрунтується на методі поетапної деталізації й активізації знань.

Перший етап. Створюється текст природною мовою, в якому викладається навчальний матеріал. Цей текст може містити рисунки, таблиці, графіки, формули й т. д.

Другий етап. Полягає у структуризації й класифікації текстів з метою створення списків запитань для того, кого навчають. Інформація заноситься за допомогою інструментарію системи (редактор для запитань і відповідей) у базу даних (БД). Критерії класифікації можуть бути як змістовними (за структурою навчального матеріалу), так і формальними (за типом навчальних матеріалів: текст, рисунок, таблиця й т. д.).

Третій етап. Формується БЗ навчального призначення. Спочатку виділяються об'єкти предметної області і їхніх атрибутів, потім встановлюються відносини між об'єктами, таким чином, формуються кластери знань. При цьому залучається інформація, що втримується в БД: з одного боку, встановлена раніше класифікація використовується для виділення об'єктів і їхніх атрибутів; з іншого – елементи БД застосовуються як атрибути об'єктів БЗ. Інструментальні засоби, що підтримують цей процес (редактор правил і фреймів), дозволяють створювати й обновляти БЗ навчального процесу.

Четвертий етап. На цьому етапі відбувається об'єднання різних кластерів знань для створення єдиної стратегії навчання й контролю

(використовується "дошка – оголошення"). Формується ієрархія правил і фреймів для роботи машини висновку.

Розглянемо докладніше організацію комп'ютерної технології навчання в системі "ПАТФІЗ". У предметній області було виділено шість рівнів навчання, які розташовані в міру підвищення складності пропонованого навчального матеріалу. Кожен рівень має свій коефіцієнт значущості, який позначимо через γ . Якщо є необхідність, то рівень може бути розбитий на кілька кластерів, які переслідують певні цілі навчання. Було запропоновано чотири типи оцінок для контролю знань.

Перший рівень навчання. На першому рівні навчання використовується модуль ілюстративно-пояснюва типу для ознайомлення того, кого навчають, з контентом, робота якого полягає в наступному. Система видає на екран дисплея послідовність запитань, відповіді яких містять правильну інформацію.

Експерт має можливість не тільки здійснювати показ інформації окремо по червоній і білій крові, але й може перемішувати запитання, що ставляться до червоної й білої крові.

Коефіцієнт значущості рівня дорівнює 0 ($\gamma = 0$).

Другий рівень навчання (контроль із вибіркоvim навчанням). Система відповідно до правил, що складені експертом, ставить запитання й надає кілька відповідей на нього, одна із яких правильна. Наприклад, система ставить запитання.

Чи пригнічує дозрівання еритроцитів при дефіциті еритропоетина?

Відповіді:

1. Ні.
2. Так.

Зауваження 6.3. Якщо використовується режим контролю, то система при виборі правильної відповіді не звертається до попереднього запитання, а задається відразу наступне запитання.

Зауваження 6.4. На цьому рівні застосовуються запитання, які мають дихотомічні відповіді (правильно або неправильно).

Усього для кластера червоної крові є 30 запитань, а для кластера білої крові – 24 запитання. Коефіцієнт значущості рівня дорівнює 0,4 ($\gamma = 0,4$).

Цей рівень навчання має очевидні недоліки. Навчання тут строго запрограмоване, той, кого навчають, вибирає відповідь із обмеженого набору відповідей на запитання, що точно сформульована системою.

Третій рівень навчання (із частково контрольованою відповіддю). На цьому рівні навчання тому, кого навчають, пред'являється кілька елементів, із частини яких може бути складена правильна відповідь. Інший варіант навчання полягає в тому, що той, кого навчають, повинен вибрати зі списку відповідей кілька правильних відповідей. Розглянемо цей рівень на прикладі кластера кровообігу.

Система ставить запитання:

При яких патологічних процесах підвищується внутрішньочерепний тиск?

Відповіді:

1. Колапс.
2. Грип.
3. Енцефаліт.
4. Менінгіт.
5. Міозит.
6. Черепно-мозкова травма.
7. Струс головного мозку.
8. Перикардит.
9. набряк головного мозку.

Можна переконатися, що із поданих фрагментів легко сконструювати відповідь на різні діагнози. Тут правильна відповідь складається з наступних елементів: номери відповідей 3, 4, 6, 7, 8, 9.

Для того щоб контролювати ступінь знання предмета, вводяться наступні чотири типи оцінок:

- позитивна оцінка;
- негативна оцінка;
- загальна оцінка;
- експертна оцінка.

Нехай N^+ число правильних відповідей у кластері, N^- – число неправильних відповідей у кластері, U^+ – число правильних відповідей, обраних тими, кого навчають, при перегляді всіх запитань кластера й U^- – число неправильних відповідей, обраних тими, кого навчають, при

перегляді всіх запитань кластера. Тоді позитивна оцінка визначається в такий спосіб:

$$\alpha = (U^+ / N^+) \times M,$$

де M – максимальна оцінка у відповідній шкалі оцінок, наприклад дванадцять.

Відповідно визначається негативна оцінка:

$$\beta = (U^- / N^-) \times M.$$

Загальна оцінка за кластером визначається як різниця між позитивною й негативною оцінками:

$$\delta = \alpha - \beta.$$

Експертна оцінка обчислюється в такий спосіб. Спочатку обчислюється відсоток відношення числа правильних відповідей до всіх правильних відповідей

$$\varepsilon = (U^+ / N^+) \times 100\%,$$

і за шкалою (табл. 6.1) визначається оцінка.

Зауваження 6.5. Шкала оцінок підбирається експертом і залежить від рівня навчання й від кластера в цьому рівні. Наведена шкалу застосовується для оцінки знань студентів за кластером кровообігу.

Коефіцієнт значущості рівня дорівнює 0,5 ($\gamma = 0,5$).

Загальна оцінка говорить про ступінь упевненості знань того, кого навчають. Наприклад, той, кого навчають, може вибрати всі підряд відповіді, але це не означає, що він одержить дванадцять балів, оскільки негативна оцінка також буде становити дванадцять балів. Різниця між ними дорівнює 0, що відповідає повному незнанню даного предмета.

Тому чим вище різниця між позитивною й негативною оцінками, тим знання того, кого навчають, більш достовірні.

Четвертий рівень навчання. Цей рівень призначений для вирішення завдань класифікації. У запитаннях, що ставляться тому, кого

навчають, формулюються дві альтернативи, і йому пропонується список відповідей, з яких потрібно вибрати правильні, що відносяться до першої альтернативи й до другої. Але можуть бути випадки, коли вірні відповіді відносяться до двох альтернатив одночасно. Наприклад, як у наступному запитанні для кластера червоної крові.

Перелічіть патологічні форми еритроцитів, характерних для:

Перша альтернатива *Друга альтернатива.*

Перніціозної анемії Залізодифіцитної анемії

Можливі відповіді:

1. Мегалоцити.
2. Анулоцити.
3. Гіпохромні еритроцити.
4. Гіперхромні еритроцити.
5. Мікроцити.
6. Макроцити.
7. Мегалобласти.
8. Мієлоцити.
9. Мієлобласти.
10. Анізоцити.

Для першої альтернативи правильні відповіді 1, 4, 6, 7, 10, а для другої альтернативи – 2, 3, 5, 10. Як видно з прикладу десята відповідь відноситься як до першої альтернативи, так і до другої.

Усі оцінки обчислюються окремо для першої альтернативи (завдання А) і для другої альтернативи (завдання Б).

Коефіцієнт значущості рівня дорівнює 0,7 ($\gamma = 0,7$).

П'ятий рівень навчання (з вільноконструйованою відповіддю).

У цьому випадку після постановки запитання системою й відповіді того, кого навчають (шляхом уведення її з екрана), система перевіряє шляхом порівняння відповіді з еталоном правильних і типово неправильних відповідей, кількість яких може бути довільною.

Перелічіть причини виникнення антиеритроцитарних антитіл.

Тої, кого навчають, вести заповідь.

Словник для цього запитання містить наступні відповіді:

1. Резуснесуміна кров.

2. Гостра кровотеча.
3. Хронічна кровотеча.
4. Аутоімунні хвороби.
5. Недостатність заліза.
6. Переливання несумісної крові.

Із цих відповідей правильними є 1, 4 і 6. Якщо перша спроба набору інформації виявилася невдалою, то тому, кого навчають, пропонується частина відповідей зі словника, але показуються тільки дві перші букви. Інші букви той, кого навчають, повинен сам ввести з клавіатури. Нарешті, якщо ця спроба також невдала, то студентові пропонується повністю список відповідей. Кожна спроба знижує оцінку на один бал. Після третьої спроби відбувається перехід до наступного запитання.

Коефіцієнт значущості рівня дорівнює 0,8 ($\gamma = 0,8$).

Шостий рівень навчання (вирішення ситуаційних завдань).

Тут тому, кого навчають, пропонуються ситуація, опис дії ліків, анамнез хворого, розрахунок лабораторних аналізів і список можливих реакцій на цю ситуацію. Він має можливість скласти набір відповідей та віддати його системі на обробку. Експерт моделює правильну реакцію на ситуацію. Система порівнює запропонований набір відповідей, і якщо реакція позитивна, то тому, кого навчають, задається серія запитань для уточнення правильності обраних відповідей тим, кого навчають.

Наприклад, ситуаційне завдання для червоної крові.

Завдання 6. Хворий у віці 37 років був госпіталізований з наступними скаргами: загальна апатія, біль у животі, розлад шлунку. Об'єктивно: шкірний покрив яскраво-червоного кольору із тріщинами.

Аналіз крові.

Ер $3,1 \times 10^{12}$ /л. Лейкоцитарна формула Лейкоцити – $14,5 \times 10^9$ /л.

Нв – 95 г/л	Б	Е	Ю	П	С	Л	М	Рт
Тр – 280,000	2%	14%	1%	4%	47%	27%	5%	1%

У мазку крові: одиничні гіперхромні еритроцити.

Запитання. Для якої патології крові характерні такі скарги й такі кількісні та якісні зміни периферичної крові?

Відповіді:

1. Гостра постгеморагічна анемія.
2. Хронічна постгеморагічна анемія.
3. Придбана гемолітична анемія.
4. Уроджена гемолітична анемія.
5. Серпоподібноклітинна анемія.
6. Мікросфероцитарна анемія.
7. Таласемія.
8. Перніціозна анемія.
9. Псевдоперніціозна анемія.
10. Апластична анемія.
11. Залізодифіцитна анемія.
12. Абсолютний еритроцитоз.
13. Відносний еритроцитоз.
14. Еритремія (хвороба Вакеза).

Правильна відповідь 9.

Якщо обрано правильну відповідь, то для уточнення знань ставиться додаткове запитання.

Виберіть гематологічні показники характерні для псевдоперніціозної анемії?

Можливі відповіді:

1. Еритроцитоз виражений.
2. Еозинофільний лейкоцитоз.
3. Гіперсементация нейтрофілів.
4. Гіпохромія.
5. Гіперхромія.
6. Наявність одиничних мегалоцитів.
7. Анулоцитоз.

Правильні відповіді 2 і 6. Усього ситуаційних завдань для червоної крові розроблено 16, а для білої крові – 8.

Після того як машина висновку переглянула всі ситуаційні завдання, розраховуються всі чотири оцінки.

Коефіцієнт значущості рівня дорівнює 0,85 ($\gamma = 0,85$).

Таким чином, у системі "ПАТФІЗ" весь навчальний матеріал був розбитий на шість рівнів навчання, кожен з яких має свій коефіцієнт значущості в навчанні.

Найпростіша структура рівнів застосовується за темою кровообігу (третього рівня). Найскладнішою структурою рівнів була запропонована для таких тем, як червона й біла кров, оскільки за кожного із цих тем задіяні всі розглянуті вище рівні. Для червоної крові деякі рівні були розбиті на кластери, оскільки потрібні відповідний взаємозв'язок між запитаннями й різний підрахунок експертної оцінки (використовувалися різні шкали).

Алгоритм обчислення оцінки для кластерів знань. Нехай деякий рівень розбитий на k кластерів $\{S_1, S_2, \dots, S_k\}$, α_i – позитивна оцінка, β_i – негативна оцінка, δ_i – загальна оцінка i -го кластера S_i і τ_i – коефіцієнт значущості i -го кластера S_i , $\tau_i \in [0,1]$, що виставляється експертом. Тоді оцінки для рівня будуть обчислюватися по формулах:

$$\alpha = \sum_{i=1}^k \tau_i \times \alpha_i / \sum_{i=1}^k \tau_i, \quad \beta = \sum_{i=1}^k \tau_i \times \beta_i / \sum_{i=1}^k \tau_i,$$

$$\delta = \alpha - \beta \quad (i = 1, 2, \dots, k).$$

Оцінки, одержувані тим, кого навчають, після того як пройдені всі шість рівнів, обчислюються в такий спосіб:

$$\alpha = \sum_{j=1}^6 \gamma_j \times \alpha_j / \sum_{j=1}^6 \gamma_j, \quad \beta = \sum_{j=1}^6 \gamma_j \times \beta_j / \sum_{j=1}^6 \gamma_j,$$

$$\delta = \alpha - \beta.$$

Експертна оцінка обчислюється по табл. 6.1.

Висновки

Сучасні засоби Інтернету накладають певні умови на архітектуру й застосування ЕС – комп'ютерних програм, що приймають рішення на рівні експертів. Багато компонентів ЕС такі, як БЗ, машина висновку,

підсистема пояснення, під впливом Інтернет у змінюють свої властивості і функції. Усе більшу роль тепер відіграють не статичні знання, а динамічні, не поверхневі знання, а глибинні. Підсистема пояснення забезпечується методами, заснованими на аргументації одержуваних результатів із залученням іррелевантної інформації. Машина висновку більше базується на принципах, заснованих на міркуваннях за асоціацією й аналогією. І такі системи повинні працювати в режимі реального часу.

В Інтернеті предметну область можна подати у вигляді набору WEB-сайтів, а кожний сайт – як джерело знань. Залежно від топології, що вводиться, у предметну область, можна організувати різні розподілені БЗ. Такі джерела знань можна використовувати двояко: як релевантні знання для побудови висновку, такі іррелевантні знання для побудови аргументації висновку. БЗ успадковує властивість глобального характеру для розміщення інформації. Так, наприклад, медичні інтернетівські ЕС допоможуть при постановці діагнозу, при проведенні консилиуму лікарів, при навчанні молодих лікарів використовувати всю міць світових знань в області медицини.

До труднощів розробки таких ЕС можна віднести проблеми організації і структурування знань на WEB-сайтах, несуперечності джерел знань, використання знань, заснованих на здоровому глузді.

Найголовніший учитель – Інтернет. Цей гуру у вібрав стільки знань, що опанувати ними неможливо. Зате можна завжди знайти відповіді на запитання, що цікавлять, за допомогою різноманітних пошукових програм і сайтів.

ЕНС, на відміну від інших комп'ютерних технологій навчання, мають можливість реалізувати процес навчання за індивідуальною моделлю того, кого навчають. Навчання за допомогою системи "КАРКАС" орієнтоване на здобування самостійно знань тим, кого навчають. А саме такі фахівці затребувані на сучасному ринку праці.

У монографії навчання розглядається на прикладах (індуктивне навчання), що дозволяє обійти обтяжний процес придбання знань і розвинути одну з найдивніших здатностей людини – пристосовувати своє поведження до мінливих обставин.

Дидактичні можливості навчальних систем обмежені, оскільки кожна система орієнтована на конкретну модель навчання.

Більшість тестуючих програм ґрунтуються на біхевіористичній теорії навчання. У таких системах основна увага акцентована на збільшенні ймовірності правильної відповіді. При цьому ігнорується будь-яка креативність учня.

Застосування комп'ютера здійснює значний вплив на всі аспекти навчального процесу:

- на зміст навчального матеріалу;
- на методи навчання;
- на використовувані навчальні завдання;
- на мотивацію учнів.

Усе це обумовлює винятково велике значення психолого-педагогічних проблем для розробки ефективних навчальних програм.

Комп'ютеризація навчання чітко показує, що багато психологічних і дидактичних понять та концепцій вимагають перегляду для створення сучасних ефективних навчальних програм.

Сучасні комп'ютерні засоби навчання – інтерактивні. Вони мають здатність реагувати на дії учня й учителі. Комп'ютер використовується на всіх етапах процесу навчання:

- виклад і пояснення нового матеріалу;
- закріплення й повторення матеріалу;
- контроль і оцінка рівня знань тих, кого навчають.

Використана література

1. Айвазян С. А. Классификация многомерных наблюдений / С. А. Айвазян, З. И. Бежаева, О. В. Староверов. – М.: Статистика, 1974. – 156 с.
2. Амосов Н. М. Искусственный разум. – К.: Наукова думка, 1969. – 156 с.
3. Андрейчиков А. В. Интеллектуальные информационные системы: Учебник. / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 424 с.
4. Атанов Г. А. Обучение и искусственный интеллект, или основы современной дидактики высшей школы / Г. А. Атанов, И. Н. Пустынникова. – Донецк: ДООУ, 2002. – 504 с.
5. Брукинг А. Экспертные системы. Принципы работы и примеры: Пер. с англ. / А. Брукинг, П. Джонс; [Под ред. Р. Форсайта. – М.: Радио и связь, 1987. – 224 с.
6. Бурдаев В. П. Методичні рекомендації до використання експертно-навчальних систем для тестування знань з навчальної дисципліни "Інформатика та комп'ютерна техніка" для студентів усіх спеціальностей всіх форм навчання. — Харків: Вид. ХНЕУ, 2006. — 128 с.
7. Бурдаев В. П. Адаптивная система обучения в ЭОС "КАРКАС" // Искусственный интеллект. — 2006. — №3. — С. 458 — 467.
8. Бурдаев В. П. Использование базы знаний для кластер-анализа данных в системе "КАРКАС" // Управління розвитком. — 2006. — №6 — С. 17 — 18.
9. Бурдаев В. П. Использование технологий искусственного интеллекта для организации дистанционного обучения по дисциплине "Информатика и компьютерная техника" // Искусственный интеллект. — 2005. — №3. — С. 279 — 286.
10. Бурдаев В. П. Клиент-серверная технология экспертной обучающей системы для сетей Интернет и Интранет. // Искусственный интеллект. — 2008. — №3. — С. 364 — 373.
11. Бурдаев В. П. Метод динамических сгущений для размытой классификации разнородных данных // Известия академии наук

республики Молдова. Математика. — 1991. — №2(5). — С. 58 — 64.

12. Бурдаев В. П. Методика разработки баз знаний на основе системы "КАРКАС" // Искусственный интеллект. — 2007. — №3. — С. 70 — 80.

13. Бурдаев В. П. Модуль преподавателя в современных информационных технологиях обучения / В. П. Бурдаев, Л. В. Бурдаева // Искусственный интеллект. — 2004. — №3. — С. 279 — 286.

14. Бурдаев В. П. Мультиагентная система в обучении // Тезисы докл. VII Международной конференции "Искусственный интеллект. Интеллектуальные и многопроцессорные системы. ИИ – ИМС'2006". — Таганрог: Изд. ТРТУ, 2006. — С. 182 — 185.

15. Бурдаев В. П. Построение базы знаний для анализа финансового состояния предприятия в ЭОС "КАРКАС" // Материалы Международной научной конференции. "Искусственный интеллект. Интеллектуальные и многопроцессорные системы—2004." Т. 2. — Таганрог: Изд. ТРТУ, 2004. — С. 205 — 207.

16. Бурдаев В. П. Применение байесовского вывода в системе ОБСЭС // Тезисы докл. IV Всесоюзной школы – семинара "Программно-алгоритмическое обеспечение прикладного многомерного анализа". Ч. 2. — М., 1991. — С. 177 — 178.

17. Бурдаев В. П. Применение нечетких тестов в экспертно-обучающей системе "КАРКАС" // Материалы Междунар. науч.-техн. конф., "Интеллектуальные и многопроцессорные системы. ИМС'2003. Искусственный интеллект. ИИ'2003", п. Дивноморское, Геленджик, Россия. Т. 1. — Таганрог: Изд. ТРТУ, 2003. — С. 108 — 110.

18. Бурдаев В. П. Структура базы знаний для выбора мобильного телефона // Искусственный интеллект. — 2006. — №4. — С. 681 — 688.

19. Бурдаев В. П. Экспертная система для диагностики риска ишемической болезни сердца / В. П. Бурдаев, С. И. Полюдов // Советское здравоохранение. — 1991. — №9. — С. 52 — 56.

20. Бурдаев В. П. Экспертно-обучающая система "ПАТФИЗ". // Медицина сегодня и завтра. — 1999. — №2. — С. 108 — 110.

21. Гаврилов А. В. Гибридные экспертные системы в WWW // Материалы Междунар. конф. "АГРОИНФО-2003". — М., 2003 — С. 18 — 19.

22. Гаврилова Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. — СПб.: Питер, 2000. — 384 с.
23. Глушков В. М. О некоторых задачах вычислительной техники и связанных с ними задачах математики // Украинский математический журнал. — 1957. — №4. — С. 369 — 376.
24. Джексон Питер. Введение в экспертные системы: Учебн. пособие / Пер. с англ. — М.: Изд. дом "Вильямс", 2001. — 624 с.
25. Дидэ Э. Методы анализа данных — М.: Финансы и статистика, 1985. — 384 с.
26. Довгялло А. М. Обучающие системы нового поколения / А. М. Довгялло, Е. Л. Ющенко // УСиМ. — 1988. — №1. — С. 83 — 86.
27. Дюран Б. Кластерный анализ / Б. Дюран, П. Одел. — М.: Статистика, 1977. — 624 с.
28. Загоруйко Н. Г. Алгоритмы обнаружения эмпирических закономерностей / Н. Г. Загоруйко, В. Н. Елкина, Г. С. Лбов. — Новосибирск: Наука, 1985. — 624 с.
29. Кавун С. В. Системи штучного інтелекту. Навч. Посібник / С. В. Кавун, В. М. Коротченко. — Харків: Вид. ХНЕУ, 2007. — 320 с.
30. Компьютер обретает разум: Пер. с англ. / Под ред. и с пред. В. Л. Стефанюка. — М.: Мир, 1990. — 240 с.
31. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему / Пер. с англ. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 286 с.
32. Орлов А. И. Теория принятия решений. Учебн. пособие. — М.: Изд. "Март", 2004. — 656 с.
33. Поспелов Д. А. Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. — М.: Радио и связь, 1989. — 184 с.
34. Рассел С. Искусственный интеллект: современный поход / С. Рассел, П. Норвиг; Пер. с англ. — 2-е изд. — М.: Изд. дом "Вильямс", 2006. — 1408 с.
35. Современные компьютерные технологии в дистанционном обучении. Научное издание / Под ред. докт. экон. наук, проф. А. И. Пушкаря. — Харьков: Изд. ХНЭУ, 2004. — 396 с.
36. Сошников Д. В. Логический вывод на основе удаленного вызова и включения в системах с распределенной фреймовой иерархией — М.: Вузовская книга, 2002. . — 202 с.

37. Шевченко А. И. Актуальные проблемы теории искусственного интеллекта. – К.: ИПИИ "Наука и образование", 2003. – 226 с.
38. Штейн Л. Б. Опыт прогнозирования в медицине с помощью ЭВМ / Под ред. В. М. Ахутина, В. А. Якубовича. – Л.: Изд. Ленингр. университета, 1987. – 146 с.
39. Brusilovsky, P. Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education. In C. Rollinger and C. Peylo (eds.), Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching, *Konstliche Intelligenz*, 4, 19 – 25.
40. Marvin Minsky. The Emotion Machine: Commonsense Thinking, Artificial Intelligence, and the Future of the Human Mind. 2007. – 332 p.
41. <http://www.policlinica.ru> – заподій й фактори ризику розвитку ішемічної хвороби серця.
42. <http://www.raai.org> – Російський науково-дослідний інститут штучного інтелекту.
43. <http://fuzzy.kstu.ru/rans.htm> – Російська асоціація нечітких систем.
44. <http://www.iai.donetsk.ua> – ДУІШІІ штучного інтелекту (Україна).
45. <http://www.aaai.org> – Американська асоціація штучного інтелекту American Association for Artificial Intelligence (AAAI).
46. <http://jade.tilab.com/> – промислова платформа для багатоагентних систем.
47. <http://www.safewater.ru/> – фільтри й системи очищення води.
48. <http://www.mns.gov.ua/> – МНС (Україна).
49. <http://edu.greensail.ru/> – джерела забруднення вод.
50. <http://www.sci.aha.ru/> – оцінка стану навколишнього природного середовища регіону.
51. <http://www.camfilinfo.ru/> – високоефективні фільтри очищення повітря.

Зміст

Вступ	3
Розділ 1. Інтелектуальні навчальні системи	9
1.1. Експертні системи	9
1.2. Експертні навчальні системи	12
1.3. Мультиагентні системи	25
1.4. Подання знань в інтелектуальних системах	29
1.5. Методи пошуку рішень у просторі станів	34
1.6. Концепція подань знань у системі "КАРКАС"	36
Розділ 2. Модель фреймопродукційної бази знань	56
2.1. Обробка знань групи експертів	59
2.2. Подання знань за допомогою правил і фреймів	76
2.3. Атрибути предметної області	86
2.4. Упорядкування альтернативних гіпотез	110
Розділ 3. Моделі баз знань на основі нечіткої інформації	151
3.1. Байесовський висновок	151
3.2. Нейлоровський висновок	180
3.3. Використання таблиць для подання знань	201
Розділ 4. Еколого-економічні моделі баз знань	230
4.1. Модель бази знань для вибору системи очищення води	230
4.2. Модель бази знань для ідентифікації надзвичайної ситуації	257
4.3. Модель бази знань для пошуку джерел забруднення водних ресурсів	272
4.4. Модель бази знань для аналізу інтегральної оцінки стану навколишнього природного середовища регіону	294
4.5. Модель бази знань для підбору фільтра для очищення повітря	315
Розділ 5. Інтелектуальна кластеризація	328
5.1. Кластерний аналіз	328
5.2. Математична модель кластерного аналізу	331
5.3. Метод динамічних згущень для розмитої класифікації різнорідних даних	333
5.4. Модель бази знань для кластерного аналізу	342

Розділ 6. Мультиагентні технології в навчанні	352
6.1. Адаптивна система навчання в системі "КАРКАС"	352
6.2. Клієнт-серверна технологія експертної навчальної системи для мереж Інтернет та Інтранет	359
6.3. Мультиагентні системи навчання	364
6.4. Модуль викладача системи "КАРКАС"	368
6.5. Модуль тестування системи "КАРКАС"	372
6.6. Модель навчання системи "КАРКАС"	381
Висновок	391
Використана література	394

