

МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ У СИСТЕМІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Монографія

*За загальною редакцією канд. техн. наук,
професора Степанова В. П.*

Харків. Вид. ХНЕУ, 2013

УДК 378.147:004.78

ББК 74.58

M74

Рецензенти: докт. техн. наук, професор, академік Міжнародної академії інформатизації при ООН, директор Державної наукової установи "Книжкова палата України імені Івана Федорова" *Сенченко М. І.*; докт. техн. наук, професор, зав. кафедри захисту інформації Академії військово-морських сил України ім. П. С. Нахімова *Чумаков В. І.*

Рекомендовано до видання рішенням вченої ради Харківського національного економічного університету.

Протокол № 4 від 17.12.2012 р.

Авторський колектив: канд. техн. наук, професор Степанов В. П. – п. 1.1 – 1.10, пп. 1.11.4; канд. техн. наук, доцент Борозенець І. О. – п. 5.2; канд. фіз.-мат. наук, доцент Бурдаєв В. П. – п. 6.1 – 6.14; канд. техн. наук, доцент Гороховатський О. В. – пп. 1.11.1, пп. 1.11.2; докт. фіз.-мат. наук, професор Грицунов О. В. – п. 3.1 – 3.3; канд. техн. наук, доцент Затхей В. А. – п. 4.1 – 4.6; канд. техн. наук, доцент Кузьменко С. В. – п. 2.1 – 2.3; канд. техн. наук, викладач Передрій О. О. – пп. 1.11.3; канд. техн. наук, доцент Шило С. Г. – пп. 5.1.1; канд. техн. наук, доцент Щербак Г. В. – п. 5.3 – 5.5.

M74 Моделі визначення компетентностей у системі дистанційного навчання : монографія / В. П. Степанов, І. О. Борозенець, В. П. Бурдаєв та ін. ; за заг. ред. канд. техн. наук, професора Степанова В. П. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2013. – 224 с. (Укр. мов.)

Наведено результати досліджень організації навчального процесу студентів економічних спеціальностей, які вивчають і впроваджують комп'ютерні технології та методи їх інтелектуалізації. Викладено теоретичні основи концепції створення електронних посібників і використання інформаційних технологій у навчальному процесі. Проведено аналіз проблем побудови підсистем контролю вмінь та навичок студентів ВНЗ. Розроблено адаптивні моделі компетентності фахівця на основі авторегресійних алгоритмів і методів Проні. Розглянуто можливості моделі знань у системах дистанційного навчання та метод визначення показників якості навчання студентів. Наведено модель функціональної системи динамічної предметної області.

Рекомендовано для викладачів, аспірантів та наукових співробітників.

ISBN

УДК 378.147:004.78

ББК 74.58

© Заг. ред. канд. техн. професора Степанова В.П., 2013

Вступ

Прогрес в економіці, промисловості, освіті нині залежить від масового впровадження інформаційних технологій. Ураховуючи сучасні тенденції розвитку навчання, у Харківському національному економічному університеті (ХНЕУ) значна увага приділяється впровадженню сучасних засобів навчання. До завдань їх впровадження відносяться:

упровадження та використання дистанційних технологій у денній та заочній формах навчання;

підготовка та розробка електронних підручників із використанням сучасних пакетів програм (Camtasia Studio, Adobe Captivate, Adobe Premier та ін.);

упровадження відеоконференцій та можливості вести навчання у форматі on-line зі студентами заочної форми навчання;

розробка та використання експертних систем для визначення компетентностей студентів і викладачів університету;

перепідготовка викладачів університету та вчителів шкіл м. Харкова та Харківської області;

використання сучасних інформаційних технологій для розподіленої обробки даних;

розробка автоматизованих систем обробки даних в економіці з використанням мережі Інтернет.

Наведені завдання можуть бути вирішені тільки тоді, коли викладачі та студенти будуть володіти необхідними компетентностями в економіці й сучасних інформаційних системах і технологіях.

У монографії розглядаються проблеми та переваги використання інформаційних технологій у різних формах навчання, моделювання визначення оцінки компетентностей студентів, визначення методів активізації навчання студентів на основі інформаційних технологій, включаючи мережу Інтернет. Високий рівень якості освіти взагалі й навчання зокрема забезпечується багатьма факторами. Найважливішими серед них є здібності студентів та їх бажання досягти успіхів у певній галузі предметних знань, високий рівень компетентностей викладачів у сфері інформаційних технологій, забезпеченість нав-

чального процесу методичними розробками, а також використання ефективних систем контролю якості навчання.

Модульно-рейтингова система навчання перетворює студента на об'єкт навчання, залучаючи його до свідомої й активної праці. Ця освітянська технологія ґрунтується на співпраці викладача та студента, стимулює свідому самостійну роботу студента. Вона породжує конкуренцію в студентському середовищі, створює можливості оволодіння знаннями, сприяє формуванню самостійності як особистісної риси та важливої професійної якості студента, суть якої полягає в умінні систематизувати, планувати, контролювати, регулювати свою діяльність без допомоги викладача, застосовувати знання під час вирішення практичних завдань майбутньої праці за фахом.

Невід'ємною складовою ефективності навчального процесу є засоби навчання, що забезпечують взаємодію викладача зі студентами. Метою використання таких засобів є організація ефективного сприймання навчальної інформації із залученням усіх інформаційних систем і каналів: зору (оптичний канал складає 10 млн біт на секунду), слуху (акустичний канал складає 1 млн біт на секунду), дотику (дотиковий канал складає 400 тис. біт на секунду).

На сучасному етапі найбільш ефективними для навчання будуть системи та технології, які поєднують усі перелічені джерела інформації.

Показано, що ефективність застосування інформаційних технологій викладачем значною мірою залежить від його рівня підготовки, якості навчального матеріалу, відповідного технічного, програмного та методичного забезпечення.

У монографії значну увагу приділено розробці та використанню в навчальному процесі електронних навчальних систем, що створюються із застосуванням гіпертекстових і мультимедійних технологій, дослідженню та розробці моделей оцінки компетентностей студентів, а також впливу аудіо- та відеонавчальних підручників на ефективність організації навчального процесу. Такі системи можуть використовуватися для денної та заочної форм навчання, а також знайти широке застосування в дистанційній освіті.

Розділ 1. Огляд і характеристика сучасних мультимедійних та електронних продуктів, що використовуються в освіті

До новітніх інформаційних технологій, що використовуються в навчальному процесі, відносять електронні та гібридні бібліотеки, електронні підручники, довідково-пошукові системи Інтернет та ін.

Як правило, у даний час бурхливого розвитку комп'ютерних технологій електронні навчальні чи довідково-пошукові системи розробляються з використанням гіпертекстових і мультимедійних технологій. Такі системи називають інтерактивними навчальними Web-матеріалами. Вони можуть знайти широке застосування як у звичайних формах навчання, так і в дистанційній освіті.

Створення навчальних Web-матеріалів ставить дуже високі вимоги до кваліфікації викладача-розроблювача у сфері практичного використання сучасних інформаційних технологій, тому що, крім знань з курсу, викладачу необхідно мати навички у застосуванні Інтернет-технологій.

1.1. Основні поняття

На сучасному етапі розвитку освіти одним із способів активізації навчальної діяльності студентів є впровадження електронних освітніх ресурсів (ЕОР), наприклад електронних навчальних підручників. Це сприятиме розвитку самостійної діяльності студентів, а також підвищенню їх пізнавального інтересу.

Електронні навчальні підручники дозволяють збагатити навчальний процес і роблять його більш цікавим та привабливим. Виключно високий ступінь наочності наведеного матеріалу в електронних навчальних підручниках, взаємозв'язок різних компонентів, комплексність та інтерактивність роблять ЕОР незамінними помічниками як для студентів, так і для викладачів [14 – 16].

При створенні електронних видань необхідно орієнтуватися на сучасні форми навчання, забезпечуючи при цьому сумісність із традиційними навчальними матеріалами, у повній відповідності з документами, що регламентують зміст. Також необхідно максимально використовувати переваги аудіовізуального подання навчальних матеріалів.

Розробка ЕОР є складною справою. Від того, як він буде створений, залежить, наскільки успішно сприйме, зрозуміє чи запам'ятає студент інформацію, яка в ньому подана.

Викладач, який буде розробляти ЕОР, повинен знати сучасні тенденції розвитку освіти, дидактичні прийоми організації й подання навчального матеріалу та можливості програм, орієнтованих на створення аудіовізуальних навчальних матеріалів.

Багато понять, пов'язаних з ЕОР, істотно змінювалися протягом останніх двадцяти років [1 – 12; 50]. Це пов'язано із розвитком нових інформаційних технологій, програмного та технологічного забезпечення, широким впровадженням Інтернету та інших інформаційних технологій у навчальний процес.

Орієнтуючись на сучасний ринок праці, до основних пріоритетів сьогодення освіта відносить уміння оперувати такими технологіями та знаннями, які відповідають потребам інформаційного суспільства. Саме тому важливим є не тільки вміння розпорядитися власними знаннями, а й бути готовим змінюватись і пристосовуватись до нових потреб ринку праці, оперувати та управляти інформацією, активно діяти, швидко приймати рішення, навчатися впродовж усього життя.

В умовах, коли система вищої освіти в Україні вступила в період фундаментальних змін, що характеризується новим розумінням цілей освіти, новими концептуальними підходами до використання сучасних технологій навчання, навчальний процес є неможливим без упровадження методів і засобів інформатизації.

Ці завдання постають і перед викладачами ХНЕУ, які повинні вміти кваліфіковано вибирати та застосовувати інформаційні технології, що відповідають змісту й цілям вивчення конкретної навчальної дисципліни, з урахуванням індивідуальних особливостей студентів.

На сьогодні гострими є проблеми оптимального впровадження в навчальний процес ЕОР, а також взаємодії традиційного підручника і засобів інформаційно-комунікативних технологій. Великою допомогою при вирішенні цих завдань є Положення про електронні освітні ресурси, яке затверджене Наказом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України 01.10.2012 р. за № 1060 та зареєстроване у Міністерстві юстиції України 05.10.2012 р. за № 1695/22007 [13].

Це положення визначає поняття електронних освітніх ресурсів, їх види, розроблення та впровадження в навчальний процес. Викладені у положенні ключові вимоги до структури електронних видань з навчальних

дисциплін дозволяють запропонувати єдиний підхід до їх створення залежно від виду електронного видання.

На сьогодні, коли електронні ресурси утворили суттєву конкуренцію друкованим виданням, виникає проблема взаємодії традиційного підручника і засобів інформаційно-комунікативних технологій [14; 16].

Ураховуючи власний досвід створення електронних видань у ХНЕУ, авторами розглянуто особливості структури електронного навчального видання (ЕНВ), його слабкі та сильні сторони.

Розробка ЕНВ ведеться поетапно. Слід зазначити основні з цих етапів.

На першому етапі розробляються основні концепції створення ЕНВ. Тут визначаються мета, цілі, завдання, стратегічні та поточні ідеї, а також шляхи їх вирішення.

На другому етапі проектування ЕНВ визначаються теоретичні засади побудови сценарію, що відповідає майбутній його структурі у вигляді окремих слайдів та форм, а також із механізмами взаємодії з користувачем.

У електронного видання (ЕВ) існує велика перевага перед друкованими виданнями в тому, що не має обмежень в обсязі наведеного матеріалу.

Для перевірки засвоєного матеріалу в ЕНВ можуть вбудовуватися варіанти реакції на можливі помилки студента – повернення до певного фрагмента (кадру) або надання додаткової інформації. Контроль за результатами навчальної діяльності здійснює комп'ютер за структурою, що визначена в ЕНВ.

Сукупність інформаційних та тестових кадрів, тестових завдань, додаткові повідомлення створюють логічно завершений фрагмент ЕНЗ.

У даній монографії автори використовують такі поняття [14 – 16]:

Електронне видання (ЕВ) – електронний документ, що пройшов редакційно-видавниче опрацювання, має вихідні відомості й призначений для розповсюдження в незмінному вигляді.

Електронне навчальне видання (ЕНВ) повинно містити систематизований матеріал з відповідної науково-практичної галузі знань, забезпечувати творче й активне оволодіння студентами знаннями, вміннями та навичками в цій галузі. ЕНВ повинно відрізнятися високим рівнем виконання й художнього оформлення, повнотою інформації, якістю методичного інструментарію технічного виконання, наочністю, логічністю й послідовністю викладу.

Електронний навчальний посібник (ЕНП) – це навчальне електронне видання, що частково або повністю заміняє чи доповнює підручник.

Електронний підручник – електронне навчальне видання із систематизованим викладом дисципліни (її розділу, частини), що відповідає навчальній програмі.

Гіпертекст – це текст, поданий в електронній формі і забезпечений розгалуженою системою зв'язків, що дозволяє миттєво переходити від одного його фрагмента до іншого відповідно до деякої ієрархії фрагментів.

Електронні дидактичні демонстраційні матеріали – електронні матеріали (презентації, схеми, відео- й аудіозаписи тощо), призначені для супроводу навчально-виховного процесу.

1.2. Загальні вимоги до електронного навчального видання

Для створення ЕНВ недостатньо взяти гарний надрукований підручник, забезпечити його навігацією (створити гіпертексти) і багатим ілюстративним матеріалом (включаючи мультимедійні засоби) та втілити на екрані комп'ютера. ЕНВ не повинне перетворюватися ні в текст з картинками, ні в довідник, бо його функція принципово інша.

ЕНВ повинне максимально полегшити розуміння і запам'ятовування найбільш істотних понять, тверджень і прикладів, залучаючи в процес навчання інші, ніж звичайний підручник, можливості людського мозку, зокрема слухову та емоційну пам'ять, а також використовуючи комп'ютерні пояснення [15; 16].

Застосування комп'ютерів у навчанні студентів створює можливість використання їх для аудиторних, аудиторно-самостійних і самостійних занять.

Однієї з форм комп'ютерних навчальних систем є електронний підручник, який залежно від закладених можливостей може бути віднесений до різних типів: а) тренувальні; б) наставницькі; в) проблемного навчання; г) імітаційні й моделюючі; д) ігрові.

Деякі автори [14 – 16] вважають, що електронний підручник повинен перевіряти засвоєння знань, надавати нову порцію інформації тільки після засвоєння попередньої. Таким чином, електронний підручник

ставиться в один ряд із автоматизованими навчальними системами, але їх, на думку авторів, не можна повністю ототожнювати. Тому слід визначитися з термінологією.

Електронний підручник – комп'ютерний, педагогічний програмний засіб, призначений, у першу чергу, для надання нової інформації, що слугує для індивідуального й індивідуалізованого навчання та дозволяє обмеженою мірою тестувати отримані знання та вміння того, кого навчають досліджуваній темі або дисципліні.

Електронний підручник, як навчальний засіб нового типу, може бути відкритою або частково відкритою системою, тобто такою системою, яка дозволяє внести зміни в зміст і структуру підручника.

Модифікація електронного підручника може знадобитися, у першу чергу, для адаптації його до конкретного навчального плану, що враховує специфіку досліджуваної дисципліни у ВНЗ, можливостей матеріально-технічної бази, особистого досвіду викладача, сучасного стану науки, базового рівня підготовленості тих, кого навчають, обсягу годин, виділених на вивчення дисципліни, та ін.

Слід зазначити, що електронний підручник повинен не просто повторювати друковані видання, а використовувати всі сучасні досягнення комп'ютерних технологій.

Необхідно розглянути деякі елементи електронного підручника.

Електронний підручник повинен містити тільки мінімум текстової інформації, у зв'язку з тим, що тривале читання тексту з екрана призведе до значного стомлення і, як наслідок, до зниження сприйняття й засвоєння знань.

Електронний варіант підручника дозволяє виділити окремі слова або фрази кольором і фоном, що, з одного боку, поліпшує наочність, дозволяє акцентувати увагу на головному, але з іншого – зайва "строкастість" або недостатня контрастність можуть розсіювати увагу або утруднити читання.

Такі підручники повинні містити ілюстративний матеріал, що активізує розумову діяльність того, кого навчають.

Використання відеофрагментів дозволяє передати в динаміці процеси та явища, що підвищує сприйняття матеріалу й зацікавленість студентів і, як наслідок, поліпшує якість знань. За даними ЮНЕСКО при аудіосприйнятті засвоюється тільки 12 %, при візуальному – близько 25 %, а при аудіовізуальному – до 65 % сприйманої інформації.

Електронний підручник повинен містити гіперпосилання до елементів підручника й посилання на інші електронні підручники й довідники. Бажано мати зміст зі швидким переходом на потрібну сторінку.

Можливе застосування інших комп'ютерних програм для показу прикладів, тестування й інших цілей.

Виняткове дидактичне значення має компонування текстового, графічного й іншого матеріалу. Якість сприйняття нової інформації, можливість узагальнення й аналізу, швидкість запам'ятовування, повнота засвоєння навчальної інформації значною мірою залежать як від розташування інформації на екрані комп'ютера, так і від послідовності подання матеріалу. Інформаційно-ілюстративне навчання сприяє засвоєнню великого за обсягом і досить складного матеріалу.

Електронний підручник, що включає в себе не тільки текстову й графічну інформацію, але також звукові й відеофрагменти, дозволяє індивідуалізувати навчання, а на відміну від друкованого підручника має інтерактивні можливості, тобто може надавати необхідну інформацію за запитом того, кого навчають, що наближає його до навчання, проведеного під керівництвом викладача.

При проектуванні й створенні електронних підручників, як і інших навчальних видань, потрібно дотримуватись психологічних принципів взаємодії людини й комп'ютера. Порушення проявляється найчастіше в такому: надлишкова або недостатня допомога, неадекватність суджень оцінювання, надмірність інформативного діалогу, помилки комп'ютера, тобто комп'ютер може давати відповідь не по суті розв'язуваного завдання або поставленого запитання, недостатня вмотивованість допомоги, надмірна категоричність. Це може призвести до збільшення (замість передбачуваного скорочення) часу на навчання, зниження мотивації до навчання та ін.

Застосування електронних підручників доцільне в комплексі з іншими навчальними системами.

Зазначені вимоги не є вичерпними [13], а лише відображають точку зору авторів.

1.3. Призначення електронного навчального видання

Електронне навчальне видання у його сучасному варіанті завдяки застосуванню гіпермедійних засобів і телекомунікаційних технологій

перетворюється в принципово новий спосіб пізнання, який інтегрує функції інших елементів системи дидактичних засобів і таким чином утворює навчально-пізнавальне середовище.

Друга особливість ЕНВ полягає в можливості здійснення діяльного характеру навчання. Використання гіпермедійних можливостей сучасних комп'ютерних технологій дозволяє включити до складу ЕНВ структурні елементи, які надають можливість комплексного використання в навчанні як традиційних видів навчальної діяльності, так і нових – відпрацювання теоретичного матеріалу на динамічних моделях, проведення комп'ютерного експерименту, розв'язання завдань в інтерактивному режимі та ін.

Третя особливість ЕНВ полягає в тому, що аудіовізуальне подання матеріалу включає в систему сприйняття й запам'ятовування образну й емоційну пам'ять і суттєво впливає на формування подання, яке й займає центральне місце в образному та словесно-логічному мисленні.

Використання засобів мультимедіа в ЕНВ дозволяє збагатити процес навчання наочним високоякісним ілюстративним матеріалом – двовимірними, об'ємними, статичними й динамічними зображеннями, звуковим супроводом поданого на екрані матеріалу та дій того, кого навчають.

Четверта особливість електронного навчального видання полягає в забезпеченні якісного зворотного зв'язку з тими, кого навчають. Цей зв'язок досягається завдяки інтерактивному характеру взаємодії студента із середовищем електронного підручника й наявності автоматизованої системи діагностики знань. Так, створюються умови для ефективного самонавчання, самоконтролю, самокорекції студента й підвищення його пізнавальної активності. Накопичені діагностичною системою статистичні дані про хід навчання дають можливість викладачеві аналізувати, коректувати й прогнозувати навчальний процес.

П'ята особливість ЕНВ полягає в його інтегрованості. ЕНВ поєднує різні компоненти системи дидактичних засобів і містить: теоретичний матеріал, завдання для його обробки й засвоєння; засоби для проведення комп'ютерного експерименту; тестові завдання для різних видів контролю знань. Крім того, такий засіб цілком природно інтегрує освітні

ресурси, подані в електронній формі, у тому числі й ресурси глобальної мережі Інтернет. Це створює сприятливі умови для швидкого відновлення й модифікації наведеного в підручнику навчального матеріалу, динамічного збагачення його новим змістом відповідно до рівня сучасної науки, а також до змін у стандартах навчання.

Погляд на ЕНВ як на ефективний засіб самонавчання, орієнтований на власний інтерес студента, на формування його пізнавальної активності й самостійності, дозволяє виділити ЕНВ як пріоритетну функцію самоосвіти.

Якщо розглядати ЕНВ як таке, що реалізує діяльний підхід до навчання, націлений на розвиток логічного, аналітичного, конструктивного мислення, озброює ефективними методами пізнання, засобами швидкого придбання знань і на основі розвитку особистості виявляє виховний ефект, то провідною функцією слід вважати розвивально-виховну функцію.

Теоретично обґрунтовані дидактичні основи створення сучасного електронного освітнього ресурсу на основі функціонального підходу були успішно застосовані на практиці. Зокрема, колективом авторів кафедри інформатики та комп'ютерної техніки ХНЕУ й співробітників Центру персональних навчальних систем було розроблене та апробоване електронне навчальне видання з Excel та програмування на Visual Basic.

При створенні зазначеного ЕНВ увесь навчальний матеріал, призначений для засвоєння, прошов ретельний відбір та структурування. Навчальний матеріал кожного розділу було розбито на інформаційні одиниці, що мають, умовно, головне й підлегле значення і за допомогою гіперзв'язків поєднуються в єдине ціле.

Завдяки гіпертекстовій формі організації навчального матеріалу, реалізованій програмною оболонкою, особи, які навчаються, мають можливість вивчати навчальний матеріал у довільному порядку із застосуванням засобів навігації; роздрукувати потрібний фрагмент тексту; прослухати озвучений голосом обраний фрагмент тексту.

Закріплення навчального матеріалу та перевірка знань відбуваються за допомогою діагностичної системи і виконання навчальних завдань.

Ураховуючи особливості ЕНВ, навчально-пізнавальна діяльність із його використанням повинна бути ретельно спланована: слід визначити навчальний матеріал, який доцільно подавати, опираючись в основному

на традиційні форми й методи викладання, збільшити частку матеріалу, який може бути оброблений студентами самостійно з використанням даного ресурсу; виділити матеріал для викладання із застосуванням частково-пошукового й дослідницького методів навчання, визначити види роботи з ЕНВ, які слід застосовувати в навчально-пізнавальній діяльності студентів у рамках традиційних для ВНЗ організаційних форм.

Необхідно охарактеризувати види роботи з електронним підручником, які доцільно покласти в основу навчально-пізнавальної діяльності студентів із його використанням на основних видах аудиторних занять і в позааудиторний час.

На лекційних заняттях доцільно використовувати такі види роботи з ЕНВ: актуалізація, закріплення й систематизація знань за допомогою обробки ілюстративного матеріалу, пошук відповіді на поставлені викладачем запитання, виконання тестових завдань.

На практичних заняттях основу навчально-пізнавальної діяльності можуть становити такі види роботи: актуалізація знань з теми заняття, аналіз еталонного розв'язку навчального завдання; модифікація зразкового розв'язку навчального завдання, тренувальних і пошукових завдань, виконання тестових завдань. Зазначені види роботи з ЕНВ, застосовані на практичних заняттях, створюють умови для глибокого опрацювання матеріалу, формування навичок розв'язку типових завдань і придбання певного досвіду дослідницької роботи.

На лабораторних заняттях слід використовувати такі види самостійної роботи з навчальним електронним виданням: вирішення тренувальних завдань ускладненого характеру; завдань, які передбачають самостійний пошук вирішення шляхом істотного перетворення отриманих знань; дослідницьких завдань із забезпеченням необхідної теоретичної бази дослідження й висновків; дослідницьких завдань, що передбачають самостійний пошук проблеми дослідження, висування гіпотези й планування шляхів її перевірки.

Навчальне електронне видання може використовуватися студентами також у позааудиторний час для самонавчання, самокорекції, підготовки до контрольних робіт. У самостійній роботі студентів з електронним підручником можна виділити два основні види: самостійна робота із завданням викладача з наступним контролем, а також самостійна робота з ініціативи студентів.

1.4. Основні етапи розробки електронного навчального видання

При створенні електронного навчального видання можуть використовуватися довільні інформаційні об'єкти. Під інформаційними об'єктами розуміються закінчені блоки інформації, які можуть бути використані як засоби навчання з метою розв'язку того чи іншого дидактичного завдання.

Такими об'єктами можуть виступати текстові документи, слайди комп'ютерних презентацій, комп'ютерні моделі явищ, процесів, моделі лабораторних установок. На базі цих об'єктів будуються різні ЕНВ.

Найпоширенішими на даний час є текстові документи. У них можуть бути присутніми усі форми подання інформації: текст, фотографії, рисунки, діаграми та ін. При цьому широко використовуються колір, різні стилі тексту, гіпертекст, анімація, звуковий супровід. Це дозволяє подати інформацію наочно й якомога повно.

Текстові документи створюються за допомогою текстових редакторів, наприклад MS Word, або в різних інструментальних середовищах проектування навчальних систем.

Основні вимоги до електронних текстових документів полягають у тому, що такі документи повинні добре читатися на екрані монітора й мати розвинену систему навігації.

Слайди лекційних презентацій також можна віднести до текстових документів.

На відміну від текстових документів комп'ютерні моделі є значно складнішим класом об'єктів, що реалізується програмними засобами. Комп'ютерні моделі можуть бути використані самостійно як лекційні демонстрації або тренажери, а також можуть бути включені до складу текстових документів.

Комп'ютерна модель супроводжується коротким теоретичним описом досліджуваного явища або процесу й описом порядку роботи з нею.

Можливості сучасних засобів обчислювальної техніки дуже великі. Вони дозволяють: подавати навчальний матеріал відповідно до законів ергономіки; використовувати не тільки матеріал, що перебуває в локальних ЕОМ, але й у системі обчислювальних машин та Інтернеті; знаходити нові методи розв'язку завдань, використовуючи пакети прикладних програм,

моделі пристроїв і явищ; не затемнюючи основної ідеї, за допомогою гіпертексту розкривати додаткові відомості про досліджувані події, явища, технології.

Використання певного інструментального пакета дозволяє створювати електронні навчальні ресурси високого рівня. При цьому повинні бути вирішені принаймні чотири блоки проблем: подання інформації; аналіз висловлень тих, хто навчається; вироблення управляючого впливу і збір статистики про хід навчання.

Дані проблеми обчислювальної техніки принципово можуть вирішуватися досить успішно за винятком обмежень, що накладають на форму подання відповідей. Не вирішеними на сьогодні залишаються питання аналізу усних і вільно конструйованих відповідей тих, хто навчається.

ЕНВ повинні забезпечити вивчення заданої дисципліни від певного початкового рівня підготовки студента до кінцевого рівня, діагностично обумовленого через здатність його відповідати на запитання та вирішувати завдання в конкретній предметній області.

Якщо ЕНВ застосовується в системі дистанційного навчання, то в цьому випадку особливу увагу слід звернути на контроль регулярності й сумлінності роботи тих, хто навчається. Це забезпечується лише регулярними бесідами з викладачем за підсумками вивчення тем і розділів.

Слід зазначити основні етапи розробки ЕНВ:

1. Визначити контингент, для якого ЕНВ буде створений.
2. Указати рівень вивчення даного предмета, який допоможе в професійній діяльності майбутнього фахівця.
3. Визначити рівень абстракції і ступінь усвідомленості досліджуваного предмета.
4. Розкрити, якою мірою досліджувана дисципліна впливає на рівень розвитку наукових досліджень за даним напрямом.
5. Визначити перелік досліджуваних навчальних елементів.
6. Визначити, який початковий рівень знань необхідний для засвоєння дисципліни в цілому і з окремих навчальних елементів.
7. На підставі взаємозв'язку навчальних елементів та дисциплін між собою та виходячи з майбутньої професійної діяльності, визначити необхідний підсумковий або кінцевий рівень знань студентів з окремих навчальних елементів.
8. При викладі кожної глави розглянути приклад, що розкриває зміст усіх розглянутих питань на рівні вербального опису й позначення

проблем, які необхідно вирішити для забезпечення єдності сприйняття усього вмісту глави.

9. Підібрати питання за кожною темою від мінімального рівня їх засвоєння до необхідного.

10. Програмно реалізувати реакцію ЕОМ на той або інший варіант відповіді на окреме питання або серію питань із забезпеченням діалогу для засвоєння матеріалу теми до заданого рівня знань.

11. Провести відбір навчального матеріалу відповідно до виставлених вимог.

12. Приступити до реалізації електронного варіанта складових ЕНВ з урахуванням особливостей і вимог дидактичних систем, у яких він буде застосовуватися, а також когнітивних можливостей сучасних інформаційних технологій.

1.5. Вимоги до структури електронного навчального видання

При нинішньому зростанні потоків наукової інформації стає неможливим репродуктивне засвоєння студентами необхідного обсягу знань. У таких умовах головним завданням професійної підготовки є навчання майбутнього фахівця одержувати, обробляти й зберігати отриману інформацію та ефективно використовувати її в професійній діяльності за допомогою сучасних інформаційних технологій.

У даний час спостерігається стрімкий процес інформатизації навчальних закладів усіх рівнів на основі сучасної комп'ютерної техніки, що відкриває можливість упроваджувати в навчальний процес електронні підручники. Підручник, у класичному розумінні – це книга для навчання, у якій систематично викладається матеріал з певної галузі знань на сучасному рівні досягнень науки, техніки й культури.

Отже, підручник, як ЕНВ, так і друковане видання, мають загальні ознаки, а саме: навчальний матеріал викладається з певної галузі знань; матеріал подається на сучасному рівні досягнень науки й техніки; матеріал викладається систематично, тобто становить ціле завершене видання, що складається з багатьох елементів, які мають відповідні зв'язки між собою і забезпечують цілісність підручника.

На цьому етапі необхідно чітко визначити відмінні ознаки електронного навчального видання від друкованого. Вони полягають у такому:

1. Кожний друкований підручник розрахований на певний вхідний рівень підготовки студентів і припускає кінцевий рівень знань.

2. ЕНВ за конкретним навчальним предметом повинне містити матеріал декількох рівнів складності. При цьому всі вони розміщуються в одному адресному просторі пам'яті ЕОМ і містять ілюстрації й анімацію до тексту, різноманітні завдання для перевірки знань в інтерактивному режимі для кожного рівня.

3. Наочність в ЕНВ значно вище, ніж у друкованому виданні. Це забезпечується використанням мультимедійних технологій: анімації, звукового супроводу, гіперпосилань, відеосюжетів та ін.

4. ЕНВ забезпечує багатоваріантність і різноманітність перевірних завдань, тестів, дозволяє давати їх в інтерактивному режимі. При неправильній відповіді студента можна надавати правильну відповідь із роз'ясненнями й коментарями.

5. ЕНВ є за своєю структурою відкритими системами. Їх можна доповнювати, коректувати, модифікувати в процесі експлуатації.

6. Доступність ЕНВ вища, ніж у друкованих. При наявності попиту на ЕНВ легко можна збільшити його тираж або переслати по комп'ютерній мережі.

7. Для забезпечення багатофункціональності при використанні й залежно від цілей розробки ЕНВ можуть мати різну структуру.

У будь-якому навчально-методичному виданні виділяються дві основні частини: змістовна й процесуальна. В електронному навчальному виданні до них додаються ще дві частини: керуюча й діагностична.

Керуючою частиною є програмна оболонка ЕНВ, здатна забезпечити взаємозв'язок між його частинами й компонентами.

Діагностична частина зберігає статистичну інформацію про роботу з конкретними програмами.

Технологія створення ЕНВ досить трудомістка. Вона включає такі етапи:

1. Визначення цілей і завдань розробки.
2. Розробка структури електронного видання.
3. Розробка змісту за розділами і темами.

4. Підготовка сценаріїв окремих структур ЕНВ.
5. Програмування.
6. Апробація.
7. Коректування змісту за результатами апробації.
8. Підготовка методичного видання для користувача.

Необхідно розглянути підходи до реалізації цих етапів.

Визначення цілей і завдань розробки. Відправною точкою у створенні ЕНВ є дидактичні цілі, для досягнення й розв'язання яких використовуються інформаційні технології.

Розробка структури ЕНВ. Структура в загальноприйнятому розумінні – сукупність стійких зв'язків об'єкта, що забезпечують його цілісність. Виходячи із цього визначення, при розробці ЕНВ необхідно спочатку розробити його структуру, порядок проходження навчального матеріалу, вид навігації за розділами, зробити вибір основного опорного пункту майбутнього підручника.

Розробка змісту за розділами і темами ЕНВ. Поняття про зміст ЕНВ є частиною поняття змісту навчання, під яким розуміється система знань, вмінь, навичок, оволодіння якими забезпечує розвиток розумових здатностей того, кого навчають.

При розробці змісту окремих тем необхідно ранжувати навчальний матеріал: за ступенем складності сприйняття; за ступенем складності подачі.

У ході цієї роботи необхідно: виділити основне ядро навчального матеріалу; виділити другорядні моменти у вивченні навчального матеріалу; виділити зв'язки з іншими темами навчального курсу; підібрати практичні різноманітні завдання за кожною темою з різними ступенями складності; підібрати ілюстрації, графіки, демонстрації, анімаційні відеофрагменти до понять, формулювань, подій та ін.

Підготовка сценаріїв окремих частин навчального електронного видання. Сценарій – це розподіл змісту навчального курсу у вигляді кадрів його процесуальної частини програмних структур різного рівня й призначення (гіпертекст, анімація, звук, графіка та ін.).

Використання цих засобів носить цілеспрямований характер для розвитку пізнавального інтересу, підвищення мотивації навчання.

1.6. Вимоги до методичного забезпечення електронного навчального видання

Якщо створення електронного навчального видання не буде супроводжуватися розробкою належних методичних матеріалів, витрачені сили і засоби пропадуть дарма, оскільки тоді електронний підручник не буде сприйнятій системою навчання. Методичне забезпечення електронного підручника має принципове значення для успіху проекту в цілому.

Реформа освіти вимагає створення таких ЕНВ, наявність яких забезпечить одне й те ж комп'ютерне середовище для студентів і викладачів, в аудиторії та вдома.

Очевидно, що з появою та вдосконаленням різних ЕНВ повинні принципово змінитися навчальні програми й плани проведення занять, а також роль викладача в навчальному процесі.

Вимоги до змістовної частини методичного забезпечення викладання потребують наявності таких основних елементів:

Нові плани лекцій та практичних занять, розроблені з урахуванням комп'ютерної підтримки.

Методичні підручники (друковані та електронні), які містять докладні рекомендації щодо кожного заняття.

Докладна інформація про наявність, зміст і можливості комп'ютерних пакетів навчального призначення разом із методичними рекомендаціями щодо їх використання в аудиторії, при видачі домашніх завдань та проведенні контрольних заходів.

Успішна комп'ютеризація освіти залежить не від кількості комп'ютерів, а від якості засобів навчання та методичного забезпечення їх використання.

1.7. Вимоги до програмного забезпечення розробки електронного навчального видання

При виборі програмного забезпечення ЕНВ [14; 16] необхідно зробити аналіз існуючого, звернути увагу на його функціональні можливості, відповідність умов упровадження наявності технічного забезпечення та ін.

Основними вимогами до програмного забезпечення слід вважати: застосовність на різних платформах; навчання в режимі on-line; простоту

використання в поєднанні з потужними функціями обробки результатів навчання; інтерактивну допомогу в навчанні; оперативність перемикання з одного досліджуваного розділу на інший; підтримку індивідуальної та колективної форм навчання; зручний перегляд ієрархії досліджуваних об'єктів; можливість вибору довільної (крім рекомендованої) послідовності досліджуваних розділів; введення необхідної інформації в процесі занять із наступним її відновленням; моніторинг результативності виконання індивідуальних завдань для студентів; гнучкість представлення діаграм, графіків із вибором студентом їх окремих фрагментів, даних, формул; анімацію процесів функціонування досліджуваних систем; наявність засобів контролю помилок студентів під час виконання індивідуальних завдань; підтримку стандартів графічних інтерфейсів; підтримку відображення GIF- і JPEG-зображень; роботу з глосарієм; аудіо-, відеосупровід; контроль цілісності програмного забезпечення електронного підручника.

У теперішній час серед основних вимог до створення електронних навчальних видань для освітнього процесу велика увага приділяється наочності навчання, тобто чуттєвому сприйняттю досліджуваних об'єктів. Наочність навчання при використанні комп'ютерних програм має деякі переваги перед навчанням із використанням традиційних підручників.

У програмах із мультимедійним поданням інформації з'являється можливість створення не тільки зорових, але й слухових відчуттів. Електронні підручники суттєво підвищують якість самої візуальної інформації, вона стає яскравішою, барвистішою, динамічнішою. З'являється можливість наочно-образної інтерпретації істотних властивостей не тільки тих чи інших реальних об'єктів, але навіть і наукових закономірностей, теорій, понять.

Для ознайомлення з можливостями діючих пакетів буде корисно знати основні характеристики програмного забезпечення розробки електронних навчальних видань.

На сьогоднішній день найбільш поширеними є такі програмні засоби розробки електронних навчальних видань:

Електронні навчальні видання у форматі Word, PowerPoint.

З їх допомогою можна легко та швидко підготувати якісне ЕНВ з вбудованою системою самоконтролю.

Електронні навчальні видання у форматі PDF.

Цей формат чудово себе зарекомендував. Для читання ЕНВ у цьому форматі застосовується вільно поширювана програма Acrobat Reader, що має широкі можливості та цілком доступна освітнім організаціям.

Електронні навчальні видання в програмі Adobe Flash Professional.

Багато ЕНВ мають в основі програму Adobe Flash Professional, що становить потужну систему для створення анімаційних файлів для Web.

Adobe Premiere.

Слід детально розглянути пакет програм Adobe Premiere, який активно використовується в ХНЕУ для створення мультимедійних додатків.

Програма для редагування і монтажу відеофайлів Adobe Premiere має:

1. Зручний і гнучкий інтерфейс.

1.1. Дозволяє міняти положення елементів інтерфейсу на екрані в абсолютно вільному порядку. Це дає можливість максимально оптимізувати робочий простір залежно від ємності виконуваного проекту.

1.2. Є можливість додавати і видаляти складові окремих елементів інтерфейсу, що надає можливості поліпшити якість проекту та досягти більшого рівня візуалізації ефектів. Наприклад, додати скільки завгодно звукових доріжок або відео, або скільки завгодно монтажних шарів.

1.3. Функціонал команд меню, що дозволяє спростити, розбиваючи на стадії, процес монтажу. Наприклад, на монтажний стіл програми можна додавати вже вирізані й оброблені частини відеофайлів із необхідною інформацією.

1.4. Можливість перегляду результату виконаної операції.

1.5. При необхідності редагування за допомогою ефектів окремих фрагментів відео існує можливість переносити настройки одного на інший.

1.6. Можливість досягнення потрібної точності зведення аудіо- і відеофрагментів.

2. Візуальні ефекти.

2.1. Можливість розміщувати кадр у кадрі.

2.2. Рух і масштабування за часом кадру, відеофрагмента або зображення в кадрі.

2.3. Настроювання параметрів зображення в кадрі.

2.4. Можливість зміни окремих кольорів у зображенні, прозорості частини зображення.

2.5. Безліч переходів між відеосценами, які можна змінювати та редагувати.

2.6. Видалення обрамлення кадру, якщо в цьому є необхідність, наприклад, якщо це відео отримано з аналогового джерела.

2.7. Рамки на відео різних кольорів.

2.8. Можливість додавати відеофрагмент у різні ефекти для поліпшення його візуалізації або коректування зображення.

3. Сервісні функції.

3.1. Можливість вибирати між популярними форматами телебачення 3:4 і 16:9 та стандартами PAL, NTSC.

3.2. Розділення на сцени відеофайла при захопленні відео з цифрової камери.

3.3. Широкий діапазон виведення відеоформатів – зі звуком і без.

3.4. Інтеграція з програмами монтажу звуку, обробки зображень і створення візуальних ефектів.

3.5. Можливість виведення тільки необхідної частини проекту, наприклад, якогось важливого фрагмента або серії.

3.6. Читання великого діапазону форматів відео.

4. Функціональні функції.

4.1. Відділення і зведення відео та звуку.

4.2. Уповільнення швидкості відео та звуку.

4.3. Програвання в зворотному порядку відео і звуку.

4.4. Редагування зображення відео для відповідності його стандарту і вимогам проекту.

4.5. Додавання субтитрів із можливістю візуалізації тексту, відео або картинки залежно від того, що туди вставлено.

4.6. Можливість задавати закономірність – за експонентою чи за якоюсь іншою функцією зміни або застосування тих чи інших певних ефектів.

4.7. Можливість міняти в часі гучність звуку.

Таким чином, пакет Adobe Premiere має необхідний перелік засобів з функціональними можливостями, які дозволяють реалізувати ЕНВ будь-якого ступеня складності.

1.8. Особливості розробки відеоуроків і технологія роботи з ними

Відеоуроки – один із ефективних засобів дистанційного навчання та самоосвіти, а також один із обов'язкових видів ЕНВ. Інтерактивні відеоуроки, що становлять опис виконання певної задачі і зроблені у вигляді презентації, користуються великою популярністю.

Актуальність використання відеоуроків користувачами зростає з кількох причин:

при вивченні уроку в аудіо-, відеоформаті студент може регулювати перегляд відео, переглядати відеоматеріал з необхідного місця, тим самим детально вивчити незрозумілі йому моменти;

ефективність аудіовідеоуроків зростає завдяки тому, що користувач сприймає даний йому матеріал двома органами чуття (зір і слух);

вивчення відеоуроків дозволить користувачеві побачити теоретичну і практичну частини уроку, тим самим зрозуміти і закріпити продемонстрований матеріал;

навчання може проходити в будь-який зручний час і будь-якому місці. Однак існують і недоліки аудіо-, відеоуроків [55].

При вивченні складного матеріалу у користувача аудіо-, відеокурсу можуть виникнути додаткові питання, на які він не зможе знайти відповідь у викладених уроках. Але подібні ситуації мають легкий спосіб вирішення. Один з них – розміщення інформації про координати, за якими слухач відеоуроку міг би поставити свої запитання.

Перш ніж вибрати певний пакет програм для створення відеоуроків, був проведений аналіз сучасних програм для їх створення.

Було прийняте рішення використовувати комбінацію програм **Adobe Captivate**, **Camtasia Studio** та **Adobe Premiere**.

Об'єднання цих програм дає можливість використати переваги кожної з них. Так, за допомогою програми **Adobe Captivate** створюється теоретичний блок та блок контролю електронного підручника, за допомогою програми **Camtasia Studio** формуються аудіо-, відеофайли, а програма **Adobe Premiere** використовується для розробки мультимедійних фрагментів.

Особливої уваги заслуговує програма **Camtasia Studio**, яка набуває все більшої популярності у викладачів університетів та вчителів шкіл.

Комплект для створення відеоуроку складається з одного або двох комп'ютерних моніторів, комп'ютера, кодека, Web-камер, мікрофонів і підсилювачів звуку.

Camtasia Studio – це програма, яка не тільки дозволяє пояснити складну інформацію простою та зрозумілою мовою, але й завдяки якій автор ролика моментально активізує діяльність зі своєю цільовою аудиторією, в тому числі й через Інтернет.

Програма Camtasia Studio володіє широкими функціональними можливостями. Вона має зручну панель управління (рис. 1.1), за допомогою якої можна проводити запис відеороликів.



Рис. 1.1. Загальний вигляд Панелі запису

Вигляд цієї панелі залежить від обраних параметрів і від стану запису, тобто чи записується в даний момент матеріал з екрана чи ні. Якщо так, то тоді панель запису змінюється (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Панель запису

Під час запису відео панель управління згортається. Користувач може керувати записом за допомогою гарячих клавіш:

запис/пауза – F9;

стоп – F10;

маркер – Ctrl + M;

виділення на екрані – Ctrl + Shift + D.

Перед записом відео виводиться віконце зворотного відліку часу (3 секунди), за який користувач може настроїтися на запис відео (рис. 1.3).

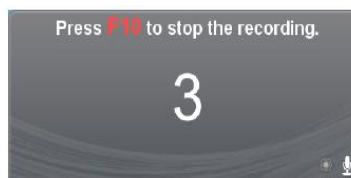


Рис. 1.3. Віконце зворотного відліку часу

Програма Camtasia дозволяє записувати презентації відразу з програми Microsoft Power Point (рис. 1.4 і 1.5).

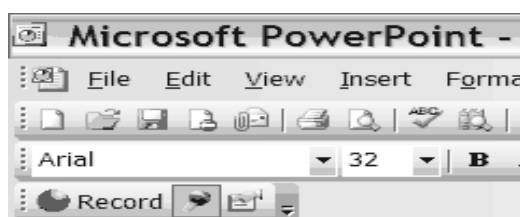


Рис. 1.4. Можливість запису презентації

Програма Camtasia Record, яка входить у пакет Camtasia Studio, може проводити запис не тільки з екрана або з ділянок екрана, але й із Web-камери та аудіопристроїв (мікрофон).

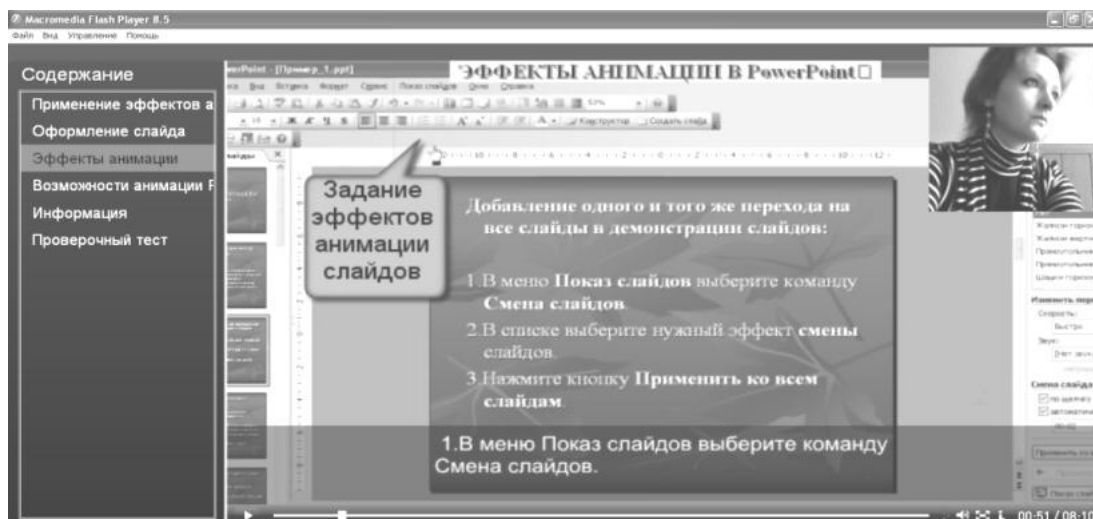


Рис. 1.5. Можливість запису презентації з ефектами анімації

Після закінчення запису новостворене відео з'являється у вікні Preview, де є можливість проглянути відео, перенести його в редактор, видалити відразу після безпосередньої зйомки відео (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Вигляд відео у вікні Preview

Варто відзначити, що пакет Camtasia Studio має відеоплеєр і власний редактор, за допомогою якого можна виконувати редагування як усього відео, так й окремих кадрів (рис. 1.7 і 1.8).

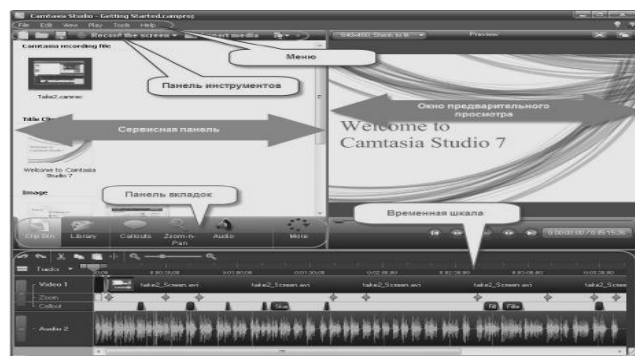


Рис. 1.7. Редактор Camtasia Studio



Рис. 1.8. Виділена ділянка кліпу

Редактор Camtasia Studio підтримує такі формати:

аудіоформати: wav, mp3, wma;

відеоформати: avi, mp4, mpeg, wmv, mov, swf, camrec (власний формат програми Camtasia);

формати зображень: bmp, gif, jpg, png.

Редактор програми Camtasia дозволяє користувачеві імпортувати зазначені формати й об'єднувати їх в один фільм (рис. 1.9).

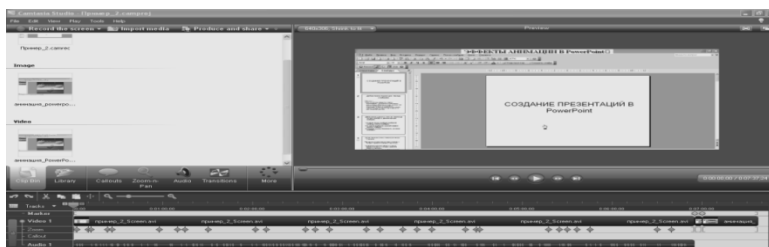


Рис. 1.9. Редактор програми Camtasia

Для створення якісних відеоуроків можна застосувати інструменти акцентування уваги, що мають у редакторі Camtasia Studio.

Маркер ScreenDraw – інструмент, що застосовується в разі, якщо необхідно вказати на важливу частину відео (рис. 1.10 – 1.12). Маркеру притаманні такі властивості, як: поява/згасання, стилі, розмір, вигляд, можливість вибору типів (16 видів).



Рис. 1.10. Вигляд Панелі запису під час захвату дій з екрана



Рис. 1.11. Параметри маркера на Панелі запису під час захвату дій з екрана

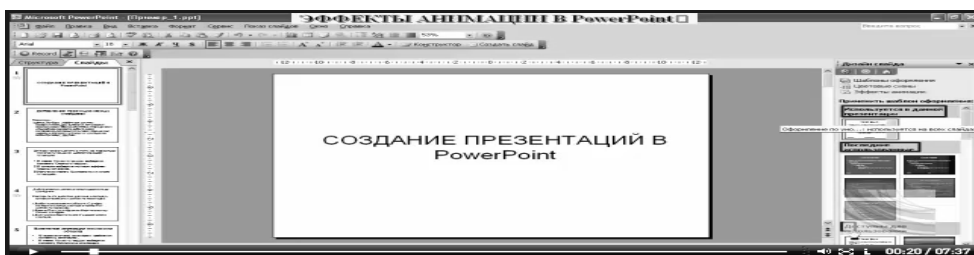


Рис. 1.12. Приклад застосування маркера у відеодокументі

Інструмент для акцентування уваги – це субтитри. За допомогою даного інструменту можна підписувати концептуальні ідеї (рис. 1.13), які зображені на відео в певний період часу. Є можливість накладення тексту на відео.

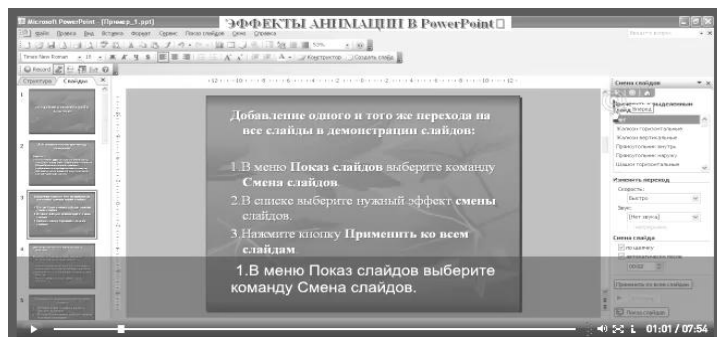


Рис. 1.13. Приклад використання субтитрів

Панорамне масштабування (збільшення – Zoom) має ряд властивостей, які можна настроїти (рис. 1.14).

До властивостей відноситься масштаб, який можна регулювати, тим самим задавати значення збільшення області видимості, а також регулювати розмір самої області видимості й задавати її ширину та висоту.

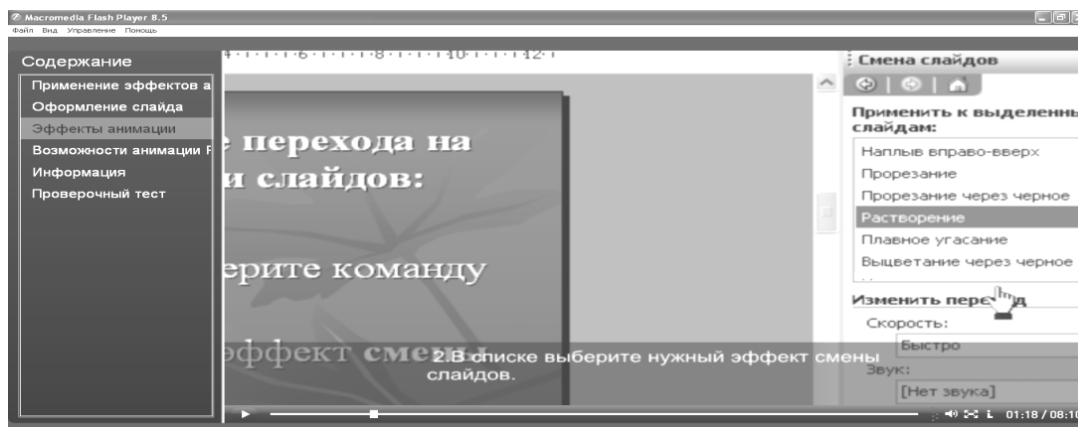


Рис. 1.14. Приклад використання панорами масштабу

Програмний пакет Camasia Studio містить програму Menu Maker, яка призначена для створення меню (рис. 1.15). Програма створює посилання на зазначені файли (аудіо, відео, зображень, програм, документів). При збереженні сформованого меню програма створює папку, в якій знаходяться файл запуску меню (exe), файл параметрів

автозавантаження (autorun.inf) і папка media, в якій знаходяться всі файли, що використовуються в меню.

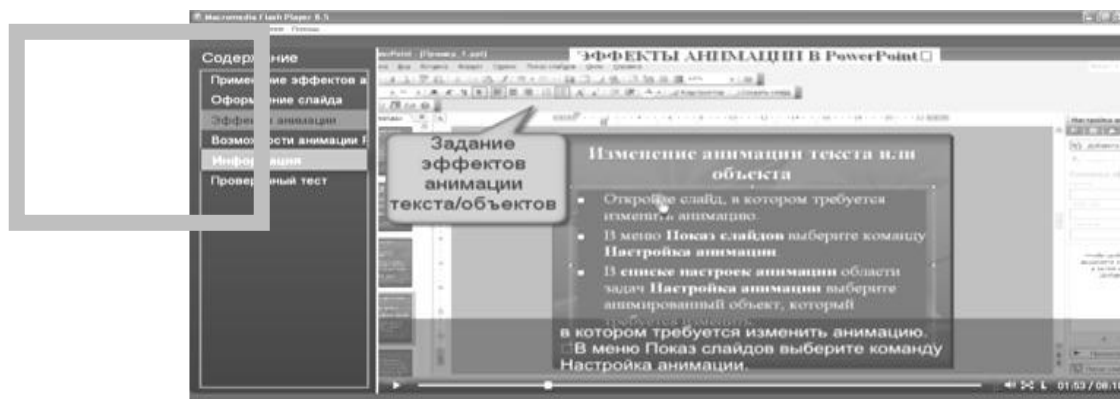


Рис. 1.15. Створення меню

Програма Camtasia Studio надає можливість додати інтерактивний тест у відеоурок.

У сервісній панелі є два типи тестів – це Survey (Обстеження) і Quiz (Вікторина).

Quiz – тип тесту, який служить для перевірки засвоєних знань.

Survey служить для збору інформації про користувача (e-mail адреса, П.І.Б. і т. д.).

Існує три види тестів типу Вікторина Quiz:

Multiply choice – множинний вибір. Якщо вибрана ця опція, тоді користувач має можливість вибрати правильну відповідь з декількох варіантів.

Fill in the blank – заповнити порожнє поле. При виборі цього варіанта користувач повинен буде ввести в поле необхідну відповідь.

Short answer (not scored) – коротка відповідь (підрахунок не ведеться). У даному випадку користувач може просто ввести необхідну відповідь у надане поле введення. Після вибору необхідного варіанта слід натиснути кнопку ОК.

Програми пакета Camtasia Studio мають інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє користувачеві з легкістю управляти функціональними можливостями даного пакета.

З використанням можливості програми пакета Camtasia Studio в Центрі персональних навчальних систем (ЦПНС) ХНЕУ були створені такі відеоуроки: "Створення ефектів анімації в MS Power Point"; ряд

відеоуроків "Освоєння СДО Moodle" і один узагальнюючий відеоурок; персональний відеоурок для кафедри іноземних мов за темою "Граматика англійської мови"; ряд відеоуроків і повноцінний відеокурс для кафедри туризму "Освоєння програмного комплексу "Оверія-Туризм"; відеокурс "Можливість застосування програмного забезпечення ExpertChoise при ухваленні управлінського рішення".

1.9. Дистанційне навчання та організація самостійної роботи студентів

Усі сучасні освітні технології спрямовані на те, щоб привчити студентів працювати самостійно, тому що саме самостійність дає можливість успішно адаптуватися до роботи, у тому числі й пов'язаної зі швидкозмінними технологіями. Таким чином, одне із завдань навчання полягає в тому, щоб навчити та привчити студента самостійно працювати з навчальною електронною книгою. Але особливо важливе таке вміння при заочному навчанні, коли спілкування студента з викладачем набуває епізодичного характеру. Сучасний різновид заочного навчання – дистанційна підготовка фахівців, або дистанційне навчання, – переважно засноване на самостійній роботі студента.

У зв'язку зі зміною економічної ситуації в Україні виникла об'єктивна необхідність отримання якісної освіти без припинення робочої діяльності та без регламентації годин занять. У багатьох випадках потрібна друга вища освіта або вища освіта для людей, які зацікавлені у здобутті якісної освіти, але не мають можливості регулярно відвідувати навчальний заклад.

Для таких людей найбільш прийнятне дистанційне навчання з використанням комп'ютерних навчальних технологій та електронних навчальних підручників як у частині лекційного матеріалу, так і матеріалу для проведення практичних і лабораторних занять.

Студент може опанувати знання вдома, на робочому місці або в спеціальному комп'ютерному класі в своєму рідному місті, яке може знаходитися в будь-якому кутку України, ближнього та далекого зарубіжжя. Крім того, він може вивчати навчальні курси в будь-якій послідовності, з тією швидкістю, яка оптимальна особисто для нього. Усе це робить дистанційне навчання якіснішим, доступнішим і набагато дешевшим від традиційного.

Нарешті, є певна група людей – інваліди, для яких ускладнено пересування, тобто для них дистанційне навчання може виявитися єдиною доступною формою освіти. Отже, така освітня система буде нести і певне соціальне навантаження.

Дистанційне навчання обов'язково вимагає наявності спеціального модульного програмного забезпечення для підтримки дистанційної освіти, що забезпечує виконання таких функцій:

інструментальна та методична підтримка авторських колективів при підготовці матеріалів для поширення в рамках віртуального навчального центру;

інструментальна підтримка процесів управління корпоративними знаннями;

безпосередня підтримка проведення власне дистанційного навчання;

забезпечення дистанційного тестування і прийом заліків та іспитів;

адміністрування в системі, включаючи облік студентів, організацію бібліотеки, управління навчальним процесом у цілому та ін.

Взаємні відносини в процесі дистанційної освіти можуть відбуватися за такою схемою:

студент після реєстрації зараховується організатором у навчальну групу й отримує доступ до матеріалів навчальних курсів, розміщених на сервері, забезпечується необхідними додатковими матеріалами, крім того, на сервері автоматично створюється і ведеться його персональна сторінка;

на своїй персональній сторінці студент отримує інформацію від організатора та куратора групи, включаючи методичні рекомендації з планування виконання навчальних завдань, коментарі свого куратора;

упродовж вивчення курсу студент проходить тестування і складає іспити.

1.10. Автоматизовані методи оцінювання рівня підготовки студента

Сучасна освіта і, особливо, дистанційне навчання неможливі без застосування автоматизованих методів оцінювання рівня підготовки студента, тобто без системи тестування з автоматичною обробкою його результатів [30].

Певні можливості в цьому відкриває технологія складання тестів і обробки результатів тестування на основі HTML-форм і CGI-скриптів.

Абревіатура CGI (Common Gateway Interface) позначає ту частину Web-сервера, яка може взаємодіяти з іншими програмами, що виконуються на цьому ж сайті. Саме в цьому сенсі вона є шлюзом (Gateway) для передачі клієнтських даних програмам їх обробки.

Етапи інформаційної взаємодії між клієнтом і сервером можуть бути описані в такій послідовності: користувач за допомогою браузера формує запит на отримання тестів і через Інтернет посилає його на Web-сервер; сервер "витягує" документ з тестами (такі документи об'єднуються загальним поняттям "форма") зі своєї бази даних і через мережу Інтернет посилає його користувачеві (клієнту); клієнт за допомогою браузера заносить у документ необхідні відповіді тесту й знову направляє його через мережу Web-сервера; сервер за допомогою CGI-програми аналізує отриманий документ і при необхідності направляє його для обробки відповідними програмами; додаток, використовуючи CGI-змінні, обробляє направлений у нього документ і повертає серверу вихідну інформацію; сервер передає вихідну інформацію клієнту; клієнт (Web-браузер) отримує вихідну інформацію, яка відображається у нього на екрані монітора.

Таким чином, користувач має можливість не тільки отримувати інформацію (документи) від сервера, але й передавати свої дані на сервер, де за допомогою відповідного додатка, встановленого на Web-вузлі, ці дані будуть оброблені, а клієнт отримає результати обробки даних.

Така система взаємодії забезпечує принципово вищий рівень інтерактивності в системі "клієнт-сервер" і реалізацію дистанційної обробки даних клієнта.

CGI-програма може бути написана будь-якою мовою програмування, у складі якого є засоби для виконання обміну даними між додатками. Для цього найчастіше використовується мова PHP. Інтерпретатори цієї мови виробляють виконуваний двійковий код, результат якого доповнює HTML сторінку. З цієї причини CGI-програми часто називають також CGI-сценаріями, або CGI-скриптами (Script-інтерпретуючий текст). CGI-програма створює динамічний гіпертекстовий документ або ж формує посилання на вже наявний документ і доповнює його передачею результатів.

Найчастіше для передачі даних від віддаленого користувача Web-сервера використовуються HTML-форми. Саме за їх допомогою організується діалог між браузером користувача та Web-сервером віддаленого вузла мережі. Такий діалог дозволяє здійснити обробку даних в мережі Інтернет.

1.11. Організація роботи із сервером розподіленої обробки даних

Електронні освітні ресурси для сучасної системи електронного навчання прийнято зосереджувати в електронних бібліотеках у місцях їх розробки на виділеному (спеціалізованому) сервері.

В аналіз технологій побудови спеціалізованих серверів покладені такі принципи: відділення самих даних від їхнього подання й логіки обробки; використання відкритих стандартів на основі реляційних баз даних для зберігання інформації про освітні ресурси; модульність побудови виділеного сервера, що дозволяє легко нарощувати його функції.

Перший принцип заснований на багаторічному досвіді розвитку інформаційних технологій у світі. Механізм поділу змісту й подання дозволяє розроблювачеві працювати тільки з даними, не витрачаючи час на розробку відображення інформації.

Таким чином, дотримання принципів поділу даних і їх подання в інформаційній системі має ряд переваг:

змістовна розмітка структури документа дозволяє легко згенерувати систему навігації по документу, причому це можна зробити автоматично;

змістовна розмітка структури документів розширює можливості для реалізації потужних засобів пошуку, каталогізації, автоматичної обробки даних.

Модульний принцип організації сервера має на увазі розробку закінчених функціональних блоків, які можуть працювати незалежно в складі виділеного сервера.

На основі викладених принципів доцільно будувати виділений сервер із трьох рівнів:

1. Рівень даних забезпечує зберігання як самих даних, так і метаданих (даних про структуру). Уся інформація, розміщена на виділеному сервері, утримується в базі даних.

2. Рівень бізнес-логіки. Необхідні алгоритми обробки інформації, статистичного збору даних розміщені у вигляді збережених процедур на сервері бази даних або в модулях додатка. З метою спрощення введення інформації розроблені електронні шаблони, доступні для заповнення самим користувачем. Можлива розробка автоматизованої

підсистеми введення інформації в базу даних, аналізу інформації про користувачів і організації, що брали участь у роботі виділеного сервера, статистичного аналізу динаміки відвідуваності окремих розділів виділеного сервера за заданий час. Підсистема пошуку інформації забезпечує пошук у базі даних за вмістом певних полів і їх сукупністю.

3. Рівень візуального подання. Візуальне подання інформації здійснюється за допомогою Html-форм, що відображаються в будь-якому стандартному браузері.

Користувацький інтерфейс повинен бути зручним і зрозумілим широкому колу користувачів з різним ступенем володіння інформаційними технологіями.

На виділеному сервері можна розмістити бібліотеку електронних освітніх ресурсів колективного користування, розроблених різними навчальними закладами і класифікованих за їхніми основними видами: статті, підручники, задачки, довідники, тести, нормативні документи.

База даних освітніх ресурсів колективного користування для обслуговування навчального процесу містить: навчальні тренажери; освітні ресурси; публікації; програмне забезпечення; інструкції роботи з виділеним сервером.

Експериментальні дослідження в складі виділеного сервера здійснюються в режимі дистанційного доступу багатьох користувачів по комп'ютерній мережі Інтернет (або локальної мережі Ethernet). Такий режим використання виділеного сервера здійснюється в такий спосіб:

на персональному робочому місці користувача завантажується клієнтське програмне забезпечення (ПЗ), яке, зокрема, дозволяє:

вибрати конкретний об'єкт вивчення із загального списку;

настроїти параметри об'єкта вивчення відповідно до вимог

індивідуального завдання;

виконане завдання із сервера далі по каналу Інтернету пересилається конкретному користувачеві, на комп'ютері якого відбувається подальша обробка результатів експериментального дослідження.

Виділений сервер – це ефективно застосування сучасних мережних інформаційно-комунікаційних технологій для обробки даних і здатних автономно працювати в мережі Інтернет при мінімальних вимогах до зовнішніх підключень.

Виділений сервер забезпечує передачу інформації на значні відстані без її втрати, що відкриває можливості колективного використання виділеного сервера багатьма територіально розподіленими користувачами.

У ХНЕУ проходить тестування перед упровадженням сервера розподіленої обробки даних. Кожен викладач у рамках навчального процесу має змогу використовувати сервер таким чином, щоб студенти могли розміщувати на ньому власні сайти, програми мовою PHP та бази даних.

Основні напрями використання сервера: упровадження в навчальний процес; розподілена обробка даних (студенти можуть створювати та розміщувати власні проекти); сховище даних (на даному сервері будуть викладені допоміжні мультимедійні матеріали, які будуть доступні всім учасникам сервера).

Сервер надає можливість студентам та викладачу організувати колективну роботу, розповсюджувати файли, завантажувати студентські сайти в мережу Інтернет, завантажувати для загального доступу та виконання PHP-скрипти та бази даних. Студенти мають змогу переглядати роботи інших студентів, робити запити до баз даних, проходити анкетування та ін.

Загальну схему функціонування сервера зображено на рис. 1.16.

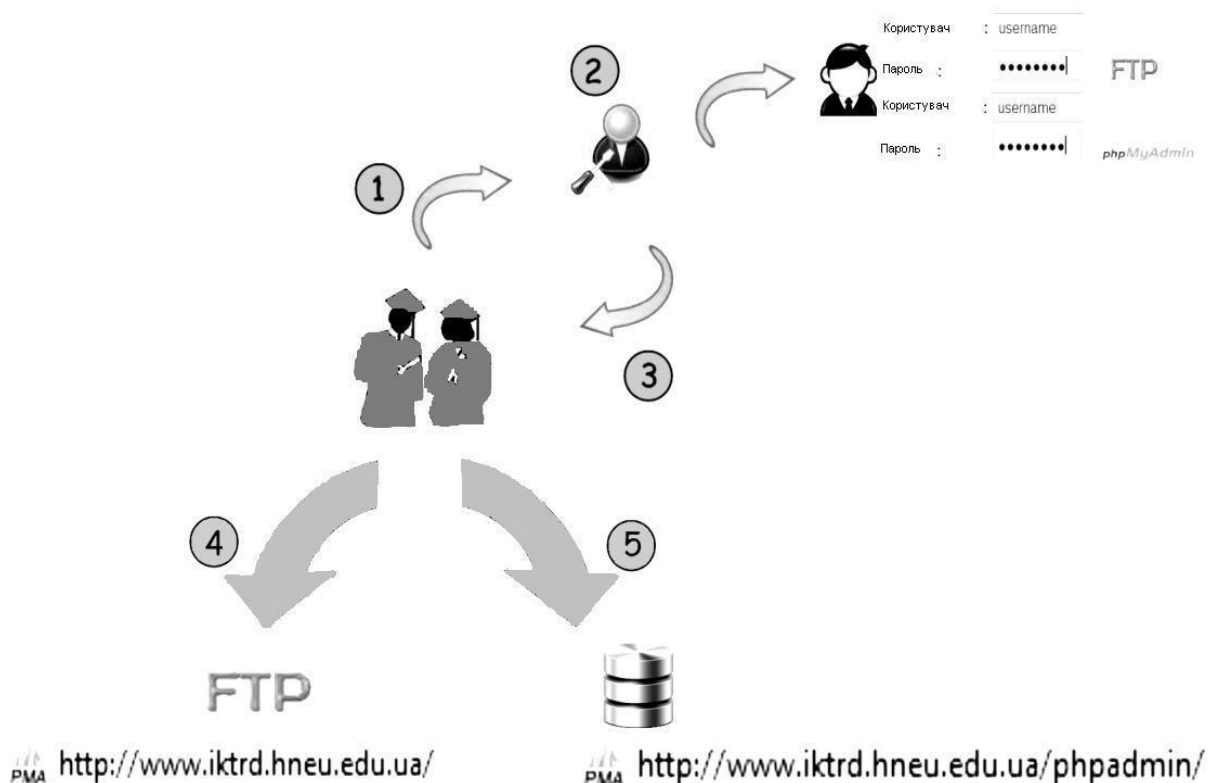


Рис. 1.16. Загальна схема функціонування Web-сервера

Організаційна робота із сервером реалізується таким чином:

1. Потенційний користувач (студент чи група студентів) через викладача надсилає запит адміністратору на доступ до сервера.
2. Адміністратор створює обліковий запис для нового користувача та настроює в ньому доступ за протоколом FTP та доступ до бази даних MySQL.
3. Адміністратор надає викладачу, який, у свою чергу, передає цю інформацію студентам, необхідну кількість пар логін-паролів для доступу до сервера за протоколом FTP, а також відповідні пари логін-паролів для доступу до баз даних.
4. Користувач має доступ до сервера через FTP-протокол та може переглянути файли, які було завантажено на сервер, через посилання www.iktrd.hneu.edu.ua.
5. Користувач має доступ до бази даних через Web-інтерфейс із використанням наданого адміністратором логіну та пароля й посилання <http://www.iktrd.hneu.edu.ua/phpadmin>.

1.11.1. Завантаження файлів проектів на сервер із використанням FTP

FTP (File Transfer Protocol) – стандартний протокол, призначений для передачі файлів по tcp-мережах (наприклад, Інтернет). FTP часто використовується для завантаження Web-сторінок і інших документів із приватного пристрою розробки на відкриті сервери хостингу.

Протокол побудований на архітектурі "клієнт-сервер" і використовує різні мережні з'єднання для передачі команд і даних між клієнтом та сервером. Користувачі FTP можуть пройти аутентифікацію, передаючи логін і пароль відкритим текстом, або ж, якщо це дозволено на сервері, вони можуть підключитися анонімно. Можна використовувати протокол SSH для безпечної передачі, що приховує (шифрує) логін і пароль, а також шифрує вміст.

Для завантаження файлів проекту на сервер необхідно використовувати FTP-клієнт, який зазвичай вбудований у більшість файлових менеджерів, таких, як FAR, TotalCommander і т. д. Існує спеціалізоване програмне забезпечення для роботи із FTP-серверами, таке, як FileZilla.

Використання файлового менеджера FAR [58] є одним із найбільш простих методів, тому автори будуть у подальшому використовувати саме його.

Слід запустити FAR, натиснути комбінацію клавіш Alt + F2 (або Alt + F1). Ці комбінації дозволяють відобразити в правій (лівій) частині екрана FAR обрану директорію. Треба обирати пункт FTP (рис. 1.17).

Тепер необхідно створити та зберегти нове підключення. Це можна зробити за допомогою комбінації Shift + F4. Слід заповнити необхідні поля (рис. 1.18): адреса сервера (192.168.1.3), логін та пароль користувача, який було надано адміністратором. Дозвіл на завантаження файлів відкрито тільки для персональних комп'ютерів у мережах ХНЕУ.

Інші настройки необов'язкові, наприклад, прапорець Ask for password every time дозволяє запитувати пароль кожного разу (рис. 1.18) при підключенні на сервер та зменшити вірогідність доступу до даних користувача сторонніх осіб.

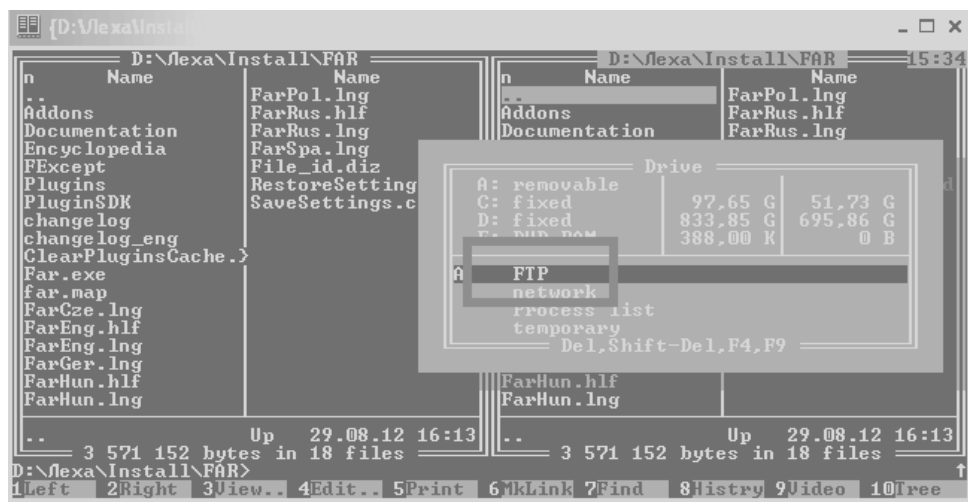


Рис. 1.17. Перехід на сервери FTP

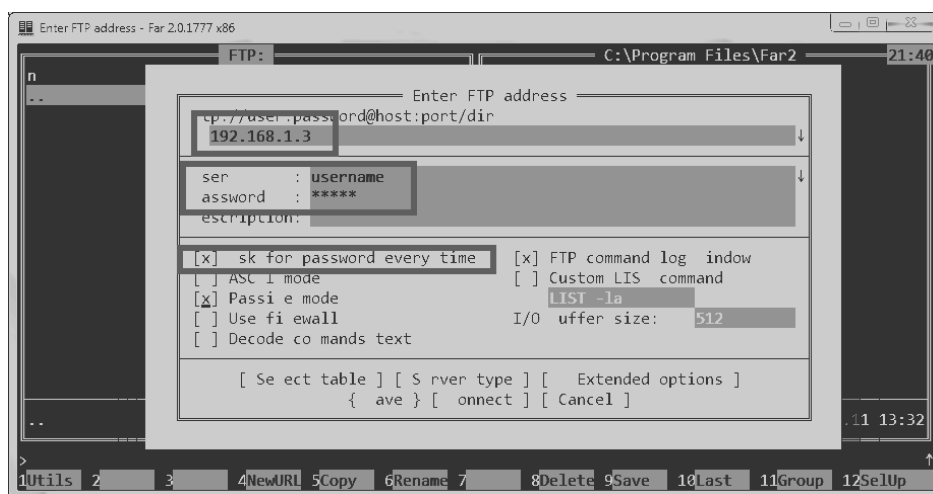


Рис. 1.18. Настройки FTP-підключення

Після авторизації на сервері відображується директорія користувача, куди можна завантажити інформацію, сайт, документ і т. д. У файловому менеджері FAR копіювання здійснюється справа наліво або зліва направо залежно від того, де знаходиться курсор. На початку роботи було запущено ftp-клієнт у правій частині менеджера (натиснення Alt + F2 дозволяє переміщатися по дереву файлів у правій частині, Alt + F1 – у лівій), відповідно, щоб скопіювати файл на сервер, потрібно виділити файл у лівій частині екрана (у правій відкрито сервер) і натиснути F5. Щоб, завантажити файл з сервера, необхідно обрати файл для завантаження у правій частині екрана та натиснути F5 для копіювання його на локальний персональний комп'ютер.

Побачити стан проекту на даний момент можна в браузері за адресою http://www.iktrd.hneu.edu.ua/*****, де символами "*" позначено ім'я користувача (можна уточнити в адміністратора). У конкретному прикладі (рис. 1.19) логін користувача – user2, відповідна йому адреса – <http://www.iktrd.hneu.edu.ua/user2>. Так само можна посилатися на інші файли, розташовані на сервері.

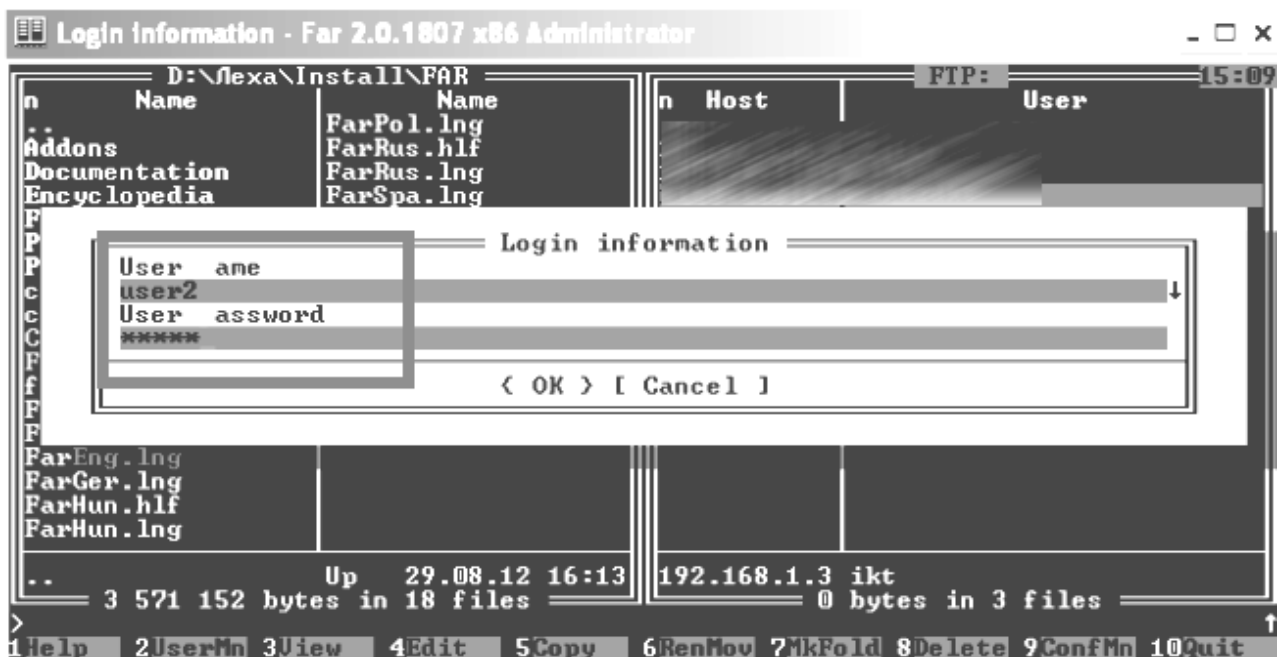


Рис. 1.19. Вікно введення логіну та пароля FTP-підключення

За замовчуванням на сервері розташовується порожній сайт, зображення якого наведено на рис. 1.20.



Рис. 1.20. Вигляд порожнього сайту за замовчуванням

1.11.2. Управління базами даних за допомогою phpMyAdmin

Доступ до бази даних для зареєстрованих користувачів здійснюється за адресою <http://www.iktrd.hneu.edu.ua/phpadmin/> (рис. 1.21). Для роботи з базою даних із використанням цього інтерфейсу необхідно ввести логін та пароль, який надано адміністратором.

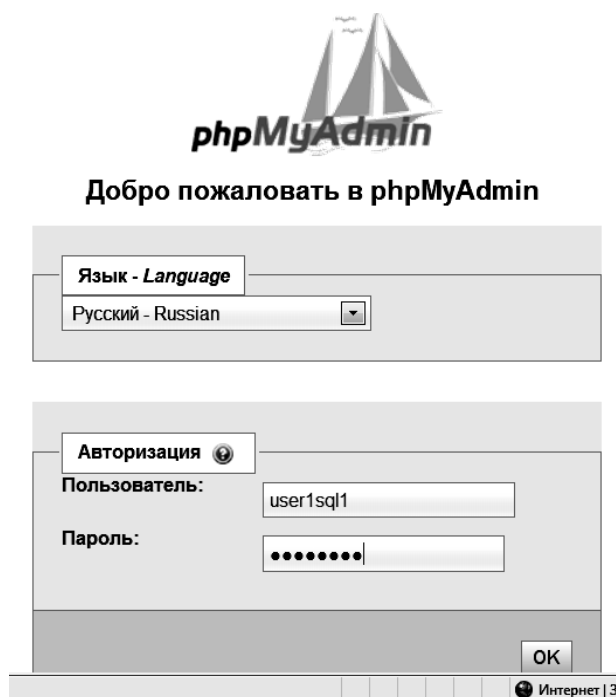


Рис. 1.21. Інтерфейс сторінки для входу до phpMyAdmin

Після чого з'являється панель управління базою даних phpMyAdmin (рис. 1.22).

Для підключення до бази даних із використанням PHP необхідно ввести ім'я хоста – 127.0.0.1.

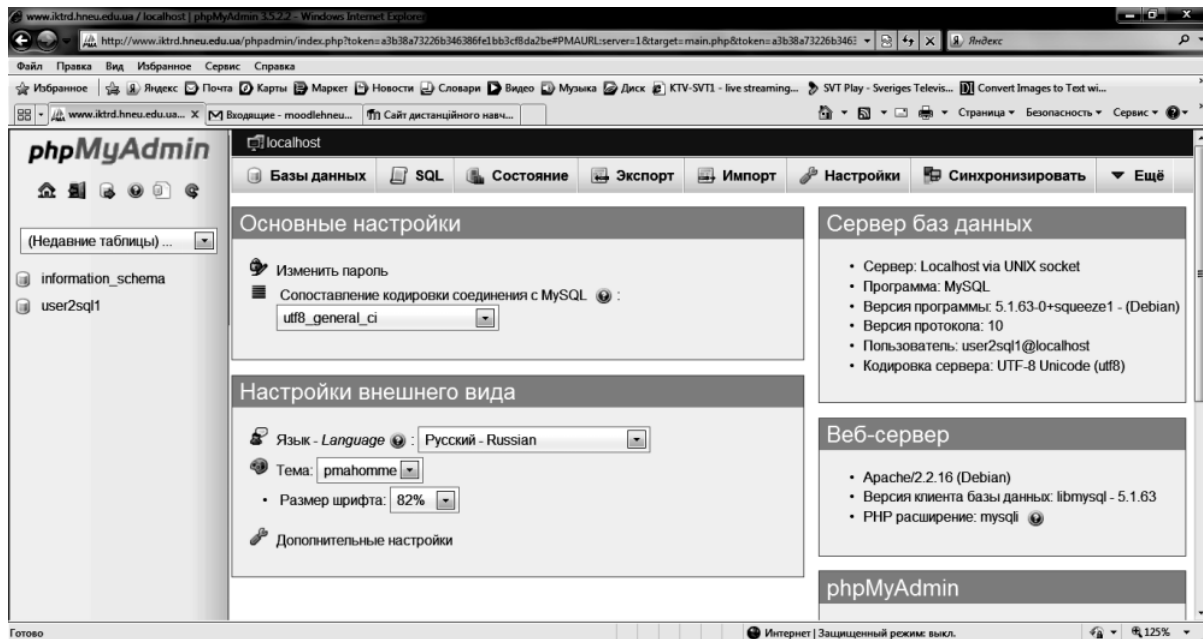


Рис. 1.22. Інтерфейс панелі управління базою даних phpMyAdmin

1.11.3. Приклад використання сервера розподіленої обробки даних для вирішення завдання управління персоналом

Як приклад обробки інформації можна розглянути проблему ефективного управління міжособистісними відносинами в колективі. Загальносвітові тенденції розвитку економіки полягають у посиленні впливу людського фактора на результати діяльності та розвитку організації. Визначальними чинниками ефективності діяльності колективу стають не фізичні здібності людини до праці, а її інтелект, психологічні та емоційні характеристики, здатність до творчої роботи в колективі.

Розвиток творчості та відповідальності, професіоналізму, компетентності та зацікавленості працівників повинен бути першочерговою потребою керівництва організації, яку можна задовольнити активізацією прагнень персоналу до саморозвитку, самореалізації, самовдосконалення.

Досвід успішних конкурентоспроможних колективів в організаціях свідчить про те, що ефективний розвиток актуальних якостей персоналу,

гармонізація інтересів працівника й організації, результативність управління ініціативами, прагненнями, цінностями працівників забезпечують гуманізація, соціалізація та демократизація трудових відносин. Саме впровадження демократичних засад управління персоналом дозволяє інтенсифікувати функціональну взаємодію підлеглого і керівника, забезпечити відповідальність діяльності персоналу та організації запитам сучасного середовища.

Сьогодні успішність організації визначається тим, наскільки керівник здатний об'єднати й мобілізувати своїх підлеглих. Часто проблеми виникають через відсутність налагодженої комунікації та командної взаємодії між працівниками.

Розвиток людських ресурсів – як особливий вид інвестицій, які стають довгостроковим чинником підвищення конкурентоспроможності та виживання організацій. Підготовка компетентного та конкурентоспроможного колективу, здатного до продуктивної роботи в ринкових умовах, його раціональне просторове та структурне розміщення залежать, у першу чергу, від ефективного управління людськими ресурсами.

У рамках проблеми можна виділити такі завдання:

визначити поняття, вивчити структуру та скласти узагальнену класифікацію типології міжособистісних відносин у колективі;

розглянути сучасні існуючі підходи щодо дослідження діяльності міжособистісних відносин колективу в організації;

провести аналіз факторів внутрішнього та зовнішнього впливу на міжособистісні відносини колективу;

вивчити та визначити стан формування й розвитку міжособистісних відносин колективу в організації;

проаналізувати вплив міжособистісних відносин колективу та необхідність якісних комунікаційних зв'язків для розвитку організації;

розробити рекомендації щодо формування ефективних між особистісних відносин колективу з підтримкою розвитку обраного напрямку.

Результатом будь-якої програми анкетування чи соціологічного опитування відносно певного питання є великий (від декількох до декількох сотень чи тисяч) масив анкет з однотипною інформацією, що в більшості випадків подана в рукописній або друкованій формі. Переведення такої інформації в упорядкований електронний банк даних (базу даних) пов'язаний із великими часовими і трудовитратами.

Іншими словами, для обробки зібраної інформації треба: підготувати анкети в друкованій формі; виконати збір даних; проаналізувати отримані дані; внести результати анкетування в базу даних; зробити висновки щодо кожної з отриманих анкет; звести всі результати до єдиного висновку.

1.11.4. Автоматизація обробки даних

Автоматизація обробки даних прискорює отримання результатів у рази, що, у свою чергу, є позитивною зміною, бо в сучасному світі інформація повинна не тільки швидко передаватися, але й швидко оброблятися.

Автоматизована обробка інформації – вся сукупність операцій (збирання, введення, записування, перетворення, зчитування, зберігання, знищення, реєстрація), що здійснюються за допомогою технічних і програмних засобів, включаючи обмін по каналах передачі даних.

Розподілена обробка даних – методика виконання прикладних програм групою систем. При цьому користувач отримує можливість працювати з мережними службами й прикладними процесами, розташованими в декількох взаємопов'язаних абонентських системах.

У теперішній час найбільше розповсюдження отримують системи розподіленої обробки інформації на основі клієнт-серверної архітектури.

Перш ніж приступити до головного завдання – створення розподілених систем обробки даних на основі Web-технологій, необхідно розглянути принцип роботи даної технології, а потім вибрати, встановити й настроїти необхідне програмне забезпечення. У загальному вигляді роботу розподіленої системи можна подати таким чином: з браузера надсилається запит на сервер, де він обробляється, генерується відповідь і ця відповідь повертається браузеру.

Якщо розглянути більш детально такий механізм обробки інформації, то його можна зобразити на рис. 1.23. В якості www-клієнта може виступати Internet Explorer. Користувач надсилає запит (1) на www-сервер, наприклад, Apache. Сервер передає запит на обробку (2). Обробником може виступати один із компіляторів PHP, Perl, ASP та ін. Оброблені дані запиту передаються в інформаційне сховище (3), якими можуть бути MySQL, Oracle, SQL Server та ін. З інформаційного сховища відповідні дані передаються назад обробникові (4), обробник відправляє дані на www-сервер (5), а потім відповідь на запит передається www-клієнтові (6).

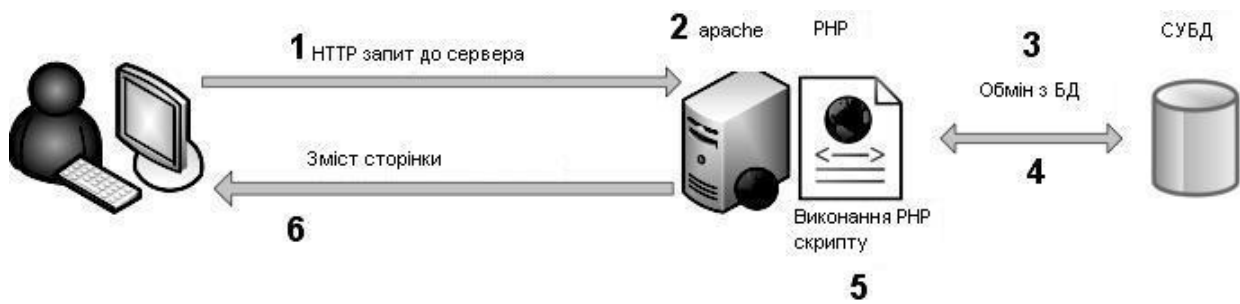


Рис. 1.23. Модель обробки запиту

Для створення додатків доступу до БД через Інтернет необхідне таке програмне забезпечення: база даних, Web-сервер, середовище програмування. Рекомендується використовувати таку лінійку інструментів: Web-сервер – Apache, як найбільш поширений в Інтернеті; СКБД – MySQL; мова, яка дозволяє створювати документи, в яких буде надана необхідна інформація з БД, – мова PHP.

Сьогодні найпоширенішим Web-сервером у світі є Apache. За своїми функціональними можливостями і надійністю він не поступається комерційним серверам, а широкі можливості конфігурації дозволяють настроїти його для роботи практично з будь-якою конкретною системою.

MySQL – це сервер бази даних SQL (мова структурованих запитів). SQL є однією із найбільш популярних мов баз даних у світі. MySQL – це втілення зв'язку "клієнт-сервер". Основними цілями для MySQL виступають швидкість і помилкостійкість. База, на якій був створений MySQL, є набором завдань, які успішно використовувалися у вимогливому середовищі протягом багатьох років. Незважаючи на те, що сервер MySQL інтенсивно розвивається, він вже надає цілий ряд зручних функцій та інструментів для ефективної роботи.

PHP – платформи-незалежна мова, що виконується на сервері, HTML – пов'язана мова скриптів. PHP-скрипти можуть збирати й обробляти дані з форм, генерувати динамічні сторінки, приймати й отримувати файли cookies, працювати з сесіями і т. д. Для написання PHP-скриптів існує маса різних середовищ, наприклад, Zend Studio, PHP Editor, Dreamweaver та ін. Усе перераховане програмне забезпечення встановлене та настроєне на сервері розподіленої обробки даних.

Нижче наведено код HTML-сторінки, яка реалізує анкету для збирання даних.

```

<html>
<head>
<title> Анкета "Формування ефективного комунікаційного процесу в
організації" </title>
</head>
<body>
<form method=POST action="alina2.php">
<p>Вітаємо, шановний Респонденте!</p>
<p>До вашої уваги пропонується анкета "Формування ефективного
комунікаційного процесу в організації" <p> Вам потрібно дати відповіді на
поставлені запитання. </p> <p> Відрекомендуйтеся, будь ласка!</p>
<p>Ваше ім'я</p>
<input type="text" name="" value="" size=32> <p> Стаття</p>
<input type="text" name="" value="Ч Ж" size=22> <p>Ваш вік (повних
років)</p>
<input type="quantity" name="" value=" " size=32>
<p>Місце роботи: організація - посада</p>
<input type="text" name="" value="" size=82>
<p> Запитання 1: як би Ви оцінили швидкість проходження
інформації в Вашій організації? </p>
<p> дія:<p>
<input type="radio" name="calc" value="висока швидкість"> висока
швидкість <BR> <input type="radio" name="calc" value="низька швидкість">
низька швидкість <BR>
<p> Запитання 2: чи стикалися Ви з проблемою спотворення
інформації у Вашій організації</p> <p>(коли вам ставили одне завдання,
а надалі його необхідно було виконувати зовсім інакше? </p>
<input type="radio" name="calc2" value="часто"> часто <BR> <input
type="radio" name="calc2" value="Рідко"> Рідко <BR>
<p> Запитання 3: чи стикалися Ви з проблемою у Вашій організації,
коли до Вас не </> <p>доходило завдання?
<input type="radio" name="calc3" value="Так"> так <BR> <input
type="radio" name="calc3" value="Ні"> ні <BR>
<p> Запитання 4: при відсутності керівника на робочому місці
виробничі завдання надходять чітко і без перебоїв?
<input type="radio" name="calc4" value="Так"> так <BR> <input
type="radio" name="calc4" value="Ні"> ні <br>

```

<p> Запитання 5: чи добре налагоджений у Вашій організації зворотний зв'язок? </p>

<input type="radio" name="calc5" value="Так"> так
 <input type="radio" name="calc5" value="Ні"> ні

<p> Запитання 6: чи вважаєте Ви, що у Вашій організації спілкування з керівником </p> <p>проходить тільки з метою передачі та інформування Вашого виробничого завдання? </p>

<input type="radio" name="calc6" value="Так"> так
 <input type="radio" name="calc6" value="Ні"> ні

<p> Запитання 7: чи поширюються у Вашій організації чутки? </p>

<input type="radio" name="calc7" value="Так"> так
 <input type="radio" name="calc7" value="Ні"> ні

<p> Запитання 8: на Ваш погляд, комунікаційний процес у Вашій організації є ефективним чи потребує вдосконалення? <input type="radio" name="calc8" value="Ефективний"> Ефективний

<input type="radio" name="calc8" value="потребує вдосконалення"> потребує вдосконалення

<input type="submit" name="submit" value="Результат">

</form> </body> </html>

Нижче наведено код скрипта на мові PHP, який обробляє дані, введені користувачем у форму на рис. 1.23.

```
<html> <head>
<title> Результат </title>
</head>
<body>
<? Print "$calc"; Print "$calc2";
Print "$calc3"; Print "$calc4"; Print "$calc5"; Print "$calc6"; Print
"$calc7"; Print "$calc8";
$per1= "висока швидкість"; $per2 = "низька швидкість";
if ($calc=="висока швидкість") {
$resu"lt=$calc; }
if ($calc==$per2) {
$result=$calc; }
if ($calc2=="часто") {
$result2=$calc2; }
```

```

if ($calc2=="Рідко") {
$result2=$calc2; }
if ($calc3=="так") {
$result3=$calc3; }
if ($calc4=="так") {
$result4=$calc4; }
if ($calc5=="так") {
$result5=$calc5; }
if ($calc6=="ні") {
$result6=$calc6; }
if ($calc7=="так") {
$result7=$calc7; }
if ($calc7=="ні") {
$result7=$calc7; }
if ($calc8=="Ефективний") {
$result8=$calc8; }
if ($calc8=="потребує вдосконалення") {
$result8=$calc8; }?>
<p> Результат:
<? echo "$result"; ?> <p>
<p> Результат:
<? echo "$result2"; ?> <p>
<p> Результат:
<? echo "$result3"; ?> <p>
<p> Результат:
<? echo "$result4"; ?> <p>
<p> Результат:
<? echo "$result5"; ?> <p>
<p> Результат:
<? echo "$result6"; ?> <p>
<p> Результат:
<? echo "$result7"; ?> <p>
<p> Результат:
<? echo "$result8"; ?> <p>
</body>
</html>

```

Візуальне відображення анкети "Формування ефективного комунікаційного процесу в організації", яку розміщено на Web-сервері та з якою працює користувач, наведено на рис. 1.24.

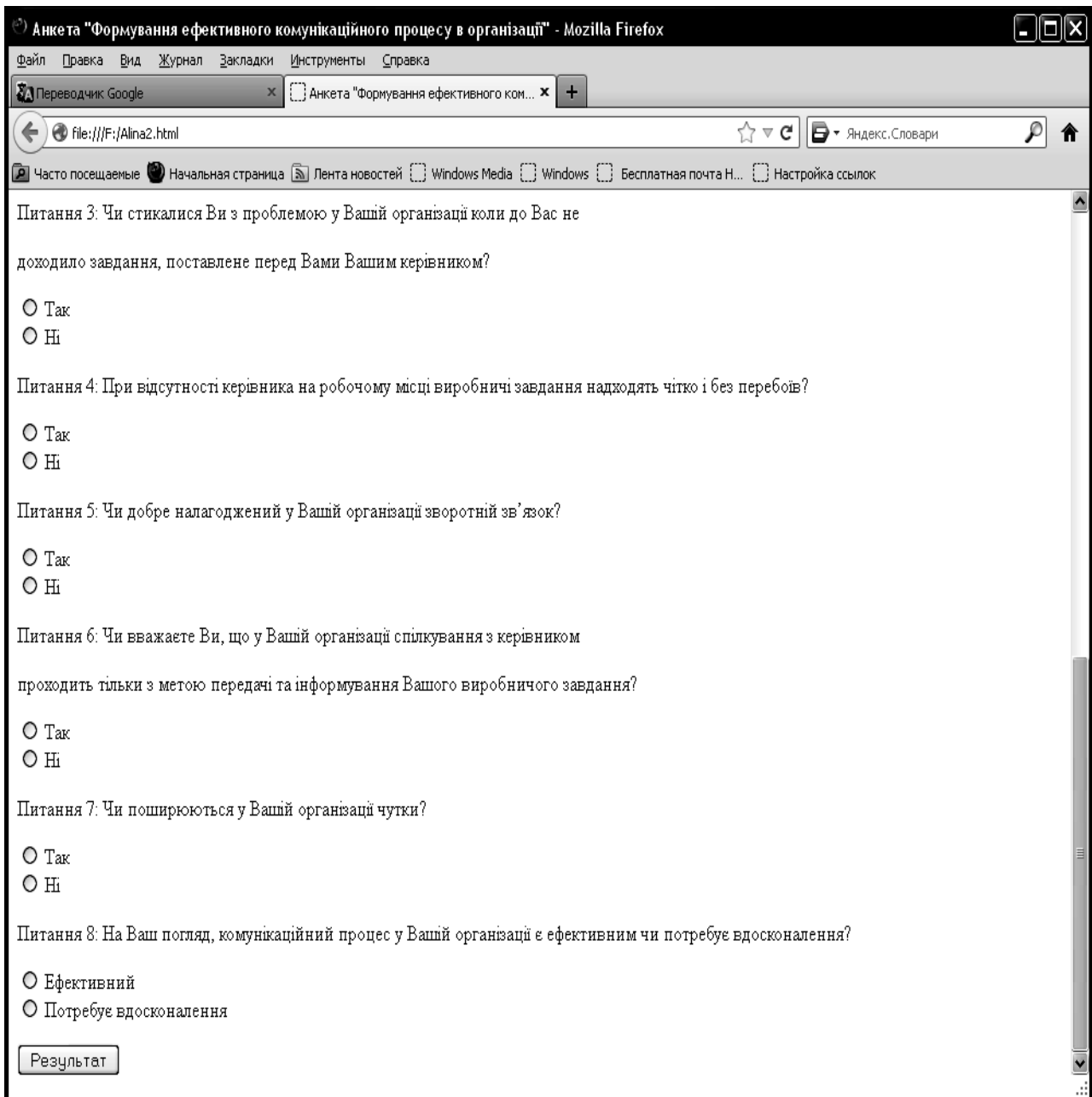


Рис. 1.24. Зовнішній вигляд анкети в робочому стані

Наведені інформаційні системи та технології показали високу ефективність під час проходження магістрами спеціальності "Управління персоналом та економіка праці" виробничих практик та написання магістерських робіт.

Розділ 2. Аналіз проблеми побудови підсистем контролю результатів тестування абітурієнтів ВНЗ

Автоматизовані системи обробки дискретних матеріальних потоків є складними організаційно-технологічними комплексами, що забезпечують надання послуг зі своєчасної та якісної обробки об'єктів контролю, якими в цьому випадку виступають результати тестування студентів ВНЗ. Далі виконується аналіз підсистем контролю й виділення найбільш важливих із наукової й практичної точок зору проблем їхньої побудови для наступного дослідження.

2.1. Опис і аналіз предметної області

Організаційно-технологічна система контролю дискретних матеріальних потоків – це складна система, метою якої є максимальне задоволення потреб у послугах з якісної та своєчасної обробки об'єктів матеріального потоку. Під максимальним задоволенням потреб розуміється забезпечення всіх абітурієнтів послугами цього виду, а під якістю – гарантована обробка об'єктів матеріального потоку в заданий термін і надійність цієї обробки. Технологічні процеси обробки матеріальних потоків у таких системах можуть бути двох типів: ті, що виконують фізичне перетворення елементів матеріального потоку, і ті, що не виконують такого перетворення (результати тестування абітурієнтів).

У даній роботі розглядаються організаційно-технологічні системи обробки дискретних матеріальних потоків, технологічні процеси яких не виконують фізичного перетворення елементів дискретного потоку. Умовно цей тип систем позначимо як $Sd^{(-)}$ -системи (Sd означає, що система дискретна, а знак $(-)$ – що немає фізичного перетворення елементів потоку).

До $Sd^{(-)}$ -систем відносяться підприємства й організації непромислового середовища: фірми, що виконують оптовий і роздрібний продаж товарів; університети, що виконують контроль знань абітурієнтів, які вступили до них; завершуючі підрозділи виробничих підприємств та ін.

Ще одним прикладом $Sd^{(-)}$ -системи є університет (УН), що проводить контроль знань студентів, які вступили до вищого навчального

закладу, типова структура якого наведена на рис. 2.1. На нижньому рівні структури перебувають кафедри (КФ), які проводили тестування та є як джерелами, так і споживачами інформаційних потоків. Наступний рівень – це факультети університету (ФК). На цьому рівні може перебувати система дистанційного навчання.

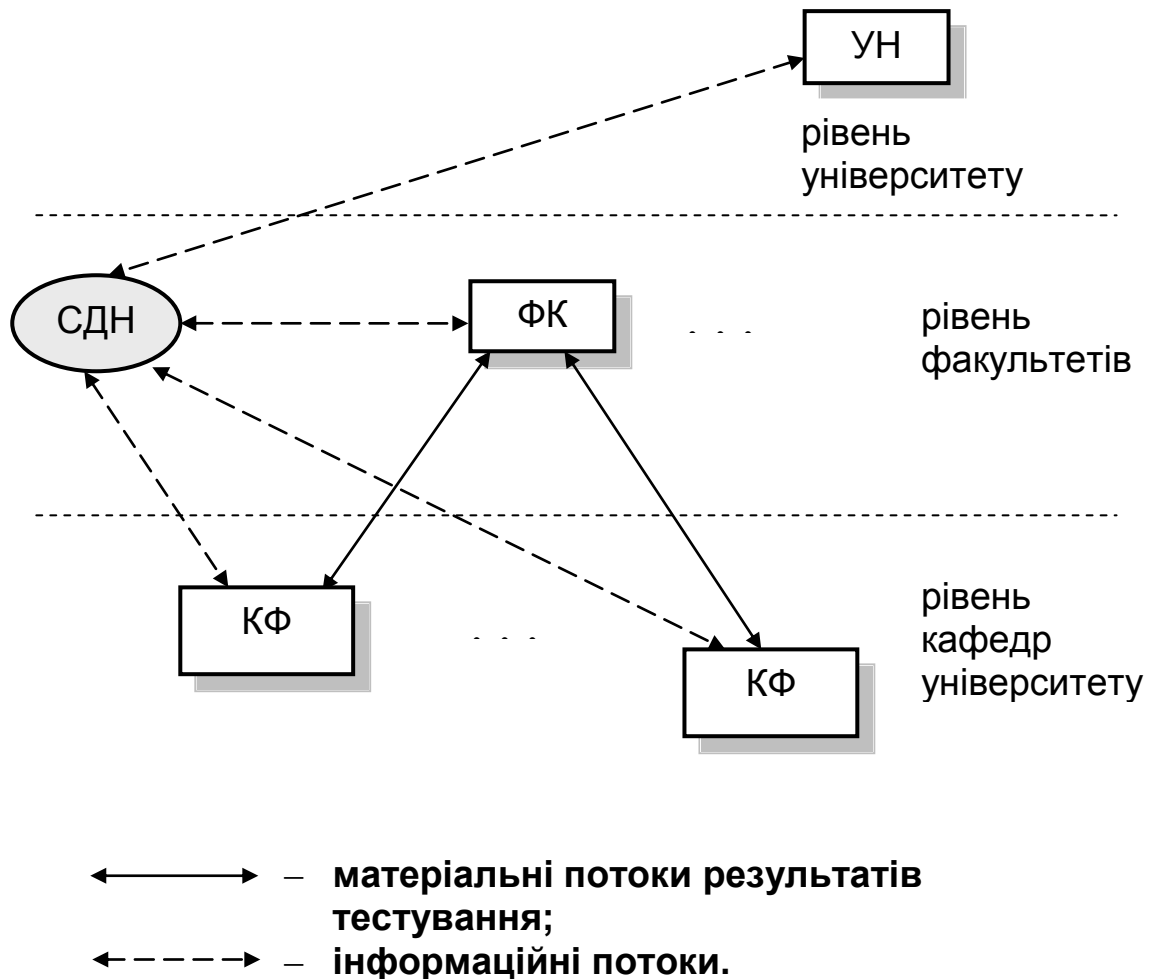


Рис. 2.1. Структурна схема університету

Інформаційні потоки, які містять дані про результати тестування, формуються в КФ під час приймання результатів тестування від студентів.

Ще одним прикладом $Sd^{(-)}$ -системи є кафедра, що проводить тестування (рис. 2.2).

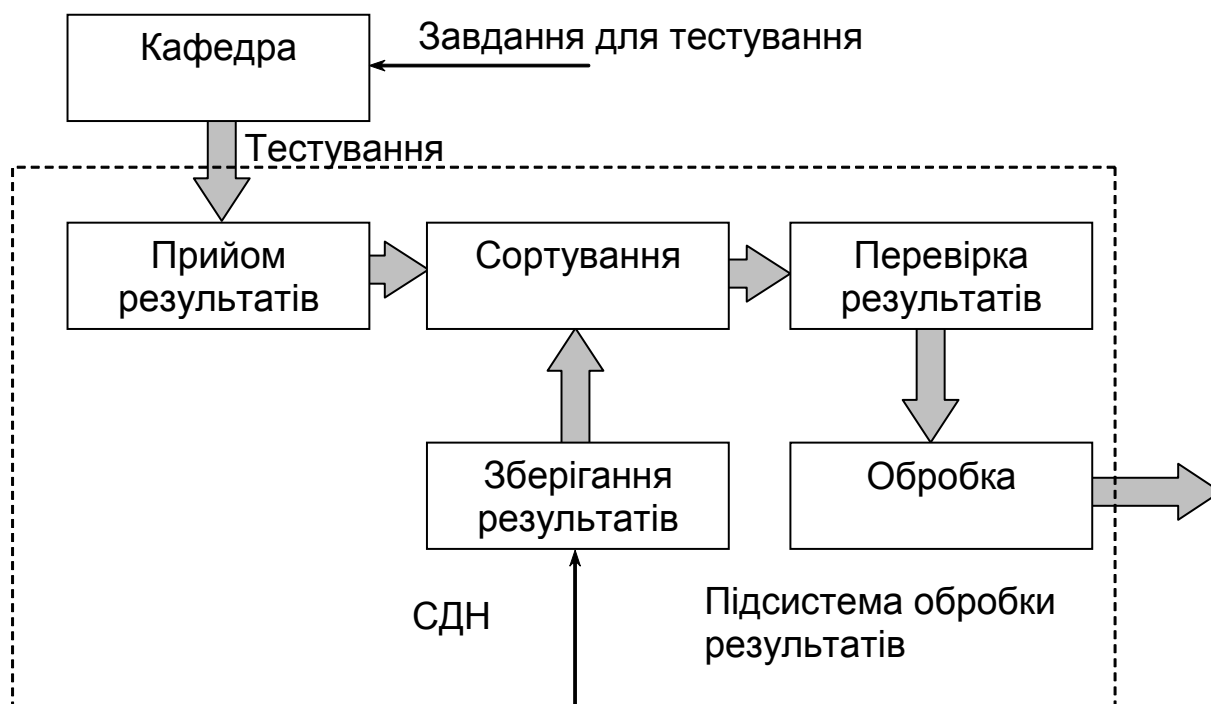


Рис. 2.2. Структурна схема кафедри, що проводить тестування студентів ВНЗ

Результати тестування надходять на кафедру, що проводить тестування студентів ВНЗ. Після прийому результатів тестування відбувається їхнє сортування відповідно до належності студента до тієї чи іншої кафедри ВНЗ.

У загальному випадку $Sd^{(-)}$ -системи (рис. 2.3) виконують операції з обробки дискретних матеріальних потоків від множини джерел $E = \{e: e = \overline{1, s}\}$ до кафедри, що одержує інформацію Q . Сама система включає велику кількість людей, які виконують обробку результатів тестування $I = \{i: i = \overline{1, n}\}$.

Особливістю $Sd^{(-)}$ -систем є те, що вони включають безліч центрів обробки I , які об'єднані завданням перевірки результатів тестування та здійснюють перетворення дискретного вхідного матеріального потоку (результатів тестування) $M_{ex}(t)$ у дискретний вихідний інформаційний потік $M_{вих}(t)$:

$$M_{вих}(t) = Fn [M_{ex}(t)], \quad (2.1)$$

де Fn – функція перетворення матеріальних потоків в інформаційний потік.

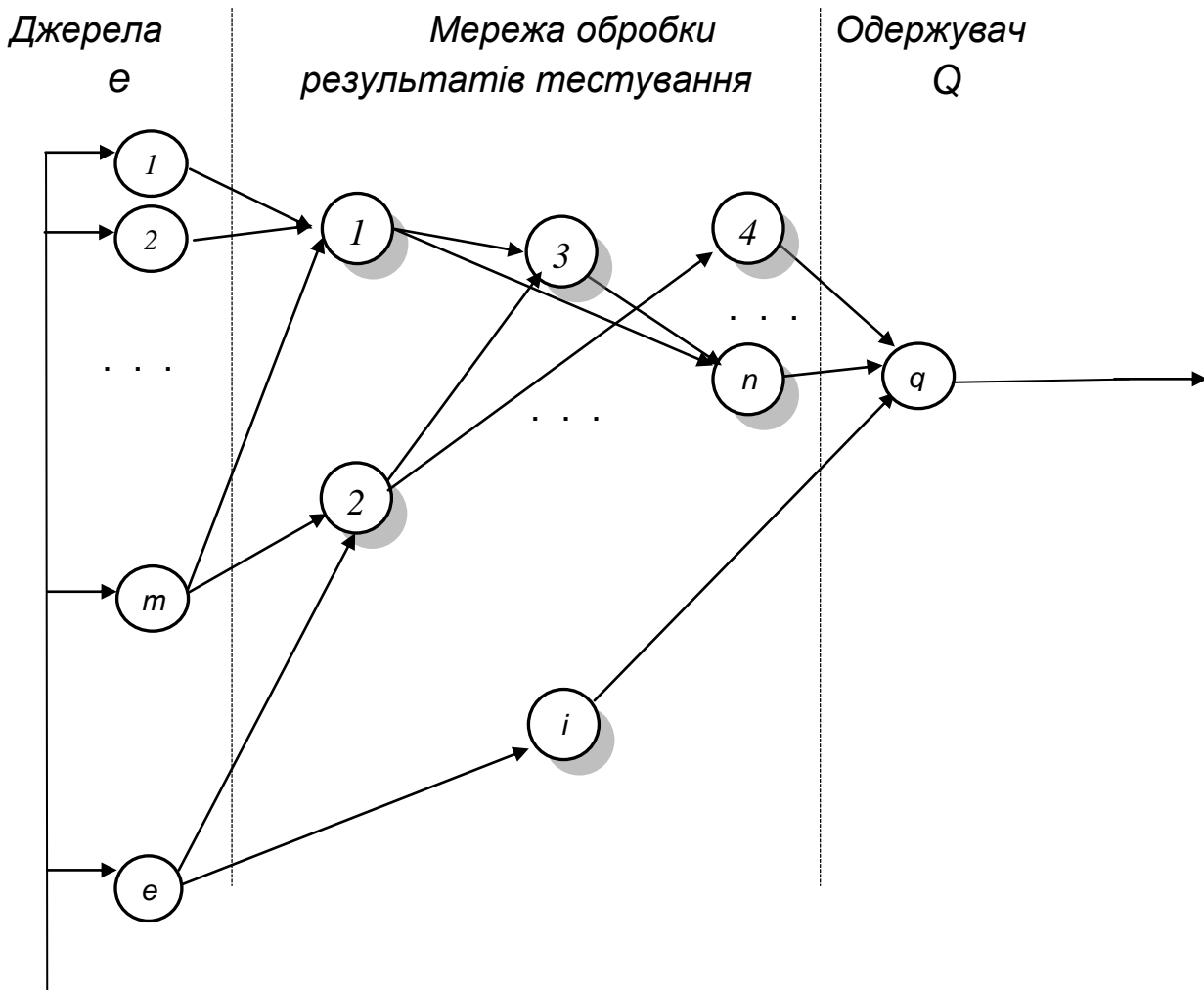


Рис. 2.3. Структурна схема $Sd^{(-)}$ -системи

Оскільки перетворення (F_n) вхідного матеріального потоку $M_{ex}(t)$ приводять до зміни матеріального потоку результатів тестування в інформаційний потік, тому надалі таке перетворення буде позначатися як \tilde{F}_n .

$Sd^{(-)}$ -системи забезпечують виконання функцій організації, планування, контролю й регулювання руху матеріальних та інформаційних потоків у просторі й у часі від первинного джерела до кінцевої системи, якою є система зберігання результатів тестування. Ці системи виконують функції прийому результатів тестування студентів ВНЗ, сортування за факультетами та кафедрами, які пов'язані із виконанням виробничих процесів, контролем і керуванням цими процесами.

2.2. Аналіз сучасного стану проблеми створення підсистем контролю

У загальному випадку система керування описується випадковими векторними функціями $\{M_{\text{вх}}(t)\}$, $\{M_{\text{вих}}(t)\}$, $\{U_i(t)\}$ та умовно постійними масивами ПНТ (плани, нормативи, технології). Вхідний матеріальний потік характеризується векторною випадковою функцією $\{M_{\text{вх}}(t)\}$, кожна координата якої описує об'ємні та якісні показники цього потоку. Технологічна підсистема (Tn) забезпечує перетворення вхідного матеріального потоку $M_{\text{вх}}(t)$ у вихідний $M_{\text{вих}}(t)$ відповідно до (2.1). Фактичний стан процесів просування характеризується векторною випадковою функцією $\{Y_i(t)\}$, кожна координата якої $Y_i(t)$ є випадковою функцією, що визначає стан множини центрів обробки системи $I = \{i : i = \overline{1, n}\}$ у момент часу t .

Керуючий вплив характеризується векторною випадковою функцією $\{U_i(t)\}$, кожна координата якої $U_i(t)$ становить випадкову функцію, що визначає керуючий вплив для i -го центру обробки в момент часу t .

Усі можливі у виробничому процесі керуючі впливи утворюють безліч рішень $\{Rh\}$, що формується особою, яка приймає рішення (ОПР), та вступником ВНЗ та поступають на вхід вирішальної системи (ВС). Вирішальна система здійснює аналіз множини рішень $\{Rh\}$, вибір кращих рішень відповідно до заданого критерію та формування результуючої множини $\{Rs\}$, що містить інформацію про найбільш прийнятні рішення до відповідної ситуації $c(t)$.

Однією з умов реалізації системи керування є необхідність формування векторної функції $\overline{Y}_i(t)$, тобто даних про фактичний стан процесів просування матеріальних потоків у системі на основі векторної випадкової функції $\{Y_i(t)\}$ і процесів формування фактичного стану процесів.

Формування векторної функції $\overline{Y}_i(t)$ може бути виконано автоматизованою підсистемою контролю стану множини осіб, які виконували обробку анкет із результатами тестування абітурієнтів ВНЗ:

$$I = \{i : i = \overline{1, n}\}.$$

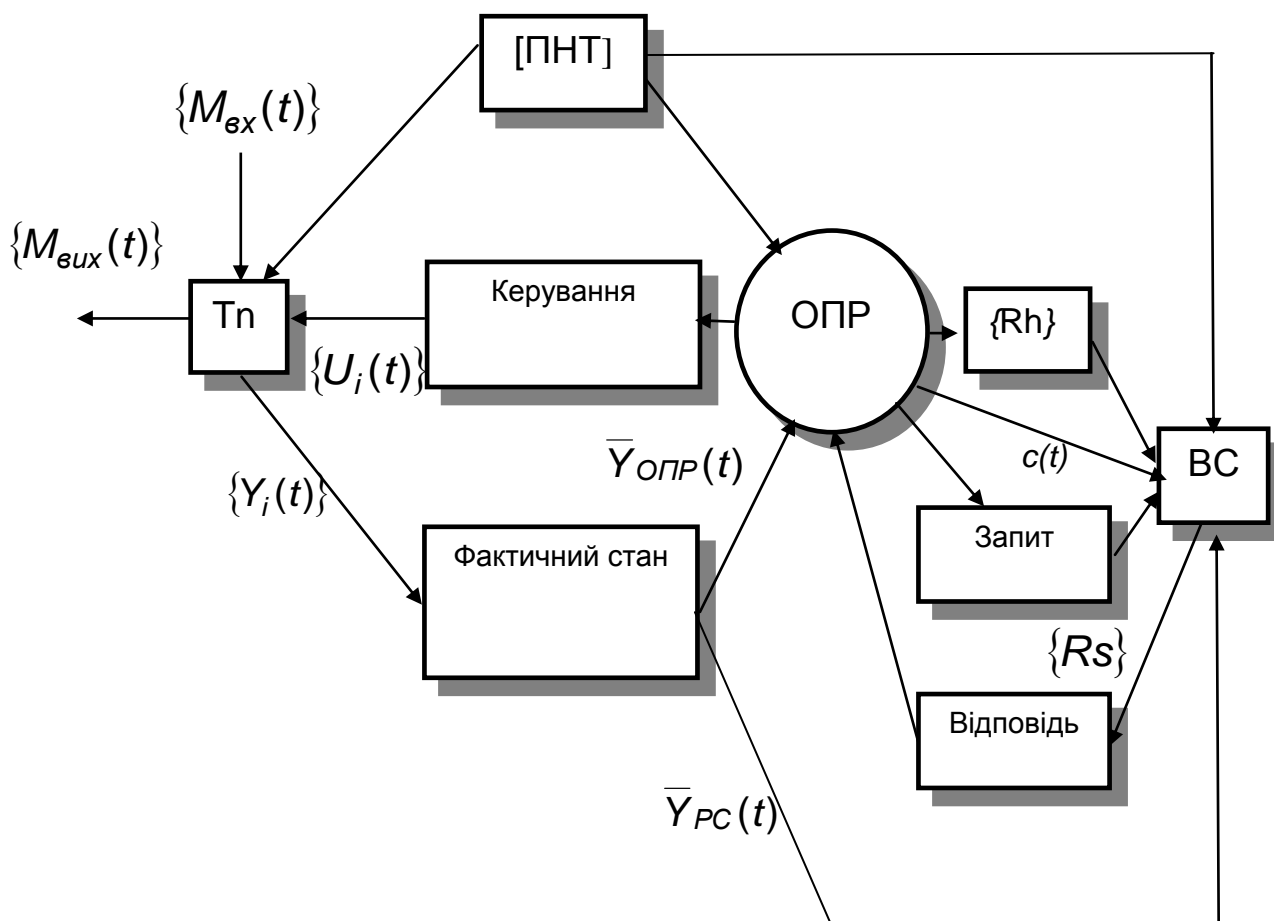


Рис. 2.4. Структурна схема системи керування результатами тестування

Автоматизована підсистема контролю – це автоматизована система прийому й обробки інформації, призначена для контролю характеристик і параметрів складних об'єктів, які мають певну структуру, що включає об'єкти контролю та зв'язки, що забезпечують одержання, перетворення, нагромадження, обробку й видачу даних контролю у формі, придатній для подальшого аналізу та використання.

Відповідно до цього підсистема контролю (на рис. 2.4 блок "Фактичний стан") включає засоби, які забезпечують прийом даних $\{Y_i(t)\}$ (характеристик, параметрів) від множини I центрів обробки (див. рис. 2.3), що виконують їхню обробку, перетворення, нагромадження й видачу даних контролю $\bar{Y}_i(t)$ у вигляді, придатному для подальшого аналізу та використання. Дані контролю $\bar{Y}_i(t)$ надходять як у вирішальну систему (ВС), так і до ОПР, тому форми подання даних контролю для кожного з них докорінно відрізняються одна від одної.

У першому випадку це дані, які використовуються ВС для формування результуючої множини $\{RS\}$, а в іншому випадку це дані, які можуть бути використані ОПР для аналізу стану системи: візуальні елементи, графіки, таблиці та ін.

Кожна координата $Y_i(t)$ векторної випадкової функції $\{Y_i(t)\}$ описується виразом:

$$Y_i(t) = [\xi_{\rho_i}(t), \eta_{\tau_i}(t), \sigma_{\varphi_i}(t)], \quad (2.2)$$

де $\xi_{\rho_i}(t)$ – значення параметрів ρ_i -го виду, що описують вхідний матеріальний потік $M_{вх\rho_i}(t)$ i -ї особи, яка виконує обробку в момент t ,

$$\rho_i = \overline{1, P_i};$$

$\eta_{\tau_i}(t)$ – значення параметрів τ_i -го виду, які описують вихідний інформаційний потік $M_{вих\tau_i}(t)$ i -го центру обробки в момент часу t ,

$$\tau_i = \overline{1, T_i};$$

$\sigma_{\varphi_i}(t)$ – значення параметрів φ_i -го виду, що описують стан i -го центру обробки в момент часу t , $\varphi_i = \overline{1, \Gamma_i}$.

Перетворення векторної випадкової функції $\{Y_i(t)\}$ у дані фактичного стану $\bar{Y}_i(t)$ здійснюється відповідно до певного алгоритму AI , який дозволяє отримати дані контролю, як для ВС, так і для ОПР: $\bar{Y}_i(t) = AI\{Y_i(t)\}$. При цьому алгоритми перетворення для ВС і ОПР різні:

$$\bar{Y}_{ВС}(t) = AI_{ВС}\{Y_i(t)\}; \quad (2.3)$$

$$\bar{Y}_{ОПР}(t) = AI_{ОПР}\{Y_i(t)\},$$

де $\bar{Y}_{ВС}(t)$, $\bar{Y}_{ОПР}(t)$ – векторні функції фактичного стану процесів просування матеріальних потоків, відповідно, для ВС та ОПР;

$AI_{ВС}$, $AI_{ОПР}$ – алгоритми перетворення даних векторної випадкової функції $\{Y_i(t)\}$ у дані контролю, відповідно, для ВС і ОПР.

Отже, для реалізації підсистеми контролю необхідна реалізація системи прийому інформації, яка забезпечує формування координат $Y_i(t)$ векторної випадкової функції $\{Y_i(t)\}$ виду (2.2), обробка цієї інформації відповідно до алгоритмів (2.3) та її подання у вигляді, достатньому для подальшого аналізу й використання [4; 5]. При цьому повинні бути визначені види подання інформації, що формуються безліччю l центрів обробки системи при виконанні операцій контролю: $\xi_{\rho_i}(t), \eta_{\tau_i}(t), \sigma_{\varphi_i}(t)$.

При формуванні даних фактичного стану системи $\bar{Y}_{PC}(t), \bar{Y}_{OPP}(t)$ необхідно виконати визначення видів подання інформації для ВС і ОПР, на основі чого повинні бути розроблені математичні моделі й алгоритми перетворення.

Підсистема контролю має певну структуру, що включає об'єкти контролю та засоби передачі даних. Об'єкти контролю виконують такі операції: прийому даних векторної випадкової функції $\{Y_i(t)\}$, їхнє перетворення, нагромадження й обробку відповідно до розроблених математичних моделей та алгоритмів, а також видачу даних фактичного стану (2.3) системи. Структура підсистеми контролю багато в чому визначається як структурою самої системи, так і розв'язуваними завданнями контролю. При цьому взаємозв'язок між центрами обробки та центрами контролю, а також зв'язок центрів контролю між собою можуть відрізнитися.

При вирішенні завдань синтезу необхідно враховувати величину витрат на створення підсистеми контролю, що повинна бути мінімізована, а також те, що підсистема контролю повинна мати певні якісні характеристики, такі як, вірогідність, швидкодія, готовність та ін.

Вірогідність системи – це властивість системи забезпечувати відповідність результатів контролю стану об'єкта. Вірогідність контролю залежить від багатьох факторів, які впливають на методичні та інструментальні складові контролю.

Методична складова вірогідності контролю обумовлена такими основними факторами:

- 1) законами розподілу значень векторних параметрів контрольованого об'єкта та погрешностей виміру, набором допусків працездатності;

- 2) набором контрольованих допусків, узятих за основу прийняття рішень;

3) набором контрольованих параметрів, що визначають глибину контролю;

4) періодом перевірки об'єкта й часом контролю цього об'єкта.

Інструментальна складова вірогідності контролю обумовлена такими основними факторами:

1) надійністю підсистеми контролю;

2) методами організації самоконтролю;

3) способами нагромадження, реєстрації й відображення результатів контролю.

Швидкодія – це час реакції системи на зміну стану контрольованого об'єкта. Швидкодія залежить від цілого ряду факторів, основними з яких є:

1) кількість контрольованих параметрів;

2) продуктивність системи обробки інформації;

3) надійність підсистеми контролю;

4) методи організації самоконтролю та ін.

Під готовністю розуміється інтервал часу, протягом якого підсистема може почати виконання завдань контролю із заданими якісними показниками.

Для оцінки показників і характеристик, яким повинна відповідати підсистема контролю, можуть використовуватися узагальнені й приватні критерії ефективності. Як приватні критерії ефективності підсистем контролю в літературних джерелах пропонується використовувати:

1) імовірність одержання достовірних (P_d) і повних (P_p) даних контролю;

2) імовірність готовності підсистеми контролю до виконання завдань (P_g);

3) середній час наробітку на відмову при виконанні операцій контролю (T_{cp});

4) час виконання операцій контролю (t_i^k);

5) витрати на виконання операцій контролю (Z_i^k) та ін.

Як узагальнені показники ефективності пропонується використовувати [32; 48]:

1) наведені витрати на реалізацію підсистеми контролю ($Z_{пр}$);

2) наведені витрати на виконання операцій контролю ($Z_{пр}^k$);

3) функціонально-статистичний критерій оцінки ефективності [32]:

$$\mathcal{E}_{I,C}(t,\tau) = \frac{I(t,\tau)}{C(t,\tau)}, \quad (2.4)$$

де $C(t,\tau) = aT + bW + dV$ – середня узагальнена вартість отримання інформації;

$$T = \sum_{i=1}^n t_i \quad \text{– час, потрібний для виконання операцій контролю по}$$

множині центрів обробки $I = \{i : i = \overline{1, n}\}$;

$$W = \sum_{i=1}^n w_i + W' \quad \text{– вартість устаткування підсистеми контролю, яка}$$

включає вартість w_i апаратури контролю, установленної в кожному із i центрів обробки, і вартість W' апаратури, установленної в центрах контролю;

a, b, d – вагові коефіцієнти, що враховують значущість різних факторів, що приводять розмірність складової середньої узагальненої вартості одержання інформації $C(t,\tau)$ до однієї;

$I(t,\tau) = H_o(t,\tau) + H(t,\tau)$ – кількість інформації, що отримана в результаті виконання операцій контролю;

$H_o(t,\tau)$ – початкова ентропія стану об'єктів контролю;

$H(t,\tau)$ – залишкова ентропія стану об'єктів контролю після проведення операцій контролю;

4) економічну ефективність підсистеми контролю:

$$\mathcal{E}' = (C_b - C_n) + E_n(K_b - K_n), \quad (2.5)$$

де C_b, C_n – річна собівартість використання, відповідно, базового й нового варіантів підсистеми контролю;

K_b, K_n – капітальні витрати, відповідно, за базовим та новим варіантами підсистеми контролю;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності використання капітальних вкладень.

Вибір системи критеріїв ефективності підсистем контролю, у загальному випадку, це неформалізоване завдання. Його вирішення ускладнюється необхідністю задоволення ряду суперечливих умов, таких, як: повнота, мінімальність, ненадмірність, операційність, декомповованість і мінливість, які не можуть бути задоволені одночасно. Тому при формуванні набору критеріїв необхідно йти на компроміс, основою якого є мета, завдання, що ставиться перед автоматизованою системою, яка використовує технологію обробки матеріального потоку й особливості конкретної системи.

Отже, синтез ефективної підсистеми контролю необхідно реалізувати на основі багатьох критеріїв, тобто шляхом рішення завдання багатокритеріальної оптимізації виду:

$$x^0 = \underset{x \in X}{\text{arg extr}} \{k_j(x), j = \overline{1, m}\}, \quad (2.6)$$

де $k_j(x)$ – приватні критерії, які утворюють безліч $K = \{k_1, \dots, k_m\}$;

X – безліч припустимих рішень – варіантів підсистеми контролю;

x^0 – оптимальне рішення.

Методи вирішення багатокритеріальних завдань можна поділити на методи, засновані на апріорному виявленні переваг ОПР (прямі методи), і методи, засновані на виявленні й уточненні переваг ОПР у процесі вирішення завдання (аксіоматичні методи).

Більшість прямих методів припускає можливість приведення багатокритеріальних завдань до однокритеріального:

$$\left\{ \begin{array}{l} k_j(x) \rightarrow \text{opt}, \quad j = \overline{1, m}; \\ x \in X; \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} K(x') \rightarrow \text{opt}; \\ x' \in X'. \end{array} \right\}, \quad (2.7)$$

де $k_j(x)$ – приватні критерії ($j = \overline{1, m}$);

$K(x')$ – згортка m приватних критеріїв;

x, x' – змінні, відповідно, приватних критеріїв $k_j(x)$ і згортки $K(x')$;

X, X' – область визначення змінних x, x' , відповідно.

При цьому прямі методи засновані на апріорному одержанні точних числових параметрів, які дозволяють побудувати однокритеріальне

оптимізаційне завдання, а аксіоматичні методи – на побудові систем аксіом, що дозволяють визначити залежність функції корисності від оцінок альтернатив за кожним із критеріїв.

Прямі методи, які здатні до побудови однокритеріального завдання, підрозділяються на:

методи, засновані на використанні єдиної цільової функції без зміни множини припустимих альтернатив;

методи, що припускають коректування множини припустимих альтернатив.

Застосовуються різні засоби зведення декількох цільових функцій в одну. Найчастіше використовуються згортки критеріїв виду [40; 51]:

$$F(x) = F(\lambda, k_1(x), k_2(x), \dots, k_m(x)), \quad (2.8)$$

де $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)$ – безліч деяких речових чисел λ_j , ($j = \overline{1, m}$).

Можна виділити декілька різних типів згорток, в яких величини λ_j розглядаються як коефіцієнти відносної важливості критеріїв:

$$F(\lambda, k) = \sum_{j=1}^m \lambda_j k_j; \quad \lambda_j \geq 0; \quad \sum_{j=1}^m \lambda_j = 1; \quad (2.9)$$

$$F(\lambda, k) = \max_{j=1, m} \lambda_j k_j; \quad \lambda_j > 0; \quad \sum_{j=1}^m \lambda_j = 1; \quad (2.10)$$

$$F(\lambda, k) = \left[\sum_{j=1}^m (\lambda_j k_j)^2 \right]^{1/2}; \quad \lambda_j \geq 0; \quad \sum_{j=1}^m \lambda_j = 1. \quad (2.11)$$

Використання згорток є одним із найпоширеніших підходів до вирішення багатокритеріальних завдань. Згортка узагальненого виду має такий вигляд:

$$F(\eta, k) = \left(\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m f_j^\eta \right)^{1/\eta}; \quad -\infty < \eta < +\infty. \quad (2.12)$$

Використання згорток такого виду має універсальний характер, тому що, змінюючи значення параметра η , можна одержати різні модифікації згорток векторного критерію (2.9) – (2.11).

Розповсюдженим підходом до формалізації узагальненого векторного критерію є так званий метод цільового програмування, заснований на мінімізації відстані від рішення $x \in X$ до деякої "ідеальної точки" x^0 , що найчастіше буває недосяжною. Як відстань звичайно використовуються:

$$r(x, x^0) = \sum_{j=1}^m [k_j(x) - k_j(x^0)]^2 \lambda_j, \quad (2.13)$$

$$r(x, x^0) = \sum_{j=1}^m |k_j(x) - k_j(x^0)| \lambda_j, \quad (2.14)$$

де λ_j – коефіцієнт важливості j -го критерію.

Більшість прямих методів заснована на використанні згорток критеріїв при одночасному коректуванні множини припустимих альтернатив. Найбільш простим з погляду математичної реалізації є підхід, що полягає в перетворенні критеріальних функцій в обмежені:

$$\left(\begin{array}{l} k_j(x) \rightarrow opt; \\ x \in X; \end{array} \right) \rightarrow \left(\begin{array}{l} K(x) \rightarrow opt; \\ k_j \leq C_j; \\ x \in X; \end{array} \right). \quad (2.15)$$

При цьому розходження окремих методів визначаються видом функції $K(x)$ та способом вибору значень обмежень C_j .

У багатьох практичних завданнях використовується метод виділення головного критерію при обмеженнях на значення інших:

$$\begin{aligned} k^*(x) &\rightarrow extr; \\ k_j(x) &\leq C_j; (l \neq m^*, l = \overline{1, m}); \\ x &\in X. \end{aligned} \quad (2.16)$$

Результатами розвитку такого підходу є методи послідовної

оптимізації за декількома критеріями, серед яких можна виділити метод послідовних поступок, метод мінімізації поступок, методи, засновані на послідовній оптимізації приватних критеріїв, оптимізації з урахуванням твердого пріоритету.

Описані методи є найпоширенішими при вирішенні багатокритеріальних завдань, що обумовлено порівняльною простотою їхньої реалізації. Істотним їхнім недоліком є недостатня обґрунтованість оптимальності отриманих таким способом рішень.

Більш складними є методи, засновані на припущенні про існування функції корисності спеціального виду за умови виконання деякої системи аксіом (аксіоматичні методи), що пов'язують оцінки альтернатив за окремими критеріями. Даний підхід є наслідком теорії очікуваної корисності Тло Неймана й Моргенштерна [41] і знайшов розвиток у роботах [10; 26; 27; 40; 44; 45; 51 – 55].

Сутність аксіоматичних методів полягає в наступному. Теоретично представлено, що, якщо відношення між альтернативами задовольняють деякій системі аксіом, то корисність альтернативи може бути виражена у вигляді функції від оцінок альтернативи за приватними критеріями $k_j(x)$:

$$K(x) = K(k_1(x), k_2(x), \dots, k_m(x)), \quad (2.17)$$

наприклад, у вигляді адитивної функції:

$$A(x) = \sum_{j=1}^m a_j k_j(x). \quad (2.18)$$

Тоді рішення завдання зводиться до визначення альтернативи, що максимізує функцію корисності.

Аксіоматичний підхід має два різновиди:

при визначенні функції корисності не враховується ймовірнісний характер виконання альтернативного рішення ("корисність без імовірностей");

при визначенні функції корисності враховується ймовірнісний характер кожної альтернативи ("корисність із імовірностями").

Системи аксіом, які використовуються в першому і в другому різно-

виді підходу, відрізняються між собою.

Одна з основних труднощів використання аксіоматичних методів пов'язана з тим, що в практичних завданнях досить складно розробити систему аксіом, яка адекватно описує практичну ситуацію, причому в багатьох випадках вона порушується. Саме цією обставиною можна пояснити порівняно невеликий рівень застосування аксіоматичних методів.

Великого поширення в теперішній час отримали людино-машинні процедури вирішення багатокритеріальних завдань, які засновані на послідовному виявленні переваг ОПР одночасно з використанням множини припустимих альтернатив. У цьому випадку інформація про переваги приймається від ОПР у діалоговому режимі в процесі вирішення завдання. Досить повні описи людино-машинних процедур вирішення багатокритеріальних завдань. Людино-машинна процедура вирішення багатокритеріальних завдань становить циклічний процес взаємодії ОПР та ЕОМ, що складається з фази аналізу й прийняття рішень (постановка завдань для ЕОМ), яка здійснюється людиною, і фази оптимізації (пошук й обробка рішень), реалізованої ЕОМ. За роллю ОПР у процесі ухвалення рішення людино-машинні процедури поділяються на три типи: неструктуровані, псевдоструктуровані та структуровані.

У неструктурованих процедурах людина здійснює безпосередній вибір рішень із множини припустимих, заданих у просторі фактичних змінних або в критеріальному просторі. У цьому випадку збіжність процедури не гарантується, а якість обраного рішення багато в чому визначається кваліфікацією ОПР.

Застосування структурованих процедур засноване на припущенні про обмежені можливості людини при вирішенні складних багатокритеріальних завдань. Тому ОПР доводиться відповідати на найпростіші запитання на етапі аналізу й, залежно від одержуваних відповідей, ЕОМ коректує розглянуту безліч рішень і формує нові запитання.

Растригін Л. А. та Ейдук Я. Ю. [58] розглядають методи багатокритеріальної оптимізації з погляду їхньої адаптивності, пристосованості до умов вирішення завдань. При цьому виділяються:

адаптація ЕОМ до системи переваг ОПР, пов'язана з обліком інформації, одержуваної від ОПР;

адаптація ОПР до завдання, пов'язана з усвідомленням компромісу й форми його вираження.

Відмінною рисою адаптивних процедур рішення багатокри-

теріальних завдань є гарантованість одержання найкращого рішення, тому адаптивність та людино-машинний характер процедур не є синонімами.

Розглядаючи сутність процедур вирішення багатокритеріальних завдань, у цілому можна сказати, що вони полягають у виявленні й реалізації переваг ОПР на множині припустимих рішень. У практичних завданнях такі процедури припускають об'єднання двох процедур:

апріорне виявлення переваг;

уточнення переваг та пошук рішення безпосередньо в процесі пошуку найкращої альтернативи.

При цьому, якщо основний натиск робиться на апріорне виділення переваг, процедури вирішення наближаються до повністю автоматичних. З'ясувавши, наприклад, коефіцієнт деякої згортки критеріїв до безпосереднього вирішення завдання, ОПР більше не бере участь у процесі вирішення. Якщо ж виявлення переваг ОПР більшою мірою здійснюється вже в процесі пошуку найкращої альтернативи, процедури вирішення багатокритеріальних завдань вимагають більших витрат часу й відносяться до неавтоматичних. Співвідношення двох фаз визначається видом розв'язуваних завдань.

При вирішенні багатокритеріальних оптимізаційних завдань синтезу структури підсистеми контролю, як правило, необхідний облік фактора невизначеності, який істотно впливає на характер рішення практичних завдань. Звичайно під невизначеністю розуміється неповне й неточне подання про значення різних параметрів ситуації, при якій повністю або частково відсутня інформація про можливі стани системи й зовнішнього середовища, що пов'язується з настанням непередбачених подій.

Розрізняють стахостичну невизначеність або ризик і повну невизначеність. У першому випадку невідомі фактори можуть бути описані й досліджені методами теорії ймовірностей, крім того, передбачається, що при вирішенні завдання відомі або можуть бути отримані на необхідний термін закони, що їх описують. Повна невизначеність, навпаки, не припускає можливості визначення законів розподілу або інших імовірнісних характеристик невідомих факторів.

Основна складність визначення ймовірнісних оцінок пов'язана з генеруванням множини випадкових реалізацій умов функціонування

V_1, V_2, V_3, \dots , які досить адекватно відображають умови функціонування реального об'єкта. При цьому можуть використовуватися різні підходи:

проведення серії експериментів із реальною системою. Це дозволяє одержати найбільш точне відображення реального об'єкта, але найчастіше це неможливо через те, що:

- а) можливе перекручування функціонування системи;
- б) для одержання досить представницької інформації необхідно багато часу;
- в) властивості системи за цей час можуть істотно змінитися;
- г) необхідна статистична обробка даних попередніх періодів.

Однак це практично неможливо, тому як окремий період функціонування системи може мати свої специфічні особливості й відрізнитися від інших. Крім того, система може істотно відрізнитися від іншої. Якщо потрібна велика кількість реалізацій, необхідно досліджувати статистичні дані за тривалий період;

застосування досвіду та знань людини з використанням деякої неформалізованої інформації. Використання такого підходу не гарантує безпомилкових подань й оцінок і може бути застосоване при порівняно простій формі опису умов функціонування.

Найбільш прийнятним засобом формування множини реалізацій функціонування об'єкта варто вважати імітаційне моделювання, що поєднує переваги статистичного підходу з можливостями використання погано формалізованої інформації, що відображає подання людини й не виключає проведення натурних експериментів з окремими елементами системи.

Однак використання імітаційного моделювання пов'язане з великими витратами на конструювання самої моделі й доказ її адекватності реальній системі. На сьогодні розроблена й використовується велика кількість інструментальних засобів імітаційного моделювання, які можна розділити на універсальні та об'єктно-орієнтовані. До універсальних належать засоби, які забезпечують написання коду імітаційної програми певною мовою імітаційного моделювання, а до об'єктно-орієнтованих – засоби, які служать для вирішення завдань імітаційного моделювання з конкретних предметних областей: виробничі й транспортні системи, медичні установи та ін. Одним із найбільш перспективних напрямів скорочення витрат при створенні імітаційних моделей, що інтенсивно розвиваються в теперішній час, є візуалізація й ідеографічний підхід.

Отже, ефективне вирішення завдань синтезу структури підсистеми контролю припускає об'єднання методів оптимізації, імітаційного моделювання й діалогового підходу в єдиній процедурі. Засобами реалізації такої процедури є людино-машинна система прийняття рішень. Однією з проблем, що при цьому виникають, є організація людино-машинної взаємодії, що забезпечує найбільш ефективне використання можливостей як людини, так й ЕОМ, об'єднаних у процесі вирішення завдання.

2.3. Аналіз проблеми розвитку й адаптації підсистем контролю

Із часом для будь-якої системи характерні [20; 36]:
етапність розвитку;
зміна характеристик і моделі поведження;
динамічність характеру виробництва, різка й часто непередбачена зміна параметрів;
динамічність зовнішнього середовища.

Модель життєвого циклу системи (рис. 2.5.) складається з таких елементів: $\mathcal{E}m_v$ – етап створення й використання версії v ; $T_{\mathcal{E}}^v$ – період експлуатації версії v ; $t_{\mathcal{E}}^v$ – момент початку експлуатації версії v_z . Протягом життєвого циклу система проходить кілька стадій, кожна з яких характеризується своїми завданнями. Життєвий цикл системи включає стадії проектування $[0, t_1]$, розробки $[t_1, t_2]$, експлуатації $[t_2, t_3]$ й ліквідації $[t_3, t_4]$. Із часом при експлуатації системи відбувається її моральне й фізичне старіння, тому функціонування системи на цьому рівні стає неефективним. Найчастіше у період експлуатації $[t_2, t_3]$ у момент часу $t_{\mathcal{E}}^v$ ($v = \overline{1, \mathcal{Q}}$) виникає необхідність повних або часткових перепроєктування й реконструкції системи на основі сучасних прогресивних технологій. У цьому випадку настає новий етап життєвого циклу системи – перехід на нову версію V .

Перехід на нову версію вимагає модернізації всіх видів забезпечення системи: технічного, інформаційного, математичного, програмного та ін.

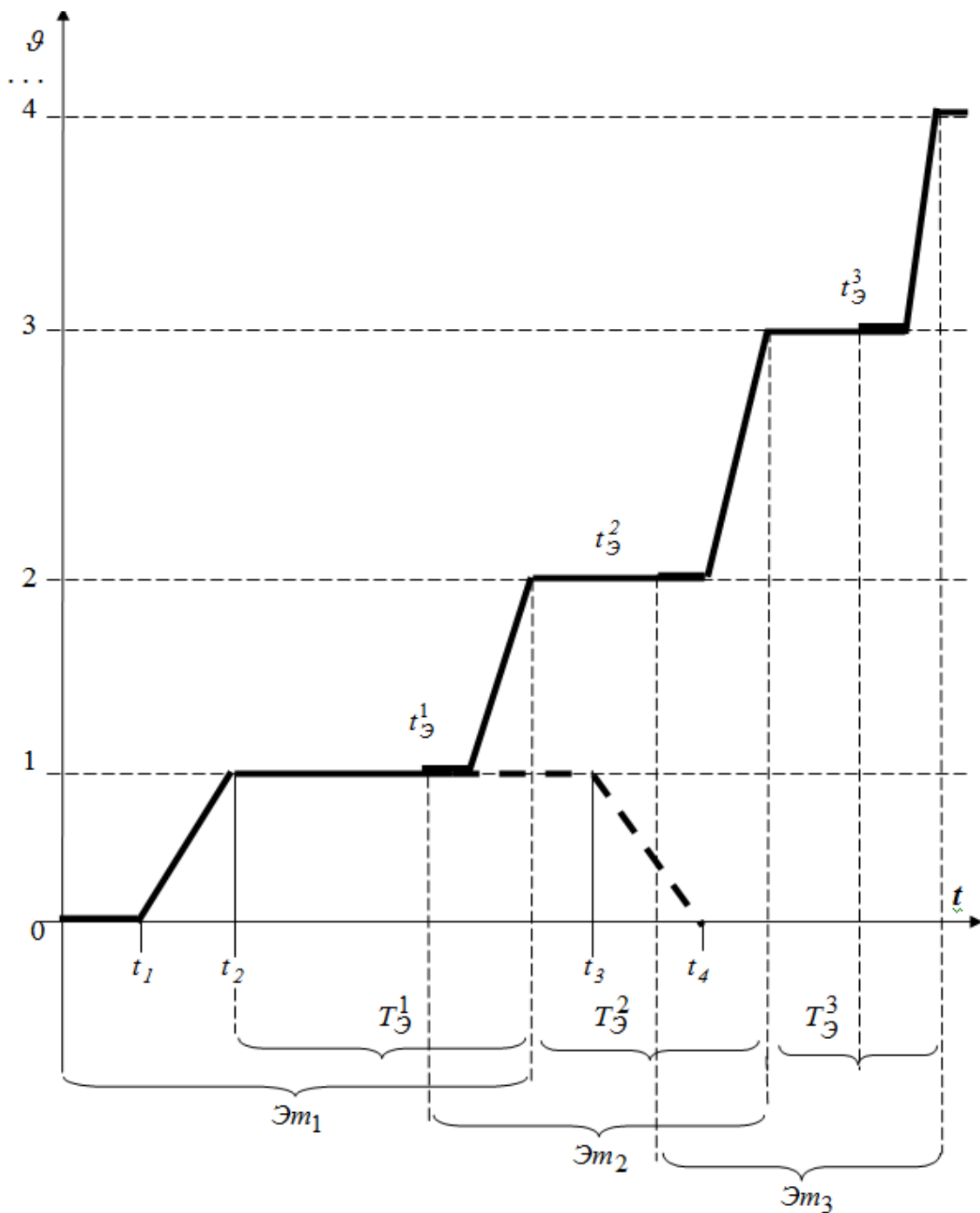


Рис. 2.5. Модель життєвого циклу системи

При експлуатації підсистеми контролю перехід на нову версію може виникнути з таких причин:

- 1) зміна структури об'єктів обробки матеріальних потоків: видалення, додавання, зміна зв'язків між об'єктами;
- 2) зміна складу завдань контролю: додавання нових функцій, складу контрольованих параметрів, видалення функцій й окремих параметрів контролю;
- 3) зміна складу й структури протоколу обміну даними контролю та ін.

Однак упроваджену й реально використовувану підсистему контролю важко (довго, дорого, часто навіть неможливо) змінити. У результаті підсистема контролю може гальмувати розвиток всієї системи. Причини, як уже показано, можуть бути різні, але джерело проблем – у трансформації системи. Тому виникає завдання створення підсистеми контролю, що дозволяє легко адаптуватися до нових вимог до динамічних змін внутрішніх і зовнішніх умов функціонування, а також підтримувати стабільне поліпшення й коректування процесів контролю.

Вирішення цього завдання можливе шляхом створення адаптивного математичного забезпечення (МЗ) підсистеми контролю, переходу до моделі системи, що трансформує, "3D-підприємство", до використання XRP-систем. Як показано при виборі методів адаптації МЗ підсистеми контролю необхідно декомпонувати на три рівні:

перший рівень містить питання розробки внутрішнього МЗ й системи інформаційного обслуговування;

другий рівень містить типові програми контролю проходження матеріальних потоків;

третій рівень містить специфічні завдання, пов'язані з реалізацією окремих рішень, властивих вузькому класу об'єктів, а також нові, ще не реалізовані завдання.

Процес адаптації на першому рівні полягає в налаштуванні стандартних процедур на опис інформаційної системи й машинного аналізатора, що перебудовує систему обробки даних залежно від складу інформації та її використання різним набором завдань.

До складу МЗ другого рівня повинен входити опис особливостей конкретного підприємства для різних класів завдань контролю. Ці описи будуються за принципом проблемно-орієнтованих мов. Другий елемент цього рівня – бібліотека програм модулів, що виконують функцію розрахункового алгоритму. Питання адаптації на цьому рівні реалізуються шляхом налаштування модулів на конкретний опис підприємства, а також адаптації до середовища, що змінюється, на даному підприємстві. Оптимізуючим елементом є адміністративна система, що виконує функцію формування потрібної програми з набору модулів.

Процес адаптації на третьому рівні містить налаштування на конкретні завдання, які властиві певному класу об'єктів.

Вищеописане дозволяє виділити два види адаптації:
параметрична, коли МЗ може пристосовуватися до вхідних параметрів;

структурна, коли МЗ здатне змінити свою внутрішню структуру.

Параметрична адаптація має такі особливості (рис. 2.6):

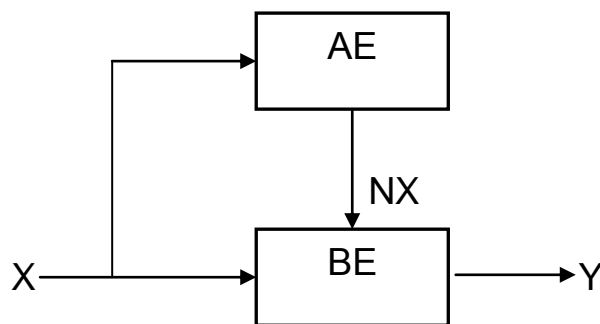
1) система є закритою, автономною стосовно навколишнього середовища й пов'язана із середовищем на рівні "входів" та "виходів";

2) чітко визначені правила подання даних на входах (X) і виходах (Y) системи;

3) чітко задані області можливих змін вхідних параметрів;

4) існує спеціальний елемент, що адаптує (АЕ), у функції якого входить розпізнавання вхідного сигналу, перевірка його допустимості й настроювання виконавчого елемента (ВЕ) системи;

5) висока ефективність системи у виконанні своїх функцій.



NX – канал настроювання виконавчого елемента по входу X.

Рис. 2.6. Схема параметричної адаптації

Структурна адаптація припускає таке:

1) система складається з адаптивно-параметричних елементів;

2) кожна функція системи реалізується за допомогою сукупності елементів, що працюють паралельно або послідовно;

3) усі елементи мають строге функціональне призначення, і не існує двох тотожних елементів;

4) для складних систем вводиться ієрархія елементів із введенням режиму супідрядності;

5) в умовах модифікацій окремих функцій системи присутні елементи, що мають одне функціональне призначення, але з різною областю існування (альтернативні елементи);

6) кількість і різноманітність елементів достатні для реалізації будь-якої функції в межах області існування системи;

7) наявність системного елемента, що адаптує, за допомогою якого відбувається вибір оптимальної траєкторії реалізації заданих функцій;

8) наявність елемента, що адаптує, здійснює вибір найкращих елементів із числа альтернативних для вже визначеної траєкторії реалізації функцій в ієрархії елементів по меншій мірі на рівень вище альтернативних.

У загальному випадку в адаптивному МЗ можна виділити адаптацію двох видів:

пасивну, яка виробляється елементами МЗ, призначеними для самоприспосовування до змін параметрів адаптації;

активну, коли здійснюється структурна адаптація елементів МЗ та інформаційної складової системи.

Подальші розвиток і розширення ідеї адаптації систем з урахуванням мінливості життєвого циклу одержали при створенні тришарової моделі підприємства та розробці принципу динамічної адаптації життєвого циклу системи, принципів і прийомів підходу Н.С.П. (підходу "Нове Системне Проектування"), які були розроблені на основі схем Захмана Д. А. Однак усі вони служили для обліку високої швидкості мінливості підприємства, її інформаційно-керуючої (ІКС) та інформаційної (ІС) систем. Для розробки більш явних засобів роботи з об'єктами, що трансформуються, Зіндер Д. А. увів тривимірну схему, тобто "об'ємну" схему архітектури підприємства, його ІКС та ІС, або схему "3D-підприємства" (рис. 2.7).

Схема "3D-підприємства" будується для відбиття взаємозв'язків компонентів ІКС підприємства в трьох вимірах:

1. Вісь рівня проектування й використання ІКС. Це шість "горизонтальних" рівнів: потреби й плани, бізнес-модель, логічна модель, технічна архітектура, детальна реалізація, практика використання.

2. Вісь розділу забезпечення й аспекти роботи ІКС. Це шість "вертикальних" розділів, виділених, але не позначених на рис. 2.7:

чому (цілі), хто ("діячі", система-люди й організаційні одиниці), що (інформація), як (функції й процеси), коли (події й графіки функціонування), де (розміщення й комунікації).

3. Вісь часу, у якій розвивається підприємство та його ІКС. На рис. 2.7 це шість можливих (але не єдиних) стадій на "верхній грані" моделі можливим стадіям життєвого циклу системи: аналіз (стратегічний та детальний), проектування (конструювання), реалізація й введення в експлуатацію (можуть розглядатися окремо), експлуатація в роботі, удосконалювання (на цій осі моделюються й інші аспекти розвитку ІКС).

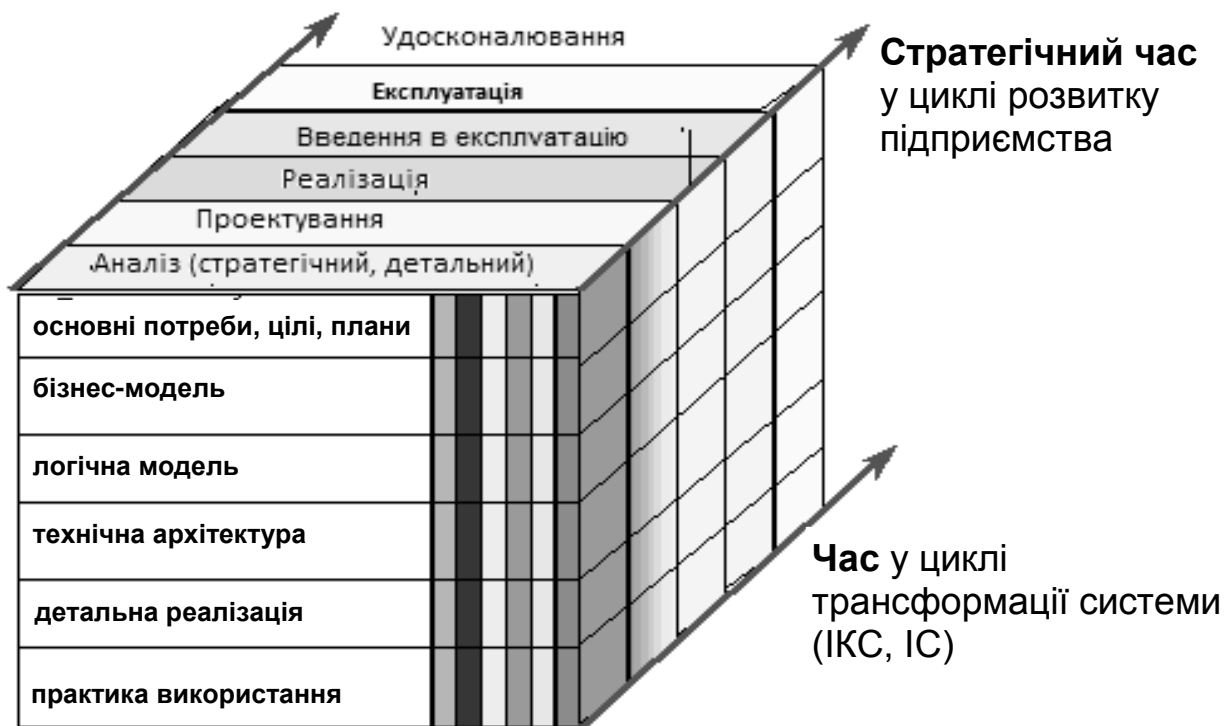


Рис. 2.7. Тривимірна схема архітектури

Створені приватні моделі погоджуються у своїх взаємозв'язках. При цьому описуються взаємозв'язки не тільки для якогось одного моменту, але й на кінцях всіх відрізків осі часу, яким приписані початки й кінці розглянутих проектів, стадій, робіт.

Сутності на осі стратегічного часу в конкретних 3D-моделях можуть представляти не тільки розвиток ІКС, але й розвиток бізнес-процесів підприємства. Результатом такого розвитку є проекти створення нових (або розвитку наявних) компонентів системи. У такий спосіб розвиток системи виділений й оформляється як частина розвитку підприємства.

На основі моделі "3D-підприємство" розроблена схема "мультикуб", що дозволяє перейти до більш конкретного рівня планування при керуванні розвитком проектної програми ІКС. Для побудови моделі "мультикуб" використовується сполучення областей робіт кожного проекту й кілька додаткових осей (рис. 2.8):

- застосовані методи/інструменти розробки або керування;
- спеціалізації конкретних розроблювачів або керівників;
- рівень абстракції модельних компонентів та ін.

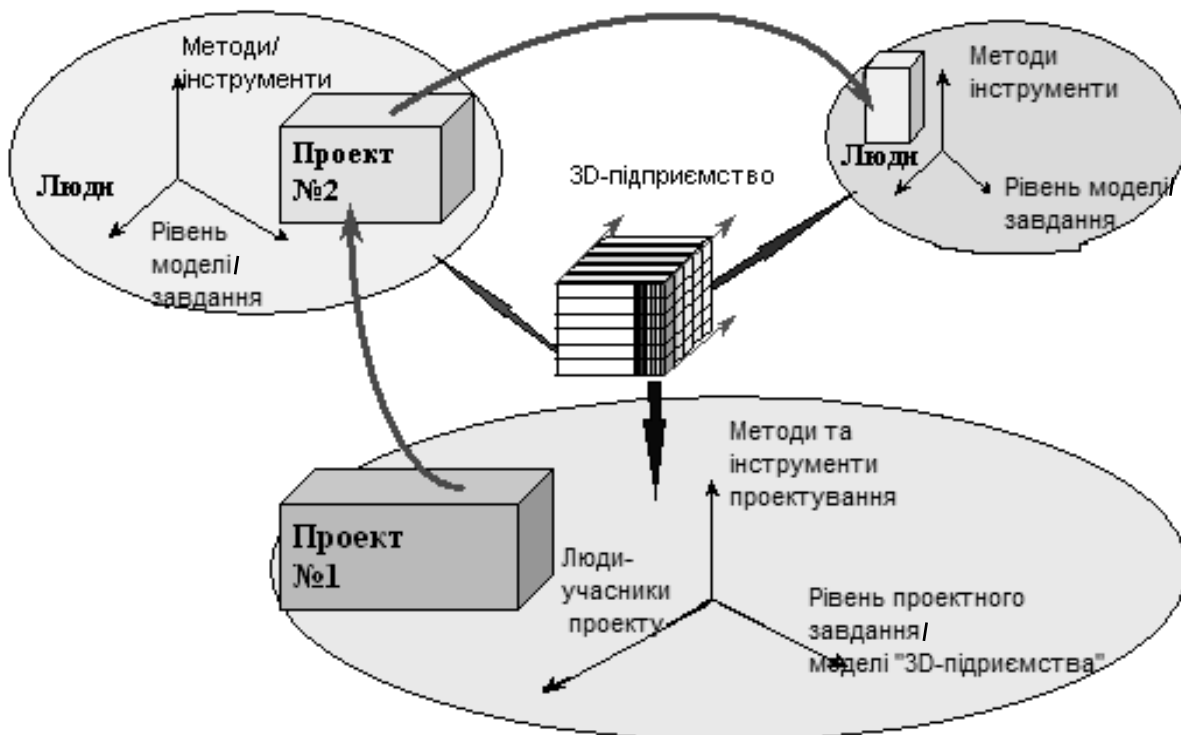


Рис. 2.8. Схема "мультикуб"

На рис. 2.8 наведена модель "мультикуб", у якій додають параметри, що (учасники проекту й інструменти проектування) зв'язуються з моделлю "3D-підприємство" по такій характеристиці, як рівень проектного завдання.

Розвиток теоретичних принципів обліку трансформації систем й адаптації їх МЗ привів до розвитку принципів побудови інструментальних засобів, які забезпечують підтримку цих функцій.

Існуючі в теперішній час інструментальні засоби ERP-систем (Enterprise Resource Planning – планування ресурсів підприємства), що настроюють за допомогою параметрів, не мають таких можливостей, як: адаптація систем, підтримка постійного поліпшення й коректування бізнес-процесів. Ідеї обліку нових можливостей в інструментальних засобах знайшли втілення в принципах створення засобів XRP-систем (Extended Resource Planning – розширене планування ресурсів). В основу XRP-систем покладене поняття базової моделі підприємства й залежно від галузі, до якої відноситься підприємство, існує небагато її різновидів. Для конкретного підприємства з бібліотеки базових моделей вибирається та, яка найбільшою мірою задовольняє вимогам цього підприємства. Модель може бути легко змінена відповідно до конкретних особливостей і вимог. Ті процеси, функції й структури, які не повною мірою задовольняють конкретні потреби, змінюються й пристосовуються за допомогою відповідного інструментарію. У результаті створюється індивідуальна модель конкретного підприємства. При зміні зовнішніх умов, трансформації системи описаний процес повторюється для створення нової індивідуальної моделі. Крім описаного стандартного підходу, в XRP-системах реалізується індивідуальний підхід, заснований на відкритості, об'єктно-орієнтованому підході, бібліотеках готових рішень, які можуть підстроюватися під конкретні застосування.

Останнім часом на ринку інструментальних засобів і програмного забезпечення з'явилися засоби, які забезпечують реалізацію XRP-систем. Це продукти фірми IBM: WebSphere Business Integration та IBM SOA Foundation. WebSphere Business Integration забезпечує реалізацію можливостей бізнес-інтеграції при вирішенні конкретних проблем бізнесу з інтеграції й керування системами підтримки бізнесу, корпоративними інформаційними активами, співтовариства бізнес-партнерів та осіб, відповідальних за прийняття рішень у сервіс-орієнтованій архітектурі. IBM SOA Foundation становить набір інтегрованого програмного забезпечення реалізації у сервіс-орієнтованій архітектурі для конкретних підприємств.

Як показано в даному підрозділі, інтенсивний розвиток інформаційних технологій, упровадження засобів обчислювальної техніки у сферу надання послуг з обробки матеріальних об'єктів, якими можуть бути результати тестування студентів ВНЗ.

Однією з умов реалізації системи керування такими об'єктами, як показано в даному підрозділі, є необхідність створення автоматизованої підсистеми контролю стану множини обробних центрів системи. Для

реалізації підсистеми контролю необхідна реалізація системи прийому інформації, її обробки й надання результатів обробки у вигляді, достатньому для подальшого аналізу й використання, тобто необхідне вирішення завдання синтезу підсистеми контролю для заданої структури обробних центрів. При цьому вирішення завдання синтезу структури підсистеми контролю повинне забезпечити мінімізацію витрат на створення системи із заданими якісними характеристиками, такими як вірогідність, швидкодія, готовність та інші. Складність завдання синтезу підсистеми контролю визначається складністю структури обробних центрів, безліччю наборів критеріїв (локальних, узагальнених) оцінки ефективності рішення завдання, складністю використовуваних обмежень.

Тому вирішення завдання синтезу необхідно реалізовувати в багатокритеріальній постановці з використанням сучасних методів, які дозволяють урахувати цю багатокритеріальність й одержати прийнятні результати.

Крім того, необхідно врахувати безліч зовнішніх факторів, що подають у вигляді обмежень, і синтезувати підсистему контролю з показниками, що відповідають установленим вимогам. У результаті необхідно знайти компроміс між складністю розв'язуваного завдання й одержанням якісного рішення.

Життєвий цикл підсистеми контролю (як показано в даному підрозділі), як і будь-якої системи, є практично нескінченним, але при цьому відбувається безліч повторень, пов'язаних зі зміною зовнішнього середовища, умов експлуатації, трансформування системи. Упроваджену й реально використовувану підсистему контролю важко (довго, дорого), а найчастіше навіть неможливо змінити. У результаті підсистема контролю може гальмувати розвиток всієї системи, тому що не забезпечує виконання покладених на неї завдань. Тому при розвитку підсистеми контролю виникає завдання її адаптації до нових вимог, динамічних змін внутрішніх і зовнішніх умов функціонування, а також підтримки постійного поліпшення й коректування процесів контролю в системі.

Для вирішення завдання адаптації необхідна розробка адаптивного МЗ підсистеми контролю на основі моделі системи "3D-підприємство", що трансформується, і використання методології XRP-систем.

Як показано в ряді робіт, при створенні адаптивного МЗ необхідно виконати його декомпозицію на три рівні, забезпечити параметричну й структурну адаптацію елементів МЗ, виділити й реалізувати в МЗ елементи пасивної й активної адаптації.

При цьому необхідний розгляд сучасних підходів обліку динамічної адаптації життєвого циклу систем, які були розроблені на основі схем Захмана Д. А. Використання багатoshарової моделі підприємства, принципу динамічної адаптації життєвого циклу систем, принципів і прийомів підходу Н.С.П. дозволило розробити моделі "3D-підприємство" і "мультикуб", за допомогою яких можна більш повно вивчити всі зміни, що періодично відбуваються у процесі життєвого циклу.

У результаті розробленої системи з'являється можливість адекватного оцінювання компетентності цієї або іншої групи студентів на момент тестування. У результаті періодичного повторення даної процедури вдається проаналізувати даний процес у динаміці, що дає можливість прийняти рішення про ефективність, яка використовувалась в плані аналізованого періоду навчальних методик. Ці можливості мають достатню практичну значущість. Однак це є більш важливим ніж цілеспрямована корекція навчальних програм з метою управління якістю підготовки фахівців.

Такий процес можливий у тому випадку, коли навчальна програма є будь-якою функцією (лінійною або нелінійною) від поточної компетентності учнів. У цьому випадку з'являється можливість адаптувати навчальну програму безпосередньо в процесі навчання до поточного стану навчальної групи, скорегувавши тим самим відхилення поточної компетентності від цільової функції. Однак для цього необхідно застосувати алгоритм адаптивної оцінки знань, основи якого описані в розділі 3.

Розділ 3. Моделі компетентності на основі адаптивних алгоритмів

Описані раніше моделі компетентності на основі класичних алгоритмів прогнозування та планування навчального процесу відрізняються рядом переваг. До них відносяться: простота математичного апарату, швидкість і відносно мала вартість програмної реалізації, надійність і стійкість алгоритму, детермінованість результатів. У той же час подібним моделям (із фіксованим алгоритмом розподілу навчальної інформації) властивий суттєвий недолік – вони принципово не спроможні наблизити ефективність підготовки компетентного фахівця до теоретично досяжної величини у 100 %. Таку можливість може забезпечити лише клас імовірнісних моделей, що адаптуються до вибірки вихідної інформації (так звані адаптивні алгоритми).

Слід пояснити цю тезу. Кар'єра окремого індивідуума є детермінованою тією мірою якою йому дозволяють це здійснити зовнішні фактори. Наприклад, якщо людина вважає за доцільне в майбутньому працювати у сфері, наприклад, комп'ютерної графіки, то вона буде виділяти максимум часу і зусиль на вивчення предметів, що стосуються, на її думку, даної предметної області, за рахунок дисциплін, що не мають відношення, знову-таки, на її особисту думку, до передбачуваної майбутньої спеціалізації. Якщо даний фахівець після закінчення ВНЗ дійсно буде використовувати свої здібності в комп'ютерній графіці – ефективність його навчання виявиться близькою до 100 %. В іншому випадку вона буде досить низькою. Слід зауважити, що для конкретного індивідуума цей факт є істотно детермінованим.

Але інакше все відбувається з точки зору держави. Враховуючи масштаби вищої освіти, немає можливості заздалегідь прогнозувати перспективи працевлаштування кожного окремого випускника (готувати фахівця "під замовлення"), тим більше, що в умовах фактичної відсутності обов'язкового працевлаштування вони значною мірою визначаються досить мінливими психологічними факторами. Тому в державному плануванні першочергового значення набувають статистичні моделі. В умовах ринкової економіки цільовою функцією, очевидно, є отримання максимальної додаткової вартості від випускників ВНЗ, інтегрованої за досить великий період часу (близько декілька років) у цілому по країні.

Клас адаптивних моделей для аналізу статистичних вибірок з'явився порівняно нещодавно – у середині 60-х років ХХ століття [19], однак швидко набув поширення у багатьох галузях науки і техніки. Цьому сприяли істотні переваги нових алгоритмів перед класичними, розробленими А. Шустером, Дж. Юлом, Н. Вінером, Хінчиним С. Я., Слуцьким Е. Е. та ін. [37]. Як правило, такі моделі тісно пов'язані з методами спектрального оцінювання функцій, зашумлених похибками вимірювань (наприклад, отриманих у соціологічних опитуваннях), хоча це не є обов'язковим. Адаптивні моделі спектрального оцінювання діляться на два класи: авторегресійні алгоритми та методи Проні [37].

Щоб зрозуміти різницю між ними, необхідно згадати відмінність між спектральним і гармонійним оцінюванням. У строго математичному сенсі гармонійний аналіз є окремим випадком спектрального розкладання функції, яке розуміється як розкладання в ряд за власними функціями

деякого лінійного оператора або в інтеграл за системою функцій, що залежить від аргументу, який безперервно змінюється [9]. Найбільш відомими прикладами гармонійного та спектрального аналізу є, відповідно, ряд та інтеграл Фур'є. У вузькому значенні під гармонійним аналізом слід розуміти оцінювання частот і амплітуд рахункової множини (ряду) гармонійних або згасаючих компонент, на які розкладається аналізована функція. Спектральним аналізом слід називати оцінку частотних залежностей спектральної щільності амплітуди або потужності в інтегралі Фур'є функції на континуумі частот.

Конкретний вид використовованого розкладання визначається природою вихідної функції та інформацією, яку необхідно одержати в результаті аналізу. Чіткої межі тут не існує. Часто детерміновані величини, що мають вузькі спектральні піки, піддають гармонійному аналізу. Шумоподібні параметри, що не мають у своєму спектрі окремих яскраво виражених складових, більш природно аналізувати за допомогою спектрального розкладання. Однак остаточний вибір того чи іншого методу розкладання залежить від способу подальшої обробки отриманого спектра.

Авторегресійні алгоритми спектрального оцінювання широко застосовуються в природничих і технічних науках. Однак з точки зору суспільних і економічних наук більш прийнятним виявляється не спектральний, а гармонійний аналіз вихідних вибірок. Насправді, область аргументу тут, як правило, спочатку дискретна (під інтервалом дискретизації розуміється перехід від індивідуума до індивідуума). Тому інтеграл Фур'є в підсумку, так чи інакше, зводиться до дискретного ряду за деякими обраними базисними функціями.

Важливим є питання про конкретні методи аналізу спектрів, оскільки класичні способи гармонійного та спектрального оцінювання зазвичай виявляються малоефективними при обробці результатів моделювання статистичних вибірок через обмеженість їх довжини. Тому виникає проблема вибору альтернативних алгоритмів для гармонійного розкладання дискретних функцій. До таких алгоритмів відносяться, зокрема, методи Проні [37].

Ці методи беруть початок у XVIII столітті, коли барон де Проні досліджував методи апроксимації за допомогою експоненціальної моделі деякої сукупності даних, що характеризують співвідношення між тиском і об'ємом газів, причому в його процедурі застосовувалося точне регре-

сійне припасування даних, краще, ніж у відомому методі найменших квадратів [22]. Коефіцієнти регресії використовувалися потім як коефіцієнти деякого полінома, корені якого були модельними експонентами. Амплітуда кожної експоненціальної компоненти відшукується в результаті повторного проходу за даними.

Розглянемо сучасні модифікації запропонованого методу Проні.

3.1. Методи Проні

Методи Проні є способом гармонійного аналізу функцій, заснованим, подібно до авторегресійних алгоритмів, на параметричній моделі процесу. Однак від алгоритмів спектрального оцінювання вони відрізняються тим, що ця модель є детермінованою, а не ймовірнісною. Методи Проні полягають у заміні вихідної функції $f(x)$ тригонометричним або експоненціальним поліномом виду:

$$f(x) = \sum_{m=1}^M F_m e^{i\kappa_m x} \text{ або } f(x) = \sum_{m=1}^M F_m e^{-\lambda_m x} \quad (3.1)$$

або, у дискретній формі, з використанням z-перетворення [20]:

$$f_l = \sum_{m=1}^M F_m z_m^l, \quad (3.2)$$

де F_m – комплексна амплітуда m-ї складової;

κ_m – постійна поширення цієї складової;

λ_m – її постійна (декремент) згасання;

$z_m = \exp(i\kappa_m \Delta x)$ або $z_m = \exp(-\lambda_m \Delta x)$ – z-перетворення вихідної часової послідовності.

Постійні κ_m і λ_m тут заздалегідь не відомі й знаходяться в процесі аналізу. При цьому можливі два випадки:

кількість M експонент в ряді (3.1) або (3.2) дорівнює половині кількості відліків комплексної функції L (довжини вибірки). Оскільки кожен член ряду характеризується двома невідомими параметрами (постійна

поширення або загасання і комплексна амплітуда), загальне число невідомих дорівнює кількості вихідних даних і має місце інтерполяція функції;

кількість членів ряду менше половини довжини вибірки. У даному варіанті можлива тільки апроксимація вихідної функції, яка виконується методом найменших квадратів. Замість самої функції $f(x)$ в лівій частині формули (3.2) при цьому з'являється її оцінка (estimation) $f_e(x)$:

$$f_l^e = \sum_{m=1}^M F_m z_m^l . \quad (3.3)$$

Алгоритм інтерполяції функції ряду (3.2), або вихідний метод Проні, полягає у вирішенні лінійного матричного рівняння для коефіцієнтів характеристичного полінома з подальшою факторизацією цього полінома, в результаті чого знаходяться постійні κ_m або λ_m . Потім на основі отриманих базисних частот вирішується матричне рівняння для комплексних амплітуд F_m (також лінійне). Таким чином, процедура інтерполяції завдяки своїй поетапності має досить простий вигляд.

На противагу інтерполяції, спроба апроксимації тимчасової залежності ряду (3.3) призводить до нелінійних рівнянь, безпосереднє вирішення яких у даний час неможливе. В якості альтернативної міри використовується змішаний субоптимальний підхід, так званий метод найменших квадратів Проні [37]. На першому етапі початкова функція піддається спектральному аналізу, наприклад, одним із авторегресійних методів. З отриманих коефіцієнтів лінійного передбачення формується поліном, який потім факторизується. Знайдені корені z_m визначають постійні κ_m або λ_m передбачуваних компонент у розкладанні оцінки функції (3.3). Подальший розрахунок комплексних амплітуд F_m цих гармонік не становить труднощів, оскільки відповідне матричне рівняння є вже лінійним.

Незважаючи на подібну складність, для аналізу соціологічних вибірок слід за можливістю використовувати саме метод найменших квадратів Проні. Справа в тому, що внаслідок властивого статистичного підходу зашумленості вихідних даних інтерполяція призводить до значних флуктуацій обчислених параметрів. Це негативно позначається на точності моделювання. Лише для істотно детермінованих вибірок може виявитися доцільним застосування інтерполяції, більш стійкої до поганої обумовленості вихідних даних.

Оскільки дана процедура є не засобом аналізу результатів соціологічних досліджень, а невід'ємною складовою частиною навчального алгоритму, необхідно забезпечити її надійне функціонування при довільних значеннях вихідних функцій. Як показує практика, найбільший відсоток аварійних завершень методу найменших квадратів Проні відбувається на етапі спектрального аналізу вихідної вибірки за допомогою авторегресійної моделі. Використання для цієї мети інтерполяції суттєво підвищує надійність усього алгоритму. Розумним компромісом тут може бути описаний далі змішаний підхід, що поєднує інтерполяцію та апроксимацію на різних етапах декомпозиції.

Слід розглянути практичну реалізацію кожного з двох зазначених методів Проні – інтерполяції та апроксимації – більш докладно.

Вихідний метод Проні. Алгоритм початкового методу Проні має досить просту структуру, що складається з рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь для коефіцієнтів характеристичного полінома факторизації цього полінома і повторного рішення аналогічної системи для комплексних амплітуд. При розкладанні по згасаючим експонентам рівняння для коефіцієнтів характеристичного полінома

$$z^M + \sum_{m=1}^M a_m z^{M-m} \quad (3.4)$$

мають вигляд:

$$\sum_{m=1}^M a_m f_{l-m} = -f_l, \quad (3.5)$$

де порядок моделі $M = L/2$, а l змінюється від $L/2$ до $L-1$ включно. При розкладанні по незгасаючим експонентам характеристичний поліном записується як:

$$\sum_{m=1}^{M/2} a_m z^{M/2+m} + z^{M/2} + \sum_{m=1}^{M/2} a_m^* z^{M/2-m}, \quad (3.6)$$

а рівняння для його коефіцієнтів – у вигляді:

$$\sum_{m=1}^{M/2} a_m f_{l+m} + \sum_{m=1}^{M/2} a_m^* f_{l-m} = -f_l, \quad (3.7)$$

де l змінюється від $L/3$ до $2L/3-1$ включно. У даному випадку порядок моделі M дорівнює $2L/3$.

Оскільки в роботі [37] алгоритм інтерполяції описаний лише в загальних рисах, а відповідна програма взагалі не наведена, слід заповнити цю прогалину. Довжину вибірки $L \geq 3$ можна припустити кратною трьом. Функція f може бути комплексною чи речовою. Для обох випадків необхідно замінити задану вибірку послідовністю з M експонент, де M , як уже зазначено, однаково $2L/3$.

M рівнянь (3.2) з невідомими величинами z_m і F_m можна записати в матричній формі:

$$[z]F = f, \quad (3.8)$$

де $[z]$ – квадратна ($M \times M$) матриця значень z_{ml} , що має вигляд:

$$[z] = \begin{pmatrix} z_1^0 & z_2^0 & \dots & z_M^0 \\ z_1^1 & z_2^1 & \dots & z_M^1 \\ & & \dots & \\ z_1^{M-1} & z_2^{M-1} & \dots & z_M^{M-1} \end{pmatrix};$$

де F і f – вектори значень F_m і f_l (тут $l = 0 \dots M-1$).

Для дійсної функції f рівняння (3.2) і (3.8) не змінюються, але безлічі z_m і F_m можуть бути розділені на дві підмножини з $M/2$ членів, кожне з яких є комплексним сполученням іншого. Щоб забезпечити уніфікацію алгоритму, бажано розглядати спектр реальної функції як двосторонній, тобто з негативними та позитивними частотами. Тому алгоритм інтерполяції далі буде описаний тільки для комплексної вибірки, оскільки модифікація його очевидна для речової послідовності.

Першою стадією даного алгоритму є знаходження коефіцієнтів характеристичного полінома. Цей поліном з M нулями $z_1 \dots z_M$ може бути записаний як:

$$\prod_{m=1}^M (z - z_m) = \sum_{m=0}^M a_m z^{M-m}, \quad (3.9)$$

де a_m – коефіцієнти многочлена (комплексні або дійсні залежно від типу функції f) і $a_0 = 1$.

Використовуючи процедуру, що застосувалась в роботі [37] для модифікованого методу найменших квадратів Проні, можна записати систему з $M/2$ лінійних різницевих рівнянь для M коефіцієнтів $a_1 \dots a_M$:

$$\sum_{m=1}^{M/2} (a_{M/2-m} f_{l+m} + a_{M/2+m} f_{l-m}) = -a_{M/2} f_l, \quad (3.10)$$

де $l = M/2 \dots L-M/2-1$.

Додатковою умовою є комплексна спряженість коефіцієнтів:

$$a_m = a_{M-m}^*, \quad (3.11)$$

що дозволяє в два рази зменшити кількість невідомих змінних.

Використовуючи нормалізовані коефіцієнти $w_m = a_{M/2-m}/a_{M/2}$, можна привести характеристичний поліном (3.9) до записаного раніше загального вигляду (3.6):

$$\sum_{m=1}^{M/2} w_m z^{M/2+m} + z^{M/2} + \sum_{m=1}^{M/2} w_m^* z^{M/2-m} \quad (3.12)$$

(нормалізація тут не береться до уваги, оскільки істотні корені цього полінома, а не його значення). При виведенні виразу (3.12) враховано, що відповідно до умови (3.11) $a_{M/2+m}/a_{M/2} = (a_{M/2-m}/a_{M/2})^*$.

Система $M/2$ лінійних різницевих рівнянь для $M/2$ нормалізованих коефіцієнтів $w_1 \dots w_{M/2}$ має вигляд, аналогічний (3.7):

$$\sum_{m=1}^{M/2} (w_m f_{l+m} + w_m^* f_{l-m}) = -f_l, \quad (3.13)$$

де $l = M/2 \dots L-M/2-1$.

Щоб перетворити (3.13) на придатну для вирішення форму, коефіцієнти w і f повинні бути явно виражені через їх дійсні та уявні частини, тобто $w = w_r + iw_i$; $f = f_r + if_i$. У результаті маємо:

$$\begin{cases} \sum_{m=1}^{M/2} (f_{l+m}^r + f_{l-m}^r) w_m^r + \sum_{m=1}^{M/2} (-f_{l+m}^i + f_{l-m}^i) w_m^i = -f_l^r; \\ \sum_{m=1}^{M/2} (f_{l+m}^i + f_{l-m}^i) w_m^r + \sum_{m=1}^{M/2} (f_{l+m}^r - f_{l-m}^r) w_m^i = -f_l^i. \end{cases} \quad (3.14)$$

Для вирішення системи (3.14) може бути рекомендований алгоритм гаусового виключення з частковим вибором ведучого елемента [65]. В ітераційному уточненні, як правило, немає необхідності, оскільки вхідна функція зашумлена похибками вимірювань.

Другим етапом алгоритму Проні, як зазначалося раніше, є факторизація характеристичного полінома (3.12) із знаходженням усіх його нулів $z_1 \dots z_M$. Для поліномів із комплексними та речовими коефіцієнтами найбільш придатні методи Дженкінса – Трауба [65] і Дженкінса [24] відповідно. На жаль, оригінальні алгоритми Дженкінса – Трауба і Дженкінса працюють задовільно тільки з поліномами, ступінь яких не перевищує 50 і 100 відповідно. Причини такого обмеження і способ їх усунення описані в підрозділі 3.2.

Третім етапом методу інтерполяції є вирішення системи лінійних рівнянь (3.8). При розкладанні по незгасаючих комплексних експонентах знайдені нулі $z_1 \dots z_M$ доцільно попередньо нормалізувати до одиничного модуля і потім відсортувати за частотою з видаленням кратних. Відповідно, порядок моделі M може бути зменшений. Метод вирішення системи (3.8) такий же, як на першому етапі, тобто гаусове виключення з частковим вибором ведучого елемента і без ітераційного уточнення.

Істотним недоліком вихідного алгоритму інтерполяції є неповне використання аналізованої послідовності на його заключному етапі. Насправді, при вирішенні системи (3.8) використовується не більше двох третин вихідної вибірки. Це виражається в підвищеній неточності оцінки амплітуди для зашумлених функцій. Прийнятним рішенням може бути заміна інтерполяції f_l системою (3.8) на її апроксимацію по всім L точкам вихідної послідовності:

$$[z]^H [z] F = [z]^H f, \quad (3.15)$$

де $[z]$ – прямокутна $(L \times M)$ -матриця значень z_{ml} , записана як:

$$[z] = \begin{pmatrix} z_1^0 & z_2^0 & \dots & z_m^0 \\ z_1^1 & z_2^1 & \dots & z_m^1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_1^{L-1} & z_2^{L-1} & \dots & z_m^{L-1} \end{pmatrix}.$$

f – вектор значень f_l для $l = 0 \dots L-1$. Виведення системи (3.15) наведено в роботі [37]. Результат може бути переписаний як $(M \times M)$ -ермітова матриця коефіцієнтів α_{ij} :

$$[\alpha] = \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1M} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2M} \\ & & \dots & \\ \alpha_{M1} & \alpha_{M2} & \dots & \alpha_{MM} \end{pmatrix},$$

де $\alpha_{ij} = \sum_{l=0}^{L-1} (z_i^* z_j)^l$.

Відповідно до роботи [37] і враховуючи попереднє видалення кратних нулів, отримано:

$$\alpha_{ij} = L, \quad \text{якщо } j = i; \quad \text{інакше } \alpha_{ij} = \frac{(z_i^* z_j)^L - 1}{z_i^* z_j - 1}.$$

Для вирішення системи M лінійних рівнянь (3.15) можна використувати метод Холецького [37].

Описана змішана модифікація алгоритму декомпозиції відрізняється як від вихідного підходу, так і від узагальненого методу найменших квадратів Проні, оскільки на її першому етапі використовується інтерполяція, а на третьому – апроксимація вихідної функції. Це повинно забезпечити, по-перше, суттєво кращу стабільність алгоритму при роботі з погано обумовленими послідовностями, ніж при використанні на першому етапі авторегресійної моделі; по-друге – більшу точність розрахунку комплексних амплітуд гармонік для зашумлених функцій, ніж у вихідному підході.

Тим не менше, оскільки на кожній стадії будь-якої з двох описаних модифікацій алгоритму декомпозиції все ж можуть відбуватися помилки через погану обумовленість вихідної вибірки, важливо забезпечити його надійне функціонування, щоб уникнути випадкового аварійного завершення процесу моделювання. Одним із способів може бути ітеративне зниження порядку моделі M на 2 із відповідним зменшенням довжини вибірки L на 3 до тих пір, поки буде отриманий успішний результат. Звичайне для параметричних методів додавання шуму до вихідної вибірки

тут не обов'язкове, оскільки сама вибірка в соціологічних додатках завжди зашумлена. Тим не менше, для забезпечення гарантованої стійкості алгоритму під час моделювання може бути корисним внесення білого шуму зі середньоквадратичним значенням близько $-100 \dots -120$ дБ від передбачуваної амплітуди аналізованої функції.

Метод найменших квадратів Проні. При складанні адаптивної моделі компетентності немає необхідності домагатися максимально високих порядків M у спектрі вибірки індивідуумів. Справа в тому, що при подальшому формуванні предметної функції навчання достатньо лише кілька "маркерних точок", тобто моделей індивідуумів із різною вихідною компетентністю, щоб цілком адекватно визначити цю функцію для тієї чи іншої групи майбутніх фахівців. В умовах, коли порядок моделі істотно менше довжини тестової вибірки, має сенс замість вихідного методу Проні використовувати метод найменших квадратів Проні, що дозволяє істотно редукувати шуми (похибки) тестування.

Слід коротко зупинитися на особливостях застосування методу найменших квадратів Проні для декомпозиції функцій. Як зазначалося раніше, алгоритм його також складається з трьох етапів, першим з яких є спектральний аналіз тимчасової вибірки вихідної функції. Для цього доцільно використовувати модифікований коваріаційний метод. Якщо модулі всіх коренів z_m характеристичного полінома (3.6) повинні дорівнювати одиниці, даний поліном виходить спряжено-симетричним. Знаходження його коефіцієнтів доцільно виконувати за допомогою спеціально розробленого Марпл-алгоритму вирішення симетричних коваріаційних нормальних рівнянь [37].

Такий алгоритм лише незначно відрізняється від модифікованого коваріаційного методу [37]. Відповідно, усі описані властивості останнього притаманні й даному алгоритму. Використання арифметики подвоєної точності та інші доробки алгоритму дозволяють істотно підвищити надійність першого етапу методу найменших квадратів Проні.

Другий етап полягає у факторизації отриманого характеристичного полінома (3.6) з комплексними або речовими коефіцієнтами. Як уже зазначалося, одними з кращих методів для цього є, відповідно, алгоритми, Дженкінса – Трауба і Дженкінса. Адаптація цих методів для можливої роботи з многочленами великих ступенів описана в підрозділі 3.2.

Третій етап методу найменших квадратів Проні (розрахунок комплексних амплітуд складових) полягає у вирішенні системи лінійних рівнянь, аналогічної (3.15), з симетричною ермітовою матрицею, напри-

лад, методом розкладання Холецького. Незважаючи на сполучену симетричність коефіцієнтів полінома (3.6), модулі деяких його коренів, особливо при великих порядках моделі, виявляються досить далекими від передбачуваного одиничного значення. Щоб уникнути помилок на даному етапі внаслідок переповнення розрядної сітки ЕОМ або виродження матриці, перед його виконанням доцільно провести нормування знайдених нулів полінома до одиничного модуля і подальше їх сортування за частотою з видаленням кратних.

3.2. Факторизація поліномів високих порядків

При використанні методів Проні для аналізу довгих вибірок виникає необхідність у знаходженні коренів поліномів достатньо високих порядків. Ще однією причиною використання великих порядків моделі є необхідність усунення зміщення частотних оцінок, що спостерігається, при сильній зашумленості аналізованої функції. Відомо, що вплив адитивного шуму на точність знаходження нулів характеристичного полінома можна зменшити, якщо вибрати порядок фільтра лінійного передбачення набагато більше числа експонент, фактично присутніх у вихідній вибірці. Особливо важливим цей фактор стає при використанні розкладання для вибору оптимальних моделей навчання в адаптивних навчальних системах. Максимальний порядок M методів Проні, застосовуваних в адаптивних моделях, можна оцінити як 256.

У той же час відомі реалізації методів Дженкінса – Трауба і Дженкінса не дозволяють досягти настільки великих значень порядку. Комерційні варіанти цього алгоритму (наприклад, з пакету IMSL [8]) працюють не більш ніж з 50 і 100 країнами відповідно. Спроба формально збільшити розміри робочих масивів (як це зроблено, наприклад, у роботі [37]), щоб розширити діапазон допустимих ступенів, без змін в алгоритмах не дає позитивних результатів. При ступені полінома більшому 50 або 100 точність визначення останніх нулів неприпустимо знижується.

Причини незадовільної роботи методів Дженкінса – Трауба і Дженкінса з поліномами високих порядків неважко зрозуміти, якщо врахувати, що ці методи знижують порядок багаточлена після знаходження кожного кореня. При цьому в коефіцієнтах редукованого многочлена накопичуються помилки округлення. Корені полінома вельми чутливі до зміни коефіцієнтів. Хоча програми знаходять останні нулі настільки ж точно, як

і перші, проте це вже нулі не вихідного багаточлена, а деякого іншого, спотвореного накопиченими похибками. При підстановці в первісний поліном вони не мінімізують його значення.

Радикальне усунення описаного недоліку в рамках існуючих алгоритмів, мабуть, неможливе. Однак можна послабити його вплив, якщо підвищити точність розрахунку нулів. Помилки в коефіцієнтах будуть накопичуватися повільніше і виявиться можливим факторизувати поліноми більш високих порядків. Достатнім є навіть зменшення похибки значення не кожного окремого кореня, а середньоквадратичне помилки по всіх нулях.

Резерв для підвищення середньостатистичної точності факторизації стає зрозумілим після аналізу вихідних алгоритмів робіт [64; 65]. Кожен корінь тут знаходиться в результаті трьох вкладених циклів обчислень. Зовнішній цикл задає певну послідовність зрушень вектора шуканого нуля на комплексній площині. Проміжний цикл у межах заданої послідовності здійснює зрушення цього вектора на фіксовану величину. Перераховані ітерації утворюють два головних проходи. Нарешті, внутрішній цикл виконує ряд ітерацій з уточнення положення нуля зі змінним кроком. Тут же проводиться перевірка збіжності ряду шляхом порівняння модуля полінома в обраній точці з кордонами помилки, можливої при обчисленні значення цього полінома. Якщо модуль не перевищує допустимої помилки, встановлюється ознака збіжності, тобто корінь вважається знайденим, і всі три цикли достроково припиняються.

Зрозуміло, межі допустимої помилки не повинні бути занадто малими, оскільки в іншому випадку робота алгоритму буде часто завершуватися аварійно з ознакою "збіжність не досягнута". В оригінальних програмах вони беруться з 20-кратним запасом. Як альтернатива цьому пропонується використовувати два критерії збіжності. Описаний вихідний критерій можна назвати слабким, а новий – сильним. Сутність його полягає в тому, що ітерації зі знаходження поточного нуля припиняються тільки за умови, що модуль полінома в обраній точці стає меншим або рівним гранично допустимій абсолютній, помилці δ . Вона визначається як максимальне значення коефіцієнтів вихідного промасштабованого полінома, помножене на відносну помилку подання числа з плаваючою точкою ε (мінімальне позитивне число, таке що $1.0 + \varepsilon > 1.0$). В іншому випадку виконується повний набір ітерацій вихідного алгоритму, включаючи два головних проходи. Якщо при цьому досягається слабка

збіжність, в якості знайденого значення нуля вибирається те, яке давало мінімальний модуль полінома серед усіх ітерацій. Якщо ж не була отримана навіть слабка збіжність, пошук коренів припиняється, як і у вихідному алгоритмі.

Зазначені доопрацювання алгоритмів Дженкінса – Трауба і Дженкінса дозволяють підвищити середню точність знаходження нулів поліномів за рахунок збільшення тривалості рахунку. У результаті факторизації многочленів з порядком 256, отриманих при аналізі тестових вибірок, спостерігається не більше декількох коренів, модуль полінома в яких перевищує середньоквадратичне значення коефіцієнтів. Час розрахунку при цьому зростає приблизно в два-три рази.

Оскільки, незважаючи на вищеописані доопрацювання, після факторизації характеристичних поліномів неправильно знайдені нулі все ж зустрічаються, має сенс проводити перевірку коренів (шляхом підстановки їх у вихідний многочлен) з подальшим видаленням недостовірних. Якщо порядок моделі M обраний із запасом, невелике його зниження, як правило, несуттєве.

3.3. Реалізація адаптивної моделі компетентності на основі методів Проні

Після викладу теоретичних основ сучасних алгоритмів гармонійного розкладання статистичних вибірок необхідно розглянути математичний апарат побудованої на їх базі адаптивної моделі навчальної системи.

Для застосування алгоритму спектрального аналізу необхідно вибрати систему ортогональних базисних функцій, за якими здійснюється декомпозиція вихідної вибірки. З двох можливих класів функцій (гармонійні або згасаючі експоненти) перевагу доцільно віддати другому. Це спрощує складання списків тестових питань для формування вибірок, оскільки в такому випадку вони повинні бути відсортовані в природному для навчання порядку: від простих до складних.

На основі обраної системи базисних функцій синтезується вектор u з M стандартних моделей індивідуумів для подальшого навчання. Нульовий елемент вектора u відповідає моделі з нульовим декрементом $\lambda_0 = 0$. Це повністю компетентний у даній предметній області індивідуум. Останній $[(M-1)$ -й] елемент з найбільшим декрементом $\lambda_{M-1} = \lambda_{\max}$ описує модель повністю некомпетентного індивідуума.

Потім складається список тестових запитань у вигляді вектора q з L елементів ($L \geq 3M/2$). Нульовий елемент вектора q відповідає запитанню нульового рівня складності з імовірністю відповіді моделлю індивідуума будь-якого рівня компетентності $f_0 = 1$. Наступний (1-й) елемент вектора q містить запитання мінімального кінцевого рівня складності. Складність наступних елементів монотонно наростає. Останній $[(L-1)$ -й] елемент q_{L-1} реалізує запитання максимальної складності з імовірністю відповіді моделлю індивідуума будь-якого рівня компетентності, крім моделі з нульовим декрементом u_0 (повністю компетентного фахівця), близької до нуля. Приклад умовного вектора тестових запитань для фахівців у галузі інформатики наведений у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Умовний вектор тестових запитань

Номер запитання	Зміст запитання
0	Як Вас звать?
1	Чи є у Вас дома комп'ютер?
2	Для чого призначена клавіатура?
...	...
$L/2$	У чому переваги реляційних баз даних?
...	...
$L-1$	Як організований алгоритм обчислень у квантовому комп'ютері?

Після проведення тестування групи з K індивідуумів формується вектор вихідної вибірки нормованої ймовірності правильних відповідей групи випробуваних f з L елементів. При цьому l -й елемент вибірки ($l = 0 \dots L-1$) обчислюється за формулою:

$$f_l = \frac{k_l^+}{K},$$

де k_l^+ – кількість правильних відповідей на запитання з номером l . Очевидно, що в межах похибки вимірювань f_0 близьке до одиниці, f_{L-1} – до нуля.

Наступним етапом моделювання є спектральне розкладання отриманої вибірки f по вибраній системі базисних функцій u . Для наочності слід пояснити даний процес на прикладі. Якщо взяти гіпотетичну випробувану групу з трьох фактичних індивідуумів, строго відповідних трьом базисним моделям: повністю компетентного індивідуума з декрементом $\lambda_0 = 0$; індивідуума середньої компетентності з декрементом $\lambda_1 \sim 1$; повністю некомпетентного індивідуума з декрементом $\lambda_2 \gg 1$. Тоді значення ймовірності правильних відповідей кожного з них як функції номера запитання l в ідеалізованому випадку (без шумів вимірювань) будуть мати вигляд, наведений на рис. 3.1 (криві 1, 2, 3 відповідно):

$$f_l^k = \exp(-\lambda_k x_l),$$

де $x_l = l\Delta x$, Δx – інтервал відносної складності запитання.

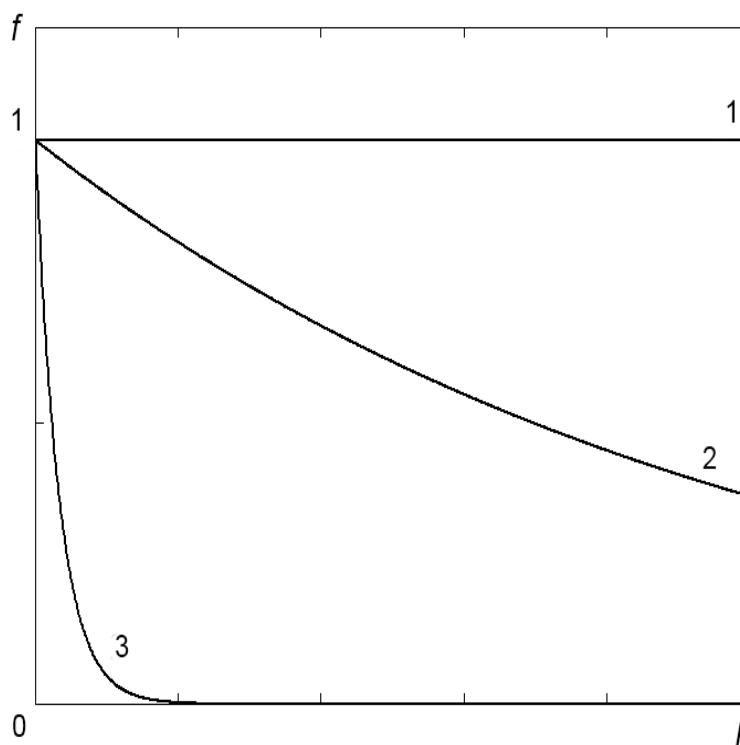


Рис. 3.1. Моделі індивідуумів

Ідеалізована вихідна вибірка з L елементів нормованої ймовірності f правильних відповідей наведеної групи випробуваних дорівнює,

очевидно, $1/3$ від суми ймовірностей таких відповідей для кожного з її членів (крива 1 на рис. 3.2). За зовнішнім виглядом цієї кривої важко оцінити, яке відносне число індивідумів з тією чи іншою компетентністю в групі. Однак у результаті вирішення системи шести лінійних алгебраїчних рівнянь виду

$$\begin{cases} F_0 e^{-\lambda_0 x_0} + F_1 e^{-\lambda_1 x_0} + F_2 e^{-\lambda_2 x_0} = 3f_0 ; \\ F_0 e^{-\lambda_0 x_1} + F_1 e^{-\lambda_1 x_1} + F_2 e^{-\lambda_2 x_1} = 3f_1 ; \\ \dots \\ F_0 e^{-\lambda_0 x_5} + F_1 e^{-\lambda_1 x_5} + F_2 e^{-\lambda_2 x_5} = 3f_5 \end{cases} \quad (3.16)$$

можуть бути визначені невідомі λ_m і F_m ($m = 0, 1, 2$). У цій системі F_m – відносна кількість індивідумів із компетентністю, що описується декрементом λ_m , у випробуваній групі ($0 \leq F_m \leq 1$). Вектор F називається амплітудним спектром вихідної вибірки ймовірностей у системі обраних базисних функцій моделі. Неважко побачити, що в даному простому прикладі порядок моделі M збігається з фактичною кількістю індивідумів у тестованій групі K . У загальному випадку довжина вектора F дорівнює, зрозуміло, обраному порядку моделі M .

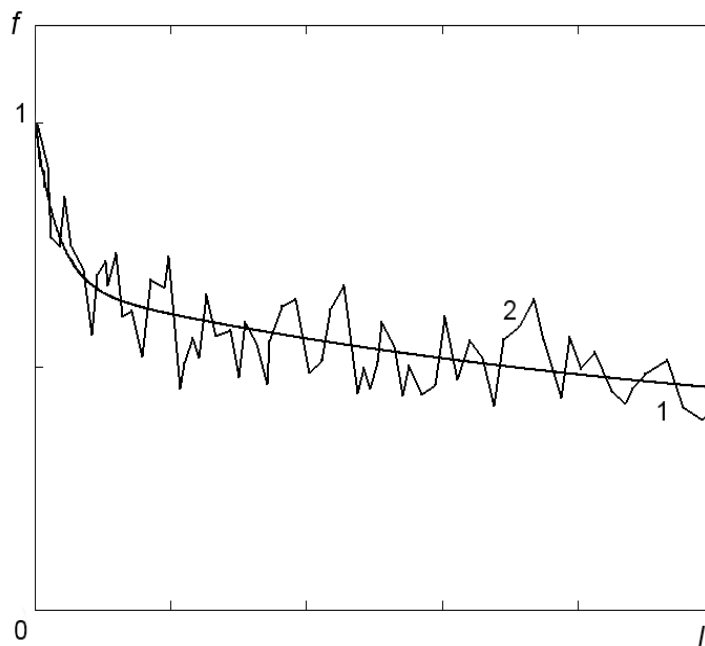


Рис. 3.2. Вибірка нормованої ймовірності правильних відповідей

Рівняння (3.16) є тривіальним прикладом реалізації вихідного методу Проні. На практиці, однак, справа йде складніше. Вибірка f завжди спотворена шумами вимірювань (крива 2 на рис. 3.2), викликаними різними чинниками, у тому числі кінцевою ймовірністю випадкового вгадування правильної відповіді. Тому замість вихідного методу Проні у статистичних моделях доцільно застосовувати метод найменших квадратів Проні, причому порядок моделі M повинен бути істотно менше як довжини L вектора тестових питань q , так і обсягу тестованої групи K . Тільки в цьому випадку можливо нівелювати шум вимірювань до значень, прийнятних із точки зору адекватності синтезованої в подальшому предметної функції навчання.

Заключним етапом алгоритму адаптивної моделі навчальної системи є формування зазначеної предметної функції, адаптованої до початкової компетентності протестованої вибірки учнів. В якості вихідної інформації використовується амплітудний спектр вибірки в базисі M функцій стандартних моделей індивідуумів u . Слід ще раз підкреслити, що предметна функція синтезується не для K реальних індивідуумів, а для M "репрезентативних" моделей, що найкращим чином апроксимують компетентність реального контингенту групи.

Предметна функція навчання d – це вектор з N елементів, кожен із яких описує відносну вагу деякого предметного розділу (змістовного модуля) у загальному обсязі навчальної програми V . Наприклад, якщо загальний обсяг програми навчання з деякої дисципліни складає 36 годин, програма складається з трьох змістовних модулів, а значення елементів вектора d дорівнюють:

$$d(0) = 0,25;$$

$$d(1) = 0,5;$$

$$d(2) = 0,25,$$

то на перший модуль виділяється 9, на другий – 18, на третій – 9 годин. Очевидно, що вектор d повинен бути нормований таким чином, щоб сума його елементів становила одиницю.

Формування предметної функції навчання на базі амплітудного спектра тестової вибірки можливе з використанням різних цільових алгоритмів. Найпростішим, очевидно, є лінійне перетворення вектора F у вектор d за допомогою трансляційної матриці. Це прямокутна $(M \times N)$ матриця значень T_{mn} , що має вигляд:

$$[T] = \begin{pmatrix} T_1^0 & T_2^0 & \dots & T_{m-1}^0 \\ T_1^1 & T_2^1 & \dots & T_{m-1}^1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_0^{N-1} & T_1^{N-1} & \dots & T_{m-1}^{N-1} \end{pmatrix}.$$

Кожен стовпець матриці – це вектор d_m , оптимізований виключно для моделі індивідуума з початковою компетентністю, що описується декрементом λ_m , де m – номер стовпця. Результуючий вектор предметної функції навчання обчислюється за формулою:

$$d = [T]F,$$

після чого виконується його вищевказане нормування.

Цільова функція для оптимізації може будуватися на використанні різних критеріїв. В якості екстремальних прикладів можна навести відмінність у підходах СРСР і США до розподілу коштів на наукові дослідження у другій половині ХХ століття. У США основні асигнування виділялися на ті галузі, де мало місце відставання від інших країн. СРСР, навпаки, виділяв гроші здебільшого в галузі досліджень, в яких зберігався його пріоритет. Кожен підхід має певну логіку, однак в освіті, мабуть, недоцільно дотримуватися настільки радикальної диференціації.

Наприклад, якщо відсортувати предметні області в порядку зростання необхідності творчого підходу, елементи стовпців матриці з номерами 0, $M/2$ і $M-1$ можуть мати тренди, схематично показані на рис. 3.3 (криві 1, 2, 3 відповідно). Для майбутніх фахівців із найменшою початковою компетентністю (3) основний акцент у навчанні робиться на предметні області, які потребують мінімуму творчого підходу. У галузі інформатики це можуть бути, наприклад, робота з операційними системами в якості користувача, експлуатація офісних додатків і т. д. Фахівці з середньою початковою компетентністю (2) вивчають всі предметні області приблизно рівною мірою. Нарешті, учням, які показали найбільшу вихідну компетентність (1), можна в збільшеному обсязі давати найбільш проблемні області, що вимагають для подальшої роботи відповідного творчого підходу (теорія алгоритмів, експертні системи і т. д.).

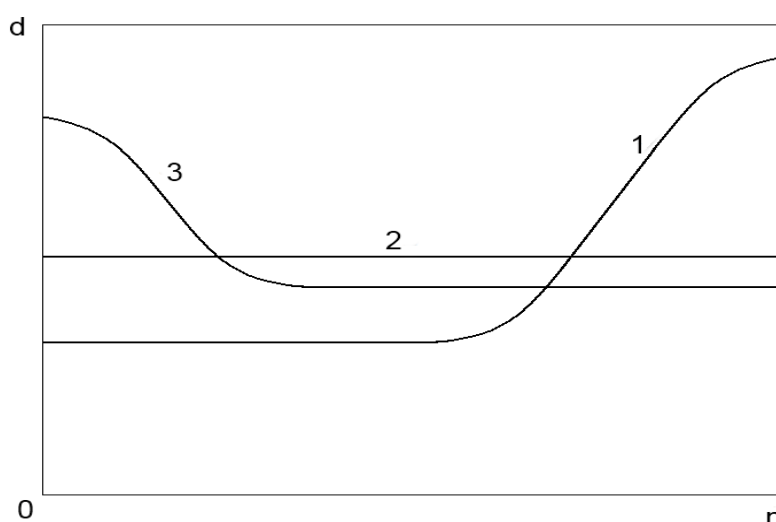


Рис. 3.3. **Можливі тренди предметної функції**

Перевагою описаного лінійного перетворення вектора F у вектор d за допомогою трансляційної матриці є простота та очевидність результату (обсяги предметних областей у програмі навчання лінійно залежать від кількості учнів з тим чи іншим початковим рівнем компетентності в моделі вихідної вибірки). Описані раніше алгоритми методів Проні в даному випадку мають редукований вид, оскільки декремент λ_m компонент обраної моделі задається апіорі при формуванні матриці, а не визначається з вибірки вихідних даних.

Однак лінійний алгоритм перетворення не завжди є оптимальним із точки зору досягнення максимальної ефективності навчання в державних масштабах. У деяких випадках більш вигідним може виявитися перетворення векторів за допомогою деякої нелінійної векторної функції векторного аргументу:

$$d = D(F).$$

Декремент усіх M компонент адаптивної моделі в даному підході не задається апіорі, а знаходиться шляхом аналізу вихідної вибірки, тобто методи Проні використовуються в своєму первісному варіанті. Такий алгоритм вимагає, зрозуміло, додаткових досліджень для знаходження можливих видів функції D .

Адаптивні алгоритми в моделях навчання мають значні перспективи у зв'язку з можливістю збільшення на їх базі ефективності освіти та підвищення підсумкової компетентності фахівців у цілому по державі.

В якості основи таких алгоритмів доцільно використовувати авторегресійні моделі спектрального аналізу та методи Проні. Однак для повної реалізації можливостей адаптивних алгоритмів необхідні подальші дослідження в області побудови цільових функцій для оптимізації навчальних програм.

Розділ 4. Моделі знань про організацію навчального процесу в системі дистанційного навчання

4.1. Систематизація методів побудови комп'ютерних систем навчання

Побудова комп'ютерних систем навчання є складним завданням. Головна складність, яка виникає при цьому, полягає в слабкій структурованості завдань і, отже, неоднозначності їх вирішення.

До теперішнього часу розроблений ряд моделей, що описують окремі сторони процесу навчання за допомогою комп'ютерних систем навчання [13; 28; 37]. В основу технології побудови моделей покладено метод поетапної деталізації та активізації знань. У даний час під експертно-навчальною системою розуміється автоматизована система, заснована на взаємодії досліджувальної бази знань предметної області (БЗ ПрО), методичних знань (БЗ МЗ) і конкретної навчальної дисципліни (БЗ НД) [37].

При побудові систем дистанційного навчання (СДН) вирішуються такі завдання:

- 1) визначається зміст і розробляються структура та засоби ведення БЗ управління, навчально-методичної БЗ та БЗ конкретних ПрО;
- 2) формуються БЗ учнів і навчальних курсів ПрО;
- 3) розробляються алгоритми і засоби взаємодії БЗ управління і БЗ ПрО;
- 4) організується процес навчання.

При цьому використовуються різні математичний апарат, математичні моделі предметної області та управління, це не дозволяє об'єднувати моделі між собою, створювати інтегровані моделі процесу дистанційного навчання. Таким чином, при розробці проблемно-орієнтованих СДН головним

є єдиний підхід до побудови структури системи й формалізації різнорідних знань і даних у математичних моделях СДН. У теперешній час широке застосування знайшла система дистанційного навчання (СДН). Надалі буде використовуватися саме цей термін.

Запропоновано методику (сукупність методів), що дозволяє уніфікувати структуру і використовуваний математичний апарат для розробки інтегрованих моделей.

Процедура 1 методики – структурний і функціональний аналіз формалізованих процесів навчання. Метою процедури є виявлення особливостей формалізованих процесів. Моделі об'єктів управління та предметної області можуть забезпечувати подання знань керуючої інформації як системами продукції і мережами моделей цілей управління, так і семантичними мережами для знань ПрО.

Для формалізації нечітких знань, що характеризуються лінгвістичною невизначеністю, застосовується теорія нечітких множин. Лінгвістична невизначеність дуже зручна при якісній оцінці в процесі навчання за допомогою природної мови довжини, часу, інтенсивності, для цілей логічного виведення, прийняття рішень, планування [10; 36; 58; 65].

Процедура 2 – формалізація даних; розробка моделей, що навчаються. При формальному поданні знань про предметну область повинна враховуватися її кількісна сторона у вигляді даних, оскільки поняття "знання" містить у собі поняття "дані", які можуть відповідати множині фактів і відношень між елементами, що утворюють ці факти.

Процедура 3 – розробка моделей знань про процеси навчання та управління. В якості основи моделей компонентів СДН пропонується використовувати спеціальним чином допрацьовані семантичні моделі предметної області, мережну модель цілей управління (ММЦУ) та однорідні ієрархічні функціональні мережі процесу класифікації та організації черги тих, кого навчають (ОІФМ) на базі нечітких знань.

Процедура 4 – розробка комплексної моделі СДН. Модель СДН будується на основі моделей компонентів управління навчанням та подання знань предметної області.

Це повинна бути багаторівнева модель у вигляді функціональної семантичної мережі на верхньому рівні представлення знань і розгалуженої системи управління, яка керувала б виведенням висновків на нижніх рівнях моделі знань і узагальнювала результати висновків усіх рівнів.

Процедура 5 – розробка комплексного алгоритму функціонування СДН.

Модель СДН, побудована на семантичних мережах, ММЦУ і ОІФМ, повинна мати свою систему логічного виведення, яка формує рішення відповідно до правил, закладених в алгоритм моделі.

Основним об'єктом багатозначної логіки є нечіткий логічний вираз, до складу якого входять нечіткі предикати. Нечіткий предикат $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ставить у відповідність конкретному набору нечітких змінних $x_1 \in X_1, x_2 \in X_2, \dots, x_n \in X_n$, що перетворюють предикат у вислів зі ступенем істинності $\mu(P)$ з діапазону $[0,1]$. Крайні значення цього діапазону відповідають поняттям "брехня" і "істина" чітких предикатів. Ступінь істинності складного нечіткого висловлювання, утвореного із предикатів P_1 і P_2 , може бути отриманий за допомогою операцій кон'юнкції, диз'юнкції та заперечення. В якості основного методу виведення в СДН пропонується використовувати метод компараторної ідентифікації на нечітких знаннях [3]. Комплексний алгоритм повинен обробляти цю інформацію і керувати компонентами СДН.

Процедура 6 – порівняльна оцінка адекватності моделей СДН. Аналіз використання для оцінки кількісних значень показників адекватності СДН, побудованої на семантичних мережах, показує, що найбільш зручним є методичний апарат, запропонований у роботі [3].

Процедура 7 – перевірка, чи задовольняють показники адекватності СДН заданим вимогам. Вимоги задаються експертами з розробки СДН.

Процедура 8. У разі, якщо показники адекватності не задовольняють заданим вимогам, проводиться корекція моделей бази знань і виведення висновків у СДН. Суть корекції повинна полягати в застосуванні в моделях знань і виведенні висновків або більш ефективних методів подання знань, або в допустимому спрощенні використовуваних моделей.

Процедура 9 – розробка рекомендацій щодо використання СДН у навчальному процесі. Розробка рекомендацій щодо використання СДН у навчальному процесі здійснюється при наборі достатнього досвіду в застосуванні або після необхідного навчання в СДН.

Таким чином, завдання розробки СДН може бути зведене до:

- 1) удосконалення засобів формалізації знань про процес навчання та оцінки його результатів;
- 2) розробці математичних моделей основних компонентів СДН;
- 3) розробці комплексної математичної моделі СДН;
- 4) оцінці кількісних показників адекватності розробленої СДН;
- 5) розробці алгоритму керування СДН.

4.2. Формалізація знань про процеси навчання

Засоби формалізації знань про процеси навчання в СДН повинні бути подані у вигляді математичних моделей різних рівнів.

Моделі, що розробляються, повинні відповідати вимогам подання знань з конкретних предметних областей навчального процесу в СДН, навчальних програм, а також знань про процеси управління в системі. Це обумовлює ряд вимог до моделей і, в першу чергу, до комплексності моделей знань та управління СДН.

По-перше, така комплексна модель повинна бути ієрархічною й дозволяти достатньо просто здійснювати як композицію (укрупнення), так і декомпозицію (деталізацію) окремих частин бази знань, що лежить в основі навчального матеріалу. Ця модель повинна бути заснована на математичному апараті теорії чітких та нечітких множин, відносин і графів.

По-друге, моделі компонентів і комплексна модель повинні орієнтуватися на використання в реальному навчальному процесі на різних рівнях навчання. Це вимагає, щоб комплексна модель була наочною і прозорою та доступною для викладачів і учнів.

По-третє, модель повинна бути орієнтована на вирішення таких основних завдань:

Завдання 1. Опис бази знань навчальних дисциплін у вигляді семантичних мереж.

Завдання 2. Опис бази знань учнів.

Завдання 3. Автоматична побудова планів взаємодії для різних форм організації навчального процесу (очного, заочного).

Завдання 4. Автоматичне управління ходом навчального процесу при груповому навчанні і при реалізації індивідуальних навчальних програм для кожного учня під час індивідуального навчання.

На основі робіт [6; 51] зроблено удосконалення та доопрацювання засобів формалізації знань для вирішення цих завдань у СДН.

Процес навчання при відповідній декомпозиції може бути розбитий на логіко-аналітичні, розрахункові та пошукові завдання.

Розрахункові завдання, у загальному випадку, можуть бути зведені до визначення значень функціоналу $F\{f_1(x_1, \dots, x_n), \dots, f_k(z_1, \dots, z_p)\}$, що реалізує розрахунки відповідно до ідеології завдання навчання.

Пошукові завдання зводяться до реалізації процедури пошуку інформації в базах знань (даних) СДН.

Формалізацію логіко-аналітичних завдань процесу організації навчання можна здійснювати за рахунок інтерпретації відповідних початкових умов (ПУ). При цьому процес інтерпретації зведено до вирішення завдання розпізнавання в її розширеному розумінні.

Суть такого розпізнавання полягає у віднесенні подій, що розпізнаються, до деякого класу еталонних подій відповідного алфавіту, сформованого на етапі планування навчання, і подальшому визначенні кількісних та якісних характеристик цих подій експертами [53].

Оцінка істинності функціональних ПУ може бути розбита на такі етапи:

- 1) інтерпретація значень поточних ознак;
- 2) інтерпретація подій, складених на основі описів ознак;
- 3) визначення кількісних та якісних характеристик подій і варіантів дій при навчанні.

Перший етап передбачає визначення ступеня близькості експертного та поточного описів ознак. Ця процедура в даному випадку різна для кількісних і якісних ознак.

Для кількісних ознак це ступінь близькості $v_n^r(x_m)$ експертного $\mu_n^r(x_m)$ та поточного $\mu_{мек}(x_m)$ розподілів їх значень $v_n^r(x_m) = \inf(\mu_n^r(x_m), \mu_{мек}(x_m))$; для якісних – експертне значення функції приналежності події до деякого класу $\pi_n^r(x_m)$ за значенням якісної ознаки x_m .

Інтерпретація подій (другий етап) припускає згортку приватних значень ступеня близькості поточного та експертного розподілів значень ознак, отриманих на попередньому етапі:

$$\begin{cases} v_{A \cap B}(x_m) = \min\{v_A(x_m), v_B(x_m)\} \\ v_{A \cup B}(x_m) = \max\{v_A(x_m), v_B(x_m)\} \end{cases}'$$

де $v_A(x_m)$, $v_B(x_m)$ – приватні значення ступеня близькості еталонного експертного та поточного значень ознаки x_m .

Під класом слід розуміти довільну сукупність подій (об'єктів), що характеризуються яким-небудь набором загальних властивостей або ознак [33; 36; 37].

Під алфавітом класів $A_r = \{k_1^r, k_2^r, \dots, k_n^r\}$ слід розуміти непересічні підмножини класів, що описують ту чи іншу подію в процесі навчання, де $r = 1, \dots, R$ – порядковий номер алфавіту; R – кількість необхідних алфавітів для оцінки процесів навчання; n – кількість класів в алфавіті.

Оцінка ступеня близькості $\Phi(k_n^r)$ аналізованої події до n -го класу r -го алфавіту визначається за найбільшим значенням функції приналежності інтерпретованих подій для кожного з класів [51]:

$$\Phi(k_n^r) = \max_{\forall i \in I_n} \left[\min_{\forall k \in K_n} \{v_n^r(x_{ik})\}, \min_{\forall s \in S_n} \{\pi_n^r(x_{is})\} \right],$$

де n – порядковий номер класу у відповідному алфавіті подій;

k – порядковий номер кількісної ознаки;

K_n – кількість номерів кількісних ознак n -го класу;

s – порядковий номер якісного ознаки;

S_n – кількість номерів якісних ознак n -го класу;

i – порядковий номер групи ознак;

I_n – кількість груп ознак для опису n -го класу.

Для прийняття рішення про клас події слід використовувати правило найбільшого значення функції можливості віднесення подій до класів r -го алфавіту [51]:

$$k_n^* = \arg \max_{\forall k_n} (\Phi(k_n^r) / \Phi(k_n^r) > \delta_{\text{пор}}), \quad (4.1)$$

де k_n^* – клас із максимальним значенням можливості; $\delta_{\text{пор}}$ – порогове значення, вибирається залежно від розрізнення класів алфавіту.

Третій етап оцінки істинності ПУ припускає реалізацію процедур пошуку і розрахунку з метою визначення кількісних та якісних характеристик розпізнаних подій.

Процедура пошуку полягає у формуванні множини відображень значень ознак у базі даних (пошук відповідних інформаційних полів за ключем і значень знайдених входжень):

$$G : \{ \text{Пр}_i \rightarrow \Pi_{N_{\text{ПЗ}}}^{N_{\text{Б}}} (V_{x_i}) \},$$

де G – множина відображень значень ознак у базі знань (даних) (БЗ);

$\Pi_{N_{ПЗ}}^{N_B}(V_{x_i})$ – поле запису x_i -го об'єкта в бібліотеці БЗ;

$N_{ПЗ}$ – ім'я поля запису;

N_B – ім'я бібліотеки БЗ;

V_{x_i} – кортеж опису x_i -го об'єкта в БЗ.

Інтерпретація розрахункових початкових умов припускає організацію обчислювального процесу для реалізації алгоритмів, заснованих на відомих математичних методах і методиках. Аналогічно можуть реалізовуватися і процедури пошуку інформації в базі знань (даних) – для інтерпретації пошукових ПУ.

З огляду на вимоги до формалізації різнорідних, неточних і неповних знань [10; 36; 58; 65], слід формальний опис класів здійснювати методами, заснованими на положеннях теорії нечітких мір і множин [19; 30]. При цьому опис деякого класу подій може бути поданий у вигляді формули мовою булевої алгебри [31]:

$$k = \bigcup_{i=1}^I \bigcap_{j=1}^J X_{ij},$$

де X_{ij} – ознака, що характеризує деяку властивість події;

i – порядковий номер групи ознак;

I – кількість груп ознак;

j – порядковий номер ознаки;

J – кількість ознак у групі.

У роботі [10] всю сукупність ознак об'єктів (ситуацій) Про запропоновано розділити на кількісні та якісні. При цьому під кількісними розуміються ознаки, для яких можливе введення метрики на множину допустимих значень, що дозволяють дати кількісну оцінку тому чи іншому значенню ознаки.

Під якісними ознаками розуміються ознаки, що визначають семантичний опис властивостей ситуацій, що склалися в проблемній області. До якісних ознак належать, наприклад, ознаки, що описують тип тих, кого навчають, тип, форму, зміст джерел інформації та ін.

У загальному випадку формалізований опис мети може включати деяку множину формул, пов'язаних між собою логічними операціями диз'юнкції і кон'юнкції.

Логічна послідовність досягнення цілей визначається відношеннями між ними. Ці відношення можуть бути розділені на відношення підпорядкування, передування та дії [31].

Відношення підпорядкування цілей x і y (позначено xPy) визначають необхідні та достатні умови досягнення мети. Формально відношення підпорядкування можна представити у вигляді:

$$xPy \equiv (x \in \Phi_y) \vee (\neg x \in \Phi_y) \vee (\neg x \wedge \neg y \rightarrow \neg M \uparrow_y),$$

де Φ_y – множина складових мети y ;

$M \uparrow$ – оператор "можливо в майбутньому", а останній диз'юнктивний член висловлює необхідність x для досягнення y .

Відношення передування (xTy) визначають послідовність досягнення вищих цілей системи при досягненні цілей нижнього рівня протягом деякого проміжку часу [31].

У роботі відношення передування визначається таким чином: мета x передує цілі y , якщо існує така ситуація α і момент часу t , для яких: якщо x істинно, то y помилково в цій ситуації і в цей момент часу.

Формально це може бути виражене твердженням:

$$xTy \equiv \exists \alpha_1 \exists t_1 \exists \alpha_2 \exists t_2 [x(\alpha_1, t_1) \wedge \neg y(\alpha_1, t_1) \wedge y(\alpha_2, t_2) \wedge (t_2 > t_1)],$$

де $x(\alpha, t)$, $y(\alpha, t)$ позначають значення істинності формул x , y в ситуації α і момент часу t .

Відношення дії (xDy) характеризують дії системи з множиною D , що визначають її перехід з одного стану в інший і є необхідними умовами такого переходу [31].

Усі типи відношень між цільовими установками (ЦУ) є відношеннями суворого часткового порядку і мають властивості:

- 1) антирефлексивності – (xRx) ;
- 2) антисиметричності – $(xRy) \rightarrow \neg(yRx)$;
- 3) транзитивності – $(xRy) \vee (yRz) \rightarrow (xRz)$,

де R – одне з розглянутих відношень.

Необхідно розглянути засоби формалізації та правила визначення ознак інформації для вирішення логіко-аналітичних завдань навчання.

Визначення варіантів дій при навчанні може бути зведене до оцінки відповідності між виділеною на етапі планування множиною подій S_i^n і подіями S_i^m , що реально відбуваються.

Рішення даного завдання на початковому етапі передбачає визначення ступеня відповідності еталонних та поточних значень ознак. Для цього необхідно:

1) формально подати значення еталонної та поточної ознакової інформації;

2) визначити правила порівняння (відповідності) значень еталонних та поточних ознак для розпізнавання подій, виділених на етапі планування.

Для формального подання знань про закономірності прояву значень поточної ознакової інформації пропонується використовувати метод формалізації, заснований на використанні положень нечітких мір і множин [10; 58].

З огляду на прийнятий підхід до визначення класів подій доцільно ввести деяку функцію, яка характеризує інформативність ознак. В якості такої функції для кількісних ознак слід вибрати функцію приналежності $\mu_n^r(x_m)$ з областю визначення на інтервалі $[0, 1]$, яка характеризує закономірності прояву значень ознаки x_m при описі n -го класу r -го алфавіту учасників процесу навчання і варіантів процесів навчання [36; 58; 65].

У роботі [10] для формального опису кількісних ознак обґрунтовано використання нечітких LR-інтервалів:

$$\mu_n^r(x_m) = \langle A, B, C, D \rangle,$$

де B, C – відповідно, нижнє та верхнє модальні значення ознаки (межі ядра нечіткої множини з найбільш можливим значенням ознаки);

A, D – лівий і правий коефіцієнти нечіткості (найменше та найбільше значення ознаки).

Аналітично функцію $\mu_n^r(x_m)$ можна записати у вигляді:

$$\mu_n^r(x_m) = \begin{cases} 0, \text{ при } E_m \leq A; \\ \frac{E_m - A}{B - A}, \text{ при } A < E_m < B; \\ 1, \text{ при } B < E_m < C; \\ -\frac{E_m - D}{D - C}, \text{ при } C < E_m < D; \\ 0, \text{ при } E_m \geq D, \end{cases}$$

де E_m – оцінка значення ознаки x_m .

Формалізований опис якісних ознак може бути представлений функцією можливості $\pi_n^r(x_m)$ з областю визначення на інтервалі $[0, 1]$ [33], що визначає ступінь можливості віднесення об'єкта (події) до n -го класу r -го алфавіту за значенням ознаки x_m [65].

4.3. Однорідна ієрархічна функціональна мережа подання знань про логіко-аналітичні завдання навчання

Проведений аналіз можливостей відомих методів подання знань свідчить про доцільність формалізації логіко-аналітичних завдань навчання. Для цього використовується подання логіко-аналітичних завдань у вигляді однорідної ієрархічної функціональної мережі (ОІФМ) [10].

ОІФМ – це орієнтований граф, в якому дуги відображають функціональну залежність вершин за рівнями ієрархії, а опис вершин задає процес отримання результату за значеннями аргументів, пов'язаних із даною вершиною вхідними дугами [51].

Формально ОІФМ можна представити кортежем [51]:

$$F = \langle I_1, I_2, \dots, I_n; C; \Gamma \rangle,$$

де I_1, I_2, \dots, I_n – множина вершин функціональної мережі (ФМ);

C – тип відношень між вершинами;

Γ – відображення множини вершин мережі на множині відношень.

Для подання знань про логіко-аналітичні завдання процесу навчання вдосконалені однорідні ієрархічні функціональні мережі (ОІФМ), описові можливості яких доповнені параметричними вершинами для оцінки кількісних і якісних характеристик подій, що розпізнаються. Тут використано положення нечітких мір і множин, що дозволяють врахувати різно-рідність, неточність і неповноту вихідної інформації про процес навчання.

Удосконалена модель знань про процеси навчання, побудована з використанням однорідної ієрархічної функціональної мережі (рис. 4.1) може бути представлена кортежем:

$$M_{ОВП} = \langle \{H_j\}, \{S_j\}, \{K_\gamma\}, \{D_\beta\}, k_n^*, \{P_n\}, \zeta \rangle,$$

де $\{H_j\}_{j=1..J} = \{\{Pr_j^e\}, \{Pr_j^m\}\}$ – множина вершин формалізованого опису поточних $\{Pr_j^m\}$ і еталонних $\{Pr_j^e\}$ значень ознак;

$\{S_j\}_{j=1..J} = \{f_j(Pr_j^e, Pr_j^m)\}$ – множина вершин визначення ступеня близькості еталонного та поточного значень ознак, $f_j(Pr_j^e, Pr_j^m)$ – функція визначення ступеня близькості еталонного та поточного розподілів значень однойменних ознак;

$$\{K_\gamma\}_{\gamma=1..G} = \bigcap_{\gamma=1}^G f_\gamma(Pr_j^e, Pr_j^m), \quad \{D_\beta\}_{\beta=1..B} = \bigcup_{\beta=1}^B f_\beta(Pr_j^e, Pr_j^m) \quad -$$

відповідно, множина кон'юнктивної і диз'юнктивних вершин формування логіки опису класів подій за результатами порівнянь еталонного та поточного розподілів значень ознак;

k_n^* – вершина визначення класу події, що реалізує згідно з (4.1) вирішальне правило визначення класу спостережуваної події;

$\{P_n\}_{n=1..N} = \{\{V_n\}, \{W_n\}\}$ – множина параметричних вершин визначення кількісних $\{V_n\}$ та якісних $\{W_n\}$ характеристик розпізнаних подій;

$\zeta = \langle k_n^*, \{V_n\}, \{W_n\} \rangle$ – цільова вершина мережі, що визначає клас події та його характеристики. Процес досягнення мети становить ряд послідовних дій на мережній моделі. Черговість досягнення цілей визначається рівнем ієрархії, причому на одному рівні ієрархії досягнення цілей відбувається паралельно.

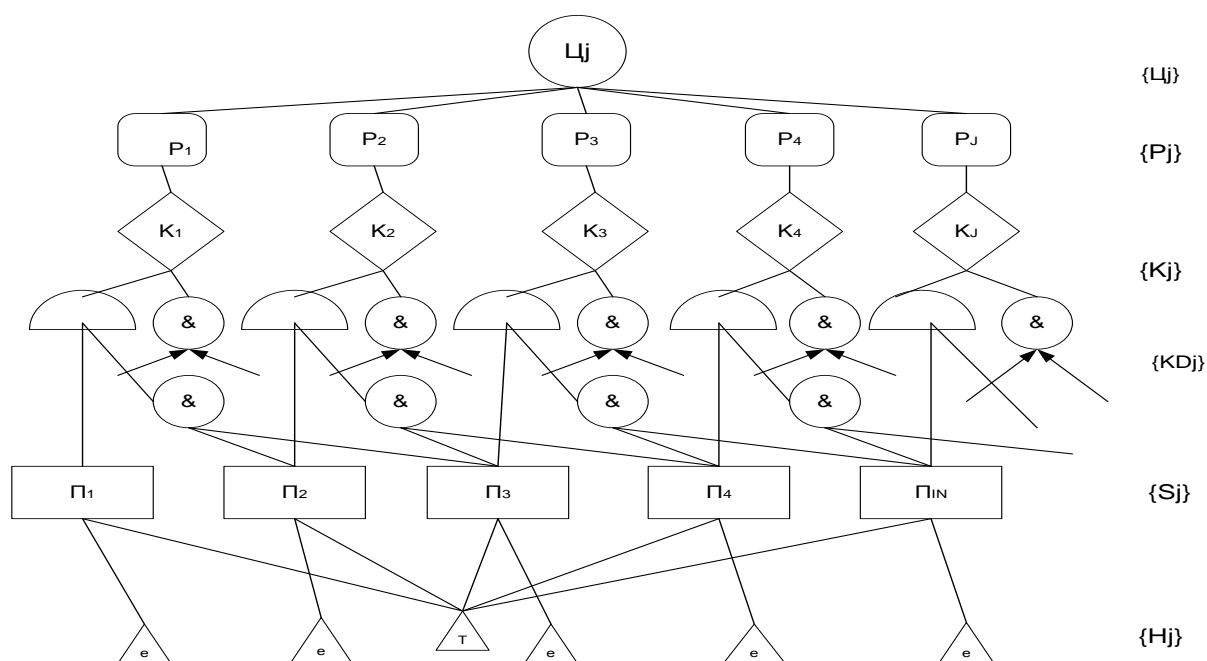


Рис. 4.1. Структура ОІФМ для подання логіко-аналітичних завдань навчання

Використання вдосконаленої ОІФМ процесу навчання для формального подання знань про завдання розглянутого класу дозволить вирішити такі завдання:

- 1) подати знання про порядок вирішення завдань визначення класів подій у процесі навчання;
- 2) подати знання про завдання визначення кількісних та якісних характеристик розпізнаних подій.

4.4. Мережна модель цілей управління для подання знань про пошукові завдання навчання

Вироблення рекомендацій щодо управління навчальним процесом у СДН полягає у формуванні множини цілей, що забезпечують вирішення поставлених завдань $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$, можливих варіантів їх досягнення $D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$ і вибір найкращого в деякому сенсі набору дій $D^* = \{d_1^*, d_2^*, \dots, d_s^*\}$, що забезпечує досягнення поставлених цілей.

Раніше було відзначено, що процес вироблення рекомендацій щодо організації процесу навчання включає такі завдання: логіко-аналітичні, розрахункові, завдання пошуку й узагальнення.

Аналіз методів подання знань свідчить про доцільність використання в якості основи для розробки апарату формалізації завдань даного класу мережну модель цілей управління (ММЦУ).

Кожна вершина такої мережі V може бути описана кортежем виду:

$$V = \{ \{ O_{об}, S_{об}, N_M, H_M, D_M, M_M, C_M, \Pi_M \} \}, \quad (4.2)$$

де $O_{об}$ – множина об'єктів цільового впливу;

$S_{об}$ – множина станів об'єктів цільового впливу, що визначають досягнення даної мети;

N_M – множина початкових умов, що визначають досягнення мети;

H_M – множина необхідних умов досягнення мети;

D_M – множина достатніх умов досягнення мети;

M_M – множина наслідків, можливо, досяжних у майбутньому при істинності даної мети;

C_M – множина подій, що дозволяють здійснити розпізнавання цільової ситуації у фізичній реальності;

Π_M – опис, що дозволяє здійснити оцінку досяжності мети у фізичній реальності.

У ММЦУ для подання знань про цілі управління використовують логічні вершини "І" та "АБО", що дозволяють формалізувати завдання логічного характеру [7; 34].

Для подання знань про процеси розв'язання завдань навчання розрахункового і пошукового характеру виникає необхідність у розширенні описових можливостей ММЦУ шляхом введення нових вершин.

Запропоновано ввести додатково такі вершини: функціональні, порівняння та пошуку. При цьому, як показано в роботі [36], мережна модель трансформується в ієрархічну гібридну.

Множину допустимих (D_s) і необхідних (H_s) умов досягнення мети пропонується замінити процедурою визначення (визначення прагматичної істинності) цільової установки – Π_s .

Для визначення істинності ЦУ різного типу процедура Π_s приймає вигляд:

1) логічні вершини (кон'юнктивні, диз'юнктивні, порівняння):

$$\Pi_s = F_{л}[\{H_s\}, \{D_s\}];$$

2) вершини пошуку: $\Pi_s = F_n[\{\Pi r_i \rightarrow \Pi_{N_{ПЗ}}^{N_B}(V_{x_i})\}]$;

3) функціональні вершини: $\Pi_s = F_p[\{P(f(T_i))\}]$, де $P(T_i)$ – предикат, істинність якого визначається наявністю результату обчислення предметної функції $f(T_i)$; T_i – терм.

При такому підході вираз (4.2) набуде вигляду:

$$V_s = \{ \{ T_s, N_s, \Pi_s, M_s, R_s \} \},$$

де s – порядковий номер вершини на мережі;

T_s – тип вершини мережної моделі;

N_s – множина НС, що визначають досягнення даної мети;

Π_s – процедура визначення цільової вершини;

M_s – множина наслідків, можливо, досяжних у майбутньому при істинності даної мети;

R_s – результат визначення вершини, що становить числове або логічне значення.

Для логічних вершин відношення не змінилися, а для нововведених вершин, враховуючи, що вони фактично становлять декомпозицію більш складного процесу, повинні бути встановлені тільки відношення підпорядкування. Це є основною умовою розв'язності та несуперечності запропонованої гібридної ММЦУ [53]. Формально-логічний апарат подання знань про процеси вироблення рекомендацій щодо управління процесом навчання на основі гібридної ММЦУ формально може бути поданий у вигляді (рис. 4.2):

$$M_{PY} = \langle \{N_k\}, \{\Pi_r\}, \{F_m\}, \{S_q\}, \{X_u\}, \{БЗ\} \rangle,$$

де $\{N_k\}$ – множина початкових вершин формалізованого подання вихідних даних для вирішення завдання;

$\{\Pi_r\}$ – множина пошукових вершин, що визначають розв'язок завдання пошуку інформації в базі даних;

$\{F_m\}$ – множина функціональних вершин, що визначають необхідність вирішення розрахункових завдань;

$\{S_q\}$ – множина вершин порівняння, що визначають необхідність зіставлення значень знакової інформації з еталонними значеннями або між собою;

$\{X_{ij}\}$ – множина логічних вершин (диз'юнктивних, кон'юнктивної), що визначають логічну послідовність розв'язання завдання управління процесом навчання.

$\{БЗ\}$ – бази знань про процеси управління процесом навчання.

Відповідно до постановки завдання вершини різних типів можуть розташовуватися на різних рівнях ієрархії. Нові вершини вводяться як предикатні функції, істинність яких визначається виконанням або розрахунків, або реалізацією процедур пошуку в БЗ. Це дає можливість стверджувати, що запропонована гібридна ММЦУ є несуперечливою й розв'язною, що дозволяє при пошуці й формуванні рішень використовувати процедури логічного виведення, розглянуті в роботах [22; 31; 51].

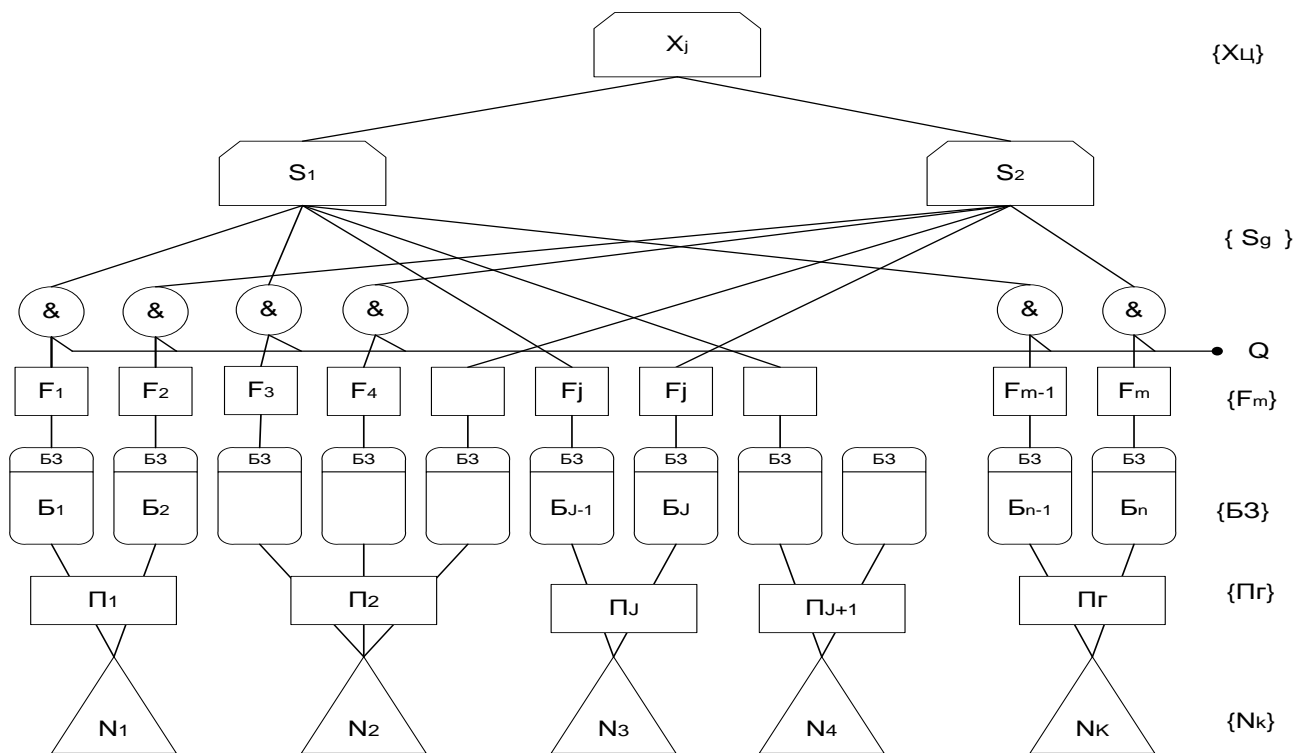


Рис. 4.2. Графічна ілюстрація структури гібридної ММЦУ

Таким чином, аналіз показує, що для вирішення завдань автоматизації навчання найбільш зручними є мережні моделі, тому що вони призначені для логічного перетворення інформації й одержання логічного виведення з метою добування нової інформації, у явному виді не втримується у вихідній. Тобто на основі вдосконалених мережних моделей можуть бути розроблені моделі компонентів СДН, що практично

повторюють методи подання знань. Тим самим істотно спростяться моделі компонентів управління й комплексних моделей перспективних СДН.

4.5. Розробка моделі знань про процес визначення типів студентів і подій управління навчанням у СДН

Забезпечення індивідуального підходу до процесу адаптивного управління навчанням з використанням СДН можливе, якщо в ній є процедура автоматичного визначення (модель) типів тих, кого навчають.

Процедури управління й класифікації студентів за типами можна подати як процес визначення істинності функціональних початкових умов. Дійсно, таке завдання може бути зведене до визначення приналежності виявлених подій управління й учасників процесу навчання до класів алфавітів категорій управління та типів тих, кого навчають.

Для опису класу подій управління в ході вивчення навчальних дисциплін слід ввести алфавіт подій $A_1 = \{k_1^1, k_2^1, k_3^1, k_4^1, k_5^1\}$, де k_1^1 – перша початкова умова управління навчальним процесом – "включити (вхідний на початку тестування) тест за темою n розділу k "; k_2^1 – друга початкова умова управління – "вивчити матеріал за темою n розділу k "; k_3^1 – третя початкова умова – "повторити матеріал за темою n розділу k "; k_4^1 – четверта початкова умова – "рухатись далі за темами"; k_5^1 – п'ята початкова умова управління навчальним процесом – "закінчити вивчення матеріалу дисципліни". Тут k – номер розділу в підручнику $k = 1, \dots, K$; n – номер теми в k -му розділі підручника $n = 1, \dots, N$.

Відповідно до введеної класифікації подій управління й учасників процесу навчання за типами, для вирішення даного завдання необхідно, у першу чергу, вхідним тестуванням визначити тип тих, кого навчають. При цьому для опису класів алфавітів слід використовувати множину ознак:

$$X = \{NW, T, T_d, MO, MO_d, R, R_d, O, O_d, Q, TR, TT\},$$

де NW – кількість запитань в TV_{kn} тесті;

T – час, допустимий на тестування в TV_{kn} тесті;

T_d – результати порівняння допустимого й поточного часу на тестування в TV_{kn} тесті ("так", "ні");

MO – кількість помилок, допустима в TV_{kn} тесті;

MO_d – результати порівняння допустимої й фактичної кількості помилок ("так", "ні") в TV_{kn} тесті;

R – допустима кількість повторень запитання в TV_{kn} тесті;

R_d – результати порівняння допустимої й фактичної кількості повторень запитання в TV_{kn} тесті;

O – оцінка за TV_{kn} тест у заданій метриці;

O_d – результати порівняння оцінки із допустимою для TV_{kn} тесту;

$Q = \{tm\partial_{kn}, tp\partial_{kn}\}$ – директивний час вивчення розділу навчальної дисципліни;

TR – результати порівняння поточного часу із допустимим на вивчення матеріалів розділу дисципліни ("так", "ні");

TT – результати порівняння поточного часу із допустимим на вивчення теми дисципліни ("так", "ні").

Слід увести алфавіт типів тих, кого навчають:

$$A_2 = \{k_1^2, k_2^2, k_3^2, k_4^2, k_5^2\},$$

де $k_1^2 = \{\text{початківець}\}$, $k_2^2 = \{\text{слабкий}\}$, $k_3^2 = \{\text{середній}\}$, $k_4^2 = \{\text{сильний}\}$, $k_5^2 = \{\text{дуже сильний}\}$.

Формалізований опис еталонних розподілів значень кількісних і якісних ознак для опису подій управління й типів тих, кого навчають, можна подати у вигляді:

$$\Phi_n^r(X_m) = \langle \{ \mu_n^r(X_m) \}, \{ \pi_n^r(X_m) \} \rangle,$$

де $\Phi_n^r(X_m)$ – множина еталонних розподілів значень ознак X_m , $m=1, M$;

m – номер ознаки (групи ознак),

M – кількість ознак, використовуваних для опису типів тих, кого навчають;

$\mu_n^r(X_m) = \langle A, B, C, D \rangle$ – розподіл значень кількісних ознак при описі n -го класу r -го алфавіту, поданих у вигляді нечіткого LR-інтервалу;

$\pi_n^r(X_m)$ – розподіл функцій приналежності об'єкта (події) до n -го класу r -го алфавіту за значенням якісної ознаки X_m .

Формальний опис еталонних розподілів значень ознак при описі класів алфавіту A_1 і A_2 може бути поданий у вигляді таких множин:

1. $\mu_n^2(NW) = \{\mu_1^2(NW), \mu_2^2(NW), \mu_3^2(NW), \mu_4^2(NW), \mu_5^2(NW)\}$.
2. $\mu_n^2(T) = \{\mu_1^2(T), \mu_2^2(T), \mu_3^2(T), \mu_4^2(T), \mu_5^2(T)\}$.
3. $\mu_n^2(MO) = \{\mu_1^2(MO), \mu_2^2(MO), \mu_3^2(MO), \mu_4^2(MO), \mu_5^2(MO)\}$.
4. $\mu_n^2(R) = \{\mu_1^2(R), \mu_2^2(R), \mu_3^2(R), \mu_4^2(R), \mu_5^2(R)\}$.
5. $\mu_n^2(O) = \{\mu_1^2(O), \mu_2^2(O), \mu_3^2(O), \mu_4^2(O), \mu_5^2(O)\}$.
6. $\pi_n^2(T_d) = \{\pi_1^2(T_d), \pi_2^2(T_d), \pi_3^2(T_d), \pi_4^2(T_d), \pi_5^2(T_d)\}$.
7. $\pi_n^2(MO_d) = \{\pi_1^2(MO_d), \pi_2^2(MO_d), \pi_3^2(MO_d), \pi_4^2(MO_d), \pi_5^2(MO_d)\}$.
8. $\pi_n^2(R_d) = \{\pi_1^2(R_d), \pi_2^2(R_d), \pi_3^2(R_d), \pi_4^2(R_d), \pi_5^2(R_d)\}$.
9. $\pi_n^2(O_d) = \{\pi_1^2(O_d), \pi_2^2(O_d), \pi_3^2(O_d), \pi_4^2(O_d), \pi_5^2(O_d)\}$.
10. $\pi_n^1(TR) = \{\pi_1^1(TR), \pi_2^1(TR)\}$.
11. $\pi_n^1(TT) = \{\pi_1^1(TT), \pi_2^1(TT)\}$.

Множину поточних ознак, що характеризують для кожного j -го учасника процесу навчання тест TV_{kn} можна представити наступним чином:

$$X_j = \{NW_j, T_j, T_{dj}, MO_j, MO_{dj}, R_j, R_{dj}, O_j, O_{dj}, TR_j, TT_j\},$$

де J – кількість тих, кого навчають, у групі, $j = \overline{1, J}$.

Використовуючи множину поточних ознак, що характеризують для кожного j -го учасника процесу навчання тест TV_{kn} і правила подання значень ознак у вигляді нечітких множин, можна одержати формалізований опис у вигляді функцій описів кількісних $\mu(X_j)$ і якісних $\pi(X_j)$ поточних ознак.

Необхідно визначити ступінь близькості експертного й поточного описів ознак. Інтерпретація подій припускає визначення мінімального й

максимального значень кількісних і якісних приватних значень ступеня близькості поточного й експертного розподілів значень ознак (згортки), отриманих на попередньому етапі:

$$\begin{cases} v_{A \cap B}(x_m) = \min\{v_A(x_m), v_B(x_m)\} \\ v_{A \cup B}(x_m) = \max\{v_A(x_m), v_B(x_m)\} \end{cases}'$$

де $v_A(x_m)$, $v_B(x_m)$ – часткові значення ступеня близькості експертного й поточного значень ознаки x_m .

Оцінка ступеня близькості $\Phi(k_n^r)$ аналізованої події до n -го класу r -го алфавіту визначається за найбільшим значенням функції приналежності інтерпретованих подій для кожного із класів [31, 65]:

$$\Phi(k_n^r) = \max_{\forall i \in I_n} \left[\min_{\forall k \in K_n} \{v_n^r(x_{ik})\}, \max_{\forall s \in S_n} \{\pi_n^r(x_{is})\} \right],$$

де n – порядковий номер класу у відповідному алфавіті подій;

k – порядковий номер кількісної ознаки;

K_n – кількість номерів кількісних ознак n -го класу;

s – порядковий номер якісної ознаки;

S_n – кількість номерів якісних ознак n -го класу;

i – порядковий номер групи ознак;

I_n – кількість груп ознак для опису n -го класу.

Для прийняття рішення про клас події слід використовувати правило найбільшого значення функції можливості віднесення подій до класів r -го алфавіту $k_n^* = \arg \max_{\forall k_n} (\Phi(k_n^r) / \Phi(k_n^r) > \delta_{\text{пор}})$, де k_n^* – клас із максимальним значенням міри можливості; $\delta_{\text{пор}}$ – граничне значення, обране залежно від розрізнення класів алфавіту.

Опис класів алфавіту $A_2 = \{k_1^2, k_2^2, k_3^2, k_4^2, k_5^2\}$ за ознаками можна подати у вигляді таких логічних аксіом:

$$A1. \forall j \left[\left(v_1^2(NW_j) \wedge v_1^2(T_j) \wedge v_1^2(MO_j) \wedge v_1^2(R_j) \wedge v_1^2(O_j) \right) \wedge \left(\pi_1^2(T_{dj}) \wedge \pi_1^2(MO_{dj}) \wedge \pi_1^2(R_{dj}) \wedge \pi_1^2(O_{dj}) \right) \right] \equiv T \rightarrow \Phi(k_1^2).$$

$$\begin{aligned}
 A2. \forall j & \left[\left(v_2^2(NW_j) \wedge v_2^2(T_j) \wedge v_2^2(MO_j) \wedge v_2^2(R_j) \wedge v_2^2(O_j) \right) \wedge \right. \\
 & \left. \vee \left(\pi_2^2(T_{dj}) \wedge \pi_2^2(MO_{dj}) \wedge \pi_2^2(R_{dj}) \wedge \pi_2^2(O_{dj}) \right) \right] \equiv T \rightarrow \Phi(k_2^2). \\
 A3. \forall j & \left[\left(v_3^2(NW_j) \wedge v_3^2(T_j) \wedge v_3^2(MO_j) \wedge v_3^2(R_j) \wedge v_3^2(O_j) \right) \wedge \right. \\
 & \left. \wedge \left(\pi_3^2(T_{dj}) \wedge \pi_3^2(MO_{dj}) \wedge \pi_3^2(R_{dj}) \wedge \pi_3^2(O_{dj}) \right) \right] \equiv T \rightarrow \Phi(k_3^2). \\
 A4. \forall j & \left[\left(v_4^2(NW_j) \wedge v_4^2(T_j) \wedge v_4^2(MO_j) \wedge v_4^2(R_j) \wedge v_4^2(O_j) \right) \wedge \right. \\
 & \left. \wedge \left(\pi_4^2(T_{dj}) \wedge \pi_4^2(MO_{dj}) \wedge \pi_4^2(R_{dj}) \wedge \pi_4^2(O_{dj}) \right) \right] \equiv T \rightarrow \Phi(k_4^2). \\
 A5. \forall j & \left[\left(v_5^2(NW_j) \wedge v_5^2(T_j) \wedge v_5^2(MO_j) \wedge v_5^2(R_j) \wedge v_5^2(O_j) \right) \wedge \right. \\
 & \left. \wedge \left(\pi_5^2(T_{dj}) \wedge \pi_5^2(MO_{dj}) \wedge \pi_5^2(R_{dj}) \wedge \pi_5^2(O_{dj}) \right) \right] \equiv T \rightarrow \Phi(k_5^2).
 \end{aligned}$$

Рішення про тип того, кого навчають, буде визначатися відповідно до рис. 4.3.

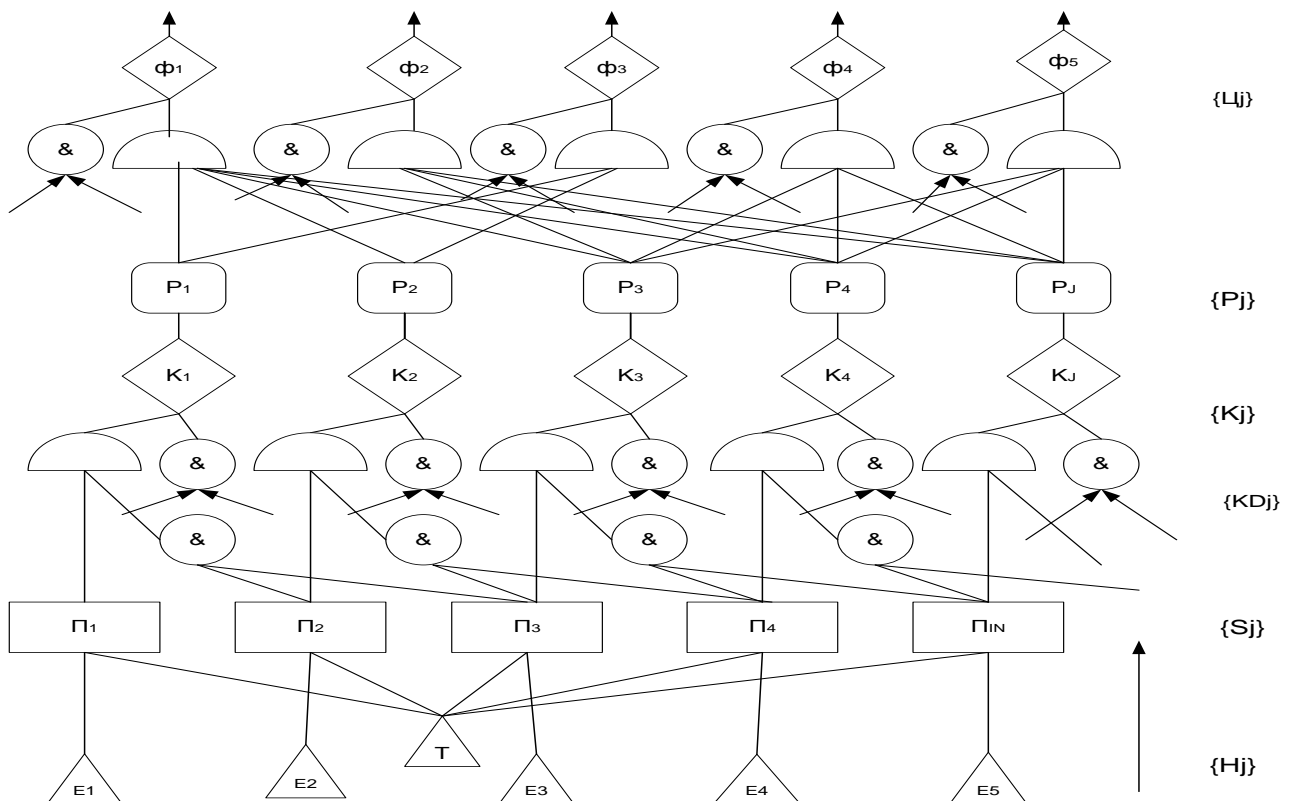


Рис. 4.3. Структурно-функціональна модель для класифікації типів студентів і управління в СДН

Опис подій управління класів алфавіту $A_1 = \{k_1^1, k_2^1, k_3^1, k_4^1, k_5^1\}$ за ознаками можна подати у вигляді таких логічних аксіом:

$$A6. \forall j, n, k \left[\begin{array}{l} (\Phi(k_1^2) \vee \Phi(k_2^2) \vee \Phi(k_3^2) \vee \Phi(k_4^2) \vee \Phi(k_5^2)) \\ \wedge \pi_2^1(TT_{kn}) \wedge \pi_2^1(TR_k) \end{array} \right] \equiv T \rightarrow \Phi(k_1^1).$$

$$A7. \forall j, k, n \left[\begin{array}{l} (\Phi(k_3^2) \vee \Phi(k_4^2) \vee \Phi(k_5^2)) \wedge (\pi_2^1(TT_{kn}) \wedge \pi_1^1(TR_k)) \vee \\ \vee (\pi_1^1(TT_{kn}) \wedge \pi_2^1(TR_k)) \end{array} \right] \equiv T \rightarrow \Phi(k_2^1).$$

$$A8. \forall j, k, n \left[\begin{array}{l} (\Phi(k_1^2) \vee \Phi(k_2^2)) \wedge (\pi_2^1(TT_{kn}) \wedge \pi_1^1(TR_k)) \\ \vee (\pi_1^1(TT_{kn}) \wedge \pi_2^1(TR_k)) \end{array} \right] \equiv T \rightarrow \Phi(k_3^1).$$

$$A9. \forall j, k, n \left[(\Phi(k_3^2) \vee \Phi(k_4^2) \vee \Phi(k_5^2)) \wedge \pi_2^1(TT_{kn}) \wedge \pi_1^1(TR_k) \right] \equiv T \rightarrow \Phi(k_4^1).$$

$$A10. \forall j, k, n \left[(\Phi(k_3^2) \vee \Phi(k_4^2) \vee \Phi(k_5^2)) \wedge \pi_1^1(TT_{kn}) \wedge \pi_1^1(TR_k) \right] \equiv T \rightarrow \Phi(k_5^1).$$

Значення $\Phi(k_n^1)$ будуть становити поточні значення ознаки "управління" (K_j) для розпізнавання класів алфавіту A_1 .

Структурно-функціональна модель класифікації типів тих, кого навчають, і управління в СДН наведена на рис. 4.3. Вона побудована на базі вдосконаленої однорідної функціональної мережі.

Розроблений формальний опис процесу категорювання студентів дозволяє враховувати їхні типи й приймати рішення в СДН з управління навчальним процесом в умовах неповноти й невизначеності інформації.

Знання типів тих, кого навчають, і подій управління навчальним процесом дозволяє перейти до визначення етапів процесу формування планів взаємодії між тими, кого навчають, і викладачем у СДН.

4.6. Розробка моделі знань про плани взаємодії між викладачем і тими, кого навчають у СДН

При проведенні занять у СДН можуть використовуватися всі відомі види занять – лекції, групові, лабораторні, семінари, самостійні заняття під керівництвом викладача й т. д. Для кожного виду занять у СДН повинен бути розроблений свій план взаємодії між тими, кого навчають, і викладачем. План взаємодії необхідний для організації автоматичного адаптивного управління в системі компонентами СДН.

Процес визначення планів взаємодії припускає визначення варіантів (типу) взаємодії між викладачем і тими, кого навчають, у процесі адаптивного навчання. Слід розрізняти такі форми: денна (ДН) і заочна (ЗН) форми навчання.

Вибір індивідуальних планів взаємодії слід здійснювати на основі правил взаємодії викладача й того, кого навчають, розроблених на етапі планування процесу навчання. Облік даних правил у процесі автоматизації процесів прийняття рішень дозволить реалізувати в процесі управління навчанням стратегію рефлексивного управління першого рангу.

Нехай ϵ множина варіантів $B = \{b_k\}$ організації взаємодії між викладачем і студентом у процесі вивчення навчальних дисциплін, розроблених на етапі планування процесу навчання, де k – ціле число, що визначає варіант взаємодії: $k = 1$ – за навчальними планами денного й заочного навчання; $k = 2$ – за основним матеріалом навчальної дисципліни; $k = 3$ – за цільовими настановами дисципліни навчання; $k = 4$ – за додатковими матеріалами навчальної дисципліни; $k = 5$ – за методичними матеріалами дисципліни; $k = 6$ – за часом вивчення дисципліни. Порядок організації взаємодії в ході навчання залежить також і від рішення викладача з організації взаємодії. Слід позначити:

$P = \{p_m\}$ – варіанти взаємодії, розроблені на етапі планування, де $m = 1, \dots, M$ – номер варіанта взаємодії; M – кількість варіантів взаємодії, розроблених на етапі планування навчання;

$R = \{r_n\}$ – варіанти рішення викладача з організації взаємодії, де $n = 1, \dots, N$ – номер варіанта взаємодії в рішенні викладача; N – кількість варіантів взаємодії в рішенні викладача. При цьому: $B = R \cup P$. Тоді формально порядок організації взаємодії в ході навчання можна подати у вигляді такої алогічної аксіоми:

$$A1. \forall k \forall m \forall n \left[PL \left(b_k = \sup_{\forall p_m \in P} \{ \pi(p_m) \} \right) \vee (PK(b_k = r_n)) \right] \rightarrow P_k(p_m, r_n),$$

де $PL \left(b_k = \sup_{\forall p_m \in P} \{ \pi(p_m) \} \right)$, $PK(b_k = r_n)$ – відповідно, предикати, що відповідають вибору варіанта взаємодії, розробленого на етапі планування навчання або за рішенням викладача;

$P_k(p_m, r_n)$ – предикат, що відповідає вибору варіанта взаємодії між тими, кого навчають, і викладачем за формами навчання (ДН або ЗН).

Необхідно скласти формальний опис знань планів взаємодії при різних варіантах взаємодії між викладачем і тими, кого навчають.

Знання про порядок формування планів взаємодії при організації взаємодії між викладачем і тими, кого навчають, за формами навчання ДН і ЗН формально можна представити алогічними аксіомами А2 і А3:

$$A2. \forall j \forall r [P_1[N_j; f(R_{OO})] \equiv T] \rightarrow BZ_2(r, j).$$

$$A3. \forall j \forall s [(P_1[N_j; f(R_{OO})] \equiv F) \wedge (P_2[N_j; f(R_{O3})] \equiv T)] \rightarrow BZ_1(s, j),$$

де $P_1[N_j; f(R_{OO})]$, $P_2[N_j; f(R_{O3})]$ – предикати, що відповідають відносинам $OO = val f(R_{OO})$ і $O3 = val f(R_{O3})$;

$f(R_{OO})$, $f(R_{O3})$ – відповідно, функції для визначення програм навчання; N_j – номер того, кого навчають;

$BZ_2(r, j)$, $BZ_1(s, j)$ – відповідно, предикати, що відповідають вибору форм ДН або ЗН при організації взаємодії між викладачем і j -м тим, кого навчають;

r, s – предметні змінні, що приймають, відповідно, значення ДН і ЗН.

Необхідність організації пошуку інформації в базі даних для визначення істинності предикатів $BZ_1(s, j)$ і $BZ_2(r, j)$ може бути представлена алогічною аксіомою А4:

$$A4. P_1(p_m, r_n) \rightarrow \left[\left(LQ_2(f(\Pi_{\Phi}^{OO}(V_{ROO}))) \vee LQ_3(f(\Pi_{\Phi}^{O3}(V_{ROO}))) \right) \wedge \left(\wedge LQ_1(f(\Pi_j^{OB}(V_{x_j}; V_{w_j}; V_{t_j}))) \right) \right],$$

де $P_1(p_m, r_n)$ – предикат, що відповідає вибору варіанта взаємодії між викладачем і тими, кого навчають, за навчальними програмами форм ДН і ЗН;

$Q_2(f(\Pi_{\Phi}^{OO}(V_{ROO})))$, $Q_3(f(\Pi_{\Phi}^{O3}(V_{ROO})))$, $Q_1(f(\Pi_j^{OB}(V_{x_j}; V_{w_j}; V_{t_j})))$ – відповідно, предикати, що визначають необхідність реалізації пошуку $R_{ДН}$, $R_{ЗН}$ значень денної та заочної програм навчання для j -го студента, а також його номера J ;

$f(\Pi_{\Phi}^{OO}(V_{ROO})), f(\Pi_{\Phi}^{O3}(V_{ROO})), f(\Pi_j^{OB}(V_{x_j}; V_{w_j}; V_{t_j}))$ – відповідно, функції пошуку полів $R_{ДН}, R_{ЗН}$;
 Π^{OB} – поля номера у БЗ того, кого навчають.

Істинність предикатів Q_1, Q_2, Q_3 визначається правилами:

$$Q_1(f(\Pi_j^{OB}(V_{k_j}; V_{w_j}; V_{t_j}))) \equiv \begin{cases} T, \text{ при } val f(\Pi_j^{OB}(V_{k_j}; V_{w_j}; V_{t_j})) = \langle \{k_j\}, \{w_j\}, \{t_j\} \rangle; \\ F, \text{ при } val f(\Pi_j^{OB}(V_{k_j}; V_{w_j}; V_{t_j})) = \emptyset \end{cases};$$

$$Q_2(f(\Pi_{\Phi}^{OO}(V_{ROO}))) \equiv \begin{cases} T, \text{ при } val f(\Pi_{\Phi}^{OO}(V_{ROO})) = R_{OO}; \\ F, \text{ при } val f(\Pi_{\Phi}^{OO}(V_{ROO})) = \emptyset \end{cases};$$

$$Q_3(f(\Pi_{\Phi}^{O3}(V_{ROO}))) \equiv \begin{cases} T, \text{ при } val f(\Pi_{\Phi}^{O3}(V_{ROO})) = R_{O3}; \\ F, \text{ при } val f(\Pi_{\Phi}^{O3}(V_{ROO})) = \emptyset \end{cases}.$$

Для формального подання знань про порядок взаємодії між викладачем і тими, кого навчають, за основними матеріалами навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання слід записати алогічні аксіоми А5 і А6:

$$A5. \forall j \forall s [P_3(f(Z_{yч}^{OO})) \equiv T] \rightarrow BN_1(s, j).$$

$$A6. \forall j \forall r [P_3(f(Z_{yч}^{OO})) \equiv F] \rightarrow BN_2(r, j),$$

де $P_3(f(Z_{yч}^{OO}))$ – предикат, що відповідає відношенню $val f(Z_{yч}^{OO}) = \pi_{yч}^{OO}(Z_i)$ -функції для визначення i -ї навчальної дисципліни денного навчального плану підготовки;

$BN_1(s, j), BN_2(r, j)$ – відповідно, предикати, що відповідають вибору форм ДН і ЗН при організації взаємодії між викладачем і тими, кого навчають, за навчальними дисциплінами відповідного навчального плану.

Необхідність пошуку інформації в БД для визначення істинності предикатів $BN_1(s, j)$ і $BN_2(r, j)$ представлено алогічною аксіомою А7:

$$A7. P_4(p_m, r_n) \rightarrow [LQ_4(f(\Pi_J^{OB}(V_J))) \wedge LQ_5(f(\Pi_{YU}^{OO}(V_I)))] ,$$

де $P_4(p_m, r_n)$ – предикат, що відповідає вибору форм взаємодії між викладачем і тими, кого навчають, за навчальними дисциплінами;

$Q_4(f(\Pi_j^{OB}(V_j)))$ – предикат, що визначає необхідність реалізації пошуку j -го того, кого навчають, у базі даних;

$Q_5(f(\Pi_{YU}^{OO}(V_I)))$ – предикат, що визначає необхідність реалізації пошуку i -ї навчальної дисципліни в БД;

$f(\Pi_{YU}^{OO}(V_I))$ – функція пошуку полів навчальних дисциплін у БД.

Істинність предикатів Q_4, Q_5 визначається правилами:

$$Q_4(f(\Pi_{YU}^{OO}(V_I))) \equiv T, \text{ якщо } \text{val} f(\Pi_{YU}^{OO}(V_I)) = \pi_{YU}^{OO}(Z_I);$$

$$Q_5(f(\Pi_{YU}^{OO}(V_I))) \equiv F, \text{ якщо } \text{val} f(\Pi_{YU}^{OO}(V_I)) = \emptyset.$$

Для подання знань про програми навчання при організації взаємодії між викладачем і студентом за цільовими настановами навчальних дисциплін навчальних планів для денної й заочної форм навчання, слід увести алфавіт класів цільових настанов дисциплін навчання:

$$A_{\text{об}} = \{k_{3H}^{OO}, k_{UM}^{OO}, k_{O3H}^{OO}, k_{3H}^{3O}, k_{UM}^{OO}, k_{O3H}^{OO}\},$$

де k_{3H}^{OO} і k_{3H}^{3O} – клас цілей знань денної та заочної форм, за якими доцільне призначення підручників, навчальних підручників, енциклопедій, методичних підручників і т. д.;

k_{UM}^{OO} і k_{O3H}^{3O} – відповідно, класи цілей вміти й бути ознайомленим, за якими призначаються керівництва по лабораторним, курсовим і дипломній роботам, і додаткова література.

Віднесення цільових настанов навчання до кожного із класів здійснюється за ознакою, тип j -ї цільової настанови навчання Tr_j . Еталонний опис ознаки Tr у базі даних представлено функціями можливості віднесення цільової настанови навчання до одного із класів:

$\pi_{3H}^{OO(3O)}(Tr)$, $\pi_{UM}^{OO(3O)}(Tr)$, $\pi_{O3H}^{OO(3O)}(Tr)$. Знання про порядок вибору цілей навчання формально можуть бути представлені алогічними аксіомами A8 і A9:

$$A8. \forall j \forall s \left[P_5 \left(\left(\pi_{3H}^{OO}(Tr_j) \right) \vee P_6 \left(\pi_{UM}^{OO}(Tr_j) \right) \vee P_7 \left(\pi_{O3H}^{OO}(Tr_j) \right) \right) \equiv T \right] \rightarrow BC_1(s, j).$$

$$A9. \forall j \forall r \left[P_5 \left(\pi_{3H}^{OO}(Tr_j) \right) \vee P_6 \left(\pi_{UM}^{OO}(Tr_j) \right) \vee P_7 \left(\pi_{O3H}^{OO}(Tr_j) \right) \equiv F \right] \rightarrow BC_2(r, j),$$

де $P_5 \left(\pi_{3H}^{OO}(Tr_j) \right), P_6 \left(\pi_{UM}^{OO}(Tr_j) \right), P_7 \left(\pi_{O3H}^{OO}(Tr_j) \right)$ – предикати, що відповідають віднесенню цільової настанови навчання до відповідного класу за значенням ознаки Tr_j ;

$\pi_{3H}^{OO(3O)}(Tr_j), \pi_{UM}^{OO(3O)}(Tr_j), \pi_{O3H}^{OO(3O)}(Tr_j)$ – міри можливості віднесення цільової настанови дисципліни навчання з ознакою Tr_j до класів $A_{oob} = \{k_{3H}^{OO}, k_{UM}^{OO}, k_{O3H}^{OO}, k_{3H}^{3O}, k_{UM}^{OO}, k_{O3H}^{OO}\}$;

$BC_1(s, j), BC_2(r, j)$ – відповідно, предикати, що відповідають вибору планів навчання для форм ДН і ЗН при організації взаємодії між викладачем та j -м студентом за цільовими настановами дисциплін навчання.

Істинність предикатів P_5, P_6, P_7 визначається правилами:

$$P_5 \left(\pi_{3H}^{OO}(Tr_j) \right) \equiv \begin{cases} T, \text{ при } val \pi_{3H}^{OO}(Tr_j) = 1, \\ F, \text{ при } val \pi_{3H}^{OO}(Tr_j) = 0. \end{cases}$$

$$P_6 \left(\pi_{UM}^{OO}(Tr_j) \right) \equiv \begin{cases} T, \text{ при } val \pi_{UM}^{OO}(Tr_j) = 1, \\ F, \text{ при } val \pi_{UM}^{OO}(Tr_j) = 0. \end{cases}$$

$$P_7 \left(\pi_{O3H}^{OO}(Tr_j) \right) \equiv \begin{cases} T, \text{ при } val \pi_{O3H}^{OO}(Tr_j) = 1, \\ F, \text{ при } val \pi_{O3H}^{OO}(Tr_j) = 0. \end{cases}$$

Організація пошуку інформації в базі даних для визначення істинності предикатів $BC_1(s, j)$ і $BC_2(r, j)$ може бути представлена алогічною аксіомою A10:

$$A10. P_8(p_m, r_n) \rightarrow [LQ_6(f(\Pi_j^{OB}(V_{Tp_j}))) \wedge LQ_7(f(\Pi_\Phi^{OO}(V_{\pi_\Phi^{OO}(Tp)})))],$$

де $P_8(p_m, r_n)$ – предикат, що відповідає вибору взаємодії між викладачем і тими, кого навчають, за цільовими настановами навчання;

$Q_6(f(\Pi_j^{OO}(V_{Tp_j})))$, $Q_7(f(\Pi_\Phi^{OO}(V_{\pi_\Phi^{OO}(Tp)})))$ – відповідно, предикати, що визначають необхідність реалізації пошуку j -ї цільової постанови навчання T_j і значення функції $\pi_{3H}^{OO}(Tp_j)$;

$f(\Pi_j^{OB}(V_{Tp_j}))$, $f(\Pi_\Phi^{OO}(V_{\pi_\Phi^{OO}(Tp)}))$ – відповідно, функції пошуку полів T_j і $\pi_{3H}^{OO(3O)}(Tp_j)$, $\pi_{УМ}^{OO(3O)}(Tp_j)$, $\pi_{O3H}^{OO(3O)}(Tp_j)$ у БД.

Істинність предикатів Q_6 і Q_7 визначається правилами:

$$Q_6(f(\Pi_j^{OB}(V_{Tp_j}))) \equiv \begin{cases} T, \text{ при } val f(\Pi_j^{OB}(V_{Tp_j})) = T_j, \\ F, \text{ при } val f(\Pi_j^{OB}(V_{Tp_j})) = \emptyset, \end{cases}$$

$$Q_7(f(\Pi_\Phi^{OO}(V_{\pi_\Phi^{OO}(Tp)}))) \equiv \begin{cases} T, \text{ при } val f(\Pi_\Phi^{OO}(V_{\pi_\Phi^{OO}(Tp)})) = \pi_\Phi^{OO(3O)}(Tp), \\ F, \text{ при } val f(\Pi_\Phi^{OO}(V_{\pi_\Phi^{OO}(Tp)})) = \emptyset. \end{cases}$$

Для формального подання знань про порядок взаємодії між викладачем і тими, кого навчають, за додатковими матеріалами навчальних дисциплін планів для денної й заочної форм навчання слід використовувати алогічні аксіоми A11 і A12:

$$A11. \forall j \forall s [P_9(f(Z_{УЧМ}^{OO})) \equiv T] \rightarrow BR_1(s, j).$$

$$A12. \forall j \forall r [P_9(f(Z_{УЧМ}^{OO})) \equiv F] \rightarrow BR_2(r, j),$$

де $P_9(f(Z_{УЧМ}^{OO}))$ – предикат, що відповідає $val f(Z_{УЧМ}^{OO}) = \pi_{УЧМ}^{OO}(Z_l)$ -функції для визначення додаткових навчальних матеріалів l -ї навчальної дисципліни денного навчального плану підготовки;

$BR_1(s, j)$, $BR_2(r, j)$ – відповідно, предикати, що відповідають вибору планів форм ДН і ЗН при організації взаємодії між викладачем і тими,

кого навчають, за додатковими матеріалами навчальних дисциплін заданого навчального плану.

Необхідність пошуку інформації в БД для визначення істинності предикатів $BR_1(s,j)$ і $BR_2(r,j)$ представлена алогічною аксіомою A13:

$$A13. P_{10}(p_m, r_n) \rightarrow \left[LQ_4(f(\Pi_J^{OB}(V_J))) \wedge LQ_8(f(\Pi_{УЧМ}^{OO}(V_I))) \right],$$

де $P_{10}(p_m, r_n)$ – предикат, що відповідає вибору взаємодії між викладачем і тими, кого навчають, за навчальними дисциплінами;

$Q_8(f(\Pi_{УЧМ}^{OO}(V_I)))$ – предикат, що визначає необхідність реалізації пошуку i -ї навчальної дисципліни у БД;

$f(\Pi_{УЧМ}^{OO}(V_I))$ – функція пошуку полів навчальних дисциплін у БД.

Істинність предиката Q_8 визначається правилом:

$$Q_8(f(\Pi_{УЧМ}^{OO}(V_I))) \equiv \begin{cases} T, \text{ при } val f(\Pi_{УЧ}^{OO}(V_I)) = \pi_{УЧМ}^{OO}(Z_I) \\ F, \text{ при } val f(\Pi_{УЧМ}^{OO}(V_I)) = \emptyset \end{cases}.$$

Для опису знань про процес вибору при організації взаємодії між формами навчання за методичними матеріалами навчальних дисциплін слід використовувати подання їхніми алогічними аксіомами A14 і A15:

$$A14. \forall j \forall s \left[P_{11}(f(Z_{OOM}^{OO})) \right] \equiv T \rightarrow BM_1(s, j).$$

$$A15. \forall j \forall r \left[(P_{11}(f(Z_{OOM}^{OO}))) \right] \equiv F \rightarrow BM_2(r, j),$$

де $P_{11}(f(Z_{OOM}^{OO}))$ – предикат, що відповідає $val f(Z_{OOM_j}^{OO}) = \pi_{OOM}^{OO}(Z_j)$;

$(f(Z_{OOM}^{OO}))$ – відповідно функція для визначення методичних матеріалів i -ї навчальної дисципліни денного навчального плану підготовки;

$BM_1(s,j)$, $BM_2(r,j)$ – відповідно, предикати, що відповідають вибору форм ДН і ЗН при організації взаємодії між формами за методичними матеріалами навчального плану i -ї навчальної дисципліни.

Порядок визначення істинності предикатів $BM_1(s,j)$ і $BM_2(r,j)$ може бути представлений алогічною аксіомою A16:

$$A16. P_{12}(p_m, r_n) \rightarrow \left[\left(LQ_4(f(\Pi_{yч}^{OO}(V_i))) \wedge \right) \wedge LQ_9(f(\Pi_{OOM}^{OO}(V_i))) \right],$$

де $P_{12}(p_m, r_n)$ – предикат, що відповідає вибору варіанта взаємодії між викладачем і тими, кого навчають за методичними матеріалами i -ї навчальної дисципліни;

$Q_9(f(\Pi_{OOM}^{OO}(V_i)))$ – предикат, що визначає необхідність реалізації пошуку методичних матеріалів i -ї навчальної дисципліни у БД;

$f(\Pi_{OOM}^{OO}(V_i))$, $f(\Pi_{yч}^{OO}(V_i))$ – функції пошуку полів методичних матеріалів i -ї навчальної дисципліни у БД.

Істинність предиката Q_9 визначається таким правилом:

$$Q_9(f(\Pi_{OOM}^{OO}(V_i))) \equiv \begin{cases} T, \text{ при } val f(\Pi_{OOM}^{OO}(V_i)) = \pi_{OOM}^{OO}(Z_i), \\ F, \text{ при } val f(\Pi_{OOM}^{OO}(V_i)) = \emptyset. \end{cases}$$

Між викладачем і тими, кого навчають, взаємодія може бути організована за часом вивчення ними i -ї дисципліни.

Знання про порядок вибору способів взаємодії між викладачем і тими, кого навчають, за часом формально можна представити алогічними аксіомами A17 і A18:

$$A17. \forall j \forall s [P_{13}(t_{TEK}; t_{зад}) \equiv T] \rightarrow BT_1(i, j).$$

$$A18. \forall j \forall r [P_{13}(t_{TEK}; t_{зад}) \equiv F] \rightarrow BT_2(r, j),$$

де $P_{13}(t_{TEK}; t_{зад})$ – предикат, що відповідає відношенню $t_{TEK} \leq t_{зад}$;

$BT_1(i,j)$ – відповідно предикат, що відповідає при організації взаємодії викладачем і j -м студентом за часом вивчення i -ї дисципліни.

Організація пошуку інформації в БД для визначення істинності предикатів $BT_1(i,j)$ і $BT_2(i,j)$ може бути представлена алогічною аксіомою A19:

$$A19. P_{14}(p_m, r_n) \rightarrow [LQ_{10}(f(\Pi_{yч}^{oo}(V_{t_{зад}}; V_{t_d})))],$$

де $P_{14}(p_m, r_n)$ – предикат, що відповідає вибору варіанта взаємодії між викладачем і тими, кого навчають, за часом вивчення дисципліни;

$Q_{10}(f(\Pi_{yч}^{oo}(V_{t_{зад}}; V_{t_d})))$ – предикат, що визначає необхідність реалізації пошуку значень поточного часу вивчення i -ї дисципліни – t_d і часу припинення вивчення – $t_{зад}$;

$f(\Pi_{yч}^{oo}(V_{t_{зад}}; V_{t_d}))$ – функції пошуку полів $t_{зад}$ і t_d у БД.

Істинність предиката Q_{10} визначається правилом:

$$Q_{10}(f(\Pi_{yч}^{oo}(V_{t_{зад}}; V_{t_d}))) \equiv \begin{cases} T, \text{ при } val f(\Pi_{yч}^{oo}(V_{t_{зад}}; V_{t_d})) = \{t_{зад}; t_d\}, \\ F, \text{ при } val f(\Pi_{yч}^{oo}(V_{t_{зад}}; V_{t_d})) = \emptyset. \end{cases}$$

Виходячи з опису процесу навчання в СДН, можна визначити ряд обмежень для плану взаємодії. На початку заняття за результатами вхідного тестування для кожного j -го студента із групи визначається один із заданих 5-ти типів студентів у СДН (табл. 4.1).

Для кожного з типів тих, кого навчають, за темою дисципліни автоматично складається індивідуальний план взаємодії між студентом і викладачем у СДН (траєкторія вивчення матеріалів теми).

При цьому для індивідуального плану j -го того, кого навчають, повинні бути визначені: форма навчання (ВЗ): ДН і ЗН, конкретна цільова настанова програми вивчення дисципліни (ВЦ) і час дії кожного виду взаємодії (ВТ) протягом заняття. У плані відбивається для кожної з тем навчальної дисципліни інформація взаємодії, виходячи з того, що на кожне заняття теми приділяється t_{max} хвилин (звичайно, $t_{max} = 90$ хв.).

Викладач має можливість перерозподілити час на види взаємодії усередині заняття й призначити для j -го того, кого навчають, свій шлях засвоєння матеріалу заняття.

У кожний момент часу реалізується тільки один із видів взаємодії в СДН – за основним, за методичним або за додатковим матеріалом навчальної дисципліни, тобто тільки три істотних змінних у наборах функцій взаємодії ДН і ЗН.

Булева функція n аргументів є повністю визначеною, якщо задані всі її значення для кожного з 2^n наборів [11].

Типи студентів у СДН

Тип тих, кого навчають	Починаючий	Слабкий	Середній	Підготовлений	Добре підготовлений
Навчальний матеріал Теми №1					
Основний	t_1	t_1	t_1	t_1	t_1
Методичний	t_2	t_2	t_2	t_2	t_2
Додатковий	t_3	t_3	t_3	t_3	t_3
Тест	t_4	t_4	t_4	t_4	t_4

Для спрощення запису функцій F використовується таблиця істинності по одиницях. Тому загальне число предикатних функцій, що описують індивідуальний план взаємодії, буде істотно меншим (рівним 8 для ДН і ЗН) порівняно з можливим.

З огляду на це можна записати плани взаємодії для денної й заочної форм навчання у вигляді таблиці істинності значень предикатних функцій (табл. 4.2). Для спрощення записів можна використовувати в таблицях тільки назви предикатів планів.

Таблиця 4.2

Таблиця істинності значень предикатних функцій

BZ	BN	BЦ	BM	BR	BT	F
1	1	1	0	0	1	1
1	0	1	1	0	1	1
1	0	1	0	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	1
0	0	1	0	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1

Якщо записати відповідні формули, то буде одержано формалізований опис знань про процес автоматичного формування індивідуального плану взаємодії для форм ДН і ЗН у вигляді таких логічних аксіом:

A20.

$$\forall j \forall s \left(\begin{array}{l} BZ_1(s, j) \wedge BN_1(s, j) \wedge BЦ_1(s, j) \wedge \overline{BM}_1(s, j) \wedge \overline{BR}_1(s, j) \wedge BT_1(r, j) \vee \\ \vee BZ_1(s, j) \wedge \overline{BN}_1(s, j) \wedge BЦ_1(s, j) \wedge BM_1(s, j) \wedge \overline{BR}_1(s, j) \wedge BT_1(r, j) \vee \\ \vee BZ_1(s, j) \wedge \overline{BN}_1(s, j) \wedge BЦ_1(s, j) \wedge \overline{BM}_1(s, j) \wedge BR_1(s, j) \wedge BT_1(r, j) \vee \\ \vee BZ_1(s, j) \wedge \overline{BN}_1(s, j) \wedge BЦ_1(s, j) \wedge BM_1(s, j) \wedge BR_1(s, j) \wedge BT_1(r, j) \end{array} \right) \rightarrow B_1(s, j),$$

де $B_1(s, j)$ – предикат, що відповідає формуванню програми взаємодії для планів навчання форми ДН.

A21.

$$\forall j \forall r \left(\begin{array}{l} BZ_2(r, j) \wedge BN_2(r, j) \wedge BЦ_2(r, j) \wedge \overline{BM}_2(r, j) \wedge \overline{BR}_2(r, j) \wedge BT_2(r, j) \vee \\ \vee BZ_2(r, j) \wedge \overline{BN}_2(r, j) \wedge BЦ_2(r, j) \wedge BM_2(r, j) \wedge \overline{BR}_2(r, j) \wedge BT_2(r, j) \vee \\ \vee BZ_2(r, j) \wedge \overline{BN}_2(r, j) \wedge BЦ_2(r, j) \wedge \overline{BM}_2(r, j) \wedge BR_2(r, j) \wedge BT_2(r, j) \vee \\ \vee BZ_2(r, j) \wedge \overline{BN}_2(r, j) \wedge BЦ_2(r, j) \wedge BM_2(r, j) \wedge BR_2(r, j) \wedge BT_2(r, j) \end{array} \right) \rightarrow B_2(r, j),$$

де $B_2(r, j)$ – предикат, що відповідає вибору плану навчання для форми ЗН.

Тоді:

$$A22. \forall j \forall s \forall r [(B_1(s, j) \vee B_2(r, j))] \rightarrow B(s, r, j),$$

де $B(s, r, j)$ – предикат, що відповідає формуванню плану навчання для j-го того, кого навчають.

Аналіз змісту алогічних аксіом A1 – A22 дозволяє визначити структуру гібридної моделі знань про процеси формування індивідуальних планів взаємодії для тих, кого навчають, форм ДН і ЗН у комп'ютерній навчальній системі.

Розділ 5. Метод визначення показників якості навчання

Виявлення, контроль, оцінка й облік рівня набуття компетентностей у процесі навчання – важлива проблема теорії та практики системи навчання [1; 21; 35; 42; 46]. Без системної перевірки та самоперевірки рівня набуття необхідних компетентностей неможливе якісне вирішення цієї проблеми. Тому контроль набуття необхідного професійного рівня у тих, хто навчаються, завжди був, є і буде важливою складовою частиною системи навчання. Виходячи з логіки процесу навчання, він, з одного боку, є завершальною компонентою досягнення необхідного професійного рівня того, хто навчається, а з іншого – своєрідною ланкою зворотного зв'язку в системі навчання.

Контроль – це виявлення, встановлення та оцінювання рівня набуття компетентностей тими, хто навчаються, тобто визначення обсягу, рівня та якості засвоєння інформації, прогалин у набутих компетентностях тих, хто навчаються, з метою внесення необхідних коректив у процес навчання, для вдосконалення його змісту, методів, засобів та форм організації [25].

Слід зазначити, що складовою частиною процесу контролю виступає перевірка, завданням якої є виявлення рівня набуття компетентностей та порівняння їх із нормативними вимогами. У цьому випадку контроль виконується виключно з метою оцінювання певного рівня набуття компетентностей особою, яка навчається. Заключним актом у процесі контролю в такому разі є виставлення певної оцінки (бала).

На даний час питанням застосування різноманітних систем оцінювання рівня набуття знань та відповідних шкал для вимірювання рівня набуття компетентностей приділяється значна увага [24].

Аналіз існуючих систем оцінювання показав неможливість використання результатів прямих вимірювань для оцінювання рівня набуття компетентностей у процесі моделювання системи навчання [57]. Таким чином, виникає необхідність вирішення проблеми зіставлення різних шкал вимірювань заходів контролю та приведення до комплексного результуючого показника рівня набуття компетентностей.

Особа, яка навчається, повинна оволодіти низкою компетентностей, що відповідають її професійному призначенню. Таким чином, у системі оцінювання якості навчання оцінюванню підлягає сукупність

компетентностей, системно пов'язана структурою, семантикою та прагматикою майбутньої професійної діяльності за фахом навчання й використання підготовленого спеціаліста за призначенням.

З метою побудови моделі навчання, яка дозволяє прогнозувати результати підготовки фахівця, необхідно задати математичний опис показників та критеріїв контролю, що застосовуються. Тому в першу чергу розглядається порядок формалізації діючого порядку оцінювання рівня підготовки.

Виходячи з аналізу установчих документів, існує множина допустимих оцінок. Дана множина має різні шкали вимірювань. Крім того, інструментальні заходи оцінювання рівня компетентностей, тобто тести, тестові завдання та ін., мають практично нескінченний діапазон шкал вимірювань [56]. Тому актуальною проблемою сьогодення є вирішення завдання зіставлення різних шкал вимірювань заходів контролю та приведення до комплексного результуючого показника рівня компетентностей.

Різноманітні види вимірювань у теоретичному плані формалізують за допомогою понять числового подання і шкали. Числове подання – це функція, що гомоморфно відображає емпіричну систему в числову систему з відношеннями. Шкала – це множина чисел, відношення між якими відображають відношення між об'єктами емпіричної системи [56]. Зокрема, шкалою можна назвати результати вимірювання, отримані за допомогою певної системи запитань чи завдань, що ставляться для контролю, а також сам інструмент вимірювання, тобто систему запитань, тест, комплекс завдань чи нормативів. Шкали поділяють за типом відповідно до відношень, які вони відображають, та, що еквівалентно з тими припустимими (математичними) перетвореннями, які залишають інваріантними відповідні відношення.

Аналіз літератури у сфері класифікації основних шкал вимірювань показав, що найбільш використовуваними є чотири типи вимірювальних шкал: номінальні (шкали найменувань), шкали порядку, шкали інтервалів і шкали відношень.

При оцінюванні рівня набуття знань у системах навчання найбільш часто традиційно використовується чотирибальна шкала. Цю шкалу можна назвати змістовною шкалою порядку, якщо співвіднести її з визначеним рівнем засвоєння:

I рівень: розпізнавання, розрізнення, класифікація об'єктів.

II рівень: репродуктивний, тобто рівень засвоєння, коли той, кого навчають, здатний відтворювати, обговорювати, аналізувати, застосовувати інформацію для вирішення типових завдань.

III рівень: продуктивний, тобто відтворення і застосування засвоєної інформації для вирішення виникаючих (нетипових) завдань.

IV рівень: застосування засвоєної інформації для вирішення практичних завдань, що знаходяться за межами того класу явищ, на якому йшло формування знань.

Основне обмеження при операціях із порядковими шкалами – неприпустимість арифметичних дій із ранговими оцінками.

При перевірці й оцінюванні якості набуття певних компетентностей необхідно виявляти, як вирішуються основні завдання навчання, тобто якою мірою особи, що навчаються, оволодівають компетентностями, а також наскільки вони глибоко оволодівають способами творчої діяльності. Все це обумовлює необхідність застосування всієї сукупності методів оцінювання отриманих знань, навичок та вмінь, а також ступеня отриманого досвіду.

Для перевірки компетентностей тих, хто навчається, зазвичай використовуються виконання тестових завдань та практичних нормативних вправ. Результати виконання цих завдань вимірюються за допомогою величин шкали інтервалів або шкали відношень.

Вочевидь, що шкали оцінок, тестових завдань, практичних нормативів та показника якості підготовки мають різний рівень подрібненості [52].

Зазвичай перехід від більш подрібненої шкали до менш подрібненої не викликає труднощів. Зворотне перетворення потребує зіставлення усіх шкал в одну систему та певної апроксимації залежності. Вочевидь, ця градуйована залежність буде носити нелінійний характер завдяки нерівномірності шкали відношень відносно шкал порядку та інтервалів.

Виходячи з того, що при моделюванні системи навчання використовується єдиний показник якості підготовки, який є неперервною величиною в інтервалі від 0 до 1 ($R \in [0,1]$), тобто є величиною шкали відношень, точка "0" відповідає абсолютно неприйнятному значенню рівня підготовленості фахівця та повній відсутності професійних компетентностей у тих, хто навчається, а точка "1" – абсолютно прийнятному значенню рівня підготовки та наявності професійних компетентностей у необхідній мірі.

Виходячи з міркувань достатньої точності вимірювань, його можна розглядати як дискретну 100-бальну шкалу з кроком 0,01.

Таким чином, можна говорити про доцільність визначення відповідності шкали чотирибальних оцінок, шкал значень нормативів і тестових завдань та шкали показника якості підготовленості фахівця.

Говорячи про це визначення відповідності, слід мати на увазі такі положення:

оцінка рівня компетентності розглядається як процес визначення кількісних і якісних показників теоретичної та практичної підготовки за існуючими оцінними вимогами;

оцінка рівня підготовки визначається ступенем виконання навчальних задач, визначених навчальними курсами дисциплін;

аналог оцінки точно задає деяку точку на всьому континуумі діапазону знань (від нуля до максимуму), яка ділить цей континуум у певному співвідношенні;

у будь-якій шкалі повинні існувати три характерні області:

- 1) область незадовільних оцінок;
- 2) область "перехідних" оцінок;
- 3) область відмінних оцінок.

Проведений аналіз різних систем оцінювання та відповідних критеріїв оцінювання у світі дозволив визначити характерні області різних шкал відносно рівнів підготовки (табл. 5.1). Слід зазначити відмінність поняття "оцінка" (як якісне позначення рівня підготовки) та поняття "бал" (як кількісна міра шкали оцінювання).

Таблиця 5.1

Відповідність систем та критеріїв оцінювання

Область оцінок	Рівень підготовки	Чотирибальна шкала	Двобальна шкала	Стобальна шкала
Область відмінних оцінок	Застосування	5 – відмінно	задовільно	0,91 – 1,00
Область "перехідних" оцінок	Продуктивний	4 – добре		0,76 – 0,90
	Репродуктивний	3 – задовільно		0,60 – 0,75
Область незадовільних оцінок	Розпізнавання	2 – незадовільно	незадовільно	0,01 – 0,59

Проведений аналіз тестових завдань та необхідних значень набуття рівнів компетентностей тих, хто навчаються, за різними спеціальностями дозволяє зробити такі висновки:

усереднене значення нижнього порогу області відмінних оцінок знаходиться на рівні 0,9;

область "перехідних" оцінок знаходиться в діапазоні 0,6 – 0,9 та має бути поділена навпіл для інтерпретації оцінок "добре" та "задовільно" чотирибальної шкали;

усереднене значення верхнього порогу області незадовільних оцінок лежить на рівні 0,6 (у багатьох системах оцінювання цей рівень приймається різним – 0,3; 0,4; 0,5, але саме високі вимоги до професійних знань та вмінь сучасних фахівців-економістів, у руках яких знаходиться майбутнє економіки країни, вимагають говорити про необхідність постійного сталого підвищення рівня вимог до них).

Виходячи з даних табл. 5.1, доцільно визначити кусково-лінійну апроксимацію залежності переходу між шкалами. Приклад цієї залежності зображено на рис. 5.1.

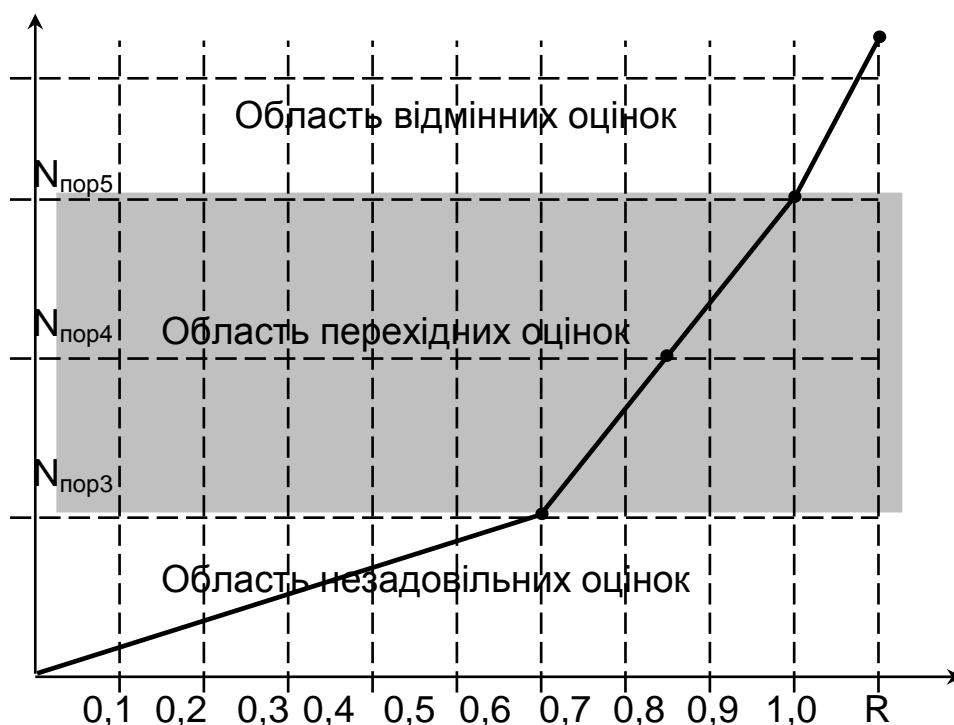


Рис. 5.1. Кусково-лінійна апроксимація залежності переходу між шкалами оцінювання

Значення граничних точок областей оцінок може варіюватися залежно від ситуативних критеріїв оцінювання [63].

Таким чином, сукупне зіставлення усіх шкал (шкал порядку традиційних оцінок та шкал інтервалів засобів вимірювання компетентностей) дозволяє перейти до шкали відношень показника якості підготовки R. Цей показник не може бути використаний як єдина універсальна система оцінювання. Але застосування принципу "єдності в розмаїтті" у запропонованому методі співвідношення шкал дозволяє прийняти правила "конвертації", що дозволяють переводити отримані результати з будь-якої шкали оцінок у придатну для вирішення багатьох задач моделювання процесу навчання форму.

У будь-якому разі вимірювання рівня компетентностей здійснюється шляхом застосування певного інструментарію (виконання тестового завдання, вправи чи нормативу). Шкали всіх цих вимірювальних засобів мають області оцінок, що відповідають певному якісному рівню підготовки (див. табл. 5.1). Діапазони цих областей та міра їх взаємного співвідношення залежать від вимогливості застосованих критеріїв оцінювання.

Саме прийняття до уваги не бального еквіваленту системи оцінювання, а зіставлення результатів вимірювання якості компетентностей з областями оцінок та областями якісних рівнів підготовки дозволяє уникнути залежності від використання тієї чи іншої системи оцінювання. Також, слід зазначити, що цей підхід є інваріантним до політики оцінювання. Тобто зменшення або підвищення вимогливості до оцінки виконання тестових завдань чи нормативів буде автоматично відобразитися на показнику рівня підготовки.

Таким чином, розмаїття шкал інструментальних вимірювань може бути приведено до загальної нормованої шкали показників рівня компетентностей.

Ступінь готовності до виконання деякої цілі навчання визначається результатами множини вимірювальних заходів, тому загальний показник рівня підготовки фахівця обчислюється як сума рівнів підготовки за окремими заходами, узятих із ваговими коефіцієнтами [56].

Необхідно ввести позначення:

1. Заходи контролю набуття компетентностей:

$T = \{T_i\}, i = \overline{1, n}$ – множина тестових завдань;

$K_T = \{k_{Ti}\}, i = \overline{1, n}, \sum_{i=1}^n k_{Ti} = 1$ – множина відповідних вагових

коефіцієнтів важливості тестових завдань;

$T_{пр} = \{T_j\}, j = \overline{1, n_{пр}}, T_{пр} \subseteq T$ – множина тестових завдань, за якими проведено контроль;

$V = \{V_j\}, i = \overline{1, m}$ – множина контрольних вправ (задач);

$K_V = \{k_{Vi}\}, i = \overline{1, m}, \sum_{i=1}^m k_{Vi} = 1$ – множина відповідних вагових коефіцієнтів важливості контрольних вправ (задач);

$V_{пр} = \{V_j\}, j \in \overline{1, m_{пр}}, V_{пр} \subseteq V$ – множина контрольних вправ (задач), за якими проведено контроль;

$N = \{N_i\}, i = \overline{1, p}$ – множина нормативів;

$K_N = \{k_{Ni}\}, i = \overline{1, p}, \sum_{i=1}^p k_{Ni} = 1$ – множина відповідних вагових коефіцієнтів важливості нормативів;

$N_{пр} = \{N_j\}, j \in \overline{1, p_{пр}}, N_{пр} \subseteq N$ – множина нормативів, за якими проведено контроль.

2. Результати вимірювань j -го засобу вимірювання:

$T' = \{T'_j\}, j = \overline{1, n_{пр}}$ – множина результатів виконання тестових завдань;

$V' = \{V'_j\}, j = \overline{1, m_{пр}}$ – множина результатів виконання контрольних вправ (рішення задач);

$N' = \{N'_j\}, j = \overline{1, p_{пр}}$ – множина результатів виконання нормативів.

3. Критеріальні вимоги системи оцінювання засобів вимірювання:

$T'_{відм} = \{T'_{iвідм}\}, V'_{відм} = \{V'_{iвідм}\}, N'_{відм} = \{N'_{iвідм}\}$ – множини значень нижніх меж областей відмінних результатів відповідних заходів контролю;

$T'_{пер} = \{T'_{iпер}\}, V'_{пер} = \{V'_{iпер}\}, N'_{пер} = \{N'_{iпер}\}$ – множини значень нижньої межі області перехідних результатів відповідних заходів контролю.

R_z, V_u, N_n – рівні набуття компетентностей, тобто показники якості підготовки.

Порядок визначення показників якості навчання здійснюється за алгоритмом, структурна схема якого наведена на рис. 5.2.

Виконувана послідовність дій запропонованого алгоритму:

1 етап. Введення ідентифікаторів заходів контролю рівня набуття компетентностей.

2 етап. Оскільки в процесі перевірки не проводиться вся множина контрольних заходів, на цьому етапі проводиться перерахунок вагових коефіцієнтів важливості.

Метою цього перерахунку є пропорційне збільшення цих коефіцієнтів для виконання таких умов: $\sum_{i=1}^n k_{T_i} = 1$; $\sum_{i=1}^m k_{V_i} = 1$; $\sum_{i=1}^p k_{N_i} = 1$.

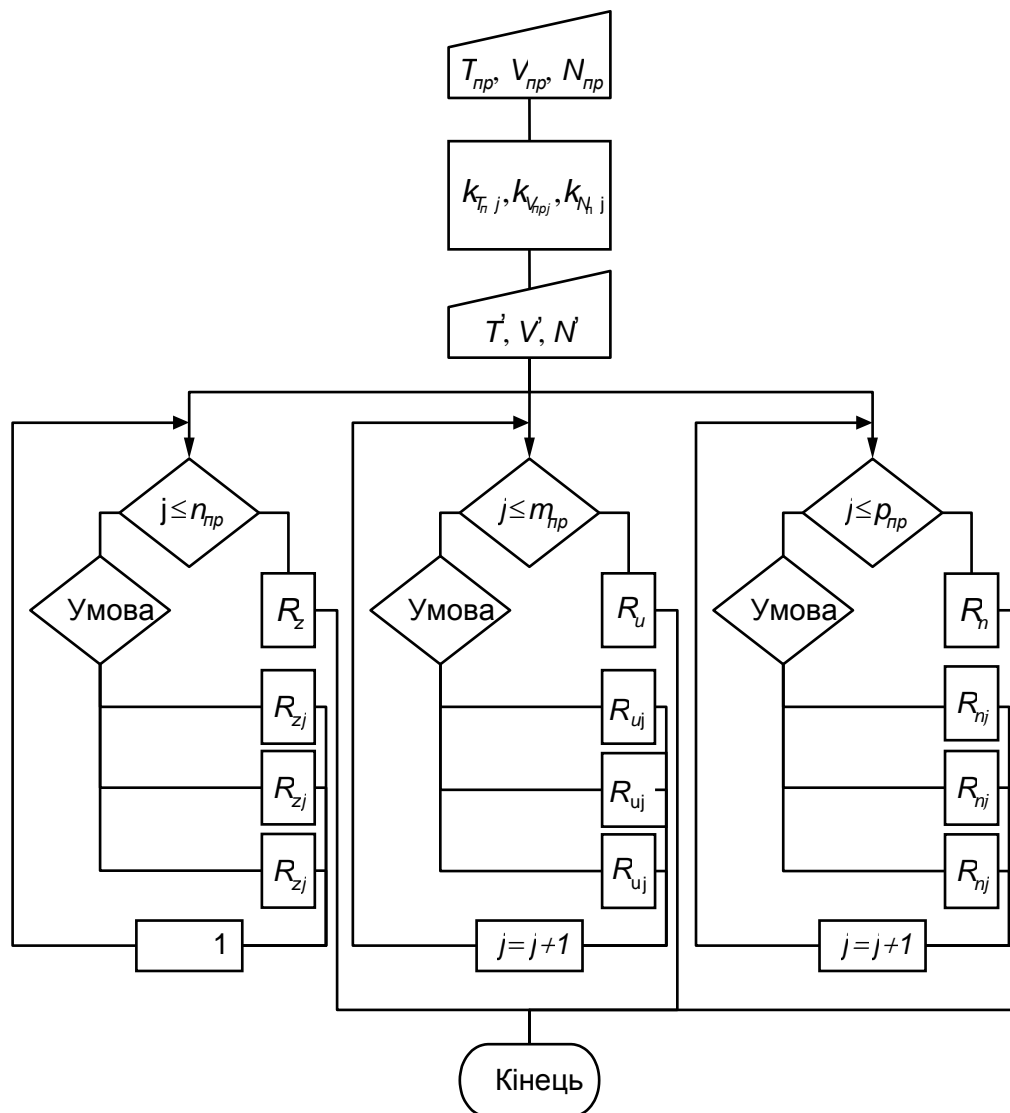


Рис. 5.2. Структурна схема алгоритму визначення показників якості навчання

Результатом цього перерахунку є такі коефіцієнти:

$$k_{T_{np}j} = k_T \cdot k_{T_i},$$

$$\text{де } k_T = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n_{\text{пр}}} k_{T i}}.$$

$$k_{V_{\text{пр} j}} = k_V \cdot k_{V i},$$

$$\text{де } k_V = \frac{1}{\sum_{i=1}^{m_{\text{пр}}} k_{V i}}.$$

$$k_{N_{\text{пр} j}} = k_N \cdot k_{N i},$$

$$\text{де } k_N = \frac{1}{\sum_{i=1}^{p_{\text{пр}}} k_{N i}}.$$

3 етап. Введення результатів вимірювання.

4 етап. На цьому етапі проводиться визначення попадання результатів вимірювання в області якісних оцінок (якісних рівнів підготовки) та розрахунок рівня набуття компетентностей на основі кусково-лінійної апроксимації залежності між шкалами оцінювання шляхом зіставлення результатів вимірювання з кількісними значеннями рівня підготовки на інтервалі.

Нехай результат вимірювання потрапляє в область відмінних оцінок, тобто:

$$T'_{i_{\text{пер}}} < T'_j < T'_{i_{\text{відм}}};$$

$$V'_j > V'_{i_{\text{відм}}};$$

$$N'_j > N'_{i_{\text{відм}}}.$$

Тоді значення рівнів набуття компетентностей за j -ю метою підготовки обчислюються згідно з виразами:

$$R_{zj} = \frac{0,9T'_j}{T'_{i_{\text{відм}}}};$$

$$R_{uj} = \frac{0,9V'_j}{V'_{i_{\text{відм}}}};$$

$$R_{nj} = \frac{0,9N'_j}{N'_{i\text{вiдм}}}.$$

Умова, що результат вимірювання потрапляє в область перехідних оцінок, задається виразом:

$$\begin{aligned} T'_{i\text{пер}} &< T'_j < T'_{i\text{вiдм}}; \\ V'_{i\text{пер}} &< V'_j < V'_{i\text{вiдм}}; \\ N'_{i\text{пер}} &< N'_j < N'_{i\text{вiдм}}. \end{aligned}$$

При цьому значення рівнів набуття компетентностей за j -ю метою навчання обчислюються згідно з виразами:

$$\begin{aligned} R_{zj} &= \frac{0,3(T'_j - T'_{i\text{пер}})}{T'_{i\text{вiдм}} - T'_{i\text{пер}}} + 0,6; \\ R_{uj} &= \frac{0,3(V'_j - V'_{i\text{пер}})}{V'_{i\text{вiдм}} - V'_{i\text{пер}}} + 0,6; \\ R_{nj} &= \frac{0,3(N'_j - N'_{i\text{пер}})}{N'_{i\text{вiдм}} - N'_{i\text{пер}}} + 0,6. \end{aligned}$$

Для випадку, коли результат вимірювання потрапляє в область незадовільних оцінок, тобто:

$$\begin{aligned} T'_j &< T'_{i\text{пер}}; \\ V'_j &< V'_{i\text{пер}}; \\ N'_j &< N'_{i\text{пер}}. \end{aligned}$$

Тоді значення рівнів набуття компетентностей за j -ю метою навчання обчислюються за виразами:

$$\begin{aligned} R_{zj} &= \frac{0,6T'_j}{T'_{i\text{пер}}}; \\ R_{uj} &= \frac{0,6V'_j}{V'_{i\text{пер}}}; \\ R_{nj} &= \frac{0,6N'_j}{N'_{i\text{пер}}}. \end{aligned}$$

5 етап. Розрахунок узагальненого показника рівня навчання здійснюється за допомогою перерахованих вагових коефіцієнтів важливості контрольних заходів за виразами:

$$R_z = \sum_{j=1}^{n_{\text{пр}}} (k_{T_{\text{пр } j}} \cdot R_{zj});$$
$$R_u = \sum_{j=1}^{m_{\text{пр}}} (k_{V_{\text{пр } j}} \cdot R_{uj});$$
$$R_n = \sum_{j=1}^{p_{\text{пр}}} (k_{N_{\text{пр } j}} \cdot R_{nj}).$$

Різноманітність критеріїв визначення рівня набуття компетентностей виявила проблему неможливості використання цих результатів у системному моделюванні процесу навчання, але застосування запропонованого підходу дозволило привести усю множину результатів до єдиного показника рівня набуття компетентностей. Використання цього показника в якості шкали вимірювань при моделюванні процесу навчання дозволяє здійснити прогноз рівня набуття компетентностей тих, хто навчаються, за всіма цілями навчання.

5.1. Моделі набуття та втрати необхідного рівня компетентностей

Аналіз існуючих підходів щодо організації навчального процесу показав, що процес навчання визначається детермінованим сценарієм, що заданий навчальними планами та програмами. Вимоги до рівня набуття компетентностей тими, хто навчаються, особливо за умов зниження фінансування й економії матеріальних ресурсів, ставлять питання щодо введення певного адаптивного алгоритму планування ходу навчального процесу з обліком не тільки необхідних навчальних заходів, але й наявних рівнів компетентності тих, хто навчаються, та викладацького складу. В останньому випадку можна говорити про інтелектуалізацію навчального процесу, яка передбачає адаптацію до індивідуальних особливостей тих, хто навчаються, і вибір оптимальних параметрів навчального матеріалу, послідовності надання й об'ємів навчальної інформації, кількості та типу навчальних вправ, тренажів і т. д.

Оптимізація цих параметрів повинна приводити або до мінімізації часу навчання при фіксованому рівні набуття компетентностей, або до максимізації рівня набуття компетентностей при фіксованому часі навчання.

Інтелектуалізація процесу підготовки спирається на формування моделей предметної області, а також того, хто навчаються, і процесу навчання. Дослідження у сфері моделювання процесів навчання поки ще не вийшли зі стадії експерименту.

5.1.1. Моделі процесів організації та планування системи навчання

Модель функціонування системи навчання наведена на рис. 5.3 і 5.4. У даній моделі вершина графа П – це кількість відпрацьованих питань в одиничному навчальному заході, які отримують ті, хто навчаються, для засвоєння певної одиниці навчальної інформації.

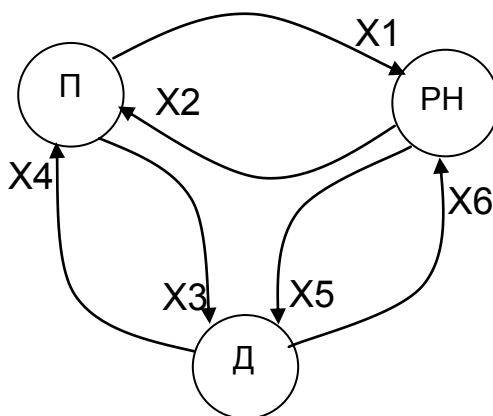


Рис. 5.3. Проста графова модель функціонування системи навчання

	П	РН	Д
П	0	X1	X3
РН	X2	0	X5
Д	X4	X6	0

Рис. 5.4. Матриця суміжності простої графової моделі функціонування системи навчання

Вершина PH – це рівень навченості (набуття відповідного рівня компетентності). Його зазвичай обчислюють згідно з виразом:

$$PH = PR / П,$$

де PR – кількість правильних рішень.

Очевидно, що $PH \in [0,1]$. Вершина $Д$ – це рівень допомоги тим, хто навчаються, що надається в ході виконання завдання. Залежно від ступеня повноти допомоги величину $Д$ зручно представляти в інтервалі $[0,1]$. Тут 0 – це відсутність допомоги; 1 – повне рішення задачі з розбором та обґрунтуванням.

Ребра даного графа, окрім орієнтації, характеризуються числовими параметрами дуг x_k ($k=1,2,\dots,6$). Надалі слід говорити про вектор параметрів орграфу (для даного прикладу $X = (x_1, x_2, \dots, x_6)$).

Суть параметрів x_k можна пояснити на прикладі так званого знакового орієнтованого графа (рис. 5.5 і 5.6).

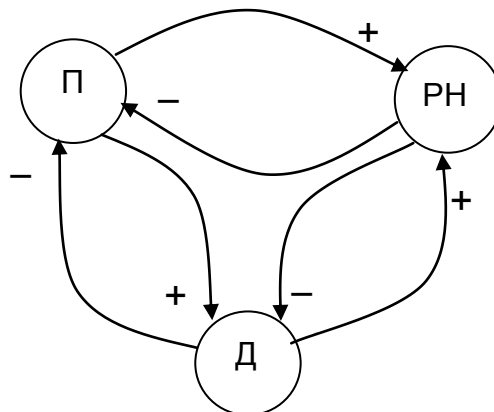


Рис. 5.5. Приклад знакового орграфу

	П	PH	Д
П	0	+1	+1
PH	-1	0	-1
Д	-1	+1	0

Рис. 5.6. Приклад матриці суміжності знакового орграфу

Дуга, що зв'язує вершину $П$ з вершиною PH , має знак "+". Це означає, що збільшення кількості навчальних завдань призводить до збільшення рівня навченості, а зменшення $П$ – до зменшення PH . Дуга,

що зв'язує РН з П, має знак "-". Це означає, що збільшення РН призводить до зменшення П, а зменшення РН – до збільшення П. Знаковий граф є окремим випадком зваженого орієнтованого графа, коли параметри x_k цілочисельні й приймають значення +1 або -1, що відображається в матриці суміжності.

Таким чином, на початковому етапі побудови моделі експерт або група експертів можуть встановити (на якісному рівні) зв'язки між різними характеристиками досліджуваного процесу.

Більш складна модель функціонування системи навчання наведена на рис. 5.7. До даної моделі включені такі додаткові чинники (вершини), як: обсяг навчального матеріалу (ОМ), складність матеріалу (СМ), рівень здобуття обсягу потрібних компетентностей (РЗОПК). У даній моделі вони впливають на вершини П, РН і Д.

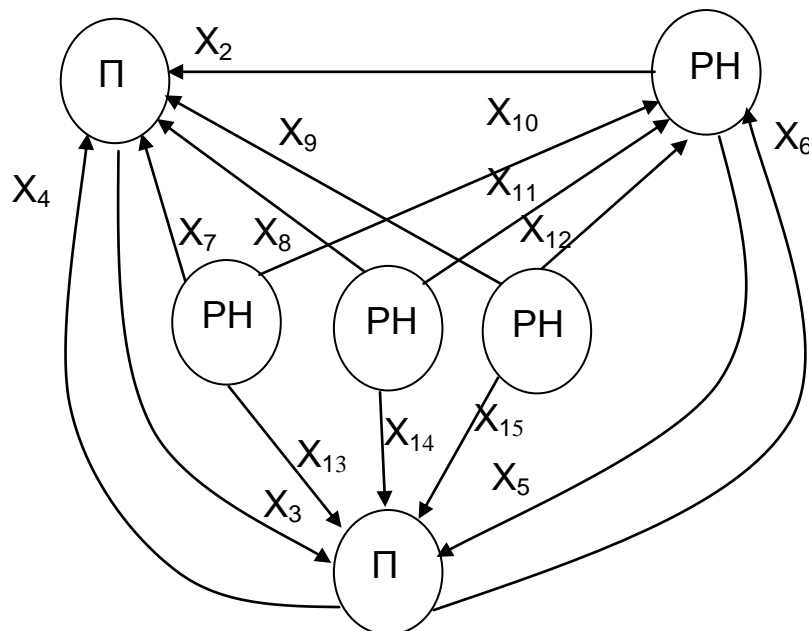


Рис. 5.7. Приклад більш складної моделі функціонування системи навчання

Взаємного впливу однієї на одну вершини ОМ, СМ, РЗОПК не здійснюють. Проведення аналізу дозволяє передбачити такі знаки для ребер x_7, x_8, \dots, x_{15} :

$$x_7^+, x_8^+, x_9^-, x_{10}^-, x_{11}^-, x_{12}^+, x_{13}^+, x_{14}^+, x_{15}^-.$$

Для глибшого аналізу моделей функціонування системи навчання у вигляді зважених орграфів необхідно побудувати алгоритм впливу змін значення однієї вершини на величини інших вершин.

В основу цього алгоритму покладено ідею імпульсного процесу, запропоновану в роботі [22]. Суть її полягає в тому, що до деякої вершини аналізованого графа вноситься зовнішнє збурення (збільшується або зменшується її величина).

Можна припустити, що у вершину П (див. рис. 5.4 – 5.7) додається деяка кількість завдань, визначених у ході виявлення значного рівня підготовленості того, хто навчається. Далі розглядається розповсюдження цього початкового імпульсу і визначаються значення вершин РН і П.

Слід розглянути оргграф, вершини якого представлені сукупністю u_1, u_2, \dots, u_n . Можна припустити, що кожна вершина u_i у ході імпульсного процесу приймає значення $v_i(t)$ у дискретні моменти часу $t = 0, 1, 2, \dots$.

Можна вважати, що значення $v_i(t+1)$ визначається значенням $v_i(t)$ і інформацією про те, збільшили або зменшили свої значення інші вершини u_j , суміжні з u_i , у момент часу t .

Для визначення значень вершин застосовується такий загальний вираз:

$$v_i(t+1) = v_i(t) + x(u_j, u_i) p_j(t),$$

де $x(u_j, u_i)$ – вага дуги з вершини u_j у вершину u_i , $x(u_j, u_i) = 0$, якщо дуга (u_j, u_i) відсутня;

$p_j(t)$ – зміна у вершині u_j у момент часу t .

Підсумовування здійснюється по j (від 1 до n).

Відповідно до цієї формули, якщо є дуга з u_j в u_i з вагою x і значення вершини u_j зростає у момент часу t на якесь число z , то значення вершини u_i у момент часу $t+1$ зростає на величину zx .

Слід розрізнити поняття початкового $v_i(\text{вих})$ і початкового $v_i(0)$ значень у кожній вершині u_i . При цьому $v_i(0) = v_i(\text{вих}) + p_i(0)$, де $p_i(0)$ – початковий імпульс (зміна у момент часу $t = 0$) вершини u_i .

Необхідно ввести такі векторні позначення:

$V(\text{вих}) = (v_1(\text{вих}), v_2(\text{вих}), \dots, v_n(\text{вих}))$ – вектор початкових значень вершин;

$P(0) = (p_1(0), p_2(0), \dots, p_n(0))$ – вектор початкових імпульсів;

$V(t) = (v_1(t), v_2(t), \dots, v_n(t))$ – вектор значень вершин у момент часу t .

З урахуванням цих позначень алгоритм розвитку імпульсного процесу можна представити такою матричною формулою:

$$V(t) = V(\text{вих}) + (I + A + A^2 + \dots + A^t)^{T(0)}, \quad (5.1)$$

де I – одинична матриця розміром $n \times n$;

A – матриця суміжності оргграфа розміром $n \times n$;

T – транспонування;

t – ступінь.

Наведений алгоритм достатньо добре працює при відомих значеннях імпульсних збурень. Визначення та чітка формалізація даних значень можуть бути отримані в ході детального аналізу таких характеристик суб'єктів навчання, як швидкість набуття і втрати необхідного рівня компетентностей. З метою набуття вказаних значень імпульсних збурень слід розглянути ряд моделей, результуючими значеннями яких є потрібні рівні компетентностей.

Розрізняються два аспекти навчання:

Перший аспект – результативний – при навчанні система повинна досягти необхідного результату – якості виконання дій з прийнятними витратами часу, матеріальних засобів і т. д.

Другий аспект – процесуальний: адаптація, пристосування тих, хто навчаються, до деякого виду дій у процесі виконання навчальних дій, тренування у виконанні функціональних обов'язків і т. д.

Відповідно, виділяються результативні характеристики ітеративного навчання і характеристики адаптації. Оскільки для систем, що підлягають розгляду, пріоритетним є вміння тих, хто навчаються, в потрібному обсязі та з необхідною якістю виконати функціональні обов'язки за посадою призначення, то далі в розділі підлягатимуть розгляду саме результативні характеристики навчання (характеристики адаптації часто мають зовсім іншу динаміку).

У разі безперервного навчання (саме до такого виду навчання найбільш доцільно віднести організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах) можна вважати, що на його результативні характеристики впливають дві вихідні змінні – інформація про значення вихідної змінної (рівень наявних компетентностей на вході в систему) і параметри навколишнього середовища – зовнішні умови (рівень методичної майстерності викладачів, готовність до сприйняття матеріалу тими, хто навчаються, та ін.).

Якби на якомусь кроці змінилися обидва значення вихідних змінних, то результати навчання на цьому кроці і на попередньому були б просто незрівнянними – не можна було б сказати, чому реалізувалося саме таке значення вихідної змінної: тому, що особи, які навчаються, досягли такого рівня компетентностей, що вимагається, чи тому, що змінилися умови зовнішнього середовища. Тому постійність зовнішніх умов є суттєвою характеристикою, що впливає на організацію навчального процесу.

Для порівнянності результатів навчання в різні моменти часу (використання кількісного опису), необхідно зафіксувати зовнішні умови та мету навчання.

В якості основної результативної характеристики приймається критерій рівня навчання. При навчанні в системі навчання як критерій РН можуть виступати такі характеристики:

часові (час виконання дії, операції, час реакції, час, що витрачається на виправлення помилки, та ін.);

швидкісні (продуктивність, швидкість реакції, рухи та інші – величини, зворотні часу);

точкові (величина помилки у фізичних величинах (міліметрах, кутах і т. д.), кількість помилок, вірогідність помилки, вірогідність точної реакції, дії та ін.);

інформаційні (об'єм матеріалу, який запам'ятовується, інформації, що переробляється, об'єм сприйняття та ін.).

Оскільки навчальна система визначається моделлю безперервного навчання, то предмет підготовки слід визначити як результативну характеристику навчання з розузгодженням.

Дане припущення ґрунтується на тому факті, що в усіх перерахованих застосуваннях використовується або функція помилки розузгоджування, або характеристика навченості, яка може бути зведена до деякої функції помилки. Наприклад, час виконання дії може інтерпретуватися як розузгоджування, якщо під останнім розуміти різницю між поточним значенням часу виконання дії і мінімально можливим.

Як наголошувалося вище, процес організації навчання, як правило, характеризується сповільнено-асимптотичними кривими навчання (КН), експоненціальними кривими, що апроксимуються. У загальному вигляді експоненціальна крива описується такою залежністю:

$$x(t) = x^{\infty} + (x^0 - x^{\infty})e^{-\gamma t}. \quad (5.2)$$

Для ітераційного випадку має місце також така інтерпретація виразу:

$$x_n = x^{\infty} + (x^0 - x^{\infty})e^{-\gamma n}, \quad n = 0, 1, 2, \dots, m, \quad (5.3)$$

де t – час навчання;

n – число ітерацій (проб, повторень) з моменту початку навчання (передбачається, що навчання починається в нульовий момент часу);

$x(t), (xn)$ – значення розузгоджування у момент часу t (на n -ї ітерації);
 x^0 – початкове значення розузгоджування (відповідає моменту початку навчання);

x^∞ – "кінцеве" значення розузгоджування (величина, до якої к-асимптотика прагне (як правило, у біологічних системах ця величина розглядається як фізіологічна межа навчання));

γ – деяка від'ємна константа, що визначає швидкість зміни k і називається швидкістю навчання (γ має розмірність, зворотну часу або числу ітерацій).

Ескізи графіків кривих (5.3) наведені на рис. 5.8а,б.

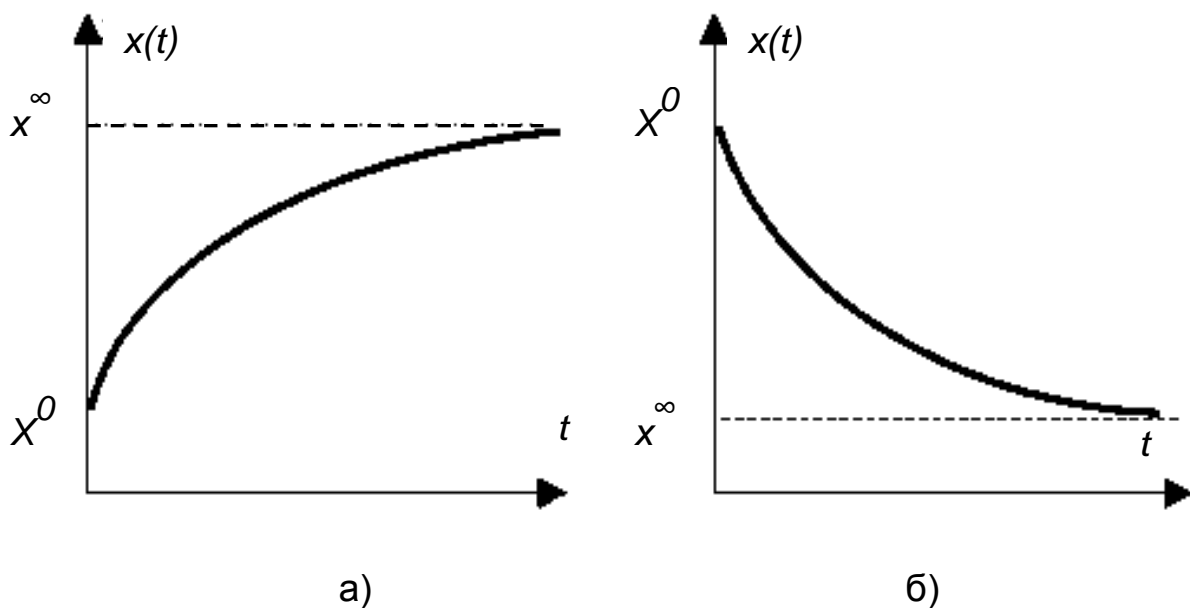


Рис. 5.8. Зростаюча КН ($x^\infty > x^0$) і спадаюча КН ($x^\infty < x^0$)

Залежно від співвідношення початкового і кінцевого значень розузгодження вираз (5.3) описує як зростаючі, так і спадаючі КН, тобто при $x^\infty > x^0$ крива буде такою, що зростає, а при $x^\infty < x^0$ – що спадає.

Кількісні характеристики навчання (x^0, x^∞, γ) залежать від множини чинників: зовнішнього оточення, методики навчання та ін.

Оскільки зазвичай найбільшу цікавість становить якісний вигляд КН, то в більшості випадків для простоти будуть використовуватись такі більш часткові залежності:

$$x(t) = e^{-\gamma t}, \quad (5.4)$$

$$x(t) = 1 - e^{-\gamma t}. \quad (5.5)$$

Якщо мова йде про величину помилки, то відповідно до (5.4), помилка монотонно спадає. Якщо ж x інтерпретується, наприклад, як рівень навченості (РН), то він, відповідно до (5.5), монотонно зростає.

Слід також зазначити, що вирази (5.4) і (5.5) можуть бути отримані із загальної залежності (5.3) за допомогою такого лінійного перетворення:

$$x(4.5) = \frac{x^0 - x(4.3)}{x^0 - x^\infty} ;$$

$$x(4.4) = \frac{x(4.3) - x^\infty}{x^0 - x^\infty} .$$

Тому, кажучи про КН, необхідно мати на увазі сімейство кривих, еквівалентних з точністю до лінійного перетворення.

Характеристикою сімейства (величиною, однаковою для всіх КН з даного класу еквівалентності) в цьому випадку буде швидкість навчання. Ескізи графіків залежностей процесу ітеративного навчання наведені на рис. 5.9а, б відповідно.

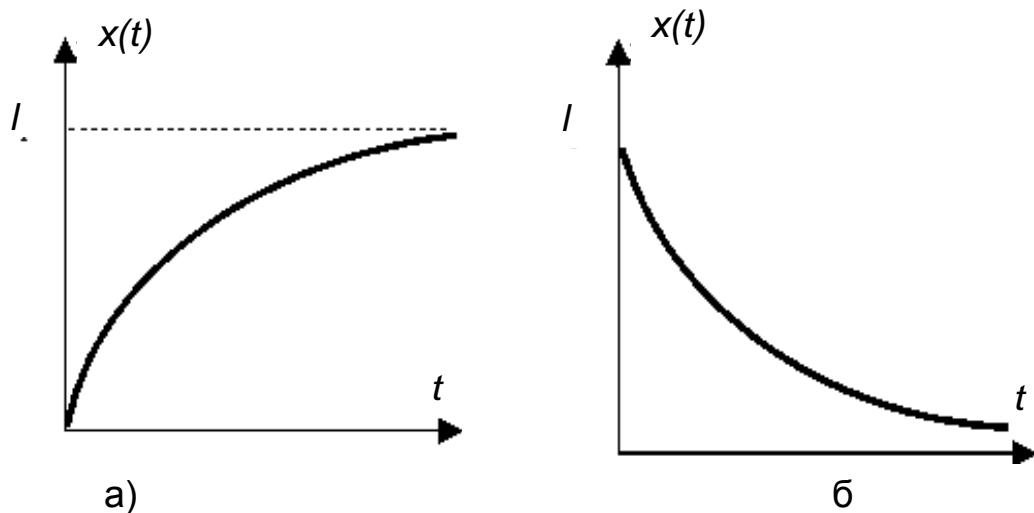


Рис. 5.9. Нормовані криві ітеративного навчання

Апроксимація кривих втрати знань, запропонована Г. Еббінгаузом, також ґрунтувалася на експоненційній функції, правда, вона достатньо сильно відрізняється від (5.3). Пояснення цієї відмінності досить просте – у людини існує "короткотривала" і "довготривала" пам'ять, які характеризуються різними значеннями таких величин, як час запам'ятовування і час зберігання інформації. Використання припущення про наявність

аналогії між процесом навчання і мономолекулярною хімічною реакцією приводить до експоненціальної залежності такого виду:

$$x(t) = \alpha + \beta e^{-\gamma t},$$

де α, β – деякі константи.

За аналогією з мономолекулярною автокатолітичною реакцією або з використанням аналогій із розглянутим законом отримано:

$$x(t) = \alpha e^{\gamma t} / (\beta + e^{\gamma t}).$$

На підставі узагальнення експериментального матеріалу К. Лешлі запропоновано апроксимувати накопичену помилку (тобто сумарну помилку, починаючи з нульового моменту часу або першої ітерації) такою формулою:

$$x(n) = \alpha n / (b + n), \quad (5.6)$$

де n – число вправ;

α, β – деякі невід'ємні константи.

Дане припущення співпадає з теорією Х. Гулліксена, де емпіричне рівняння КН для накопичених помилок при граничному переході (достатньо малій швидкості навчання і силі підкріплення) переходять в еквівалент виразу (5.3), тобто КН апроксимується експонентою. Усереднена КН, отримана Р. Аtkінсоном, відповідно до теорії відбору стимулів також близька до показової функції. Це підтверджують зроблені припущення.

Оскільки безперервне навчання є одним із окремих випадків навчання, то, крім експоненціальних кривих, відповідних інтерактивному навчанню, можуть бути використані КН інших типів, зокрема, логістичні.

Логістичні КН апроксимуються залежністю

$$x(t) = x^0 x^\infty / (x^0 + (x^\infty - x^0) e^{-\gamma t}). \quad (5.7)$$

Висновки з аналізу виразу свідчать, що залежно від співвідношення початкового і кінцевого значень, розузгоджування можуть бути як зростаючими, так і спадаючими.

Ескіз графіка нормованої зростаючої логістичної кривої наведено на рис. 5.10.

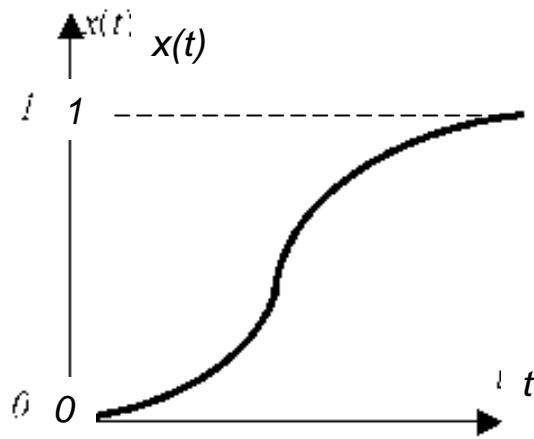


Рис. 5.10. Логістична КН

При порівняно складних видах навчання КН може мати плато, наявність якого пояснюється прихованими пошуками тими, хто навчаються, нових шляхів удосконалення способів виконання дій, підготовки до переходу на якісно новий спосіб оволодіння діяльністю, до нової стратегії.

На рис. 5.11 наведено досить поширений тип КН із проміжним плато: дві послідовні експоненти відповідають відпрацюванню двох різних стратегій дій. Декілька початкових спроб може бути витрачено на пошук найбільш доцільної тактики поведінки, що приводить до наявності початкового плато на логістичній кривій.

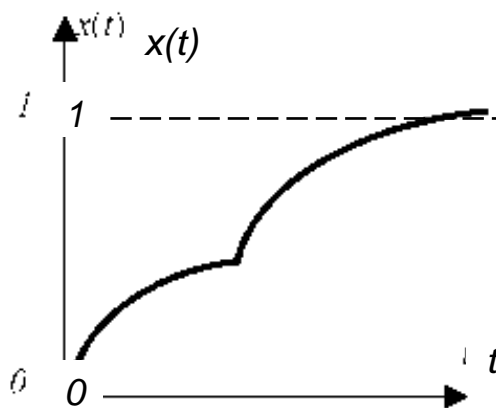


Рис. 5.11. КН із проміжним плато

У складних процесах навчання можна виділити три стадії.

Перша стадія характеризується відбором із великого числа показників найбільш "значущих" показників. Цю стадію можна розглядати як формування початкового поля подій.

Друга стадія характеризується формуванням правильної поведінки, що обумовлюється відібраною системою подій (безперервне навчання).

Третя стадія характеризується відносно стаціонарним рівнем здібностей щодо сприйняття знань.

При використанні дихотомічних шкал (коли доволіно встановлюється критичний рівень помилки, тобто, якщо в процесі виконання дії величина помилки менше критичного значення, то дія вважається виконаною правильно) або виборі в якості критерію РН зворотних для часу, точності виконання дії та обсягу інформації величин, тобто при використанні дивізорного перетворення (швидкість реакції, продуктивність праці тощо – як величин, зворотних часу, та ін.) можуть зустрічатися логістичні криві. У цьому випадку їх поява дещо неприродна і може бути усунена вибором відповідних шкали і одиниць вимірювання. Можна показати, що, будуючи зворотну експоненціальну криву або проводячи дискретизацію шкали, можна отримати логістичну КН.

КН, відповідні нерезультативним характеристикам навчання (у тому числі й ітеративному), тобто характеристики адаптації, можуть бути комбінаціями експоненціальних і логістичних кривих КН, ступенеподібними або будь-якими іншими, у тому числі й немонотонними, кривими.

Такі КН, що характеризують внутрішню структуру дій, зокрема, наприклад, при формуванні різноманітних навичок у людини, можуть спостерігатися в складних видах навчання: при послідовній глибокій перебудові структури навички, організації поетапного відпрацювання окремих компонент дій та ін. [18].

Слід розглянути КН, що відповідають тільки результативним характеристикам підготовки. Враховуючи факт, що для викладачів найбільшу цікавість становлять результуючі значення показників як індивідуальної підготовки тих, хто навчаються, так і результати виконання навчальної програми дисципліни групами та навчальними потоками, доцільним буде розкрити суть моделі процесу набуття рівня компетентностей окремою особою, яка проходить навчання з використанням системи дистанційного навчання, і на основі отриманих результатів сформуванню модель набуття рівня компетентностей у навчальному колективі при сумісному використанні аудиторної та дистанційної форм навчання.

5.2. Модель набуття компетентностей у процесі навчання за індивідуальною траєкторією

Якісні характеристики процесу навчання, у загальному випадку, залежать від усіх параметрів моделі: числа елементів, зв'язків і законів їх взаємодії. Знання виду цієї залежності є досить важливим, оскільки дослідження параметрів, що визначають швидкість навчання, істотно впливають на пошук шляхів підвищення ефективності підготовки і, у першу чергу, стійкості компетентностей, набутих у системі навчання. Знаючи залежність швидкості надання матеріалу особам, які навчаються, від параметрів моделі, можна запропонувати заходи, що приводять до відповідної зміни цих параметрів, і, отже, до необхідних змін (найчастіше до збільшення) швидкості навчання.

Аналіз існуючих підходів до розробки моделей складних процесів та систем свідчить, що значну частину моделей процесу набуття компетентностей тими, хто навчається, можна побудувати на основі розгляду процесів переробки і засвоєння інформації [61]. Найбільш прийнятним підходом при такому розгляді процесу набуття компетентностей є використання теоретико-множинного підходу. Даний підхід припускає, що можливості тих, хто навчається, щодо отримання, засвоєння і переробки інформації обмежені.

Відомо, що середній час, потрібний для чіткого з'ясування значення деякого сигналу і правильної реакції на нього, зростає пропорційно середній кількості інформації, що міститься в цьому сигналі.

Окремим випадком припущення про обмеженість можливостей людини при переробці інформації є відомий закон Хіка, що встановлює пропорційність (у певному діапазоні) між кількістю оброблюваної інформації та невизначеністю сигналу. При перевищенні останньою деякого порогового значення кількість інформації, що переробляється, залишається постійною.

Розрізняють два типи інформації – зв'язана (початкова, апіорна інформація, закладена в структурі системи) і вільна. Процес набуття компетентностей при цьому може інтерпретуватися таким чином: вхідна інформація поступово переходить у зв'язану, тобто відбувається процес нарощування обсягу зв'язаної інформації. При цьому слід розуміти, що даний процес визначає тільки лише кількісні, а не якісні зміни.

Інформація, яку отримує той, хто навчається, в процесі набуття необхідного рівня компетентностей, може використовуватися, зокрема, таким чином:

- 1) при безпосередній реакції;
- 2) при запам'ятовуванні попередніх ситуацій з метою відбору найбільш вдалих реакцій безпосереднього типу;
- 3) при запам'ятовуванні зовнішніх дій з метою їх екстраполяції та виявлення раціональної реакції на екстрапольовану зовнішню дію.

Тобто модель набуття компетентностей окремим індивідумом можна представити як послідовності етапів (рис. 5.12): отримання інформації тими, хто навчаються, запам'ятовування і зберігання інформації, практичне закріплення теоретичних знань. При цьому слід мати на увазі, що закріплення знань, тобто отримання вмінь та навичок, формується двома шляхами: на основі теоретичних фактів і на основі образів.

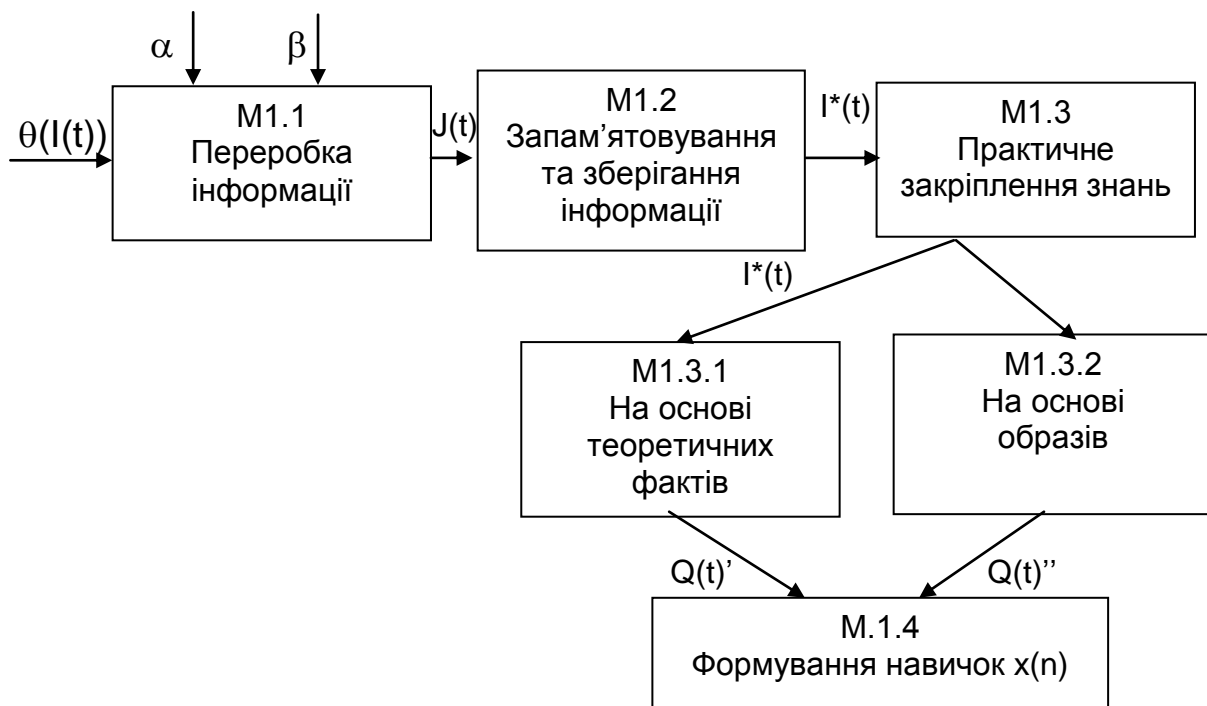


Рис. 5.12. **Модель набуття компетентностей у процесі індивідуального навчання**

Модель процесу переробки інформації тими, хто навчаються, (M1.1) може бути представлена в припущенні, що інформаційні потоки задовольняють такому рівнянню:

$$\frac{dl}{dt} = \alpha \frac{dJ}{dt} + \beta J, \quad (5.8)$$

де l – кількість інформації, що надходить;

J – кількість інформації, що засвоєна;

α і β – константи, що характеризують тих, хто навчаються, і визначають швидкість набуття компетентностей (накопичення та втрата знань, навичок та вмінь).

Рівняння (5.8) свідчить, що швидкість засвоєння інформації пропорційна швидкості надходження інформації і зменшується (також пропорційно) зі зростанням уже отриманої інформації.

Доцільно припустити, що кількість інформації, що надходить за одиницю часу, є постійною величиною, тобто:

$$l(t) = \theta(t). \quad (5.9)$$

Рішення (5.8) у рамках зробленого припущення має вигляд:

$$J(t) = \delta(1 - e^{-\gamma t}); \quad (5.10)$$

$$\delta = \frac{\theta}{\beta} \quad \gamma = \frac{\beta}{\alpha}, \quad (5.11)$$

де δ – коефіцієнт надходження інформації;

γ – коефіцієнт засвоєння інформації.

Припущення про постійність (або обмеженість) кількості інформації, що надходить або переробляється тими, хто навчаються, за одиницю часу, використовується практично в усіх теоретико-інформаційних моделях навчання, до того ж у більшості з них вони мають вигляд (5.9). У даній моделі для отримання виразу (5.10) потрібне введення достатньо конкретної гіпотези про зв'язок інформації, що надходить і засвоюється. Слід зазначити, що швидкість навчання, що визначається константами α і β , не залежить від темпу надходження інформації θ – зовнішнього параметра, а визначається тільки характеристиками самого суб'єкта навчання.

На основі наведеної моделі й припущення, що вихідним потоком моделі M1.1 є кількість засвоюваної інформації (переробленої та засвоєної), можна побудувати модель M1.2.

Модель процесу запам'ятовування та зберігання інформації в пам'яті того, хто навчається, (M1.2) побудована на припущенні, що інформаційні потоки підкорюються співвідношенню

$$\frac{dJ}{dt} = \frac{dI^*}{dt} - (J - J^\infty) / T, \quad (5.12)$$

де J – кількість засвоєної інформації;

dJ / dt – темп засвоєння інформації;

dI / dt – темп подачі інформації;

T – постійна часу (характерний час, що визначає швидкість процесу набуття необхідного рівня компетентностей) процесу переробки інформації пам'яттю людини;

J^∞ – граничне значення засвоєної інформації.

Якщо припускати, що $\frac{dI}{dt} = \theta = \text{const}$ (постійність зовнішніх умов моделі M1.1), рішення (5.12) має вигляд

$$I^*(t) = \delta(1 - e^{-\gamma t}), \quad (5.13)$$

де $\gamma = 1/T$.

Отримане значення $I^*(t)$ обсягу інформації, яку здатний засвоїти і зберігати в пам'яті той, хто навчається, дозволяє перейти до моделі процесу практичного закріплення знань. Як було вже зазначено, дана модель є двовидовою і залежить від ступеня образних об'єктів або обсягу теоретичного матеріалу, що надається особі, яка навчається.

Можна розглянути модель процесу практичного закріплення знань на основі теоретичної інформації (M1.3.1), тобто в тому випадку, коли передбачається знання тими, хто навчаються, значних обсягів теоретичних положень (наприклад, при проведенні розрахунків економічних показників визначеного бізнес-процесу) і не передбачається практичного застосування цих питань на практиці.

Кількість інформації I^* , що переробляється тими, хто навчаються, у процесі їх діяльності, відповідає зміні її ентропії: $I^* = \Delta H$. Отже, невпорядкованість діяльності того, хто навчається, W (кількість можливих станів суб'єкта навчання, логарифм якого визначає ентропію) залежить від часу таким чином:

$$W(t) = W_0 e^{-\beta t}. \quad (5.14)$$

Якщо припустити, що $I(t) = \alpha t$, де t – час навчання, α – константа, що характеризує систему навчання у ВНЗ, можна визначити якість навчальної роботи того, хто навчається, за співвідношенням:

$$Q(t) = Q_{\max} (1 - W(t)). \quad (5.15)$$

Тоді

$$Q(t) = Q_{\max} (1 - W_0 e^{-\gamma t}),$$

де $\gamma = \alpha\beta$.

Експоненціальний характер кривої набуття рівня компетентностей обумовлений вибором ентропії та інформації, як характеристик неупорядкованості, конкретними (зокрема, лінійними) залежностями характеристик діяльності особи, яка навчається, від неупорядкованості й припущенням лінійного збільшення кількості накопиченої інформації. У даній моделі швидкість закріплення знань залежить як від темпу надходження інформації в процесі навчання, так і від характерного часу зміни неупорядкованості.

Якщо передбачається закріплення теоретичних знань із практичним відпрацюванням набутих навичок, доцільно використовувати модель процесу закріплення теоретичної інформації на основі розпізнавання образів. Для правильного розпізнавання зображення необхідно й достатньо, щоб воно було хоч раз показано тому, хто навчається, у процесі навчання. При n випадкових (рівноймовірних) показах зображень вірогідність появи одного з N зразків складає

$$(1 - 1/N)^n \cong \exp(-n/N). \quad (5.16)$$

Тоді повна ефективність навчання (вірогідність правильного розпізнавання залежно від тривалості етапу набуття відповідних компетентностей) становитиме:

$$P_n = 1 - e^{-\gamma n}, \quad (5.17)$$

де $\gamma = 1/N$.

У даній моделі ймовірність зменшення розузгоджування елементів (кожен елемент "відповідає" за запам'ятовування одного образу) характеризується постійною вірогідністю γ "занулення" його розузгоджування за одиницю часу (вірогідністю того, що відповідний образ був показаний і запам'ятований).

При такому підході передбачається, що особа, яка навчається, є достатньо пасивним елементом системи навчання, тому швидкість набуття нею компетентностей обернено пропорційна числу можливих варіантів N .

Закон формування навичок свідчить, що, якщо підкріплення рівномірне (рівномірність спроб – важлива характеристика безперервного навчання) і повторення дій відбуваються одне за одним, а все інше (зовнішні умови та цілі навчання) не змінюється, то в результаті міцність навички $x(n)$ збільшуватиметься зі зростанням числа випробувань згідно з рівнянням:

$$x(n) = 1 - 10^{-n}. \quad (5.18)$$

5.3. Модель процесу набуття компетентностей у навчальному колективі

Слід подати процес навчання колективу у вигляді множини елементів (їх число позначається N), сумісні дії яких ведуть до досягнення деякої фіксованої мети.

Можна припустити, що кожен елемент характеризується кінцевою множиною його допустимих станів $S_i(t)$ (число елементів множини S_i рівне $n_i(t)$), в одному з яких він може знаходитися у момент часу t , $i = \overline{1, n}$.

Число незалежних станів системи навчання в цілому (описується перерахуванням станів її невзаємодіючих елементів) дорівнює добутку числа допустимих станів усіх елементів.

Можна припустити, що процес набуття компетентностей полягає в зведенні числа допустимих станів кожного елемента до деякого мінімуму, тобто в залишенні одного або декількох фіксованих станів, відповідних завданню, що вирішується. Мета навчання – мінімізація числа її допустимих станів. Зменшення числа допустимих станів кожного елемента відбувається в міру отримання ним інформації.

Ентропія i -го елемента (його невпорядкованість):

$$H_i(t) = \ln n_i(t). \quad (5.19)$$

Кількість керівної інформації $\xi_i(t)$, що надійшла i -му елементу у момент часу t , йде на зниження невизначеності:

$$\frac{dH_i(t)}{dt} = -\xi(t), \quad t > 0. \quad (5.20)$$

Можна припустити, що існує абсолютна межа кількості регулюючої інформації, що надходить у кожен момент: $\xi_i(t) \leq \gamma_i, \forall t \geq 0$. У загальному випадку, у момент часу t вона належить відрізку $[0; \gamma_i]$ ($\xi_i(t) \equiv 0$ та відповідає тому, що i -й елемент у момент t не навчається).

Слід дослідити, як змінюватиметься з часом число допустимих станів елементів. Підставляючи (5.12) в (5.13) і вирішуючи відповідне диференціальне рівняння, отримано

$$n_i(t) = n_i^0 \exp\left(-\int_0^t \xi_i(\tau) d\tau\right), \quad i = \overline{1, n}, t > 0, \quad (5.21)$$

де n_i^0 – число допустимих станів i -го елемента до початку процесу набуття компетентностей.

Інтеграл у показнику експоненти відповідає накопиченій елементом інформації $I_i(t) = \int_0^t \xi_i(\tau) d\tau$.

Слід розглянути як поводитиметься з часом число допустимих станів колективу в цілому, що відображає (через введене вище припущення) ефективність процесу набуття компетентностей:

$$n(t) = \prod_{i=1}^n n_i(t) = n^0 \exp(-I(t)), \quad (5.22)$$

де $n^0 = \prod_{i=1}^n n_i^0$; $I(t) = \sum_{i=1}^n I_i(t)$.

Якщо припустити, що характеристики елементів і темп надходження інформації постійні, тобто постійна кількість інформації, що переробляється кожним елементом за одиницю часу $I_i(t) = \theta_i t$, то (5.22) переходить у класичну експоненту з показником такого виду:

$$I(t) = t \sum_{i=1}^n \theta_i.$$

Припущення про монотонне зменшення числа допустимих станів не знижує справедливості наведених міркувань, оскільки у разі їх зростання

буде отримано вираз приблизно з тими ж проміжними результатами, який буде мати такий спрощений вигляд:

$$n(t) = n^{\infty} (1 - e^{-l(t)}).$$

У всіх наведених моделях швидкість процесу набуття компетентностей визначається кількістю накопиченої інформації, тому для збільшення швидкості процесу набуття компетентностей, у рамках наведеної моделі, доцільно вибирати як можна більший темп передачі інформації.

Проте слід враховувати, що в реальному житті перевищення деякого порогового обсягу інформації, що надходить, може здійснити негативний вплив і знизити ефективність процесу набуття компетентностей (аналогічно до ефекту інтерференції навичок).

Таким чином, у моделях теоретико-множинного підходу експоненціальний характер кривих процесу набуття необхідного рівня компетентностей обумовлений постійністю кількості інформації, що обробляється, передається, засвоюється та ін.

5.4. Узагальнена модель набуття компетентностей у процесі навчання

Системний аналіз процесу формування у тих, хто навчаються, фактуальних знань за майбутнім фаховим спрямуванням, дозволяє виділити такі структурні елементи: особа, яка навчається, на яку впливають предмет підготовки, що вивчається нею, викладач, система дистанційного навчання та система тренінгів. Середовище, тобто сукупність навколишніх явищ, впливає на того, хто навчається, і на викладача, останній, враховуючи це, вибирає такі методи навчання, при яких система фактуальних знань формується оптимальним чином.

Слід сформулювати принципи, що лежать в основі запропонованої моделі формування спеціальних фахових знань у тих, хто навчаються:

1. Інформація, що повідомляється тим, хто навчається, (I) і кількість знань (Z), представлені у вигляді рівноправних слабозв'язаних елементів, число яких пропорційно кількості I , Z . Для системи спеціальних знань такими елементами є факти або тренування, що доводять їх правильність.

2. Процес навчання є суперпозицією навченості, тобто засвоєння знань, і забування знань. Швидкість зміни кількості знань того, хто навчається, дорівнює алгебраїчній сумі швидкості засвоєння знань:

$$dZ_{usv} / dt > 0,$$

а також швидкості забування:

$$dZ_{zab} / dt < 0.$$

3. Навченість, тобто засвоєння одного елементу навчального матеріалу, відбувається за нескінченно малий, порівняно з тривалістю вивчення усього предмета навчання, інтервал часу.

У процесі навчання особа, яка навчається, засвоює всю інформацію, що повідомляється їй:

$$\begin{aligned} dZ_{usv} &= dl; \\ \frac{dZ_{usv}}{dt} &= \frac{dl}{dt}. \end{aligned}$$

4. Швидкість забування пропорційна кількості знань того, хто навчається:

$$\frac{dZ_{zab}}{dt} = -\gamma Z.$$

Описані принципи можуть бути покладені в основу побудови моделі вивчення абсолютно різного навчального матеріалу.

Щоб кількісно змоделювати процес формування у тих, хто навчаються, системи спеціальних професійних знань, навичок, вмінь та досвіду, слід виходити з того, що можливі три способи вивчення факту:

1) з опорою на повсякденний пізнавальний досвід (самостійні заняття);

2) з опорою на систему інформаційно-методичного забезпечення (ІМЗ) і спостережень, що проводяться з викладачем на теоретичних заняттях;

3) у результаті умоглядного вивчення факту (тренування).

У зв'язку з цим кожен факт можна віднести до першої, другої або третьої категорій. Ділення фактів на категорії дозволяє врахувати вплив повсякденного пізнавального досвіду тих, хто навчаються, а також системи навчальних ІМЗ і спостережень на процес оволодіння спеціальними знаннями.

Необхідно розбити навчальний процес на часові інтервали тривалістю τ і вважати, що всередині кожного такого інтервалу навчальний матеріал розподілений рівномірно, тобто швидкість надходження інформації до того, хто навчається, залишається постійною:

$$v = dl / dt = \text{const}.$$

Враховуючи:

$$\frac{dZ_{usv}}{dt} = \frac{dl}{dt} = v \text{ і } \frac{dZ_{zab}}{dt} = -\gamma Z,$$

отримано:

$$\frac{dZ}{dt} = v - \gamma Z.$$

Вважаючи, що у момент початку відліку часу кількість знань того, хто навчається, складає величину:

$$Z(t_0) = Z_0,$$

Отримано такий інтеграл:

$$\int_{Z_0}^Z \frac{dZ}{Z - v/\gamma} = -\gamma \int_{t_0}^t dt.$$

З наведеного випливає, що кількість знань того, хто навчається, у момент часу t становить:

$$Z(t) = \frac{v}{\gamma} (1 - e^{-\gamma(t-t_0)}) + Z_0 e^{-\gamma t}.$$

Підставляючи величини швидкостей набуття та втрати знань, отримано, що кількість засвоєних знань дорівнює:

$$(1 - e^{-\gamma\tau})v/\gamma.$$

Якщо, починаючи з моменту t , швидкість надходження знань V перетворюється в нуль, то, як випливає з останнього рівняння, кількість знань у моменти $t > \tau$ зменшується згідно із законом

$$Z(t) = Z(\tau)e^{-\gamma(t-\tau)}.$$

Нехай у початковий момент часу кількість знань того, хто навчається, дорівнює 0. Тоді кількість знань того, хто навчається, у кінці $(i + 1)$ навчального року становитиме:

$$Z_{i+1} = Z_i e^{-\gamma\tau} + \frac{V_{i+1}}{\gamma} (1 - e^{-\gamma\tau}),$$

де Z_i – рівень знань у кінці i -го навчального року (періоду);

V_{i+1} – відповідна швидкість надходження знань.

Якщо в сукупності фактуальних знань виділити три категорії фактів з різними коефіцієнтами, що відносяться до процесу забування особою, яка навчається, $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ і швидкостями надходження відповідних фактів V_1, V_2, V_3 , то отримано:

$$Z_{i+1} = \sum_{k=1}^3 Z_{i+1,k} = \sum_{k=1}^3 \left[Z_{ik} e^{-\gamma_k \tau} + \frac{V_{i+1,k}}{\gamma_k} (1 - e^{-\gamma_k \tau}) \right],$$

де $k = 1, 2, 3$ – категорія фактів.

Наведене рівняння дозволить послідовно обчислити рівень спеціальних знань у тих, хто навчається, на різних етапах навчання

5.5. Узагальнена модель набуття необхідного рівня компетентності

Забезпечення високого економічного потенціалу держави та, як наслідок, високого життєвого рівня громадян України вимагає наявності адекватної системи навчання громадян, у межах якої здійснюється цілеспрямований (базовий) процес набуття необхідного рівня компетентностей тими, хто навчаються. Ефективність функціонування системи навчання у цілому залежить від якості управління базовим процесом, яке здійснюється шляхом попереднього планування проведення навчальних заходів і поточного корегування навчального плану.

Для розробки інформаційної технології управління процесом навчання необхідне створення моделей, які дозволять дослідити вплив цільових функцій системи на рівень набуття необхідних компетентностей.

Аналіз існуючих навчальних систем показує, що процес навчання зазвичай планується заздалегідь. При цьому вирішується завдання розподілу навчальних заходів різних предметів навчання відповідно до напрямів підготовки в умовах заданого ліміту часу.

Загальноприйнятою практикою є проведення теоретичних занять, що передують виконанню практичної частини навчального предмета. Однак із досвіду викладання відомо, що згідно з планом навчання від теоретичного до практичного заняття може пройти значний проміжок часу. А чим більше такий інтервал, тим більш можливі втрати набутого рівня компетентності.

В існуючих системах навчання при плануванні не повною мірою враховується вплив часового інтервалу між окремими навчальними заходами на фактичний рівень навченості.

Таким чином, виникає необхідність рішення завдання врахування процесів набуття (підтримання) необхідного рівня компетентності тими, хто навчаються, при плануванні навчального процесу, яка є актуальною. Для цього, з метою реалізації якісного управління процесом навчання, пропонується розробити і використовувати часткову модель, яка дозволить оцінювати відповідність варіантів навчального плану заданим вимогам.

Слід розглянути процес набуття (підтримання) необхідного рівня компетентностей ($ZUH^{необх}$) тими, хто навчаються, на визначеному часовому інтервалі T_j .

Нехай існує NP напрямів навчання, у межах яких здійснюється цілеспрямований процес набуття (підтримання) необхідного рівня компетентностей з метою досягнення заданих цілей навчання.

Кожен j -й напрям навчання ($j = \overline{1, NP}$) містить PR_j предметів навчання.

Викладання m -го предмета за j -м напрямом підготовки ($m_j = \overline{1, PR_j}$) реалізується проведенням заздалегідь спланованих заходів – ZAX_{m_j} .

На початку інтервалу навчання існує деякий вхідний рівень компетентностей із m -го предмету за j -м напрямом:

$$ЗУН_{m_j} = \left\{ z_{0_{m_j}}, u_{0_{m_j}}, n_{0_{m_j}} \right\}.$$

Заданим також є необхідний рівень компетентностей, що повинен бути забезпечений системою навчання:

$$ЗУН_{m_j}^{необх} = \left\{ z_{m_j}^{необх}, u_{m_j}^{необх}, n_{m_j}^{необх} \right\}.$$

Кожен q -й навчальний захід із m -го предмета за j -м напрямом ($q_{m_j} = \overline{1, ZAX_{m_j}}$) характеризується такими параметрами:

$\Delta z_{q_{m_j}}^{\max}, \Delta u_{q_{m_j}}^{\max}, \Delta n_{q_{m_j}}^{\max}$ – максимальний приріст рівня компетент-

ності, що може бути досягнутий у результаті проведення q_{m_j} -го заходу;

$\Delta z_{q_{m_j}}, \Delta u_{q_{m_j}}, \Delta n_{q_{m_j}}$ – фактично досягнутий у результаті прове-

дення q_{m_j} -го заходу приріст рівня компетентності;

$T_{q_{m_j}}^{пров}$ – час проведення q_{m_j} -го заходу;

$\Delta T_{q_{m_j}}$ – час від проведення попереднього заходу m -го предмета

за j -м напрямом, $0 \leq \Delta T_{q_{m_j}} < T_j$.

Причому слід враховувати:

$$\sum_{q_{m_j}=1}^{ZAX_{m_j}} \left(\Delta T_{q_{m_j}} + T_{q_{m_j}}^{пров} \right) \leq T_j.$$

Виходячи з того, що процеси набуття ідентичні (див. рис. 5.8), можливо побудувати часткову модель для одного процесу в межах одного предмета навчання.

Для цього були введені позначення: φ – рівень, під яким розуміються z , u або n . Також для спрощення часткової моделі слід опустити індекс m_j при кожному q -му заході (див. рис. 5.12).

Існує φ_0 – рівень на початку інтервалу T_j .

У загальному випадку момент проведення першого заходу не співпадає з початком інтервалу навчання, тобто першому заходу

передуює інтервал ΔT_1 . За цей час рівень φ_0 знизиться (що зумовлено процесом забування) і перейде в рівень φ'_0 , який буде достатнім ($\varphi'_0 \geq \varphi^{необх}$) з умовною ймовірністю $P_{\varphi^{необх}/\varphi_0}(\Delta T_1)$, або в рівень $\overline{\varphi'_0}$ ($\overline{\varphi'_0} < \varphi^{необх}$).

Під час проведення першого заходу – $T_1^{пров}$ – рівень φ'_0 змінюється до рівня φ_1 , який перевищує необхідний ($\varphi_1 \geq \varphi^{необх}$) з умовною ймовірністю $P_{\varphi^{необх}/\varphi'_0}(T_1^{пров})$. Якщо досягти (перевищити) необхідний рівень за результатами проведення заходу не вдалося ($\varphi'_0 \leq \varphi_1 < \varphi^{необх}$), отримано рівень $\overline{\varphi_1}$.

До другого заходу за інтервал ΔT_2 рівень φ_1 знизиться і перейде в рівень φ'_1 , який буде достатнім ($\varphi'_1 \geq \varphi^{необх}$) з умовною ймовірністю $P_{\varphi^{необх}/\varphi'_1}(\Delta T_2)$, або в рівень $\overline{\varphi'_1}$ ($\overline{\varphi'_1} < \varphi^{необх}$). За час проведення другого заходу рівень φ'_1 збільшиться до рівня φ_2 ($\varphi_2 - \varphi'_1 \geq 0$), а рівень $\overline{\varphi'_1}$ може змінитися до рівня φ_2 з умовною ймовірністю $P_{\varphi^{необх}/\overline{\varphi'_1}}(T_2^{пров})$ або перейти в рівень $\overline{\varphi_2}$.

Наступні зміни станів при проведенні заходів аналогічні.

Після проведення останнього заходу ($q = ZAX$) до завершення визначеного інтервалу часу T_i набутий рівень зменшується за час $\Delta T_{ZAX+1} = T_i - \sum_{q=1}^{ZAX} (\Delta T_q + T_q^{пров})$.

Таким чином, на момент завершення інтервалу навчання будуть існувати вихідні рівні φ та $\overline{\varphi}$. Причому всі умовні ймовірності залежать від вхідного рівня, заданого порогу та часу і розраховуються для відповідних складових набутих компетентностей за виразами (5.16) – (5.18).

Необхідно зазначити, що в межах розробленої часткової моделі вважається, що під час проведення навчального заходу процес забування призупиняється.

Це обмеження можна поширити й на верхні рівні моделі навчання, оскільки час проведення навчального заходу значно менше, ніж весь інтервал навчання: $T^{пров} \ll T_i$.

Якщо виходити з умови недопущення зниження рівня φ_q нижче $\varphi^{необх}$ на всьому інтервалі навчання, слід говорити про те, що вивчення m -го предмета за j -м напрямом не досягло поставленої мети, якщо на будь-якому підінтервалі не був забезпечений рівень $\varphi^{необх}$.

При цьому наведений граф часткової моделі (рис. 5.13) вироджується в підграф (рис. 5.14).

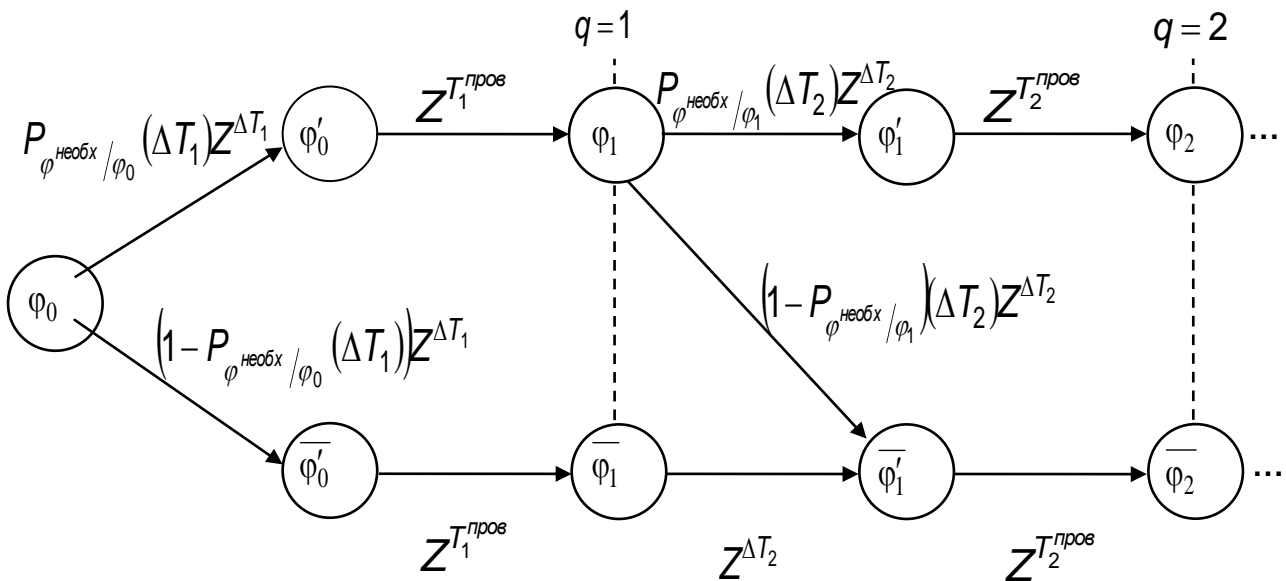


Рис. 5.13. Граф часткової моделі для одного процесу в межах одного предмета

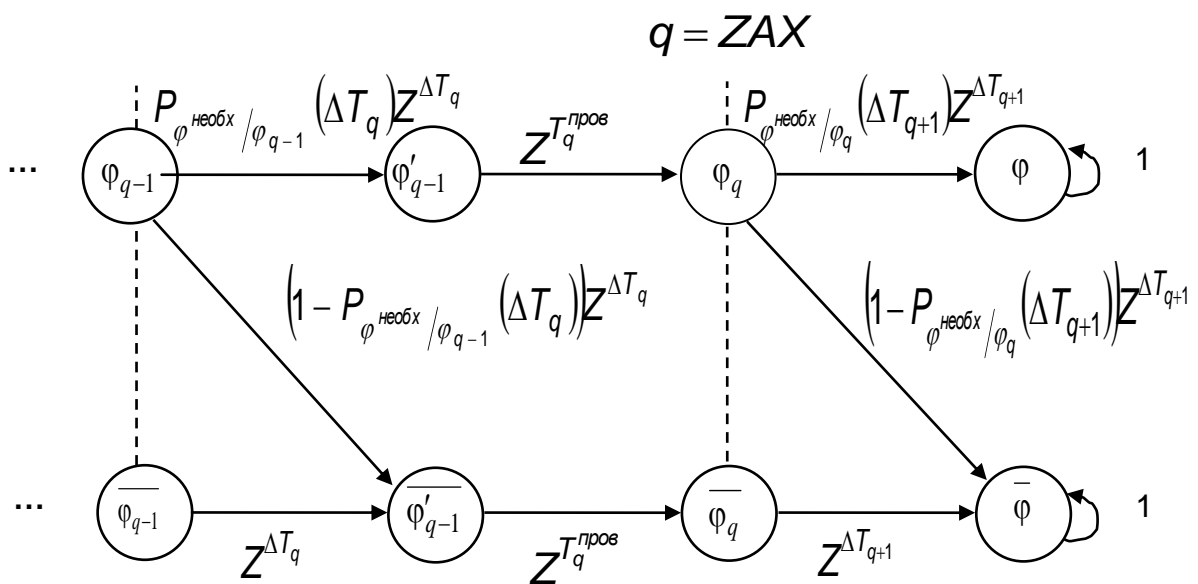


Рис. 5.14. Вироджений підграф часткової моделі для одного процесу в межах одного предмета

Функція має вигляд:

$$F(Z) = f_1 + f_2,$$

$$\begin{aligned} \text{де } f_1 &= \left[\prod_{q=1}^{ZAX} P_{\varphi^{\text{необх}}/\varphi_{q-1}}(\Delta T_q) Z^{\Delta T_q} Z^{T_q^{\text{прос}}} \right] \cdot P_{\varphi^{\text{необх}}/\varphi_{ZAX}}(\Delta T_{ZAX+1}) Z^{\Delta T_{ZAX+1}} = \\ &= \left[\prod_{q=1}^{ZAX+1} P_{\varphi^{\text{необх}}/\varphi_{q-1}}(\Delta T_q) \right] \cdot \left[\prod_{q=1}^{ZAX} Z^{\Delta T_q} \right] \cdot \prod_{q=1}^{ZAX} Z^{T_q^{\text{прос}}} = \\ &= \left[\prod_{q=1}^{ZAX+1} P_{\varphi^{\text{необх}}/\varphi_{q-1}}(\Delta T_q) \right] \cdot Z^{T_i}; \\ f_2 &= \left[1 - \prod_{q=1}^{ZAX+1} P_{\varphi^{\text{необх}}/\varphi_{q-1}}(\Delta T_q) \right] \cdot \left[\prod_{q=1}^{ZAX} Z^{\Delta T_q} \right] \cdot \prod_{q=1}^{ZAX} Z^{T_q^{\text{прос}}} = \\ &= \left[1 - \prod_{q=1}^{ZAX+1} P_{\varphi^{\text{необх}}/\varphi_{q-1}}(\Delta T_q) \right] \cdot Z^{T_i}. \end{aligned}$$

Відповідно до роботи [60] отримано: ймовірність забезпечення рівня $\varphi^{\text{необх}}$ при вивченні m -го предмета за j -м напрямом:

$$P_{(\varphi)} = f_1 \Big|_{Z=1} = \prod_{q=1}^{ZAX+1} P_{\varphi^{\text{необх}}/\varphi_{q-1}}(\Delta T_q);$$

ймовірність незабезпечення рівня $\varphi^{\text{необх}}$ при вивченні m -го предмета за j -м напрямом:

$$P_{(\bar{\varphi})} = f_2 \Big|_{Z=1} = 1 - \prod_{q=1}^{ZAX+1} P_{\varphi^{\text{необх}}/\varphi_{q-1}}(\Delta T_q).$$

Слід зазначити, що кожен із рівнів φ_q , який набувається в результаті проведення навчального заходу, залежить від вхідного рівня на початку навчального заходу та часу його проведення і може бути розрахований окремо відповідно до (5.21) – (5.22).

Слід проаналізувати залежність імовірності забезпечення рівня $\varphi^{\text{необх}}$ від кількості заходів при рівних умовних ймовірностях $P_{\varphi^{\text{необх}}/\varphi_{q-1}}(\Delta T_q)$, $q = \overline{1, ZAX+1}$ (рис. 5.15).

Як видно з наведених графіків, імовірність забезпечення рівня $\varphi^{\text{необх}}$ при вивченні m -го предмета за j -м напрямом зменшується при збільшенні

кількості навчальних заходів, а також при зменшенні умовної ймовірності забезпечення рівня $\varphi^{необх}$ кожним із запланованих навчальних заходів.

Збільшення кількості навчальних заходів може покращити умовні ймовірності кожного окремого навчального заходу за рахунок зменшення часових інтервалів між ними, тобто сповільнити процеси забування.

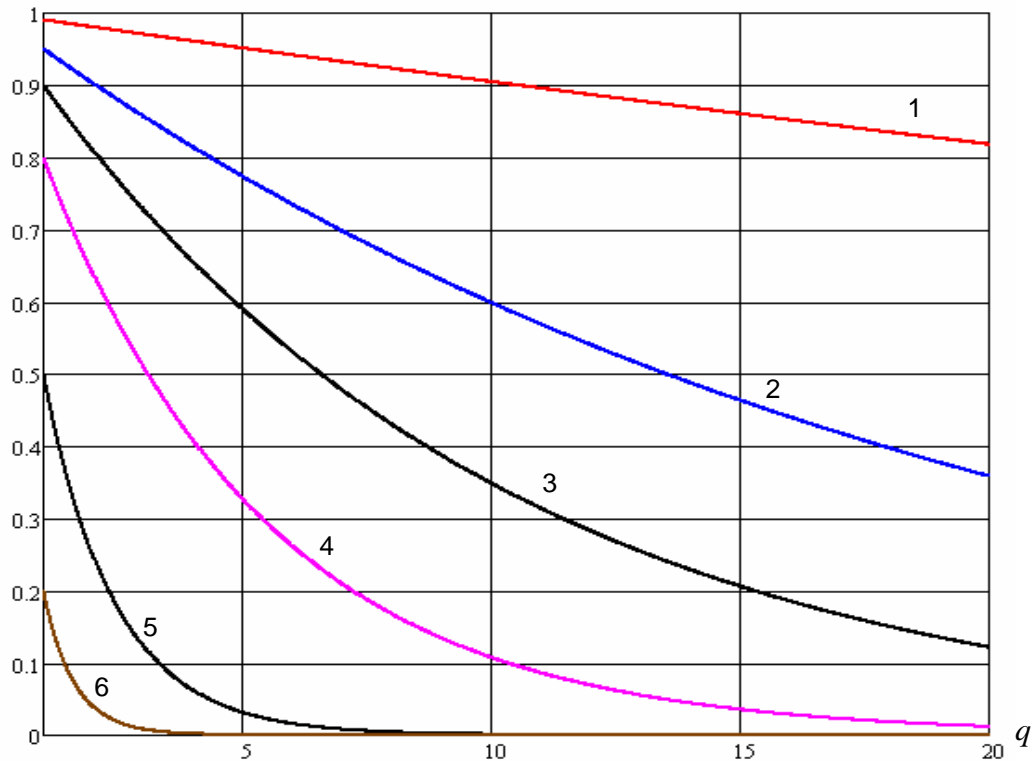


Рис. 5.15. Залежність імовірності забезпечення рівня $\varphi^{необх}$ при вивченні m -го предмета за j -м напрямом підготовки від кількості навчальних заходів при рівних умовних імовірностях $P_{\varphi^{необх}/\varphi_{q-1}}(\Delta T_q)$, що дорівнюють:
 1) 0,99; 2) 0,95; 3) 0,9; 4) 0,8; 5) 0,5; 6) 0,2

Таким чином, з метою реалізації якісного управління навчальним процесом шляхом урахування процесів набуття (підтримання) необхідного рівня компетентностей, тими, хто навчаються, при плануванні навчального процесу доцільно використовувати розроблену часткову модель, яка дозволить оцінювати відповідність варіантів навчального плану заданим вимогам.

Розділ 6. Модель функціональної системи динамічної предметної області

Необхідність побудови динамічних моделей предметної області є однією з причин їхнього використання як людьми, так і програмними агентами. Наприклад, консорціум W3C розробляє OWL (ontology web language), за допомогою якого предметна область (ПрО) може бути подана у вигляді моделі "об'єкт – властивість" для програмних агентів, які здійснюють пошук інформації. У цьому змісті онтології становлять інтелектуальні засоби для розвитку й удосконалення мережі Інтернет [28; 47; 49].

Модель онтології ПрО в системі "КАРКАС" [16; 17; 68] складається з ієрархії класів предметної області, зв'язків між ними (правил висновку), які діють у рамках цієї моделі. У системі запропонований механізм інтерпретації онтології в умовах динамічної зміни її параметрів (базового класу, зв'язків між класами й взаємодії об'єктів класів).

6.1. Модель онтології, заснована на понятті розшарування

Онтології використовуються для подання знань про поняття предметної області і можливі відносинах між ними. Майже всі моделі онтологій містять концепти (сутності, поняття, класи, об'єкти), властивості концептів (властивості, атрибути, слоти), відносини між концептами (зв'язки, залежності).

Фізична модель бази знань (БЗ) зберігає екземпляри класів, об'єктів, значення атрибутів об'єктів і логічні зв'язки між класами, об'єктами.

Частково впорядкованість класів в онтології будується шляхом виділення так званого базового (цільового) класу, привабливого на верхньому рівні ієрархії класів. Далі виділяються класи, що перебувають на наступному рівні і т. д.

Функціональна система – це система, сформована для досягнення заданого корисного результату (цільової функції) у процесі свого функціонування [5]. Отже, її системоутворюючим фактором є конкретний результат функціонування системи. Інакше кажучи, позначка розгля-

дається як результат завдань, а обмеження – як ступінь волі, необхідний для досягнення результату.

Модель предметної області розглядається як функціональна система, у якій результат впливає на всі етапи формування онтології. Класи й зв'язки між ними можна розглядати як логічну конструкцію функціональної системи.

Відмінні риси функціональних систем – це їхні відкритість, не автономність, неізолюваність від зовнішнього середовища. Математичною моделлю, що описує еволюцію таких систем, є неавтономні диференціальні рівняння.

У глобальній якісній теорії автономних диференціальних рівнянь важливу роль відіграє поняття структурної стійкості, уведеної Андроном і Понтрягіним під назвою "грубих". Це означає, що фазовий портрет потоку не змінюється (з точністю до топологічної орбітальної еквівалентності) при всіх досить малих змінах векторного поля.

Визначення й вивчення структурної стійкості неавтономних диференціальних рівнянь подані в роботі [15]. Можна навести не цілком строге визначення цього поняття, обмежуючись для спрощення моделлю (6.1):

$$\begin{cases} dx/dt = f(x,y) \\ dy/dt = g(y). \end{cases} \quad (6.1)$$

Розширення (6.1) структурно стійке, якщо для всіх досить малих збурень $r(x,y)$ система (6.2)

$$\begin{cases} dx/dt = f(x,y) + r(x,y) \\ dy/dt = g(y), \end{cases} \quad (6.2)$$

сполучена системі (6.1), причому гомеоморфізм, що сполучає, тотожний другому аргументу, тобто має вигляд $h(x,y) = (h_1(x,y), y)$. Таким чином, збурюється тільки перше рівняння, що описує об'єкт, а друге рівняння, що моделює середовище, залишається незмінним. Клас збурень вужче, ніж при звичайному визначенні структурної стійкості системи (6.1), але на гомеоморфізм, що сполучає, накладена додаткова умова.

Слід навести опис моделі (6.1) у термінах глобального аналізу. Трійка об'єктів (M, p, B) утворить розшарування, де $p: M \rightarrow B$ –

безперервне відображення; B – база розшарування; $M_b \equiv p^{-1}(B)$ – шар розшарування.

Нехай (M, p, B) – гладке розшарування й $X : M \rightarrow TM$ і $Y : B \rightarrow TB$ – два векторні поля, причому $\text{Tr}(X(m)) = Y(p(m))$, ($m \in M$). У локальних координатах поле X задається системою виду (6.1), поле Y – іншим рівнянням цієї системи.

Нехай (M, R, π) і (B, R, ρ) – фазові потоки векторних полів X і Y відповідно. Тоді відображення $p : M \rightarrow B$ є гомоморфізмом потоку (M, R, π) на (B, R, ρ) , тобто:

$$p(\pi^t(m)) = \rho^t(p(m)), \quad (m \in M, t \in R).$$

У такому випадку говорять, що потік (M, R, π) є розширенням потоку (B, R, ρ) . Часто саме відображення $p : (M, R, \pi) \rightarrow (B, R, \rho)$ є розширенням динамічних систем. При цьому база B інтерпретується як фазовий простір середовища, а фазові стани досліджуваного об'єкта при фіксованому стані $b \in B$ зовнішнього середовища зображуються точками шару $M_b \equiv p^{-1}(B)$.

Теорема про структурну стійкість. Нехай M – компактне різноманіття класу $C^{2,3}$ над B із проекцією $p : M \rightarrow B$ і векторне поле X належить $X^{0,2}(M)$. Можна припустити, що векторне поле X задовольняє строгій умові трансверсальності у вертикальному напрямі. Тоді розширення $p : (M, R, \pi) \rightarrow (B, R, \rho) \in C^{0,1}$ – структурно стійке.

Нехай B – безліч атрибутів предметної області, V – безліч їхніх значень, $p : B \times V \rightarrow B$ – проекція, $V_b \equiv p^{-1}(B)$ – шар розшарування над точкою b , тобто безліч значень атрибута b . У прямому добутку $B \times V$ визначено відношення R , наділене такою властивістю: для будь-якого атрибута $b \in B$ існує значення $v \in V_b$, таке, що $R \equiv bRv$. Інакше кажучи, відношення R визначає належність значень із шару V_b конкретному атрибуту, тобто задає факти ПрО.

Нехай Φ – безліч фактів ПрО і $r : \Phi \rightarrow \Phi$ – правило (якщо <умова>, то <дія>). Тоді об'єкти ПрО визначаються як атрибути, які перебувають у правій частині правила й формують факти тільки в тому випадку, коли правило виконується (<умова> – істинно). Серед об'єктів виділяється цільовий, котрий є системоутворюючим. Потім виділяються інші об'єкти, які розташовуються в певній ієрархії відповідно до їх правил і можуть бути відображені за допомогою орієнтованого графа.

Можна уявити собі, що система $F \subset B \times V$ параметризована деякою безліччю N у тому розумінні, що кожному $t \in N$ відповідає деякий стан роботи системи, що відображається орієнтованим графом як, наприклад, на рис. 6.1. Інтуїтивно під структурною стійкістю функціональної системи F слід розуміти, що існує деяка "околиця" орієнтованого графа системи F , у якій орієнтовані графи "близьких" до неї систем "топологічно" еквівалентні вихідному. На рис. 6.1 наведений приклад структурно стійкої функціональної системи.

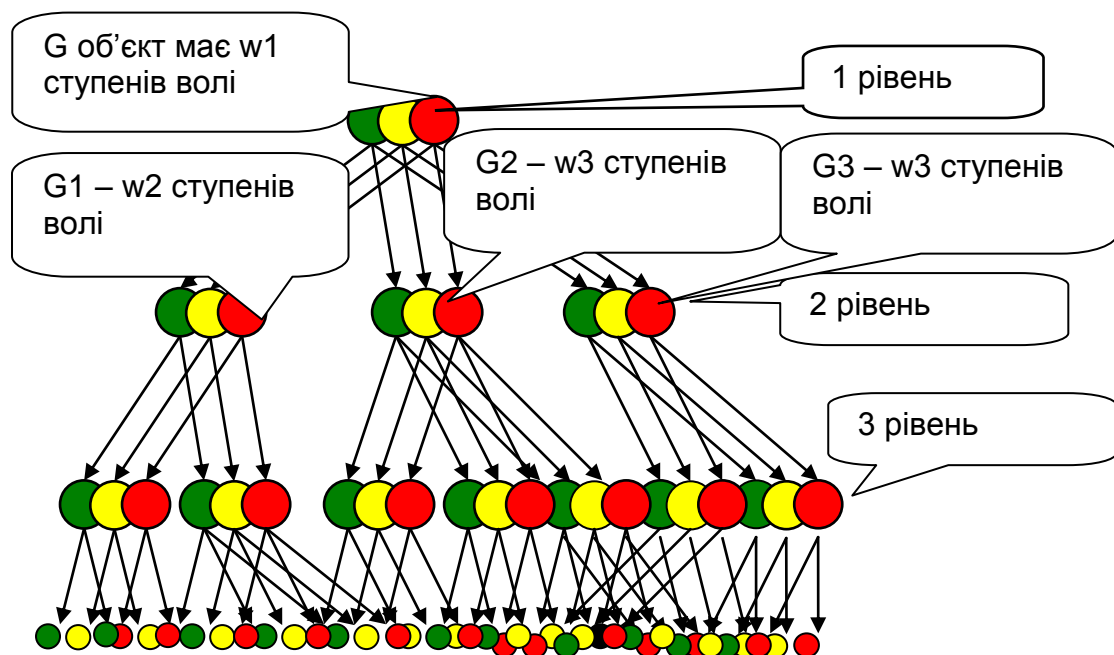


Рис. 6.1. Структурна стійкість функціональної системи

У роботі [16] розглянуті різні моделі побудови онтологій. Наприклад, при розробці онтології з визначення виду експозиції при оцінці екологічного ризику була побудована ієрархія об'єктів, наведена на рис. 6.2. Онтологія ПрО містить 5 класів і дворівневу структуру класів. У БЗ здійснена таксономія правил і фреймів, що дозволило поліпшити структуру онтології.

Система "КАРКАС" – це інструментальний засіб для побудови онтології поняття предметної області. Структура поняття предметної області може бути різноманітна, наприклад, вибір рішення серед певного набору варіантів, використання ненадійних знань.

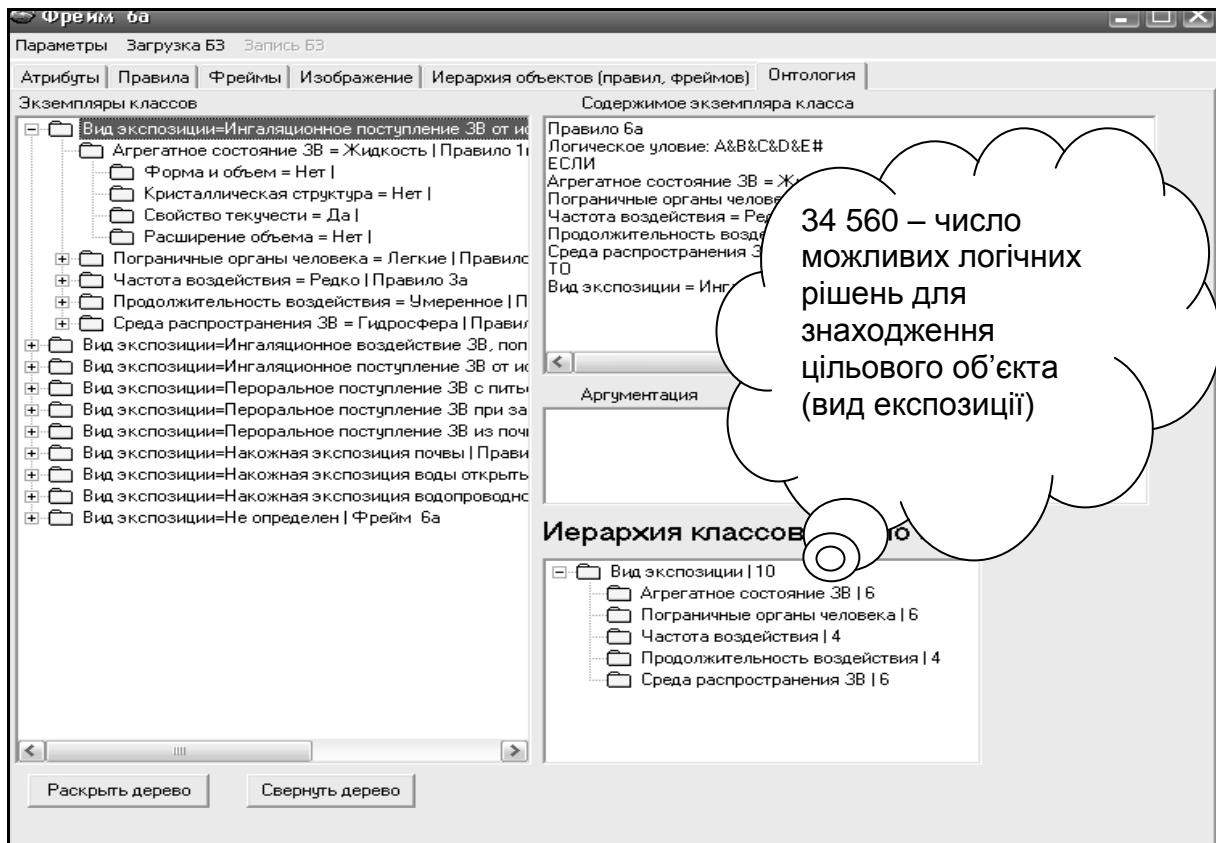


Рис. 6.2. Экземпляры класса для объекта "Вид экспозиції"

Комп'ютерна система "КАРКАС" дозволяє розробляти БЗ, вона може бути використана для тестування й навчання студентів по локальній мережі. Слід розглянути архітектуру комп'ютерної системи. Система "КАРКАС" побудована за модульним принципом, тому має можливість приєднання інших додаткових модулів. В архітектурі системи можна виділити такі основні модулі:

- завантажувач;
- модуль для розробки БЗ;
- модуль консультації;
- модуль кластеризації даних;
- модуль Web-сервісів.

Завантажувач здійснює запуск системи й координує взаємодію всіх модулів.

Онтологія в системі "КАРКАС" – це конструкція для ад'єктивування, множинних ієрархій класів і правил висновку. У моделі онтології використовуються два класи: реалізовані види продукції й фрейми. Клас розглядається як шаблон, на основі якого створюються його екземпляри.

Розробка онтологій для "КАРКАС" складається з 5 кроків:
 визначення границь онтології;
 визначення доменів атрибутів ПрО;
 визначення класів, об'єктів за допомогою продукції і фреймів;
 побудова орієнтованого графа, часткова впорядкованість об'єктів і організація їхньої ієрархії;
 формування продукції і фреймів для опису класів, підкласів, екземплярів.

6.2. Модель формування фактів онтології в системі "КАРКАС"

Нехай $A = \{ a_1, a_2, \dots, a_n \}$ – безліч атрибутів предметної області, V_j – безліч можливих значень $a_j \in A$ і $V = \bigcup_{a \in A} V_a$. Атрибути можуть бути обмірювані в різних шкалах (кількісній, порядковій, якісній, змішаній).

Між атрибутом a_j і його значенням v_j визначено такі операції:

1) $a_j = v_j$, $=$ – знак операції ознаки;

2) $a_j < v_j$, $<$ – знак операції відносин: $<$, $>$, $>=$, $<=$;

3) $a_j \in [v_{j1}, \dots, v_{jm}]$, \in – знак операції належності: $()$, $[]$, $(]$, $[)$.

Атрибут, його значення й операція між ними визначають висловлення. Нехай $Q = \{q: A \rightarrow V\}$ – безліч висловлень.

На безлічі Q слід визначити дві функції:

1. Функція $\mu : Q \rightarrow [0, \dots, 1]$ дозволяє інтерпретувати висловлення q з погляду його істинності.

2. Функція $\theta : Q \rightarrow [0, \dots, 1]$ дозволяє інтерпретувати висловлення q з погляду його значущості.

Тоді триплет $f = (q, \mu(q), \theta(q))$, де $q \in Q$, можна назвати фактом предметної області.

Нехай λ відображення з прямого добутку $Q \times [0, \dots, 1] \times [0, \dots, 1]$ в $Q \times [0, \dots, 1] \times [0, \dots, 1]$. Через $\Gamma = \{ \lambda \}$ можна позначити безліч усіх можливих відображень, таких, що $\lambda(f) \in Q \times [0, \dots, 1] \times [0, \dots, 1]$.

Слід визначити ситуацію s як набір фактів, пов'язаних між собою знаками кон'юнкції, диз'юнкції або заперечення.

Наприклад,

$$s = f_1 \ \& \ f_2 \ \cup \ (\neg f_3). \quad (6.3)$$

Зауваження 1. Заперечення $\neg f_3$ застосовується тільки для операції ознаки й означає можливість альтернативного виконання всіх

інших подій з вичерпної безлічі (у змісті логічної операції що виключає або), наприклад:

$$\neg f_3 = \neg (a = v_j) = (a = v_1) \cup \dots \cup (a = v_{j-1}) \cup (a = v_{j+1}) \cup \dots \cup (a = v_n) \quad v_j \in V_a, j=1, \dots, n.$$

Слід позначити через $S = \{s\}$ безліч усіх ситуацій предметної області й $p: S \rightarrow S$ – деяке перетворення безлічі S на себе. Слід розглянути ітерації цього відображення, тобто результати його багаторазового застосування до точок фазового простору.

Нехай $R = \{r: S \rightarrow S\}$ – безліч перетворень (правил) виду:

r : ЯКЩО <АНТЕЦЕДЕНТ> ТО <КОНСЕКВЕНТ>,

де <АНТЕЦЕДЕНТ> (умова – ситуація s_1), <КОНСЕКВЕНТ> (висновку, наслідок – ситуація s_2). Якщо ситуація s_1 у правилі приймає значення "істина", тоді ситуація s_2 одержує значення "істина" й додається до S . Інакше кажучи, якщо ситуація $s_1 \in S$ у правилі приймає значення "істина", тоді існує відображення $q_j: A \rightarrow V$, що формує ситуацію s_2

$$s_2 = q_1 * q_2 \quad * \quad q_n,$$

де $*$ знак операцій $\&$, \cup , \neg .

Якщо ситуація s_1 у правилі приймає значення "неправда", тоді ситуація s_2 не додається до S . Наприклад, "ЯКЩО s ТО q_4 ", отут s ситуація (6.3), q_4 – деяке висловлення. Результатом виконання правила буде створений новий факт:

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

$$\mu(q_4) = k * \max [\min(\mu(q_1), \mu(q_2)), (1 - \mu(q_3))],$$

$$\theta(q_4) = k * \max [\min(\theta(q_1), \theta(q_2)), (1 - \theta(q_3))].$$

Алгоритм побудови онтології:

складання повного й несуперечливого логічного опису ПрО;

формування безлічі висловлень $Q = \{q: A \rightarrow V\}$;

формування об'єктів на основі правил з безлічі $R = \{r: S \rightarrow S\}$;

установка ієрархії об'єктів (побудова дерева логічного ухвалення рішення, таксономії об'єктів).

Системи правил і фреймів є основним способом синтезу й подання безлічей (планів) відносин на безлічі об'єктів. Фактор, що впорядковує

об'єкти (частковий порядок) і перетворює їх в цілеспрямовану систему, – це відображення g .

Класи становлять самоорганізуючу сукупність для роботи функціональної системи.

Зауваження 2. Частковий порядок об'єктів здійснюється в результаті, коли консеквент одного правила, наприклад p_1 , утримується в антецеденті правила p_2 , тоді об'єкт 2 старше об'єкта 1.

Машина висновку складається з двох частин: перша частина – аналізатор правил, друга – механізм, що дозволяє наділити безліч S певною структурою. Наприклад, найпростіша структура – це лінійна, що дозволяє для визначення деякого факту або ситуації встановити ланцюжок застосувань перетворень із S :

$$r_0 \rightarrow r_1 \rightarrow r_2 \rightarrow \dots r_{n-1} \rightarrow r_n.$$

Отут r_0 – початкове правило, а r_n – результуюче правило, що визначає результат функціонування функціональної системи, а сам ланцюжок правил – траєкторія функціональної системи.

Для того щоб машина висновку змогла виконати елементарніший крок, вона повинна спочатку активізувати аналізатор правил, на вхід якого подається поточне правило. Якщо правило застосовне (значення антецедента істинно), то аналізатор правил конструює новий факт або нову ситуацію. У протилежному випадку правило не розглядається. У функції аналізатора правил входять:

1. Виконати синтаксичний аналіз антецедента правила.
2. Обчислити булевське значення антецедента правила.
3. Якщо значення антецедента істинно, то сформулювати факт або ситуацію залежно від консеквентна правила.

Слід помітити, що консеквент правила звичайно є одним висловленням. У випадку, якщо консеквент має кілька висловлень, то формула (6.3) застосовується до кожного висловлення й у результаті виходить найпростіша ситуація – кон'юнкція фактів.

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 [16; 17].

Важлива роль атрибутів полягає в тому, що вони задають відносини між об'єктами онтології, наприклад, значенням атрибута є інший об'єкт. Таким чином, породжується зв'язок, вкладеність об'єктів один в одиний.

6.3. Технічна реалізація онтології

Для подання атрибутів (властивостей) використовується така модель: $\langle N D K_1 K_2 A \rangle$. Тут N – лексема атрибута. Елемент D – домен атрибута. Елемент K_1 – це значення функції $\mu : Q \rightarrow [0, \dots, 1]$, що дозволяє інтерпретувати висловлення q з погляду його істинності. Елемент K_2 характеризує значущість атрибута (функція $\theta : Q \rightarrow [0, \dots, 1]$). Елемент A характеризує аргументованість атрибута (додаткова інформація експерта про атрибут).

Для подання правил використовується така модель: $\langle N L S1 \rightarrow S2 K_1 K_2 A \rangle$. Тут N – лексема правила. Елемент L – логічна умова правила (логічний вираз, що приймає істинне або хибне значення). $S1 \rightarrow S2$ – ядро правила ($S1$ – антецедент, $S2$ – консеквент). Елемент K_1 характеризує ступінь упевненості експерта в істинності ситуації $S2$. Елемент K_2 характеризує значущість правила. Елемент A характеризує аргументованість правила.

Для подання фреймів використовується така модель: $\langle N S G U K_1 K_2 A \rangle$. Тут N – лексема фрейму. Елемент S – слот (атрибут). Слот може містити не тільки конкретне значення атрибута, але також ім'я процедури (сервісу), що дозволяє обчислити це значення за заданим алгоритмом. Сервіси автоматично запускаються при звертанні до відповідного слота. Слоти – об'єкти або інші фрейми. Елемент G – цільовий слот (викликає сервіс для формування об'єкта). U – покажчик спадкування. Він показує, яку інформацію про атрибути активної бази знань успадковують слоти з аналогічними атрибутами в даному фреймі. У системі "КАРКАС" символ "н" означає, що значення слота успадковується. Дії покажчика спадкування полягають у наступному: якщо в результаті роботи машини висновку утворився деякий факт, то всі фрейми, що утримують слоти з ім'ям атрибута у факті й із сервіса ЗАМІЩЕННЯ, одержують значення атрибута з факту. Машина висновку використовує і ряд інших сервісів: СУМА, УВЕДЕННЯ, СУМА ЗНАЧЕНЬ,

ВИЗНАЧИТИ. Елемент K_1 характеризує ступінь упевненості експерта в істинності значення цільового слота. Елемент K_2 характеризує значущість фрейму. Елемент A характеризує аргументованість фрейму.

6.4. Машина висновку

Машина висновку – програмний сервіс, що моделює алгоритм міркувань з метою одержання нових фактів із БЗ для вирішення завдання. Машина висновку має кілька режимів і різних методів висновку: зворотний логічний висновок (від гіпотез до даних) установлень за замовчуванням, він реалізований у вигляді рекурсивної процедури; прямий висновок (від даних до гіпотез); баєсовський висновок (застосування формули Баєса); нейлоровський висновок (застосування алгоритму ціни свідчень).

"Дошка оголошень" (модуль машини висновку системи "КАРКАС") служить як для реєстрації проміжних результатів, так і для керування логічним висновком.

Машина висновку реалізує алгоритм упорядкованого вибору цілей, аналізу правил і взаємодії з користувачем для знаходження основної мети консультації. Як позначка може виступати будь-який об'єкт. На початку консультації машина висновку знімає з "дошки оголошень" активні об'єкти, створює, якщо це необхідно, заключне правило й починає формувати список гіпотез для перегляду класів БЗ. При перегляді класів їхні об'єкти одержують статус підцілі. Відповідно до структури класу машина висновку визначає ієрархію міркувань, що приводять до знаходження значення підцілі. У випадку, якщо значення підцілі не знайдене, то користувачеві пропонується ввести його.

Метазнання про БЗ представлені метаправилами, які переглядаються машиною висновку в прямому напрямі, тобто від утворених фактів, аналізованих за допомогою "дошки оголошень", до активізації потрібних класів або розробки 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 змінюється відповідно до стратегії експерта.

В архітектурі системи "КАРКАС" можна виділити такі основні модулі (агенти): завантажувач; візуальний редактор для розробки онтології; модуль консультації; модуль кластеризації даних.

Завантажувач здійснює запуск системи й координує взаємодію всіх модулів. Візуальний редактор для розробки онтології надає методи доступу до знань. Для цієї мети використовується гібридне подання знань, що включає правила й фрейми. Модуль консультації містить такі компоненти: машину висновку (вибір правил і фреймів з онтології), блок пояснення, аналізатор тестів, "дошку оголошень", монітор бази фактів. Модуль кластеризації даних дозволяє здійснювати інтерактивну й інтелектуальну класифікацію багатовимірних даних. Для тестування знань використовуються генератор тестів і монітор викладача.

Модулі системи представлені у вигляді програмних пасивних агентів (взаємодія їх здійснюється за допомогою масивів параметрів і через загальну пам'ять комп'ютера). Середовище їхньої взаємодії – це система "КАРКАС".

Такі компоненти, як візуальний редактор БЗ, машина висновку, блок пояснення, є загальними для перерахованих модулів і виступають агентами для функціонування модулів.

У системі виділені два режими використання: режим когнітолога – фахівця, який моделює онтологію ПрО і конструює БЗ, і режим проблемного фахівця; іншими словами кваліфікація користувача недостатньо висока, і тому він потребує допомоги й підтримки своєї діяльності з боку системи.

Функції, реалізовані в системі, подані в табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Функції системи "КАРКАС"

№	Опис функції
1	Побудова онтології ПрО: класів, їх екземплярів (об'єктів), атрибутів
2	Часткове впорядкування класів і їхня візуалізація у вигляді дерева об'єктів
3	Використання технології Microsoft agent (агенти merlin, reedy та ін.)
4	Застосування мовного інтерфейсу, анімованих персонажів для пояснення користувачеві про те, як і чому сформований факт під час консультації
5	Створення метаправил за допомогою "дошки оголошень"

У режимі навчання й тестування застосовуються такі функції:
імпорт і експорт запитань і відповідей для створення тестів (типи файлів: txt, xls);
використання візуальних запитань (користувач може вибрати відповіді на зображенні);
настроювання параметрів тестування;
візуалізація оцінок тестування під час консультації;
аналіз статистики тестування.

6.5. Візуальний редактор БЗ

Візуальний редактор БЗ – це програмний модуль, що надає когнітологу можливість створювати БЗ в інтерактивному режимі. Редактор містить у собі шаблони мови подання знань (продукції, фрейми), підказки й інші сервісні засоби, що полегшують роботу з базою.

Редактор БЗ допомагає експертові або інженерові по знанням легко модифікувати й перевіряти БЗ.

Редактор БЗ містить синтаксичний контроль логічної умови для продукції.

На допомогу користувачеві для синтаксичного контролю введення атрибутів ПрО і їх значень в антецедентах продукції запропонований механізм вибору їх зі списку, що випадає.

Візуальний редактор БЗ дозволяє клонувати продукцію. Створюється правило для клонування. Наприклад, антецедент продукції містить чотири атрибути, число варіантів для першого атрибута дорівнює 3, відповідно для другого – 5, для третього – 4, для четвертого – 2 і консеквент має один об'єкт. Тоді в результаті клонування цього правила система створить 120 варіантів різних комбінацій правил. Когнітологу потрібно тільки видалити непотрібні правила.

У системі "КАРКАС" 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 формули Баєса для формування апіорних імовірностей, які застосовуються при побудові бази знань, що використовують висновок, засноване на методі Баєса. Застосування

коефіцієнтів фактора впевненості відповідей дозволяє під час тестування використовувати математичний апарат нечітких безлічей для адекватного відображення знань на шкалі оцінок.

У системі "КАРКАС" використовуються два класи реалізованих видів продукції й фрейми. Клас – це шаблон, на основі якого створюються екземпляри класу. Таким чином, онтологію можна також представити як сукупність взаємодіючих об'єктів.

6.6. Агент пояснення

Агент пояснення – це програмний модуль, що пояснює хід міркування й прийнятих рішень машиною висновку. Агент дозволяє користувачеві (когнітологу) одержати відповіді на запитання: "Як було отримане те або інше рішення?". Алгоритм заснований на трасуванні машини висновку. Можливі такі запити до агента: "Як утворений факт?", "Чому спрацювало правило?" Агент розвертає дерево ухвалення рішення. Агенту доступні вчасні консультації.

Агент реалізує принцип ретроспективного міркування – він пояснює, як машина висновку досягла конкретного стану бази фактів (БФ). Наприклад, користувач може побажати довідатися, чому машина висновку має потребу у відповіді на запитання, щойно поставлене, або як і чому утворений факт. Агент може вивести запитання з варіантами відповідей або виконати виведення і простежити ланцюжок правил і фреймів, що приводить до факту.

Агент може виконати гіпотетичні міркування: користувач може ввести або змінити факт, і машина висновку показує, що може бути отримане в БФ у такому випадку.

Використання агентів дає можливість більш точно моделювати діалоги в процесах консультації, навчання, тестування, налагодження БЗ.

6.7. Засоби налагодження БЗ

Трасування машини висновку надає користувачеві можливість стежити за її діями: у режимі перегляду БФ виводяться послідовні кроки консультації, імена правил і фреймів, які були активізовані. Є можливість відкорегувати факт, переглянути варіанти відповідей на поставлене

запитання, простежити причинно-наслідковий зв'язок, зробити виклик правил і фреймів.

Режим налагодження консультації надає можливість переглянути додаткові параметри обробки правил і фреймів, що забезпечує систему переривань консультаціями для аналізу роботи машини висновку.

Надається можливість вибору мети (об'єкта онтології) консультації для локального тестування частини онтології предметної області.

Режим автоматичного тестування БЗ дозволяє виявити помилки, несумісність рішення завдання. Для користувача ці можливості корисні в тих випадках, коли БЗ перевіряється на повноту й несуперечність, коли БЗ модифікується (поповнюється або переглядається). Інакше кажучи, система здійснює контроль над зміною БЗ із позиції пошуку яких-небудь помилок.

Режим таксономії (фільтрації) БЗ дозволяє розбити онтологію на класи й встановити фільтрацію класів.

Зауваження 3. Фільтрація класів важлива для зворотного логічного висновку. Порядок розташування правил у класах значення не має.

Якщо машина висновку під час консультації не може знайти інформацію (атрибут, об'єкт, правило, фрейм), то вона запитує її у користувача, при цьому вказується причина.

6.8. Консультаційний режим

Консультаційний режим – це інтерактивний режим експлуатації системи, при якому користувач просувається до рішення завдання. Модуль, що реалізує цей режим, забезпечує ведення діалогу з користувачем, у ході якого система запитує в користувача необхідні факти для процесу міркування; надає можливість користувачеві деякою мірою контролювати й коректувати хід міркувань.

Алгоритм створення БЗ на основі системи "КАРКАС" складається з таких кроків:

1. Побудувати онтологію ПрО: визначити класи, об'єкти та їхні зв'язки; визначити атрибути (властивості); визначити цілі й підцілі; визначити критерії оцінювання (скласти список); скласти список значень, які може приймати кожний із визначених атрибутів; вибрати спосіб визначення ступеня впевненості.

2. Виконати ідентифікації Про.
3. Побудувати концептуальну модель Про.
4. Вибрати логічний висновок на основі проведеного вище аналізу.
5. Виконати формалізацію БЗ.
6. Протестувати БЗ.

Таким чином, за допомогою системи "КАРКАС" розроблений ряд прототипів експертних систем у таких предметних областях: медицина, економіка, мобільний зв'язок і кластерний аналіз багатовимірних даних [16; 17].

6.9. Модель функціональної системи для визначення компетентності

Компетенція – це сукупність поведень, що є результатом знань, умінь, навичок і особистих якостей студента, які необхідні йому для успішного виконання необхідних завдань.

Компетентність – це володіння студентом відповідною компетенцією, що містить його особисте ставлення до предмета діяльності.

Функціональна система компетентності (ФСК) – це система, сформована для досягнення заданого корисного результату (компетентності) у процесі свого функціонування.

Розробка моделі компетентності в системі "КАРКАС" припускає такі етапи:

1. Побудова онтології предметної області.
2. Кваліметрія (ентропія) інтелектуальної й практичної компетентностей.
3. Тестування онтології.

Модель компетентності – це перелік компетенцій із конкретними показниками їхніх проявів у професійній діяльності. У модель входять компетенції, що найбільш важливі для студента з інформатики.

Ефективна модель припускає розробку профілів компетенцій – наборів компетенцій для різних рівнів вивчення інформатики у ВНЗ (наприклад, перший курс фінансового факультету – ЗУН (знання, уміння, навички) зі MS Office та Інтернет-технологій, другий курс фінансового факультету – ЗУН зі СУБД Access і MySql та Інтернет-технологій і т. д.). Приклад ієрархічної моделі ФСК з інформатики наведений на рис. 6.3, в

якій виділені функціональні підсистеми, що визначають відповідні ключові компетенції.

Алгоритм побудови ФСК у системі "КАРКАС":

1. Описати компетенції, необхідні студентам для предметної області.
2. Розробити кваліметрію інтелектуальної й практичної компетенцій.
3. Проаналізувати ефективність кваліметрії (при необхідності внести коректування).
4. Виділити ключові компетенції.
5. Побудувати модель компетенції з предметної області: визначити компетенції для кожного розділу дисципліни; побудувати орієнтований граф зв'язків компетенцій.
6. Розробити методи оцінювання компетенції (інтерв'ю, тести, ситуаційні завдання, бізнес-симуляції).
7. Побудувати онтологію предметної області (увести атрибути, об'єкти, встановити відносини між об'єктами (написати правила й фрейми).
8. Зробити тестування бази знань.

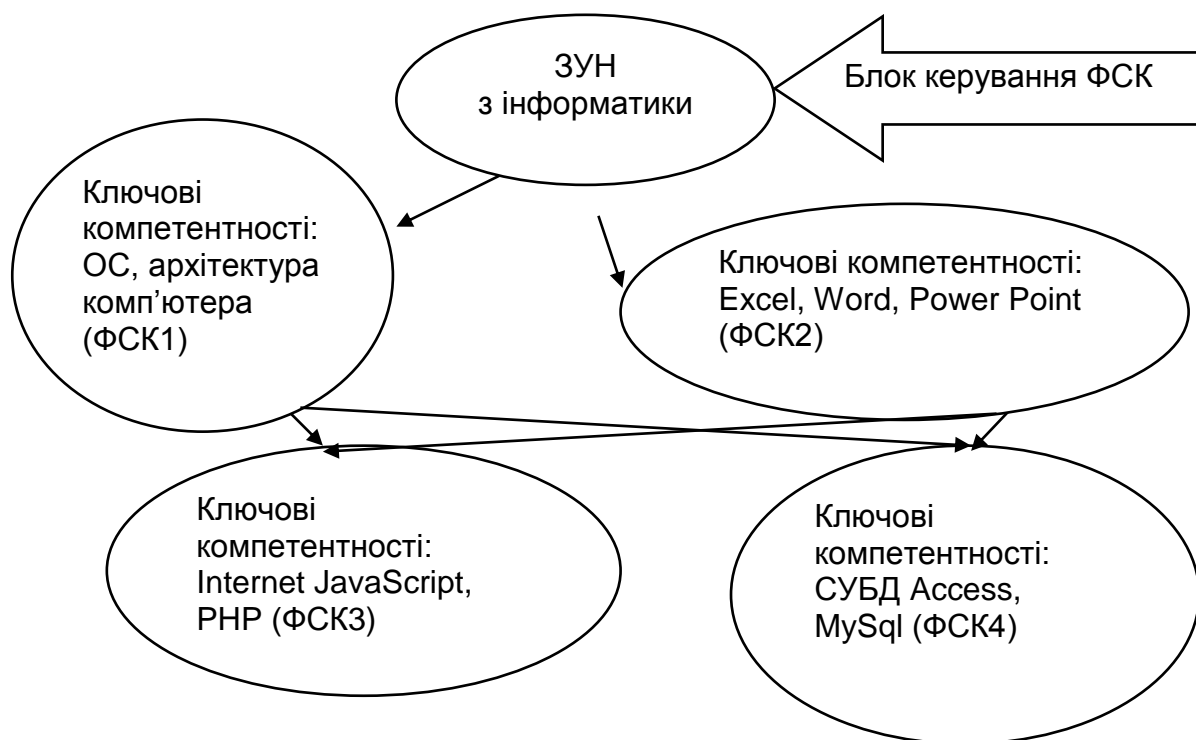


Рис. 6.3. **Модель формування компетентності студента з інформатики в системі "КАРКАС"**

Для ФСК по MS Excel виділені такі ключові компетентності:
інтерфейс Excel (x1);
обробка введених даних (x2);
форматування (x3);
формули, імена осередків, посилання (x4);
діаграми (x5);
макроси, зведені таблиці (x6);
консолідація (x7);
різне (x8).

Число можливих логічних рішень для якісної оцінки ступеня компетентності дорівнює $280 = 8$ (об'єкти) \times 5 (рівень компетентності) \times 7 (ступінь компетентності). Тест для поцифрування компетентностей містить понад 300 запитань.

На рис. 6.4 наведене дерево цілей ФСК по MS Excel.

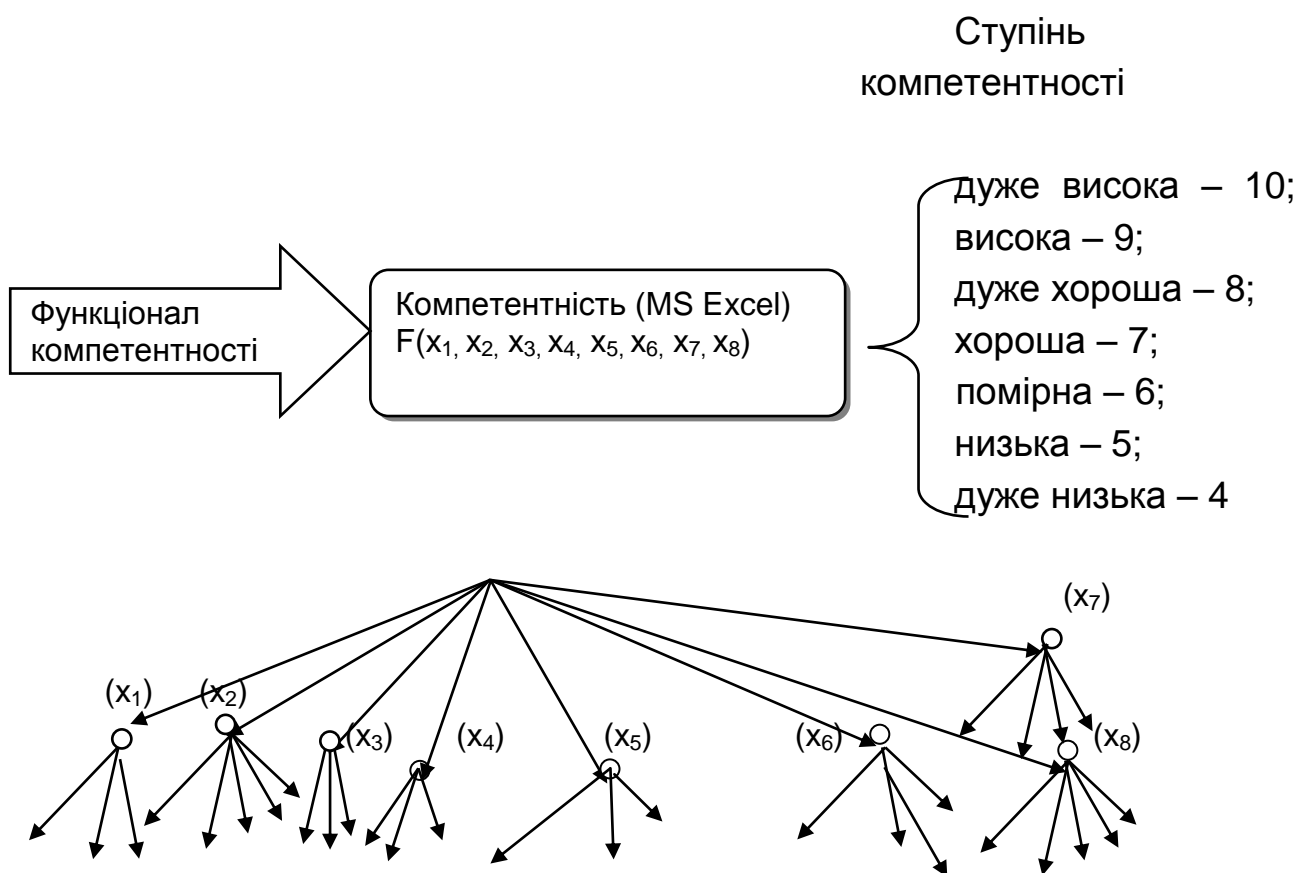


Рис. 6.4. ФСК по MS Excel (дерево цілей)

6.10. Модель збурювання правил бази знань

Нехай $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – безліч атрибутів предметної області, $D_{j\ t=0}$ – домен (безліч можливих значень $a_j \in A$ у момент часу $t = 0$, $D_{j\ t=n}$ – домен (безліч можливих значень $a_j \in A$) у момент часу $t = n$. Причому потужність домена може як збільшуватися, так і зменшуватися.

За замовчуванням, можна вважати, що факт $f_{t=0}$ утворений у момент часу $t_0 = 0$. Якщо в момент часу $t = t_1$ вибирається інше значення з домена атрибута, слід позначити його f_{t_1} , і у всіх правилах БЗ відбувається заміна факту f_{t_0} на f_{t_1} , то таку дію над БЗ можна назвати збурюванням ФС у момент часу $t = t_1$. Можна помітити, що збурення вузьке, оскільки при ньому логічна структура ФС і послідовність розташування правил у БЗ не змінюється.

Таким чином, одержано стан ФС у момент часу $t = t_1$. Це стан можна зберегти, записавши його в окремий файл, провести тестування й проаналізувати хід консультації на предмет змістовності БЗ у момент часу $t = t_1$. Якщо експерт вважає, що стан БЗ у момент $t = t_1$ важливий, то він може рекомендувати користувачеві БЗ для експлуатації. Якщо ні, то можна збурити ФС у момент часу $t = t_2$ і повторити попередні кроки. Потім можна активізувати інший атрибут і проаналізувати зміни БЗ.

У результаті таких спеціальних обурень БЗ еволюціонує й експерт може знайти когнітивну ситуацію, що не була їм виявлена при складанні БЗ. Такі збурювання БЗ використовуються на стадії її настроювання.

Можна визначити ситуацію s_{t_0} у момент часу $t = t_0$ як набір фактів, пов'язаних між собою знаками кон'юнкції, диз'юнкції або заперечення. Наприклад,

$$s_{t_0} = f_{1\ t_0} \ \& \ f_{2\ t_0} \ \cup \ (\neg f_{3\ t_0}).$$

Необхідно позначити через $S = \{s\}$ безліч усіх ситуацій предметної області й $p: S \rightarrow S$ – деяке перетворення безлічі S на себе. Слід розглянути ітерації цього відображення, тобто результати його багаторазового застосування. Можна вважати, що довільна точка $s_0 \in S$ у момент часу $t = t_0$ за час $t_1 = 1$ переходить у точку $s_1 = p(s_0) \in S$. Тоді за час $t_2 = 2$ ця точка перейде в точку $s_2 = p(s_1) = p(p(s_0))$ і т. д. У результаті цих перетворень одержано траєкторію еволюції стану БЗ.

6.11. Основні характеристики модулів навчання й тестування системи "КАРКАС"

Програмна реалізація системи "КАРКАС" для навчання й тестування 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, встановлення зв'язку з ним і одержання оцінок його тестування), а основна частина додатка (машина висновку, пояснення, база знань) перебуває на клієнті.

Система "КАРКАС" дозволяє ефективно:

створювати тести;

проводити тестування як на окремому комп'ютері, так і по локальній мережі;

видавати за кожним тестуванням детальний протокол і здійснювати аналіз результатів тестування;

формувати відомості результатів тестування, які можуть бути використані для зберігання інформації про атестацію, блоковий контроль, іспити;

працювати в інтеграції з пакетом Microsoft® Office (Word, Excel, PowerPoint);

використовувати підказку й навчальні блоки по роботі з нею (презентації в стилі MS PowerPoint);

використовувати технології Microsoft Agent і Microsoft Speech API для супроводу тестування й під час навчання контенту;

настроювати індивідуальні стратегії для тестування: вибір тем; формування тестів за темами; використання датчика випадкових чисел для тестів; використання коефіцієнтів вагомості запитань;

адаптувати тест за рівнем знань під час тестування (як убік підвищення значущості запитань, так і в протилежний бік);

інтерпретувати результати тестування за допомогою діаграм: поточної оцінки; розподілу правильних і неправильних відповідей; статистики відповідей, модифікованих осіб Чернова;

формувати тести динамічно, згідно зі стратегіями викладача й правилами БЗ.

Для створення тесту запитання повинне мати таку структуру:

Назва запитання (атрибут):

для української мови ключове слово "Запитання";

для російської мови ключове слово "Вопрос".

Назва запитання починається із ключового слова, а далі може йти довільний текст. Текст запитання набирається за бажанням користувача або копіюється з буфера обміну. Відповіді набираються у вікні, розташованому нижче вікна відповіді. В одному рядку відповіді може розташовуватися до 255 символів. Кількість відповідей на одне запитання може бути до 99.

Текст відповіді набирається в першому стовпці. Кожна відповідь забезпечується коефіцієнтами впевненості:

Cf1 – призначений для ідентифікації відповіді (правильна відповідь відзначається – 1, неправильна – 0);

Cf2 – призначений для ідентифікації складності відповіді (значення Cf2 > 0 означає збільшення складності відповіді при її істинності, а Cf2 < 0 – зменшення складності відповіді при її хибності). Коефіцієнти впливають на оцінки з тесту. Загальний вигляд редактора БЗ наведено на рис. 6.5.

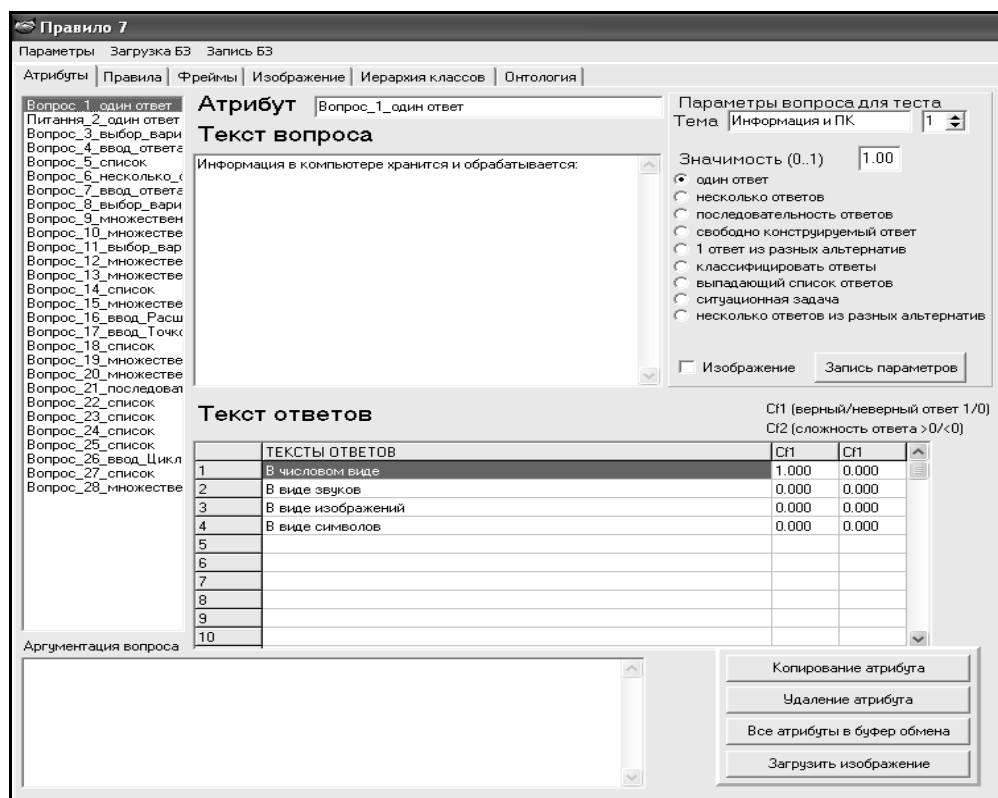


Рис. 6.5. Загальний вигляд редактора БЗ

Кожна відповідь може супроводжуватися зображенням (формат bmp – редагується й за допомогою різнобарвних дисків на малюнку позначаються відповіді).

Типи відповідей на запитання:

0 – з однією правильною відповіддю;

1 – з безліччю правильних відповідей;

2 – урахується послідовність розташування відповідей;

3 – вільно конструйована відповідь (користувач уводить відповідь з клавіатури);

4 – вибір варіантів відповідей (користувачеві пропонується кілька стовпців відповідей і він повинен вибрати по одній правильній відповіді з кожного стовпця). Оцінка виставляється за обраними правильними варіантами відповідей;

5 – класифікація відповіді (користувачеві пропонуються відповіді віднести до двох класів);

6 – список відповідей (користувачеві пропонується вибрати зі списку, що випадає, варіанти відповідей);

7 – ситуаційне завдання (при виборі правильної відповіді задається уточнююче запитання щодо обраної відповіді);

8 – кілька відповідей із різних альтернатив (користувачеві пропонується кілька стовпців відповідей, і він може вибрати кілька правильних відповідей з кожного стовпця). Оцінка виставляється за обраними правильними варіантами відповідей.

6.12. Модель формування компетентності за темою "Дистанційне навчання"

Вивчення теми "Дистанційне навчання" дозволить студентам отримати теоретичні знання та практичні компетенції щодо роботи в системах дистанційного електронного навчання та системи Moodle, що використовується в ХНЕУ.

Основною перевагою використання СДН Moodle для студента є постійний доступ до всіх елементів електронного курсу та можливість використовувати ресурси, виконувати завдання, спілкуватися з іншими студентами курсу в зручний час лише з використанням Інтернету. СДН Moodle дозволяє організувати співпрацю викладача й студентів, які розділені територіально.

Після вивчення зазначеної теми студент повинен володіти такими компетентностями:

знання недоліків та переваг дистанційного навчання;

знання основних організаційних засад дистанційного навчання;

вміння обирати шлях навчання в дистанційному навчанні;

вміння працювати в системі дистанційного навчання Moodle, яка використовується в ХНЕУ.

У предметній області "Дистанційне навчання" були виділені такі теми:

визначення дистанційного навчання та інших термінів, що пов'язані з ним;

недоліки та переваги дистанційного навчання для студентів;

системи та засоби дистанційного навчання;

принципи роботи в системах дистанційного навчання на прикладі СДН Moodle.

Відображення компетентності студентів у вимірюваних значеннях виконується за допомогою модуля тестування системи "КАРКАС" за результатами 15 запитань. Сформовано досить широкий спектр можливих рівнів компетентностей: дуже низька, низька, помірна, хороша, дуже хороша, висока та дуже висока компетентність.

6.13. Модель формування компетентності за темою "Інтернет-технології"

У предметній області "Інтернет-технології" були виділені такі теми:

принципи побудови та організація комп'ютерних мереж;

основні поняття та принципи роботи в мережі Інтернет;

електронна пошта;

пошукові системи.

Відображення компетентності студентів у вимірюваних значеннях виконується за допомогою модуля тестування системи "КАРКАС" за результатами 78 запитань: за темою "Принципи побудови та організація комп'ютерних мереж" сформовано 26 запитань; за темою "Основні поняття та принципи роботи в мережі Інтернет" – 35 запитань; за темою "Електронна пошта" – 7 запитань, а за темою "Пошукові системи" – 10 запитань. Сформовано досить широкий спектр можливих рівнів компе-

тентності: дуже низька, низька, помірна, хороша, дуже хороша, висока та дуже висока компетентність.

Тестування в системі "КАРКАС" відбувається на базі знань. Для визначення рівня компетентності в системі "КАРКАС" розроблені правила та фрейми (рис. 6.6 і 6.7).

Правила визначення компетентності формуються таким чином:

Правило 1. А#.

ЯКЩО

А Оцінка [] 0..3

ТО

Компетентність = Дуже низька (0 – 3)

Правило 2. А#.

ЯКЩО

А Оцінка = 4

ТО

Компетентність = Низька (4)

Правило 3. А#.

ЯКЩО

А Оцінка [] 5..6

ТО

Компетентність = Помірна (5 – 6)

Правило 4. А#.

ЯКЩО

А Оцінка [] 7..8

ТО

Компетентність = Хороша (7 – 8)

Правило 5. А#.

ЯКЩО

А Оцінка = 9

ТО

Компетентність = Дуже хороша (9)

Правило 6. А#.

ЯКЩО

А Оцінка = 10

ТО

Компетентність = Висока (10)

Правило 7. А#.

ЯКЩО

А Оцінка [] 11..12

ТО

Компетентність = Дуже висока (11 – 12).

Узагалі можна говорити про те, що ці правила побудовані відповідно до дванадцятибальної шкали оцінювання, що використовується в ХНЕУ, та національної п'ятибальної шкали.

Правила можуть бути застосовані як для оцінювання якоїсь загальної ситуації при роботі в системі "КАРКАС" (як у прикладі вище – для визначення компетентності студента), так і для відстеження якихось більш конкретних ситуацій. На рис. 6.6 наведено приклад, який дозволяє визначити компетентність студента відразу за результатами його відповіді на конкретне запитання тесту.

Параметры Загрузка БЗ Запись БЗ

Атрибуты Правила Фреймы Изображение Иерархия классов Онтология

Правило 8
Правило 12
Правило 9
Правило 1
Правило 2
Правило 3
Правило 4
Правило 5
Правило 6
Правило 7

Правило

ЕСЛИ

А#

АНТЕЦЕДЕНТ

	АТРИБУТ	ЗНАК	ЗНАЧЕНИЕ
A	Вопрос_102	=	реализация элементов учебного процесса с пом...
B			
C			
D			
E			

ТО КОНСЕКВЕНТ

	ОБЪЕКТ	ЗНАК	ЗНАЧЕНИЕ	Кэф.увер
A	Компетентность	=	Умеренная (5-6)	1.000
B				

Аргументация

Копирование правила
Удаление правила
В буфер обмена
Клонирование правила

Рис. 6.6. Правила визначення компетентності

На рис. 6.7 наведено фрейм 1, який дозволяє визначити послідовність проходження запитання тесту.

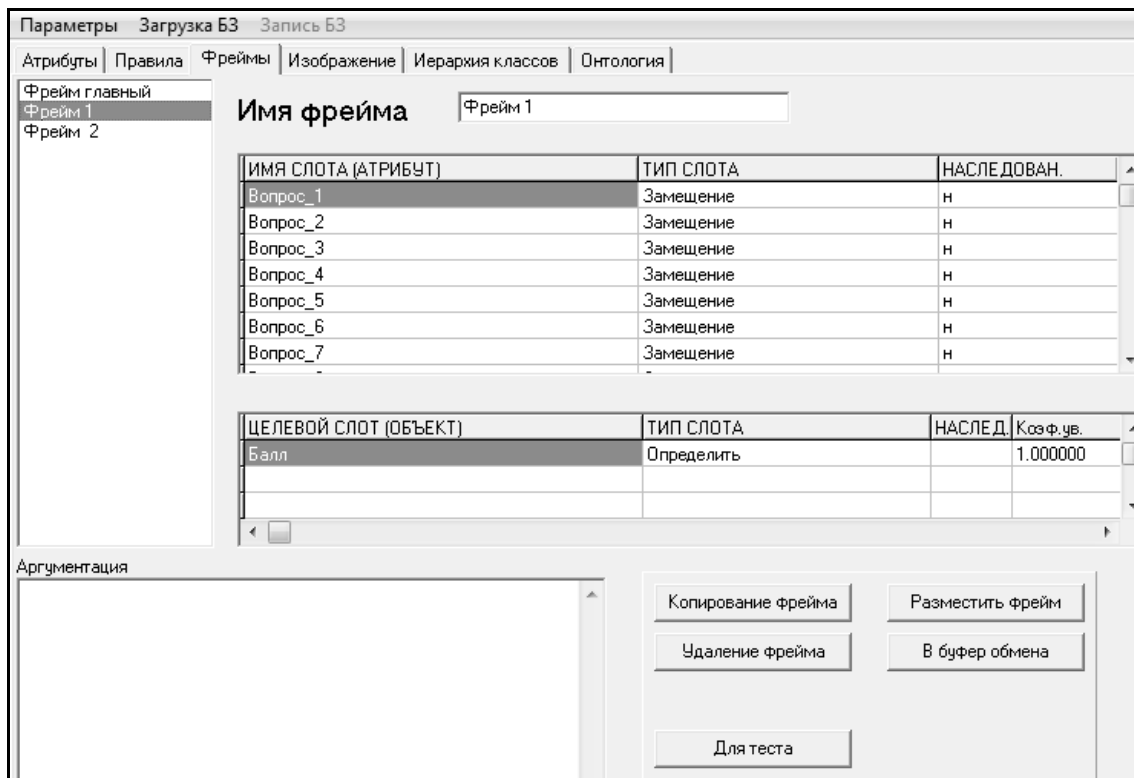


Рис. 6.7. Фрейм 1

У системі "КАРКАС" атрибут – це характеристика, що описує будь-що в об'єкті. Кожному атрибуту привласнюється унікальне ім'я, що позначає його зміст і значення. Атрибут може мати список можливих значень. Об'єкт може мати будь-яку кількість атрибутів.

На рис. 6.8 наведено вигляд атрибута. Він має назву, текст запитання, варіанти відповідей та настройки: декілька варіантів відповідей, правильні з яких позначено на рис. 6.8 у нижній частині екрана. Кожен атрибут відноситься до однієї з тем, виділених у рамках предметної області (наведено на рис. 6.8). Цей атрибут відноситься до теми "Недоліки та переваги".

Деякі з атрибутів, які можуть бути складними або дискусійними, можуть супроводжуватися поясненнями (на рис. 6.8 поле "Аргументація запитання" у нижній частині). Це поле призначено для пояснення логіки відповідей на запитання тесту для людини, яка навчається. Слід відзначити, що для кожного з правил необхідно ввести аргументацію, якщо правила будуть використовуватися не лише в режимі тестування, а й у режимі консультацій та отримання компетентностей.

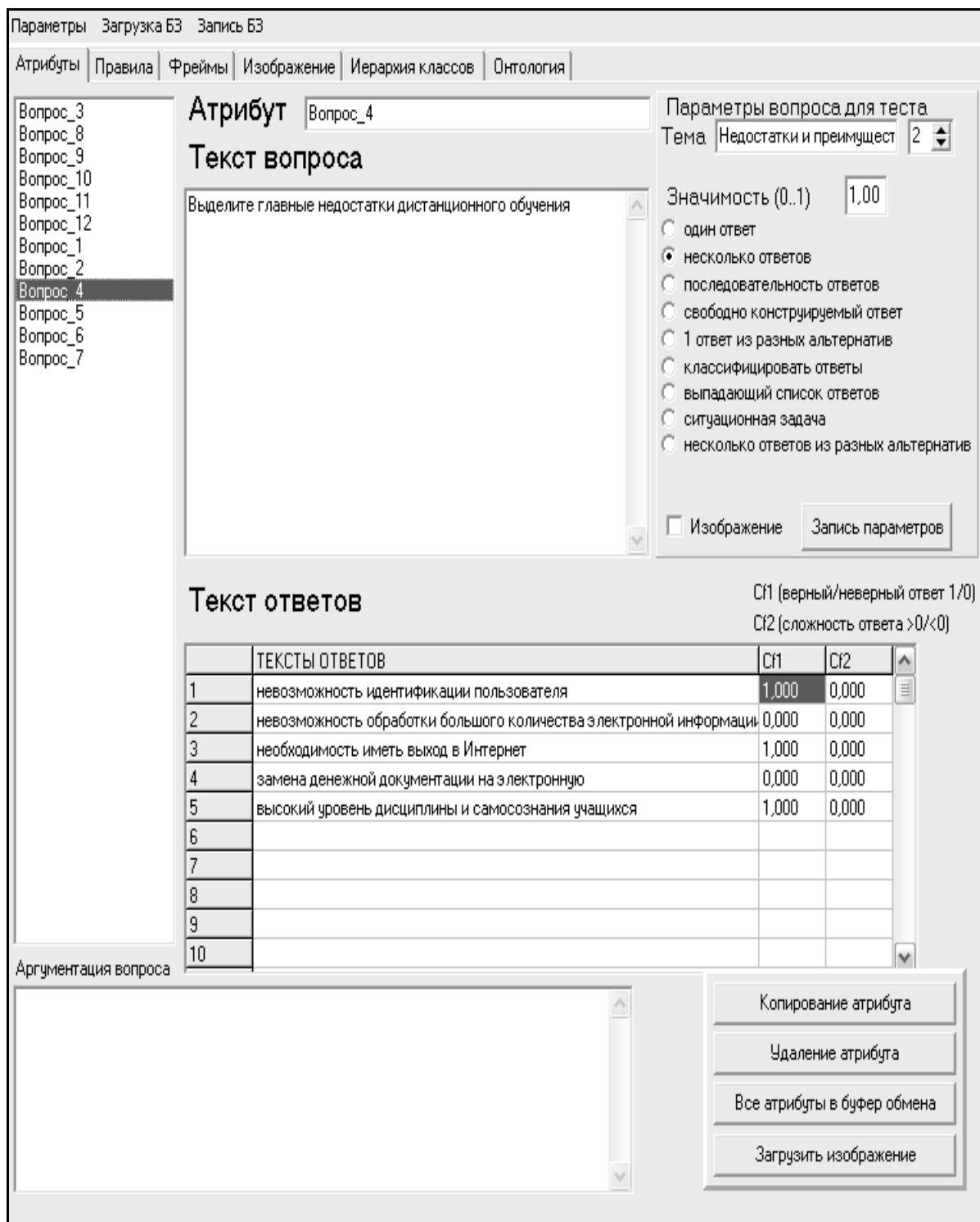


Рис. 6.8. Атрибут бази знань – перше тестове завдання

Приклад тестового завдання з аргументацією наведений на рис. 6.9.

Після створення правил та фреймів викладач має змогу перевірити правильність їх роботи шляхом тестування в різних режимах. Спочатку необхідно завантажити створену раніше базу знань та натиснути "БЗ тест".

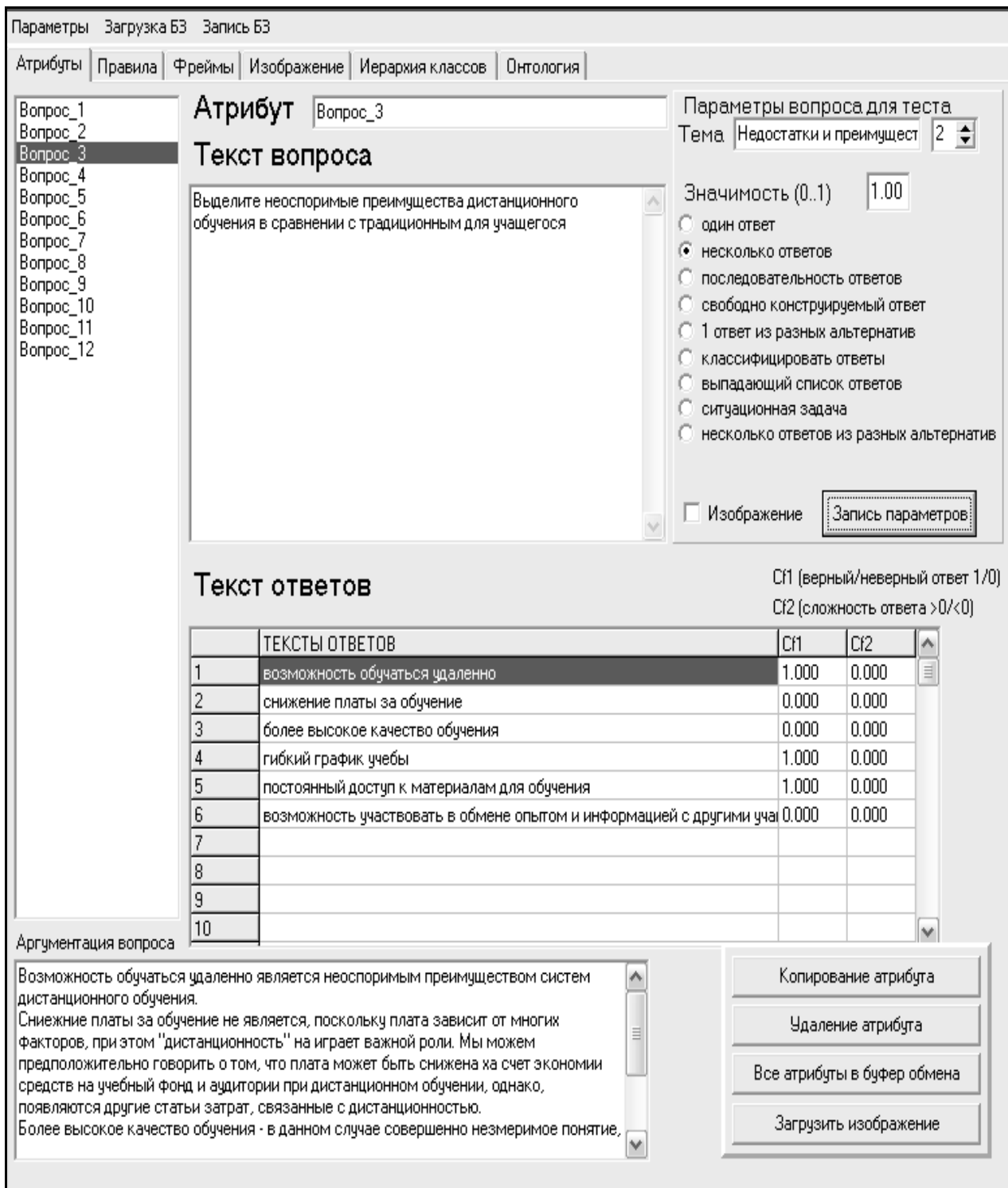


Рис. 6.9. Тестове завдання з аргументацією

Необхідно настроїти параметри тестування, натиснувши пункт меню "Позначка". Після цього у вікні тестування повинно з'явитися слово "Компетентність" (рис. 6.10), таким чином, метою системи є визначення компетентності з обраної предметної галузі.

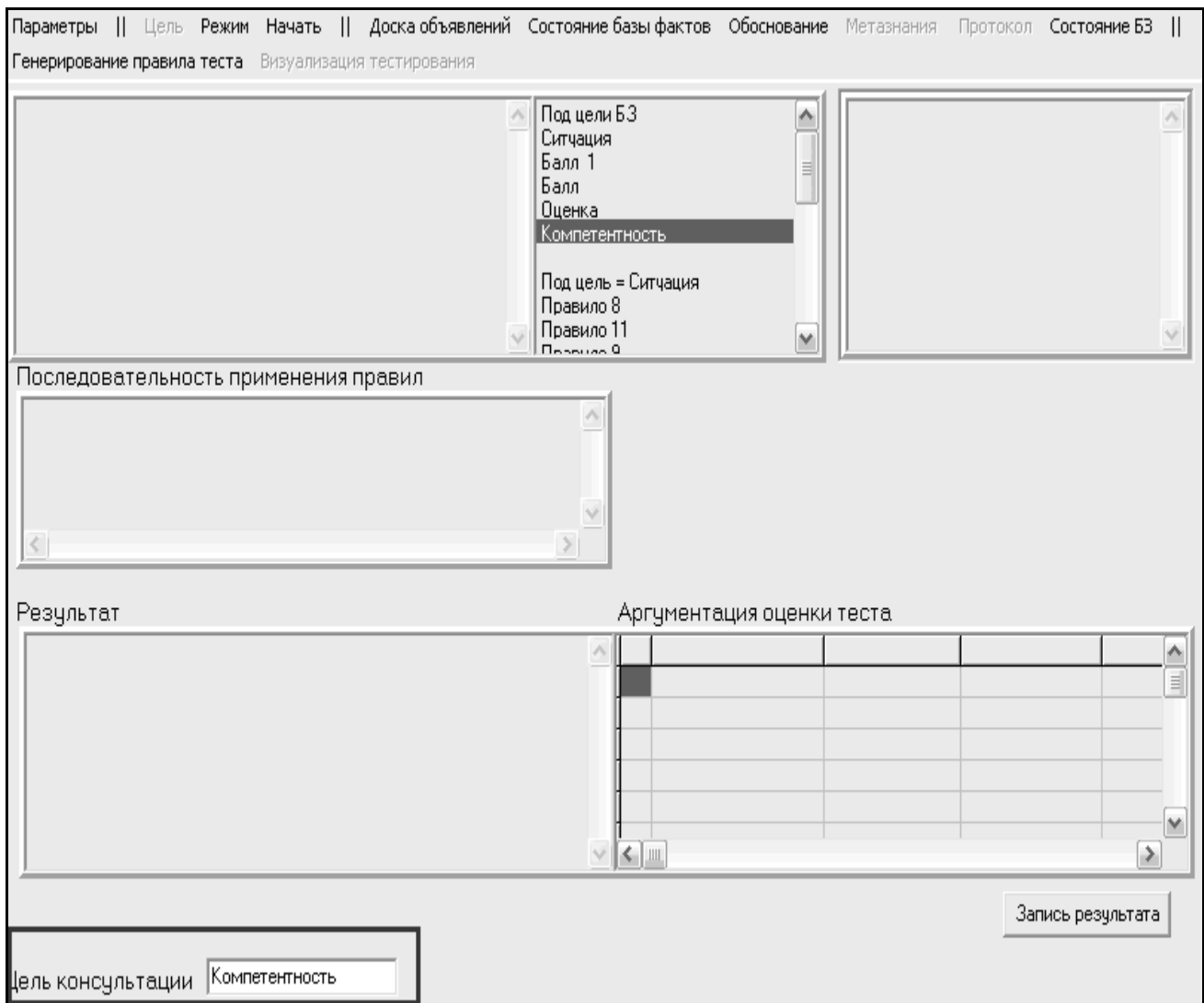


Рис. 6.10. Визначення мети тестування

За допомогою пункту меню "Режим" можна звернути режим тестування – з поясненням або без пояснення, а також тестування може виконуватися в режимі відладки.

Режим тестування без пояснення дозволяє пройти повне тестування без затримок і після закінчення отримати оцінку та загальний протокол результатів.

Режим тестування з поясненням дозволяє передивитися правильні відповіді після кожного з запитань та допоміжну графічно-аналітичну інформацію.

Можна також настроїти загальні параметри тестування, використовуючи пункт меню "Генерування правила тесту" (рис. 6.11).

Информация о тесте

Тема №3. Системы и средства дистанционного обучения. Число вопросов: 2
 Число вопросов (значимость) 2(1)
 Сложность ответов 1[0] 1[1]

Тема №4. Принципы работы в Moodle. Число вопросов: 6
 Число вопросов (значимость) 6(1)
 Сложность ответов 3[0] 3[1]

Уровень сложности ответов
 0 - единственный ответ;
 1 - несколько ответов;
 2 - разграничить ответы;
 3 - единственный свободно-конструированный ответ

Создание правила для тестирования

по всем темам Введите кол-во вопросов для создания правила 12 12

по теме

сборка по темам

"ручное"

Студент

Выбрать вопросы

Создать правило

<input type="checkbox"/> Вопрос_1 <input type="checkbox"/> Вопрос_2 <input checked="" type="checkbox"/> Вопрос_3 <input type="checkbox"/> Вопрос_4 <input type="checkbox"/> Вопрос_5 <input type="checkbox"/> Вопрос_6 <input checked="" type="checkbox"/> Вопрос_7 <input type="checkbox"/> Вопрос_8 <input checked="" type="checkbox"/> Вопрос_9 <input type="checkbox"/> Вопрос_10 <input type="checkbox"/> Вопрос_11 <input type="checkbox"/> Вопрос_12		ТЕМА: Системы и средства дистанционного обучения В чем заключаются отличия чата от форума? ОТВЕТЫ Чат является средством онлайн-общения, форум - оффлайн/1.000/0.000 Чат является средством оффлайн-общения, форум - онлайн/0.000/0.000 Чат позволяет общаться сразу нескольким людям, форум - не позволяет/0.000/0.000 Для чата обычно нехарактерна группировка по темам/1.000/0.000 А Р Г У М Е Н Т А Ц И Я
--	--	--

Рис. 6.11. Генерація правил тестування

Наприклад, на рис. 6.12 наведено приклад запитання з відображенням параметрів часу на конкретне запитання та тест загалом. На рис. 6.13 наведено графічний аналіз результату відповіді користувача на це запитання. Як видно, користувач дав неправильну відповідь. У правій верхній частині вікна наведено загальну тенденцію відповідей під час тестування, на даному етапі була дана відповідь лише на одне запитання. У нижній частині праворуч наведено інтуїтивно-графічне відображення обличчя, яке дозволяє зрозуміти, наскільки вдало були дані відповіді на тести. На потоковому етапі, зображеному на рис. 6.13, користувач більшою мірою наближений до негативного результату тестування.

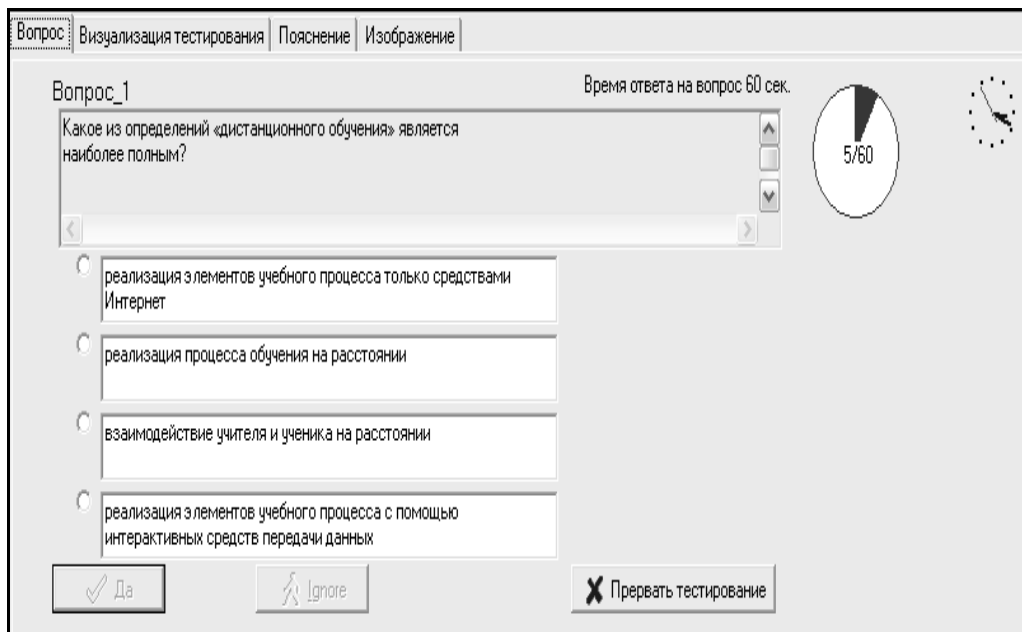


Рис. 6.12. Запитання в режимі тестування

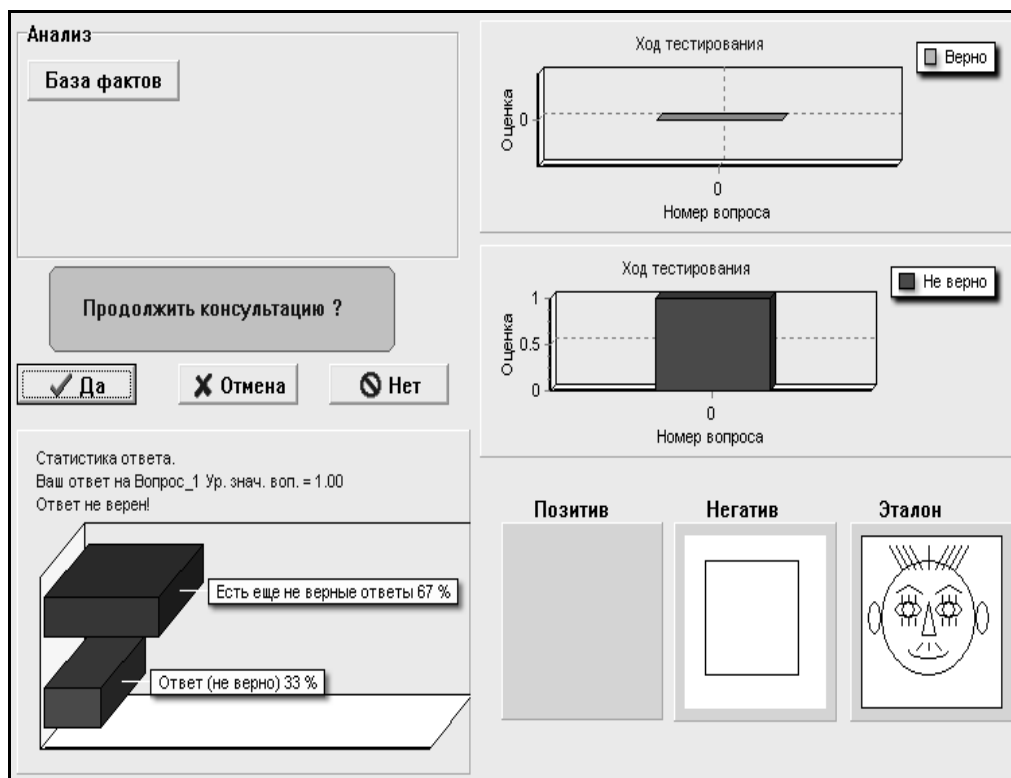


Рис. 6.13. Графічний аналіз запитання з неправильною відповіддю

Натиснувши кнопку "База фактів", що наведена на рис. 6.13, можна отримати більш детальну інформацію про запитання з бази фактів (рис. 6.14).

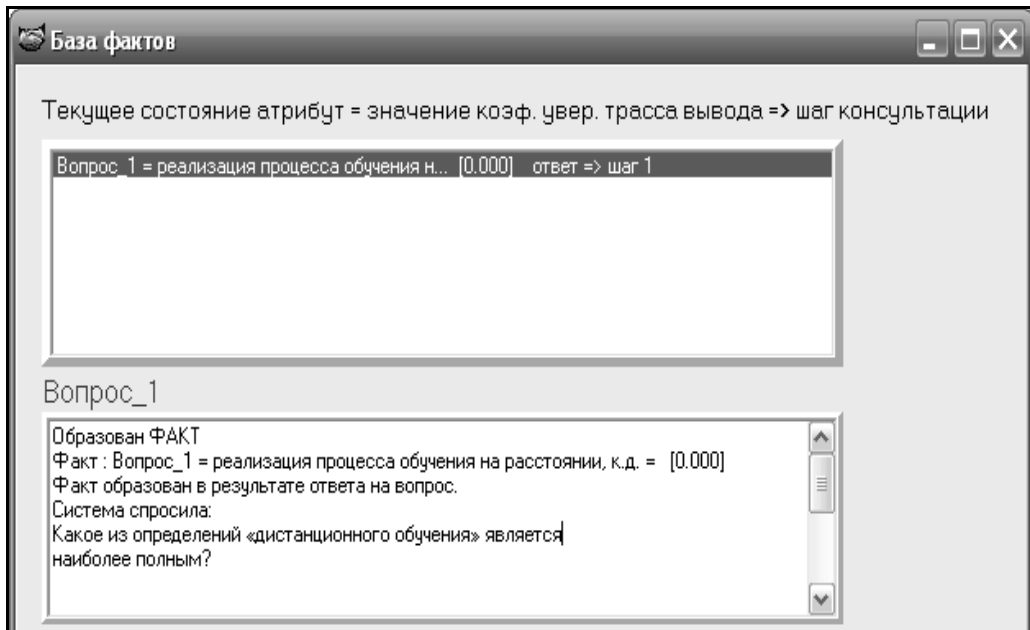


Рис. 6.14. Інформація з бази фактів про запитання під час тестування

Після завершення тестування можна переглянути загальний графічний результат (рис. 6.15). З нього можна побачити загальну динаміку тестування, а також роздруківку по кожному з запитань. Наприклад, можна побачити, що на запитання 4 було дана частково правильна відповідь.

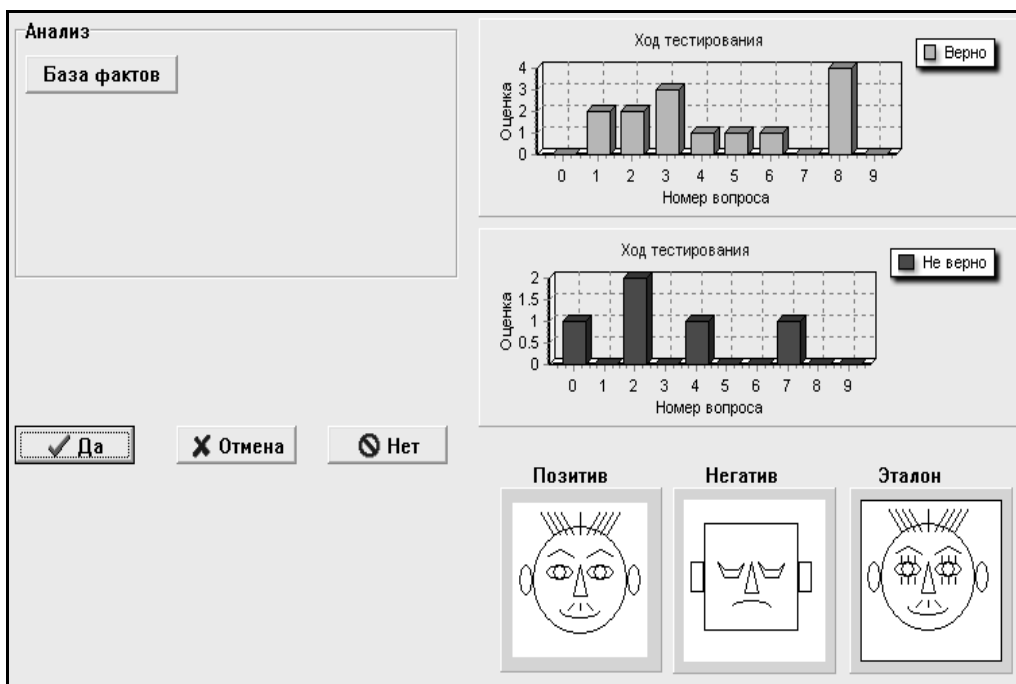


Рис. 6.15. Загальний графічний аналіз тестування

Таким чином, була розроблена база знань для системи "КАРКАС", яка дає змогу визначити рівень компетентності студентів за темами "Дистанційне навчання" та "Інтернет-технології".

6.14. Побудова бази знань компетентностей студентів за темою "Сайти та блоги"

Вивчення теми "Сайти та блоги" спрямоване на набуття студентами компетентностей щодо сучасних технологій створення, ведення, пошукової оптимізації сайтів та блогів.

Після вивчення зазначеної теми студент повинен володіти такими компетентностями:

- знання призначення, можливостей, архітектури сайтів та блогів;
- знання основних об'єктів сайтів та блогів, а також структури призначеного для користувача інтерфейсу;
- володіння технологією створення сайтів;
- володіння технологією створення та ведення блогів;
- знання методики пошукової оптимізації сайтів та блогів;
- знання сервісів створення сайтів та блогів;
- здатність швидко й оптимально вводити текстову й графічну інформацію на сайт і блог;
- здатність розміщення створеного сайта чи блога в мережі Інтернет.

Для перевірки компетентностей студентів за темою "Сайти та блоги" було розроблено 25 тестових завдань, що оцінюють знання теми за такими напрямками: архітектура блогів та сайтів, поняття блогосфери, пошукова оптимізація сайтів та блогів (SEO-оптимізація), мікроблоги, програмні платформи блогів та сайтів.

Тестування студентів за темою реалізується в програмному середовищі "КАРКАС".

У результаті проходження тестування визначається ступінь володіння темою (компетентність): дуже низька, низька, помірна, хороша, дуже хороша, висока та дуже висока компетентність.

Концептуальна модель визначення компетентності з теми "Сайти та блоги" наведена на рис. 6.16.

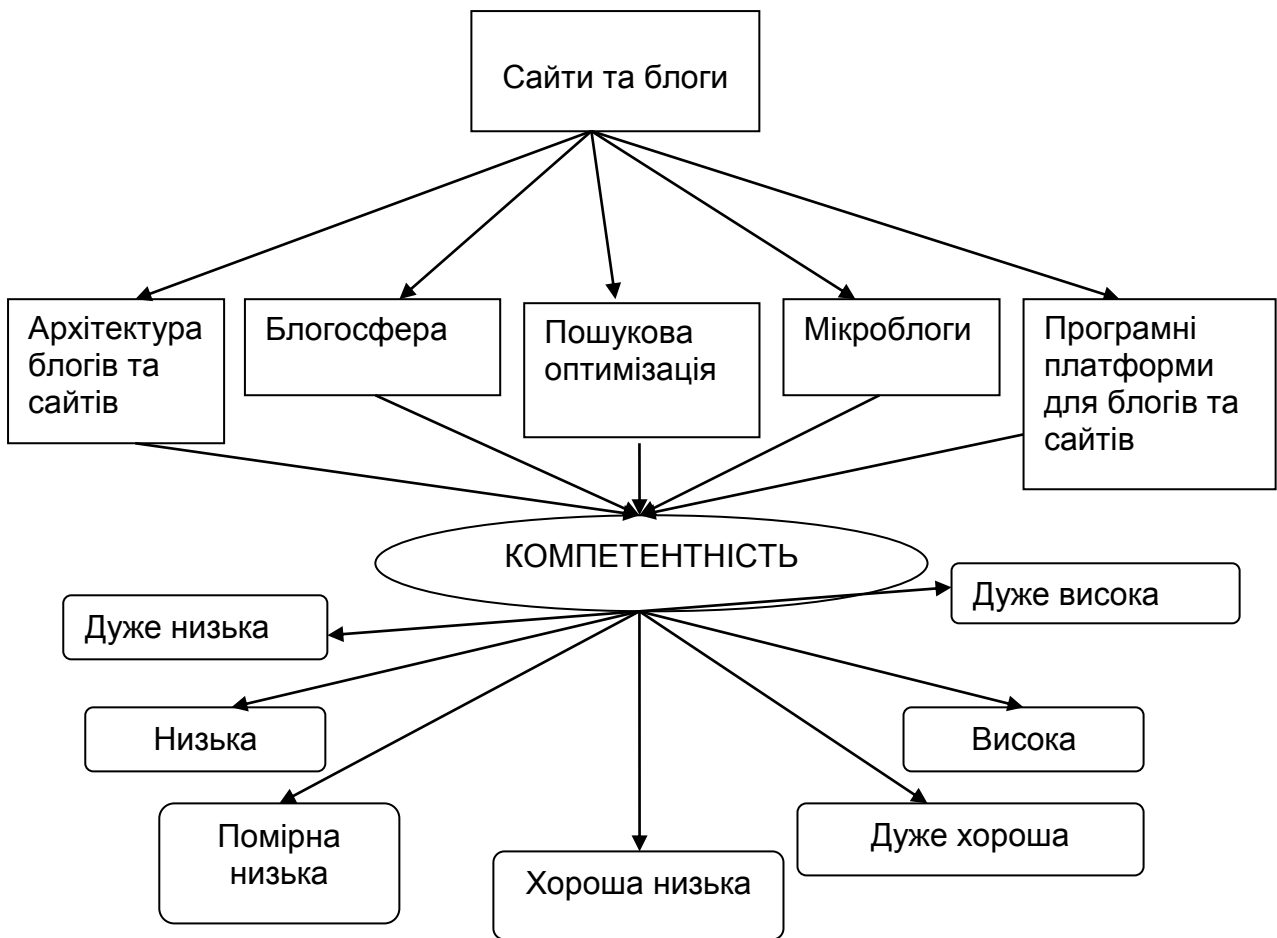


Рис. 6.16. Концептуальна модель визначення компетентності з теми "Сайти та блоги"

Система "КАРКАС" передбачає наявність атрибутів бази знань. У даній системі визначення компетентності атрибутами є тестові завдання. Наприклад:

Запитання 1. У чому полягає основна відмінність блога від сайта?

Відповідь:

1. Можливість постійного додавання нових записів, які накопичуються у вигляді архівів.
2. Статична структура.
3. Можливість залишати циклодроми для записів.
4. Можливість залишати коментарі.

Даний атрибут бази знань має один правильний варіант відповіді – перший. Це встановлюється в системі в полі Cf1 (рис. 6.17). До кожного запитання вказується тема, одна з п'яти: архітектура блогів та сайтів,

поняття блогосфери, пошукова оптимізація сайтів та блогів, мікроблоги, програмні платформи блогів та сайтів.

Деякі, найбільш складні завдання мають пояснення – "Аргументація запитання", які можна переглянути після проходження тестування. Приклад тестового завдання з аргументацією наведений на рис. 6.17.

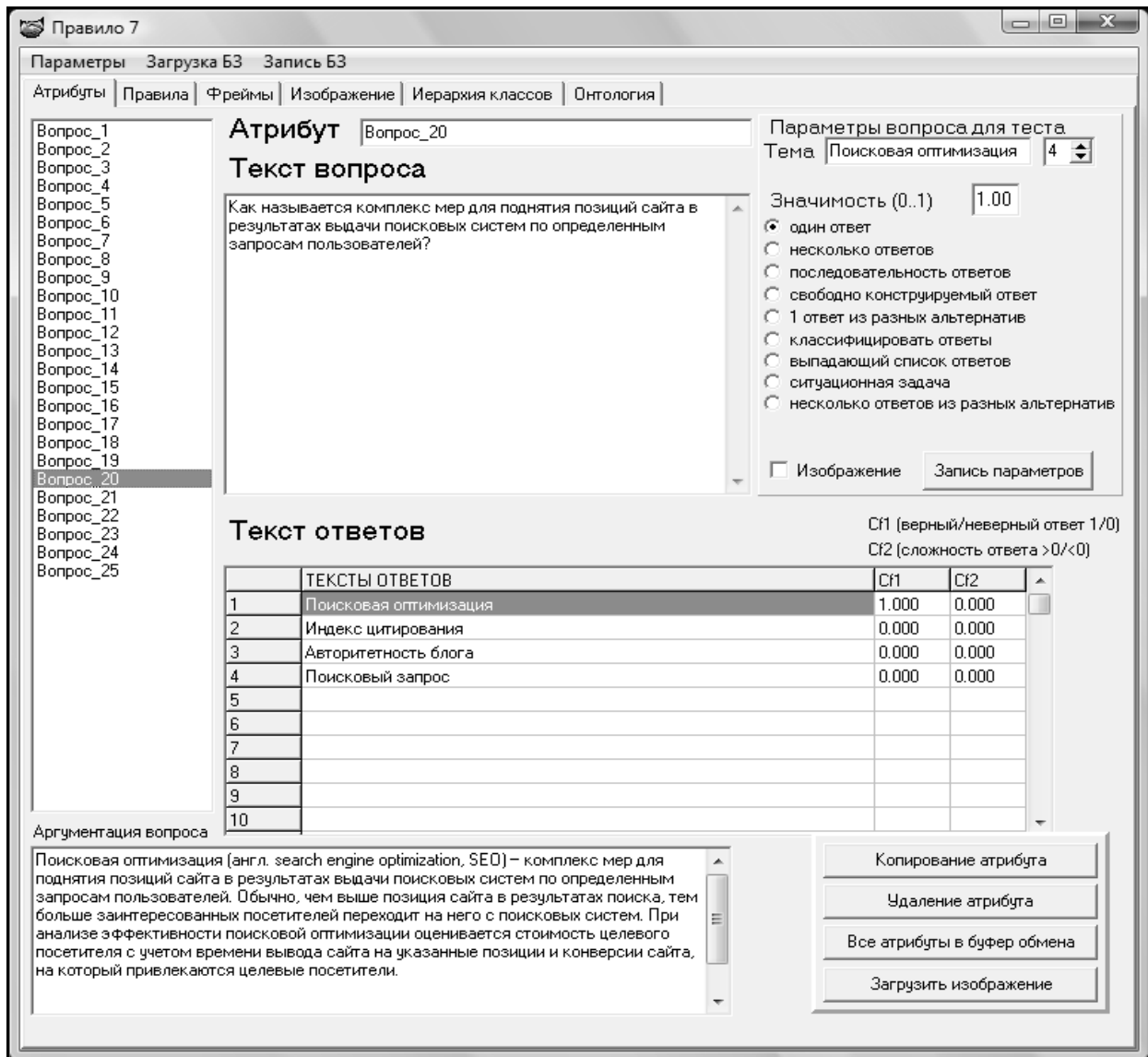


Рис. 6.17. Тестове завдання з аргументацією

Для визначення рівня компетентності в системі "КАРКАС" розроблено правила та фрейми.

Онтологія (дерево класів) визначення компетентності подана на рис. 6.18. У розділі "Вміст екземпляра класу" наведено правило 6, що визначає високу компетентність з оцінкою 10.

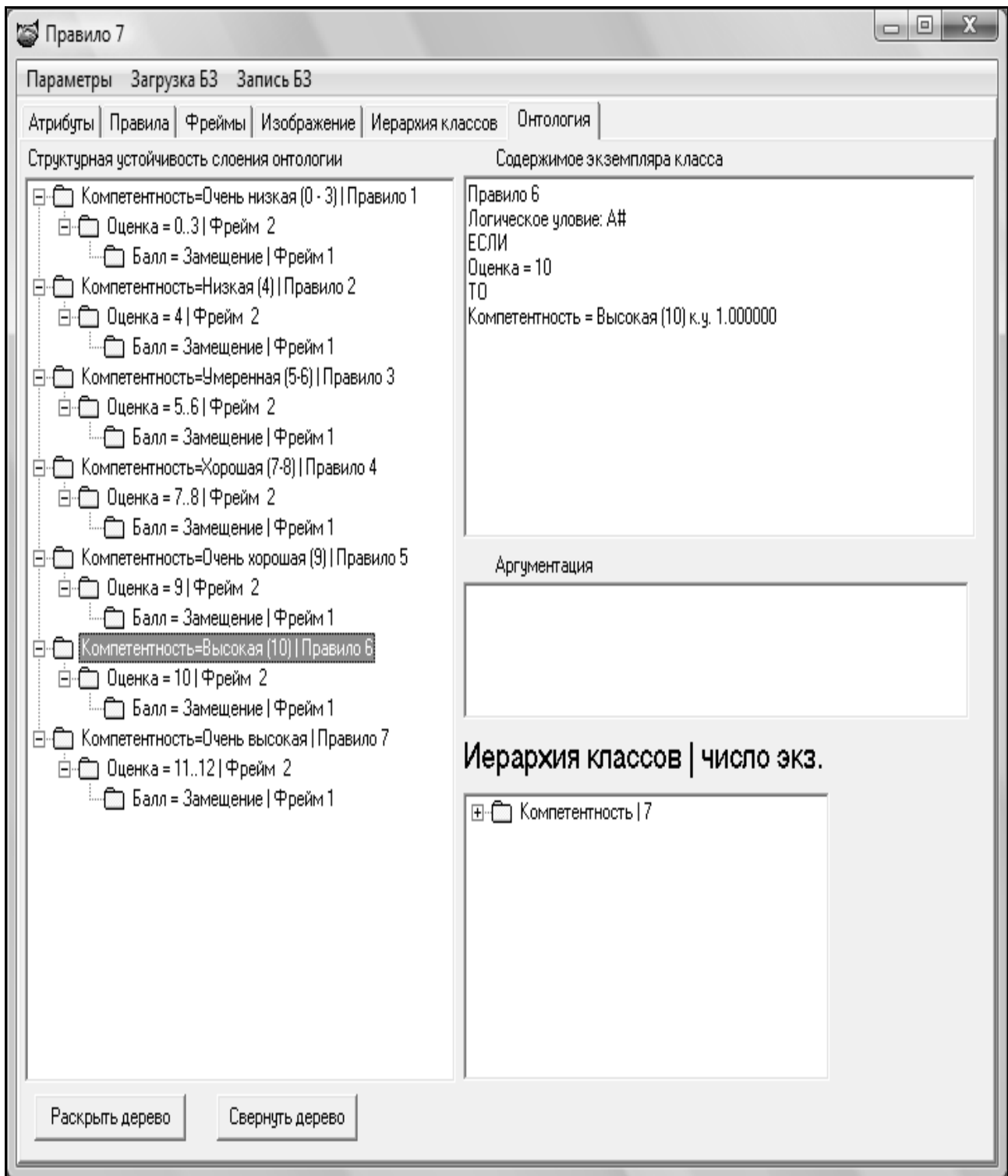


Рис. 6.18. Онтологія класів

Тести в системі подані у вигляді структури (рис. 6.19). Для проходження тестування на формі обирається необхідний розділ, завантажуються база знань.

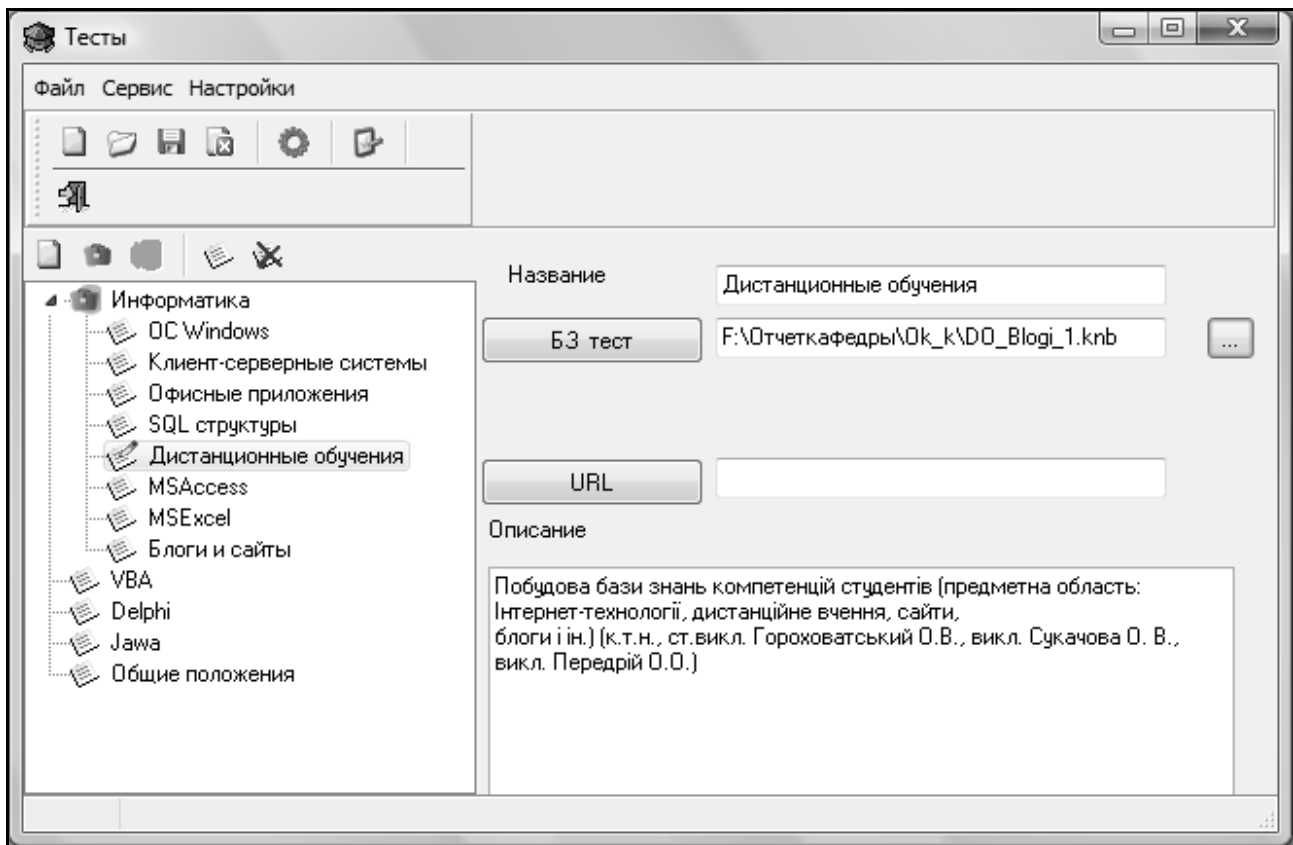


Рис. 6.19. Структура тестовой системы

Для початку тестування обираються мета – "Компетентність", режим – "З поясненням". У даному випадку тестування буде відбуватися за всіма запитаннями бази (25 запитань).

Перше запитання в режимі тестування наведено на рис. 6.20.

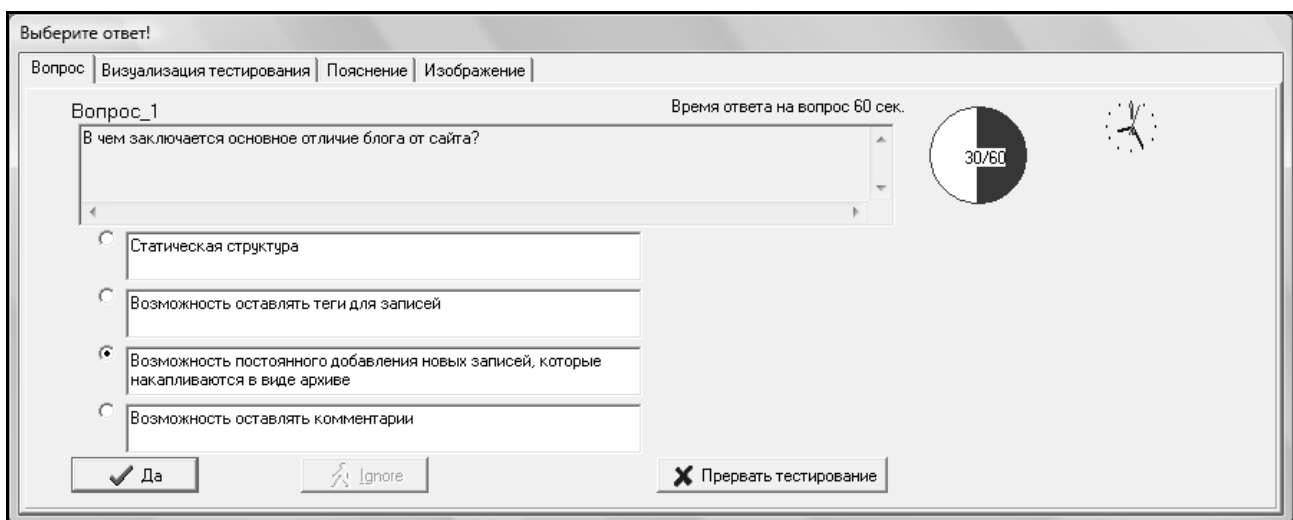


Рис. 6.20. Запитання в режимі тестування

На перше запитання була дана правильна відповідь. На рис. 6.21 подано графічний аналіз запитання 1.

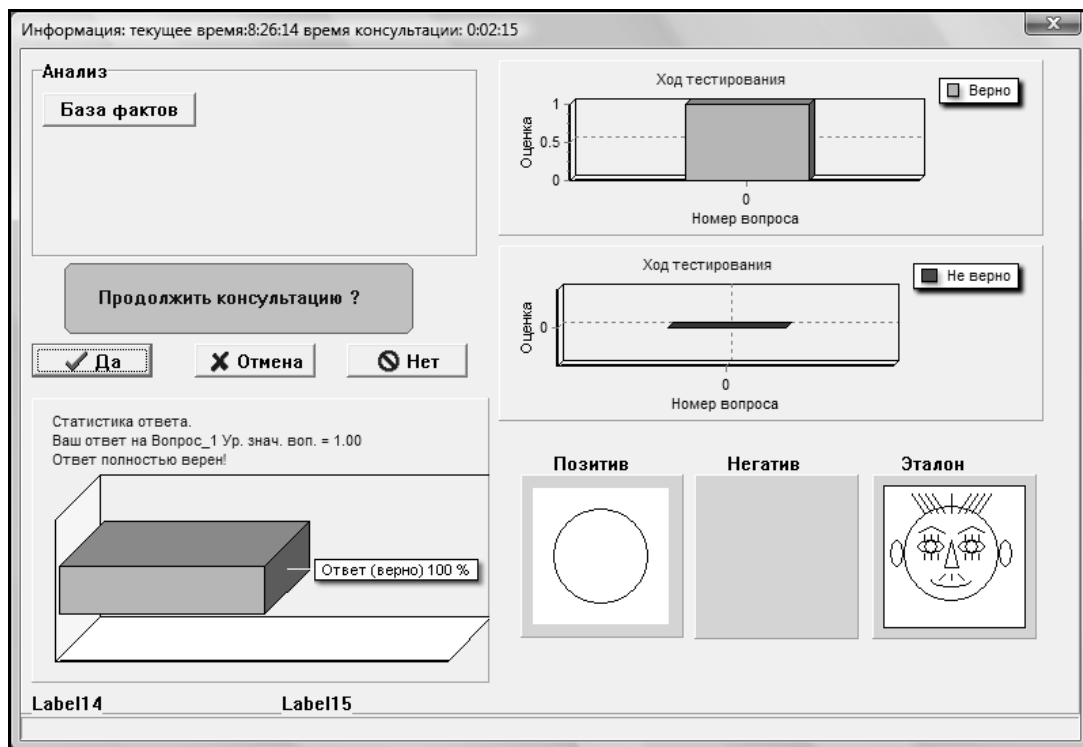


Рис. 6.21. Графічний аналіз запитання з правильною відповіддю

На друге запитання дана неправильна відповідь (рис. 6.22). Аналіз запитання з неправильною відповіддю подано на рис. 6.23.

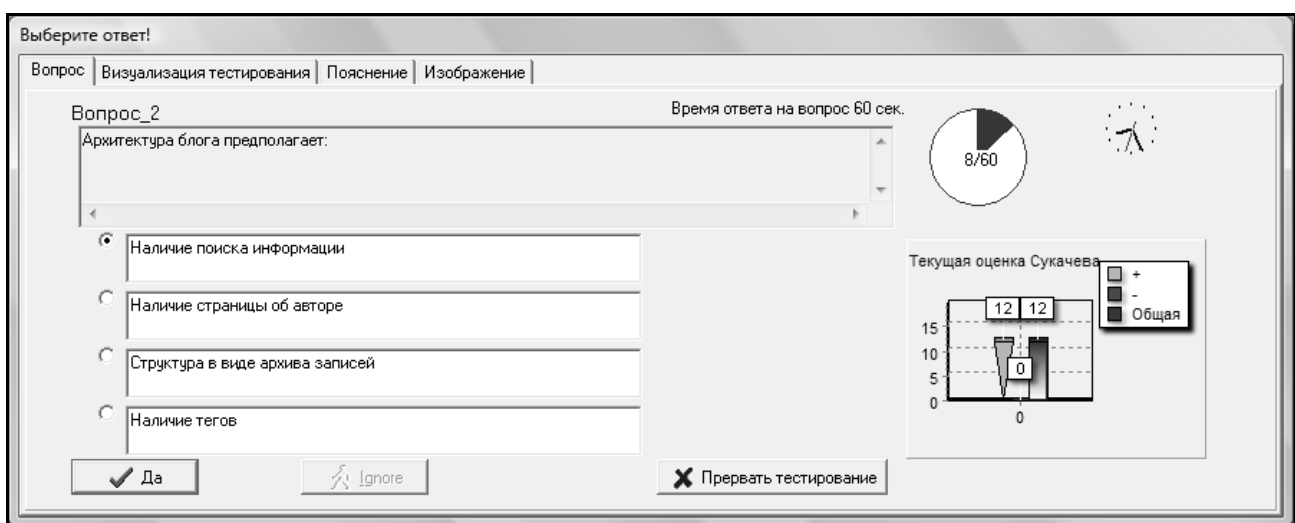


Рис. 6.22. Запитання 2 та неправильна відповідь на нього

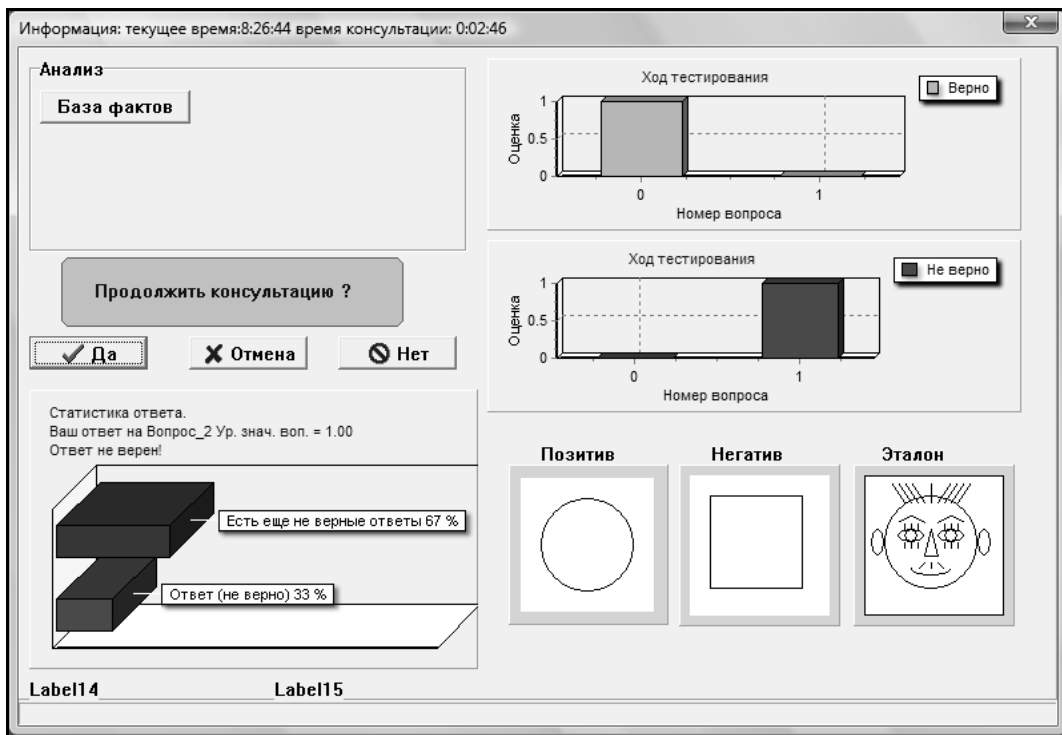


Рис. 6.23. Графічний аналіз запитання з неправильною відповіддю

Загальний аналіз тестування наведено на рис. 6.24. У результаті проходження тестування було дано 3 неправильних відповіді.

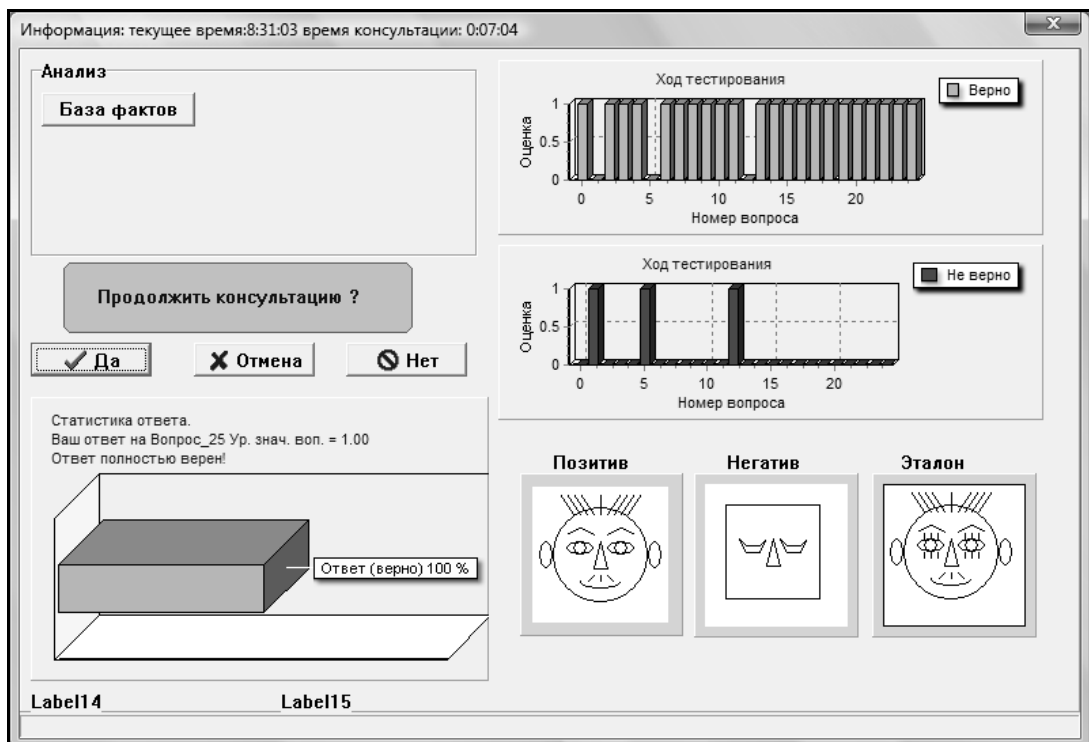


Рис. 6.24. Загальний графічний аналіз тестування

На рис. 6.25 наведено аналіз тестування: протокол тестування, результат, аргументація. У результаті визначено, що компетентність дуже висока, експертна оцінка – 10.

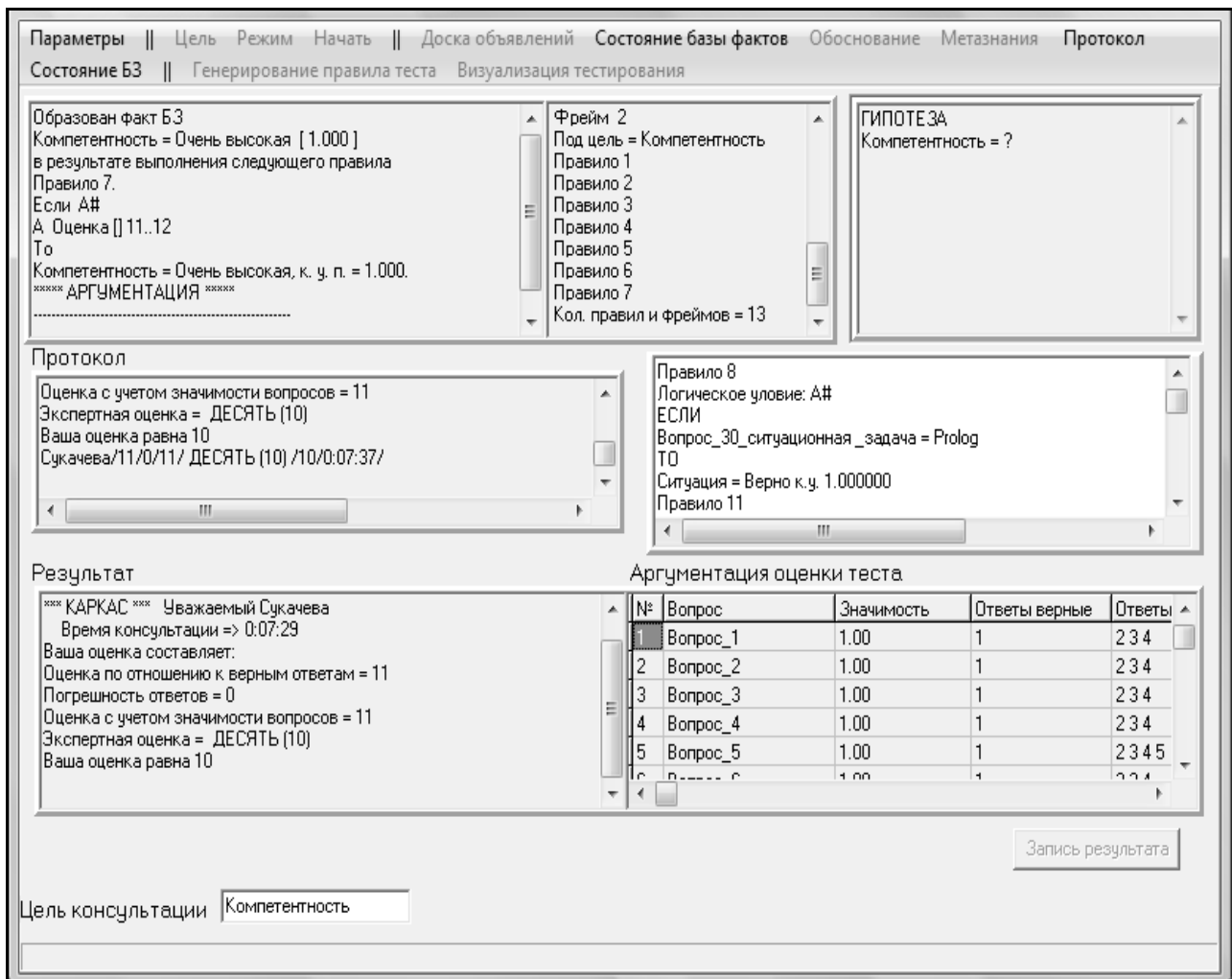


Рис. 6.25. Результаты тестування

Нижче подано фрагменти протоколу тестування, де можна переглянути правильні відповіді та аргументацію запитань.

Протокол консультації від 18.04.12р. 8:31:34.

Користувач:

Ціль консультації: визначити значення для об'єкта Компетентність.

Об'єкт підцілі: Компетентність.

Крок консультації = 1.

Система запитала:(ім'я атрибута: Запитання_1).

У чому полягає основна відмінність блога від сайта?

Можливі відповіді:

1. Можливість постійного додавання нових записів, які накопичуються у вигляді архівів.

2. Статична структура.

3. Можливість залишати циклодроми для записів.

4. Можливість залишати коментарі.

Користувач відповів: Можливість постійного додавання нових записів, які накопичуються у вигляді архівів. [ПРАВИЛЬНО].

Крок консультації = 2.

Система запитала:(ім'я атрибута: Запитання_2).

Архітектура блога припускає:

Можливі відповіді:

1. Структуру у вигляді архіву записів.

2. Наявність пошуку інформації.

3. Наявність сторінки про автора.

4. Наявність циклодромів.

Користувач відповів: Наявність пошуку інформації. [ПРАВИЛЬНО].

...

Крок консультації = 18.

Система запитала:(ім'я атрибута: Запитання_18).

Як називається показник авторитетності ресурсу в пошуковій машині "Яндекс"?

Можливі відповіді:

1. ТІЦ.

2. ПР.

3. PR.

4. Авторитет.

Користувач відповів: ТІЦ. [ПРАВИЛЬНО].

Індекс цитування (ІЦ) – показник пошукової системи, що обчислюється на основі числа посилань на даний ресурс з інших ресурсів мережі Інтернет. У найпростішому різновиді індексу цитування враховується тільки кількість посилань на ресурс. Тематичний індекс цитування (ТІЦ) ураховує також тематику сайтів, що посилаються на ресурс, а зважений індекс цитування говорить про популярність сайтів, на які посилаються.

Крок консультації = 19.

Система запитала:(ім'я атрибута: Запитання_19).

Як називається показник авторитетності ресурсу в пошуковій машині Google?

Можливі відповіді:

1. PageRank.
2. ТІЦ.
3. Індекс цитування.
4. Авторитет.

Користувач відповів: PageRank. [ПРАВИЛЬНО].

PageRank (пейдж-ранк) – один із алгоритмів посилального ранжирування. Алгоритм застосовується в колекції документів, пов'язаних гіперпосиланнями, (таких, як Web-сторінки із всесвітньої павутини) і призначає кожному з них деяке чисельне значення, що вимірює його "важливість" або "авторитетність" серед інших документів. Загалом алгоритм може застосовуватися не тільки до Web-сторінок, але й до будь-якого набору об'єктів, пов'язаних між собою взаємними посиланнями, тобто до будь-якого графа.

Крок консультації = 20.

Система запитала:(ім'я атрибута: Запитання_20).

Як називається комплекс заходів для підняття позицій сайту в результатах видачі пошукових систем за певними запитами користувачів?

Можливі відповіді:

1. Пошукова оптимізація.
2. Індекс цитування.
3. Авторитетність блога.
4. Пошуковий запит.

Користувач відповів: Пошукова оптимізація. [ПРАВИЛЬНО].

Пошукова оптимізація (англ. search engine optimization, SEO) – комплекс заходів для підняття позицій сайту в результатах видачі пошукових систем за певними запитами користувачів. Звичайно, чим вище позиція сайту в результатах пошуку, тим більше зацікавлених відвідувачів переходить на нього з пошукових систем. При аналізі ефективності пошукової оптимізації оцінюється вартість цільового відвідувача з урахуванням часу висновку сайту на зазначені позиції й конверсії сайту, на який залучаються цільові відвідувачі.

Крок консультації = 21.

Система запитала:(ім'я атрибута: Запитання_21).

Яким чином визначається PR блога (сайта)?

Можливі відповіді:

1. Підрахунок важливості посилань на сайт.
2. Чим більше статей на блозі, тим вище PR.
3. Чим більше циклодромів прописано до сайта, тим вище PR.
4. Залежить від кількості посилань на сайті.

Користувач відповів: Підрахунок важливості посилань на сайт.

[ПРАВИЛЬНО].

PageRank – це числова величина, що характеризує "важливість" Web-сторінки. Чим більше посилань на сторінку, тим вона стає "важливішою". Крім того, "вага" сторінки А визначається "вагою" посилання, що передана сторінкою В. Таким чином, PageRank – це метод обчислення ваги сторінки шляхом підрахунку важливості посилань на неї.

Крок консультації = 22.

Система запитала:(ім'я атрибута: Запитання_22).

Як називається незалежний програмний модуль, призначений для розширення можливостей блога або сайта?

Можливі відповіді:

1. Плагін.
2. Модуль.
3. Додаткова програма.
4. Розширення.

Користувач відповів: Плагін. [ПРАВИЛЬНО].

Плагін (від англ. plug-in) – незалежно компільований програмний модуль, що підключається динамічно до основної програми і призначений для розширення й/або використання її можливостей. Також може перекладатися як "модуль". Плагіни звичайно виконуються у вигляді бібліотек. Плагін має можливість зареєструвати себе в основному додатку, а також протоколі обміну даними з іншими плагінами. Плагіни є залежними від сервісів, наданих основним додатком, і найчастіше окремо не використовуються. На противагу їм, основний додаток незалежно оперує плагінами, надаючи кінцевим користувачам можливість

динамічно додавати й обновляти плагіни без необхідності внесення змін в основний додаток.

Крок консультації = 23.

Система запитала:(ім'я атрибута: Запитання_23).

Як називаються слова, застосовані як ідентифікатор для категоризації, опису, пошуку даних і завдання внутрішньої структури?

Можливі відповіді:

1. Циклодром.
2. Плагін.
3. Title.
4. Розширення.

Користувач відповів: Циклодром. [ПРАВИЛЬНО].

Крок консультації = 26.

Спрацювало правило:

Фрейм 1.

Ім'я слота :: тип слота

Запитання_1 :: Можливість постійного додавання ...

Запитання_2 :: Наявність пошуку інформації

Запитання_3 :: Сукупність усіх блогів мережі

Запитання_4 :: 1992

Запитання_5 :: Незмінюваність даних

Запитання_6 :: Корпоративний

Запитання_7 :: Персональний

Запитання_8 :: Мережні й автономні

Запитання_9 :: Блогкастинг

Запитання_10 :: Контентний блог

Запитання_11 :: Narod.ru

Запитання_12 :: diary.ru

Запитання_13 :: Цитатний

Запитання_14 :: privet.ru

Запитання_15 :: friendfeed.com

Запитання_16 :: Короткі повідомлення

Запитання_17 :: Можливість включати в текст посилання...

Запитання_18 :: ТІЦ

Запитання_19 :: PageRank

Запитання_20 :: Пошукова оптимізація
Запитання_21 :: Підрахунок важливості посилань на сайт
Запитання_22 :: Плагін
Запитання_23 :: Циклодром
Запитання_24 :: Сплог
Запитання_25 :: Запис тільки певного формату
Керуючі слоти.
Бал :: 11.000000, к. у.п. = 11.000.
Крок консультації = 27.
Спрацювало правило:
Фрейм 2.
Ім'я слота :: тип слота
Бал :: 11.000000
Керуючі слоти.
Оцінка :: 11.00, к. у.п. = 11.000.
Крок консультації = 28.
Спрацювало правило:
Правило 7.
Якщо A#
A Оцінка [] 11..12
То
Компетентність = Дуже висока, к. у. п. = 1.0.
* Результат тестування *
*** КАРКАС *** Час консультації => 0:07:29
Ваша оцінка становить:
Оцінка відносно правильних відповідей = 11.
Похибка відповідей = 0.
Оцінка з урахуванням вагомості запитань = 11.
Експертна оцінка = ДЕСЯТЬ (10).
Ваша оцінка дорівнює 10.
Користувач /11/0/11/ ДЕСЯТЬ (10) /10/0:07:37/.

Також у системі "КАРКАС" можна проводити вибіркове тестування: за всіма темами, за однією темою, за збірка за темами, за "ручною" збіркою запитань (рис. 6.26).

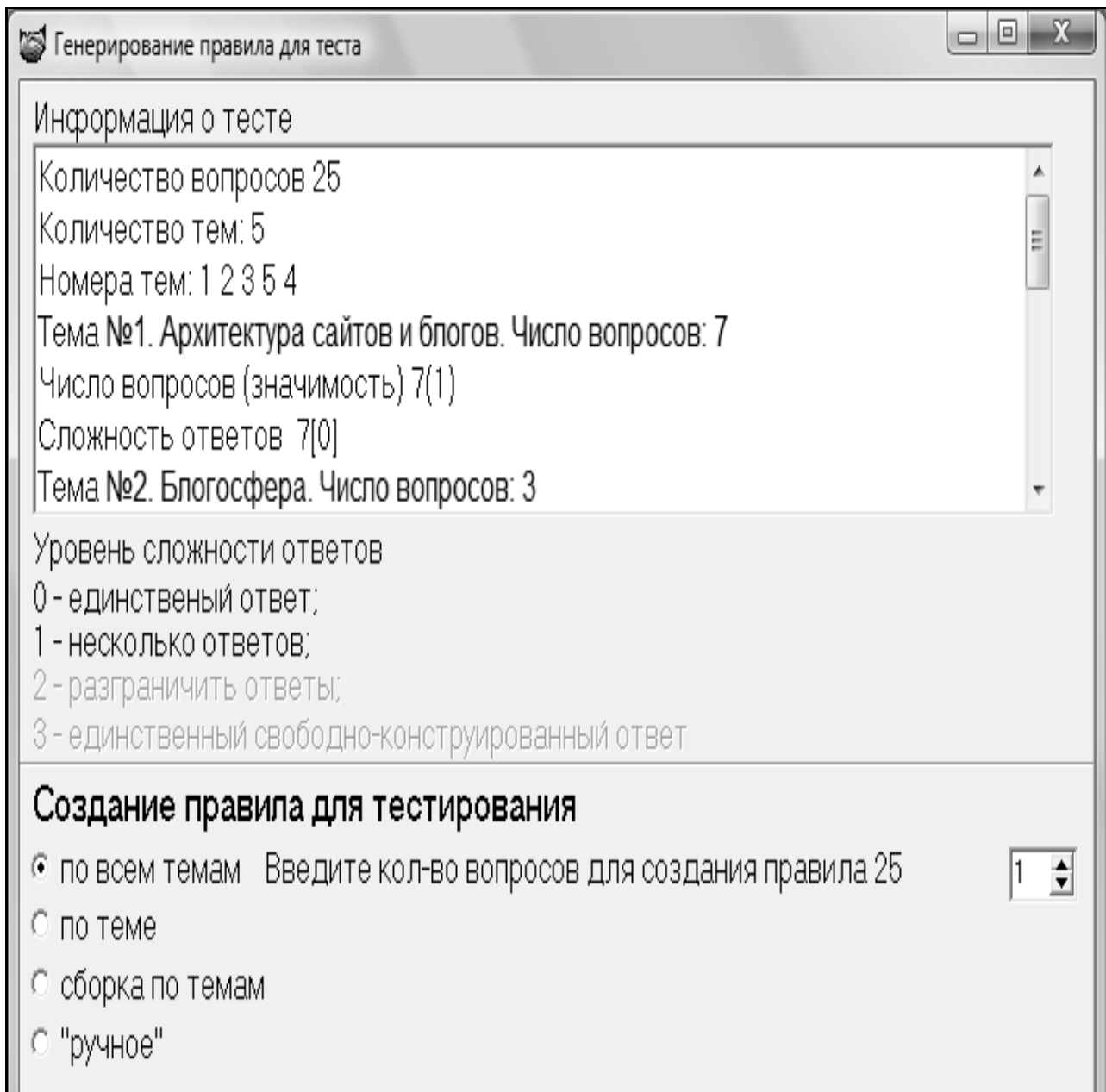


Рис. 6.26. Генерація правил для тесту

У розробленій БЗ 5 тем, що вказано на рис. 6.27: архітектура блогів та сайтів (7 запитань), блогосфера (3 запитання), пошукова оптимізація сайтів та блогів (5 запитань), мікроблоги (4 запитання), програмні платформи блогів та сайтів (6 запитань).

Якщо обирається варіант "ручної" збірки запитань, система пропонує виділити потрібні запитання й перенести до тесту (рис. 6.27).

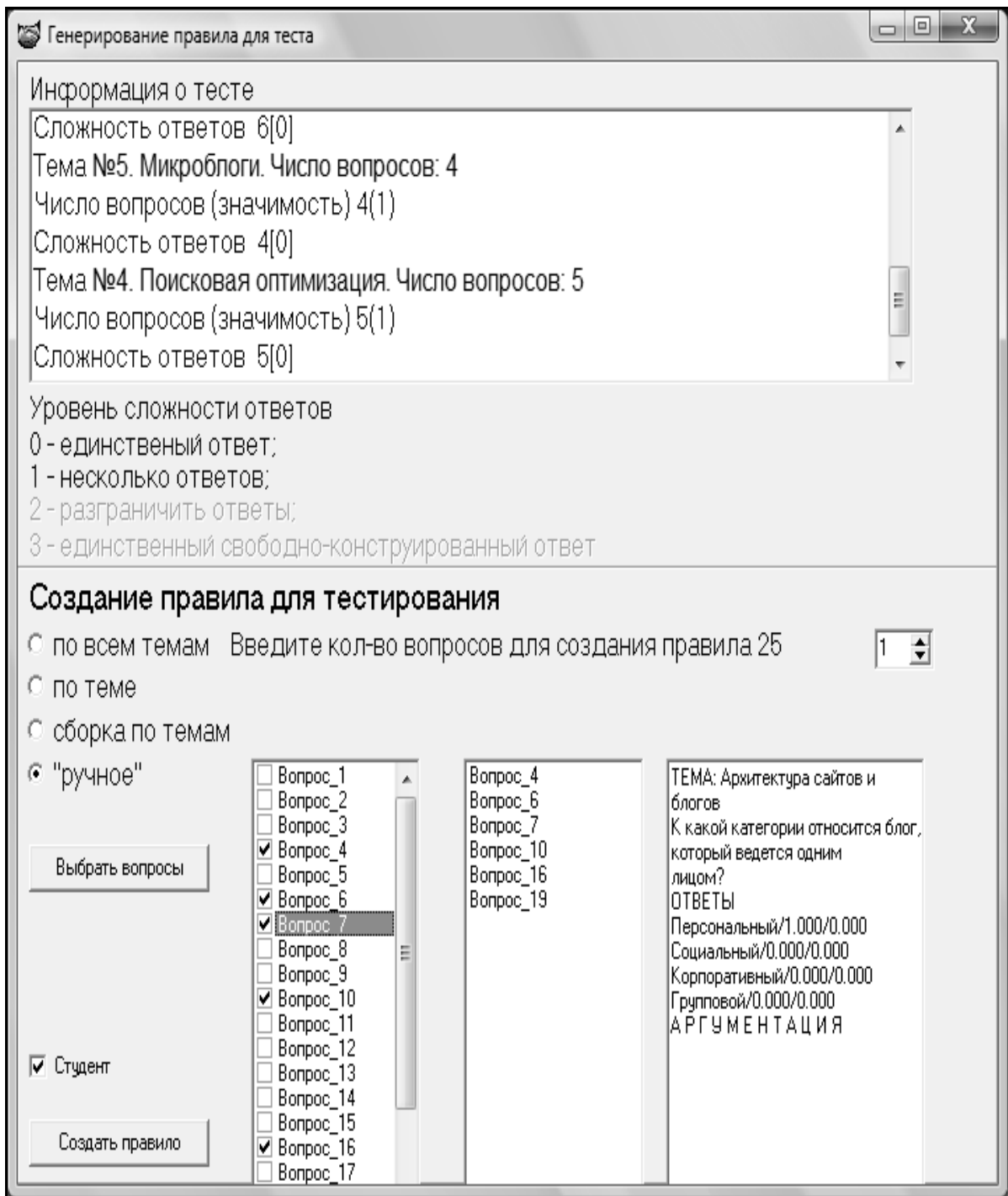


Рис. 6.27. Вибір запитань для тесту

Таким чином, була розроблена БЗ для визначення компетентності студентів за темою "Сайти та блоги". Система розроблена на базі програмного середовища "КАРКАС". Було проведено контрольне тестування й визначено компетентність.

Висновки

У ході дослідження питань розробки та впровадження систем дистанційного навчання авторським колективом вирішено ряд актуальних наукових завдань, до яких можна віднести такі:

проведено аналіз та запропоновано етапи розробки електронних навчальних видань;

проведено аналіз апаратного та програмного забезпечення розробки електронних навчальних видань;

розглянуто організацію навчального процесу в системах дистанційного навчання та з технологіями розподіленої обробки даних;

проведено порівняльний аналіз розподілених організаційно-технологічних систем просування дискретних матеріальних потоків;

визначено особливості $Sd^{(-)}$ -систем, які впливають на якість функціонування та їх розвиток;

визначено основні проблеми, що виникають при створенні підсистем контролю із заданими якісними характеристиками;

подано оцінку узагальнених і приватних критеріїв оцінювання ефективності підсистем контролю;

виділено завдання адаптації структури підсистеми контролю та її математичного забезпечення;

розглянуто основні підходи до обліку трансформації підсистеми контролю на основі моделей "3D-підприємство" та "мультикуб", принципів динамічної адаптації життєвого циклу системи та створення XRP-систем;

проведено аналіз адаптивних алгоритмів у моделях навчання;

розглянуто авторегресійні моделі спектрального аналізу та методи Проні;

розглянуто процеси формування рівня набуття компетентностей у тих, хто навчається;

розроблено узагальнену модель набуття необхідного рівня компетентності, що дозволяє прогнозувати рівень набуття компетентностей залежно від завдань навчання та початкових рівнів тих, хто навчається, і системних показників системи навчання;

розглянуто моделі та алгоритми побудови бази знань для функціональної системи, що були реалізовані в системі "КАРКАС" для визначення компетентностей з інформатики.

Використана література

1. Аванесов В. С. Научные основы тестового контроля знаний / В. С. Аванесов. – М. : Исследовательский центр, 1994. – 135 с.
2. Аванесов В. С. Теоретические основы разработки заданий в тестовой форме / В. С. Аванесов. – М. : Наука, 1995. – 250 с.
3. Агаев Ф. Т. Виртуальное образование и оценка сложности теста в обучающих системах / Ф. Т. Агаев // Информационные системы в экономике, управлении производством и образовании. – 2003. – Т.1. – С. 10–13.
4. Анохин П. К. Системные механизмы высшей нервной деятельности / П. К. Анохин. – М. : Наука, 1979. – 453 с.
5. Антофий Н. Н. Шкалирование результатов тестового контроля / Н. Н. Антофий // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2002. – № 118. – С. 119–121.
6. Артеменко А. П. Три методичні принципи написання гіпертекстового підручника / А. П. Артеменко // Харківська вища школа: методичні пошуки на рубежі століть : матеріали конференції / за ред. Т. О. Маркової. – Х. : Вид. Центр ХНУ, 2001. – С. 10–11.
7. Бартенев О. В. Фортран для профессионалов. Математическая библиотека IMSL. Ч. 1 / О. В. Бартенев. – М. : Диалог-МИФИ, 2000. – 448 с.
8. Березанский Ю. М. Разложение по собственным функциям самосопряженных операторов / Ю. М. Березанский. – К. : Вища школа, 1965. – 421 с.
9. Бескоровайный В. В. Идентификация аддитивных моделей многокритериального выбора решений / В. В. Бескоровайный // Радио-электроника и информатика. – 1998. – № 3. – С. 53 – 56.
10. Бобыр Е. И. Экспертная обучающая система для дистанционного обучения как средство обеспечения принятия и защиты решений на уровне высококвалифицированных специалистов / Е. И. Бобыр, В. П. Козыренко, И. Е. Лещенко // Актуальные проблемы экономической, социально-политической и правовой защиты субъектов образовательного процесса : программа и материалы Международной научно-практической конференции, Харьков, 15 декабря 2004 г. – Х. : Народная украинская академия, 2004 г. – С. 39–44.

11. Бобыр Е. И. Интеллектуальный анализ данных в подготовке экономистов / Е. И. Бобыр, И. Е. Лещенко // Экспертные оценки компонентов учебного процесса : программа и материалы IV межвузовской научно-методической конференции, Харьков, 31 октября 2002 г. / Народная украинская академия. Каф. информ. технологий и документоведения. Каф. математики и мат. моделирования. – Х., 2002. – С. 37–39.
12. Бойкова В. А. Модели и методы создания информационных технологий обучения : дисс. канд. техн. наук : 05.13.06 / В. А. Бойкова. – Херсон, 2001. – 260 с.
13. Бондарев В. Н. Искусственный интеллект : учебн. пособ. для вузов / В. Н. Бондарев, Ф. Г. Аде. – Севастополь : Изд-во СевНТУ, 2002. – 615 с.
14. Бронштейн И. У. Неавтономные динамические системы / И. У. Бронштейн. – Кишинев : Штиинца, 1984. – 290 с.
15. Бурдаев В. П. Моделі баз знань / В. П. Бурдаєв. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2010. – 300 с.
16. Бурдаев В. П. Системи навчання з елементами штучного інтелекту / В. П. Бурдаєв. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2009. – 400 с.
17. Валишев А. И. Психология мышления, дидактические характеристики и оценка пригодности специалиста в области программирования / А. И. Валишев, Н. И. Костюкова, А. Г. Минак // Открытое образование. – 2003. – № 4. – С. 7–11.
18. Демидов Е. В. Методы и алгоритмы объединения разнородной признаковой информации в автоматизированных системах управления : дисс. канд. техн. наук : 20.02.12 / Е. В. Демидов. – Х. : ХВУ, 1994. – 201 с.
19. Денисов А. А. Теория больших систем управления : учебн. пособ. для вузов / А. А. Денисов, Д. Н. Колесников. – Л. : Энергоиздат, Ленинградское отделение, 1982. – 288 с.
20. Долженко О. В. Современные методы и технология обучения в техническом вузе : метод. пособ. / О. В. Долженко, В. Л. Шатуновский. – М. : Высшая школа, 1990. – 191 с.
21. Дракин В. И. Общение конечных пользователей с системами обработки данных / В. И. Дракин, Э. В. Попов, А. Б. Преображенский. – М. : Радио и связь, 1988. – 234 с.

22. Дюбуа Д. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике / Д. Дюбуа, А. Прад ; пер. с фр. – М. : Радио и связь, 1990. – 288 с.

23. Журавель В. Ф. Рекомендована практика конструювання тестів професійної компетенції випускників вищих навчальних закладів / В. Ф. Журавель, В. В. Ільїн, В. О. Кузнецов та ін. ; за заг. ред. Ю. В. Сухарнікова. – К. : Аграрна освіта, 2000. – 38 с.

24. Карпенко Д. С. Автоматизированная система мониторинга эффективности усвоения знаний и качества тестовых заданий / Д. С. Карпенко, О. М. Карпенко, Е. Н. Шлихунова // Инновации в образовании. – 2001. – № 2. – С. 69–85.

25. Кини Р. Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтение и замещение / Р. Л. Кини, Х. Райфа ; пер. с англ. – М. : Радио и связь, 1981. – 471 с.

26. Кини Р. Л. Функции полезности многомерных альтернатив / Р. Л. Кини // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М. : Мир, 1976. – С. 59–79.

27. Клещев А. С. Математические модели онтологий предметных областей. Ч. 1 : Существующие подходы к определению понятия "онтология" / А. С. Клеще, И. Л. Артемьева // Научно-техническая информация. Серия 2 : Информационные процессы и системы. – 2001. – № 2. – С. 20–27.

28. Кокорева Л. В. Диалоговые системы и представление знаний : справ. пособ. / Л. В. Кокорева, О. Л. Перевозчикова, Е. Л. Ющенко – К. : Наукова думка, 1993. – 445 с.

29. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1984. – 832 с.

30. Кузьмин И. В. Оценка эффективности и оптимизация АСКУ / И. В. Кузьмин – М. : Советское радио, 1971. – 296 с.

31. Лещенко И. Е. Экспертные системы реального времени – основное направление развития искусственного интеллекта / И. Е. Лещенко // Экспертные оценки компонентов учебного процесса : программа и материалы IV межвуз. науч.-метод. конф., Харьков, 31 октября 2002 г. / Народная украинская академия. Каф. информ. технологий и документоведения. Каф. математики и мат. моделирования. – Х., 2002. – С. 68–69.

32. Лещенко И. Е. Формализованные описания знаний о процессе управления в автоматизированной обучающей системе / И. Е. Лещенко // Вестник Херсонского государственного технического университета. – 2004. – № 1 (19). – С. 195–198.

33. Лукичев Г. А. Развитие образования в государствах – участниках Болонского процесса / Г. А. Лукичев // Высшее образование сегодня. – 2003. – № 8. – С. 34–37.

34. Лысенко Э. В. Проектирование АСУ технологическими процессами / Э. В. Лысенко. – М. : Радио и связь, 1985. – 280 с.

35. Марпл-мл. С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / С. Л. Марпл-мл. – М. : Мир, 1990. – 584 с.

36. Метешкин К. А. Кибернетическая педагогика / К. А. Метешкин. – Х. : Международный Славянский университет, 2004. – 399 с.

37. Метешкин К. А. Теоретические основы построения интеллектуальных систем управления учебным процессом в вузе / К. А. Метешкин. – Х. : Экограф, 2000. – 278 с.

38. Методы и средства принятия решений в социально-экономических и технических системах : учебн. пособ. / Э. Г. Петров, М. В. Новожилова, И. В. Гребенник и др. ; под общ. ред. Э. Г. Петрова. – Х. : ОЛДІ-плюс, 2003. – 380 с.

39. Нейман Дж. Теория игр и экономическое поведение / Дж. Нейман, О. Моргенштерн ; пер. с англ. – М. : Наука, 1970. – 708 с.

40. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, Г. В. Меркурьева и др. – М. : Радио и связь, 1989. – 304 с.

41. Овезгельдыев А. О. Системологический анализ проблемы многокритериальной оптимизации / А. О. Овезгельдыев // АСУ и приборы автоматики. – 1997. – № 106. – С. 48–55.

42. Озерный В. М. Методология решения дискретных многокритериальных задач / В. М. Озерный, М. Г. Гафт // Многокритериальные задачи принятия решений. – М. : Машиностроение, 1978. – С. 14–47.

43. Оконь В. Введение в общую дидактику / В. Оконь. – М. : Высшая школа, 1990. – 382 с.

44. Осипов Г. С. Динамические интеллектуальные системы / Г. С. Осипов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2008. – № 1. – С. 47–54.

45. Основы системного анализа и проектирования АСУ : учебн. пособ. / А. А. Павлов, С. Н. Гриша, В. Н. Томашевский и др. ; под общ. ред. А. А. Павлова. – К. : Вища школа, 1991. – 367 с.
46. Палагин А. В. Системно-онтологический анализ предметной области / А. В. Палагин, Н. Г. Петренко // Искусственный интеллект. – 2010. – № 3. – С. 608–617.
47. Передпроектні дослідження розробки та впровадження системи дистанційного навчання в Харківському національному економічному університеті : монографія / В. П. Степанов, О. М. Барков, І. О. Борозенець та ін. ; за заг. ред. к.т.н., проф. Степанова В. П. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2010. – 188 с.
48. Петров Е. Г. Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах / Е. Г. Петров, М. В. Новожилова, І. В. Гребеннік ; під ред. Е. Г. Петрова. – К. : Техніка, 2004. – 256 с.
49. Петров Э. Г. Формирование функций полезности частных критериев в задачах многокритериального оценивания / Э. Г. Петров, В. В. Бескорвайный, В. П. Пискалова // Радиоэлектроника и информатика. – 1997. – № 1. – С. 71–73.
50. Подиновский В. В. Парето – оптимальные решения многокритериальных задач / В. В. Подиновский, В. Д. Ногин. – М. : Наука, 1982. – 256 с.
51. Поспелов Г. С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии / Г. С. Поспелов. – М. : Наука, 1988. – 235 с.
52. Поспелов Г. С. Программно-целевое планирование и управление / Г. С. Поспелов, В. А. Ириков. – М. : Советское радио, 1976. – 440 с.
53. Представление и использование знаний / под ред. Х. Уэно, М. Исидзука. – М. : Мир, 1989. – 220 с.
54. Принципы построения адаптивных аналоговых систем обучения и контроля знаний : учебн. пособ. / А. И. Бобков, С. Б. Далматов, Г. В. Преснякова и др. – Л. : Ленинградский институт авиационного приборостроения, 1987. – 80 с.
55. Растрингин Л. А. Адаптивные методы многокритериальной оптимизации / Л. А. Растрингин, Я. Ю. Эйдук // Автоматика и телемеханика. – 1985. – № 1. – С. 5–28.

56. Романов А. Н. Технология дистанционного обучения / А. Н. Романов, В. С. Торопцев, Д. Б. Григорович. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 325 с.

57. Степанов В. П. Компетентностный подход к организации контроля знаний по информатике / В. П. Степанов // Системы обработки інформації. Проблеми і перспективи розвитку ІТ-індустрії. – 2011. – № 7(97). – С. 152.

58. Тейз А. Логический подход к искусственному интеллекту. От классической логики к логическому программированию / А. Тейз, П. Грибомон ; пер. с фр. Пермякова П. П. – М. : Мир, 1990. – 431 с.

59. Шило С. Г. Модель формирования компетенций обучающегося в системе дистанционного обучения / С. Г. Шило, И. А. Борозенец // Системы обработки інформації. – 2010. – Вип. 7(88). – С. 283–286.

60. Crocker L. Introduction to classical and modern test theory / L. Crocker, J. Algina. – New York : Holt, Rinehart and Winston, 1986. – 356 p.

61. Jenkins M. A. Algorithm 493: Zeros of a Real Polynomial / M. A. Jenkins // ACM Trans. Math. Software. – 1975. – Vol. 1. – P. 178–189.

62. Jenkins M. A. Zeros of a Complex Polynomial, Algorithm 419 / M. A. Jenkins, J. F. Traub // Comm. ACM. – 1972. – Vol. 15. – No. 2. – pp. 97–99.

63. MVC (Model-View-Controller: модель-вид-контроллер) современная модель разработки приложений [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://entropiya-blog.ru/wp-content/uploads/>.

64. Адаптивное обучение и адаптивный тестовый контроль [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://athena.vvsu.ru/carina/test/lec8.htm>.

65. Бобыр Е. И. Структурно-функциональная модель организации учебного процесса в автоматизированной экспертной обучающей системе [Электронный ресурс] / Е. И. Бобыр, И. Е. Лещенко // Инфоте- лекоммуникационные технологии в науке, производстве и образовании : материалы I Междунар. научно-техн. конф. ; Россия ; Северо-Кавказский государственный технический университет. – Режим доступа : <http://www.ncstu.ru/contentdocs/pdf/conf/past/2004/infotel-/02/08.pdf>.

66. Використання сучасних інформаційних технологій при розробці електронних посібників [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://distance.educa-tion.ru/index.htm>.

67. Використання сучасних інформаційних технологій при розробці електронних посібників [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.semi.com.ua/dist_obuch.html.

68. Використання сучасних інформаційних технологій при розробці електронних посібників [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://en.coolreferat.com>.

69. Використання сучасних інформаційних технологій при розробці електронних посібників для фахівців з документознавства [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://referatua.org.ua/category_content.php?c=information&id=204.

70. Використання сучасних інформаційних технологій при розробці електронних посібників [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.gpntb.ru/win/ntb/ntb2000/6/f06_04.html.

71. Використання сучасних інформаційних технологій при розробці електронних посібників [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.medumiv.lviv.ua>.

72. Государственная регистрация электронных разработок учителей и преподавателей школы, НПО, СПО и ВПО на базе ГАН РАО [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.saprr.narod.ru /elektron_uchebnik.

73. Диссертационные работы, защищенные в России за последние годы, касающиеся проблем внедрения в учебный процесс [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rudocs.exdat.com/docs/index-5311.html?page=6>.

74. Ершова Т. В. Информационное общество и будущее библиотеки [Электронный ресурс] / Т. В. Ершова, Ю. Е. Хохлов // Российская государственная библиотека. – М., 2001. – Режим доступа : <http://referat.repetitor.ua?page=19>.

75. Інформатика та ЕОМ – виникнення та розвиток [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://books.br.com.ua>.

76. Комп'ютерна система "КАРКАС" [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://it-karkas.com.ua>.

77. Портал "Дистанционное обучение". – Режим доступа : <http://www.distance-learning.ru/db/el/doc.html>.

78. Про затвердження Положення про електронні освітні ресурси [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1695-12>.

79. Профессионально-ориентированная подготовка учителя технологии в области методики использования средств информационных технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mesi.ru/niiot/bro-shur/broshur.htm>.

80. Софт. Far Manager – файловый менеджер. – Режим доступа : <http://www.farmanager.com/>.

81. Створення електронних посібників [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://referaty.com.ua/ukr/details/5990/>.

82. Технология создания электронных учебников [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://den-za-dnem.ru/page.php?article=166>.

83. Украинская Ассоциация компьютерной медицины. – Режим доступа : <http://kture.kharkov.ua/Events/Conferences>.

Зміст

Вступ	3
Розділ 1. Огляд і характеристика сучасних мультимедійних та електронних продуктів, що використовуються в освіті.....	5
1.1. Основні поняття.....	5
1.2. Загальні вимоги до електронного навчального видання.....	8
1.3. Призначення електронного навчального видання.....	10
1.4. Основні етапи розробки електронного навчального видання ...	14
1.5. Вимоги до структури електронного навчального видання	16
1.6. Вимоги до методичного забезпечення електронного навчального видання.....	19
1.7. Вимоги до програмного забезпечення розробки електронного навчального видання	19
1.8. Особливості розробки відеоуроків і технологія роботи з ними.....	23
1.9. Дистанційне навчання та організація самостійної роботи студентів.....	30
1.10. Автоматизовані методи оцінювання рівня підготовки студент....	31
1.11. Організація роботи із сервером розподіленої обробки даних....	33
1.11.1. Завантаження файлів проектів на сервер із використанням FTP.....	36
1.11.2. Управління базами даних за допомогою phpMyAdmin.....	39
1.11.3. Приклад використання сервера розподіленої обробки даних для вирішення завдання управління персоналом.....	40
1.11.4. Автоматизація обробки даних	42
Розділ 2. Аналіз проблеми побудови підсистем контролю результатів тестування абітурієнтів ВНЗ.....	48
2.1. Опис і аналіз предметної області.....	48
2.2. Аналіз сучасного стану проблеми створення підсистем контролю...	52
2.3. Аналіз проблеми розвитку й адаптації підсистем контролю.....	65

Розділ 3. Моделі компетентності на основі адаптивних алгоритмів.....	74
3.1. Методи Проні.....	77
3.2. Факторизація поліномів високих порядків.....	85
3.3. Реалізація адаптивної моделі компетентності на основі методів Проні.....	87
Розділ 4. Моделі знань про організацію навчального процесу в системі дистанційного навчання.....	94
4.1. Систематизація методів побудови комп'ютерних систем навчання.....	94
4.2. Формалізація знань про процеси навчання.....	97
4.3. Однорідна ієрархічна функціональна мережа подання знань про логіко-аналітичні завдання навчання.....	103
4.4. Мережна модель цілей управління для подання знань про пошукові завдання навчання.....	105
4.5. Розробка моделі знань про процес визначення типів студентів і подій управління навчання у СДН.....	109
4.6. Розробка моделі знань про плани взаємодії між викладачем і тими, кого навчають у СДН.....	114
Розділ 5. Метод визначення показників якості навчання	126
5.1. Моделі набуття та втрати необхідного рівня компетентностей... ..	136
5.1.1. Моделі процесів організації та планування системи навчання....	137
5.2. Модель набуття компетентностей у процесі навчання за індивідуальною траєкторією	148
5.3. Модель процесу набуття компетентностей у навчальному колективі.....	153
5.4. Узагальнена модель набуття компетентностей у процесі навчання.....	155
5.5. Узагальнена модель набуття необхідного рівня компетентності.....	158
Розділ 6. Модель функціональної системи динамічної предметної області.....	165
6.1. Модель онтології, заснована на понятті розшарування.....	165
6.2. Модель формування фактів онтології в системі "КАРКАС"	170

6.3. Технічна реалізація онтології.....	173
6.4. Машина висновку.....	174
6.5. Візуальний редактор БЗ.....	176
6.6. Агент пояснення.....	177
6.7. Засоби налагодження БЗ.....	177
6.8. Консультаційний режим.....	178
6.9. Модель функціональної системи для визначення компетентності....	179
6.10. Модель збурювання правил бази знань.....	182
6.11. Основні характеристики модулів навчання й тестування системи "КАРКАС".....	183
6.12. Модель формування компетентності за темою "Дистанційне навчання".....	185
6.13. Модель формування компетентності за темою "Інтернет-технології".....	186
6.14. Побудова бази знань компетентностей студентів за темою "Сайти та блоги".....	196
Висновки.....	211
Використана література.....	212

