

УДК 681.5:378.1

Н.О. Різун, канд. техн. наук, доц.

Дніпропетровський університет ім. Альфреда Нобеля,
м. Дніпропетровськ, Україна, e-mail: n_fedo@mail.ru

МЕТОДОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ІНТЕГРОВАНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НАВЧАННЯ

N.O. Rizun, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

Alfred Nobel Dnipropetrovsk University, Dnipropetrovsk,
Ukraine, e-mail: n_fedo@mail.ru

METHODOLOGY OF CREATION OF THE EXPERT SYSTEM OF INTEGRATED DIAGNOSTICS AND CONTROL OF THE STUDIES QUALITY

Мета. Підвищення якості навчання та продуктивності освіти завдяки розробці та втіленню у навчальний процес експертної системи інтегрованої діагностики та управління якістю аудиторної та самостійної форм навчання у вищому навчальному закладі.

Методика. Методика досліджень базується на системному аналізі складних систем та теорії розпізнавання образів.

Результати. Результатами досліджень є: формалізація методики структуризації навчального матеріалу, що забезпечує компактне зберігання та швидкий пошук пакетів порцій зкорельованих форм навчального контенту; розробка моделі інтегрованої діагностики якості навчання з використанням інструментів розпізнавання образів, що забезпечує інтелектуальний аналіз ступеню самостійного, поточного та підсумкового засвоєння навчального матеріалу, ефективності організації індивідуальної роботи студентів; якості організації зворотного зв'язку (надійності та валідності тестового матеріалу).

Наукова новизна. Наукова новизна складається у постановці та вирішенні проблеми вдосконалення інструментів діагностики та управління якістю навчання у ВНЗ шляхом обґрунтування доцільності та ефективності застосування чотирьох критеріїв інтегрованої діагностики якості навчання, а саме критерію кількісного рівня опанування навчальним матеріалом, та критеріїв якісного рівня опанування навчальним матеріалом – коефіцієнту кореляції між рядами фактичного та нормативного часу, що витрачено на вірні відповіді на тестові завдання, коефіцієнту зміщення порядку вибору тестових завдань відносно встановленого порядку їх виводу на екран та коефіцієнту вибору тестових завдань для повторної відповіді.

Практична значущість. Практична значущість роботи полягає у формуванні експертної бази знань та алгоритму інтелектуальної підтримки прийняття рішення щодо визначення найбільш ефективних форм навчальної роботи та навчальних елементів (порцій), що потребують цілеспрямованих форм роз'яснення або закріплення, а також надання можливості автоматизованого настроювання поточного слайд-конспекту лекцій або порцій практичних (лабораторних) робіт. Запропоновано концепції максимально ефективної інтеграції експертної системи в навчальне інформаційне середовище вищих навчальних закладів України. Експертна система, що втілює методологію авторів, реалізована на кафедрі економічної кібернетики і математичних методів в економіці Дніпропетровського університету ім. А. Нобеля. Апробація цієї системи, шляхом організації навчального процесу за профільними дисциплінами студентів II–IV курсів напряму 6.030502– „Економічна кібернетика“, дозволила за період двох навчальних семестрів підвищити їх абсолютну успішність у середньому на 10–15%.

Ключові слова: експертна система, якість навчання, зворотній зв'язок, розпізнавання образів, діагностика

Вступ. Сучасні економічні та соціокультурні умови визначили основні принципи Болонського процесу, зумовили необхідність формування нового розуміння якості освіти в умовах його модернізації. У цьому контексті поступово змінюється й концепція формування мети навчального процесу – не тільки (і не стільки) поліпшення якості викладання, а й постійне підвищення якості навчання та продуктивності освіти. Інноваційна ж складова освітнього процесу в новій парадигмі вищої освіти передбачає наступні зміни:

1. Перерозподіл часу між самостійною і аудиторною роботою на користь першої та одночасне збільшення часу особистого спілкування студентів з викладачем.

2. Розробка та використання сучасних методологій організації навчання та самонавчання студентів, безперервного моніторингу та контрольного оцінювання знань, а також формування індивідуальної продуктивної траєкторії навчального процесу за рахунок розробки та організації ефективної системи зворотного зв'язку.

3. Інтенсивне застосування комп'ютерних технологій не тільки як засобів автоматизації та інформаційного забезпечення основних стадій навчального процесу, а й як інтелектуальних консультантів-експертів у галузі супроводження та підтримки прийняття рішень представниками обох сторін-учасників навчального процесу.

Постановка проблеми. Оскільки процес підвищення якості освіти характеризується змістом освіти, технологією та результатами навчання, то актуальною науковою проблемою є розробка методології створення експертної системи діагностики та управління якістю навчання, яка повинна забезпечувати методологічну та апаратну підтримку наступних технологій: інтелектуального аналізу рівня засвоєння навчального матеріалу (якості навчання), ефективності навчального процесу та якості інструменту зворотного зв'язку; інтелектуальної підтримки прийняття рішення щодо адаптивного корегування змісту та форми проведення навчальних занять; формування та супроводження бази знань системи навчання – моделі учня та викладача.

Аналіз останніх публікацій. Сучасні наукові дослідження в галузі створення експертних систем, що використовуються в навчальному процесі, можливо розділити на наступні категорії:

1. Інтелектуальні навчальні системи (ІНС): інформаційно-довідкові системи; системи консультативного типу; інтелектуально-тренувальні (експертно-тренувальні) системи; системи супроводжуючого типу (наприклад, ELM-ART-II, AST, ADI, ART-Web, ACE, KBS-Hyperbook, ILESA, DCG, SIETTE) [1].

2. Системи дистанційного навчання (СДН), що створюються за стандартами SCORM, специфікаціями консорціуму Всесвітньої Освіти IMS / GLC та комітету з комп'ютерного навчання в авіаційній промисловості AICC, і регламентують такі аспекти розробки та використання СДН, як: архітектура системи та її взаємодія із зовнішніми системами; способи взаємодії навчальної системи та навчальних ресурсів; представлення вмісту курсів; моделі управління навчанням; алгоритми тестування та способи представлення результатів (наприклад, BaumanTraining, СДО „Прометей“, eLearning 3000, WebTutor) [2].

3. Діагностичні та плануючі експертні навчальні системи на базі використання методологічних інструментів комп'ютерного тестування [3–6].

Невирішені частини загальної проблеми. Незважаючи на широкий спектр наукових досягнень та ринкових пропозицій у галузі розробки експертних систем, що використовуються у навчальному процесі, усі вони мають ряд особливостей:

– використання ІНС та СДН тільки як інструменту інтелектуальної підтримки процесу самонавчання, а не як інтегрованого експертного супроводження та управління аудиторним і самостійним навчальним процесом очної (заочної, вечірньої) форм навчання;

– використання комп'ютерного тестування, в основному, як засобу вимірювання індивідуальних досягнень студентів, відсутність методик його застосування як інструменту надання стратегічної інформації щодо ступеню доступності та якості подання навчального матеріалу;

– потреба додаткового розвитку методики інтелектуальної діагностики рівня знань учнів як із точки зору комплексу критеріїв, що використовуються, так і можливості розширення галузі використання отри-

маної інформації у напрямі вдосконалення якості технології організації зворотного зв'язку;

– жорсткі вимоги більшості ІНС та СДН до необхідного програмного забезпечення та технічних характеристик (зокрема, потужності) комп'ютерів, на яких повинні розгортатися системи, та високі вимоги до швидкості та часу використання ресурсів Internet, що поки що складно реалізувати в рамках більшості ВНЗ України.

Метою статті є розробка методології створення експертної системи інтегрованої діагностики та управління якістю аудиторної та самостійної форм навчання у ВНЗ на базі інноваційних рішень щодо: системного аналізу та структуризації навчального контенту; підвищення об'єктивності та розширення галузі використання технології комп'ютерного тестування як інструменту організації зворотного зв'язку; адаптивного регулювання структури, змісту, графіку проведення та методики організації навчального процесу; максимально ефективної інтеграції системи в навчальне інформаційне середовище.

Наукові дослідження базуються на попередніх дослідженнях автора [7–10]. Тому основну увагу в статті приділяється розробці інструментів інтегрованого інтелектуального аналізу якості навчання та підтримки прийняття рішення щодо адаптивного корегування змісту та форми проведення навчальних занять.

Результати досліджень. Згідно із сформульованою метою роботи автором передбачено такі інноваційні рішення щодо створення експертної системи діагностики та управління якістю навчання:

Рішення 1. Методика системного аналізу та структуризації навчального контенту, що полягає в наступному:

– на етапі підготовки навчального процесу процедура формування навчального контенту виконується шляхом реалізації послідовності процедур: декомпозиції навчального матеріалу – з метою виділення наступних ієрархічно підлеглих навчальних одиниць, таких як модуль, тема (проблема), питання (підпитання), поняття (термін, показник); формування схеми взаємозв'язків між навчальними одиницями; синтезу блоків навчального матеріалу – з метою формування початкового набору „порцій“ навчального контенту (розглянутих за одну академічну годину) відповідно до загальної кількості навчальних годин з дисципліни;

– системно-структурований навчальний контент складається з наступних скоординованих пакетів порцій: слайд-конспектів лекційного навчального матеріалу для демонстрації і обговорення під час академічного заняття; повного текстового і слайд-конспектів лекцій для самостійного оволодіння матеріалом; практичних (творчих, ситуаційних) завдань для самостійного чи групового виконання; тестових завдань для оцінки ступеня оволодіння навчальним матеріалом.

Запропонований підхід до формування навчального контенту виконує роль методологічного та технічного фундаменту, що забезпечує можливість розробки та формалізації наступних наукових рішень.

Рішення 2. Методика підвищення об'єктивності та розширення галузі використання технології комп'ютерного тестування як інструменту організації зворотного зв'язку.

Базується на запропонованій автором моделі інтегрованої діагностики якості навчання шляхом реалізації методологічно-технологічної процедури позааудиторного та аудиторного (екзаменаційного) комп'ютерного тестування з використанням інструментів розпізнавання образів для інтелектуального аналізу:

– ступеню самостійного засвоєння навчального матеріалу (якості навчання) та ефективності організації індивідуальної роботи студентів;

– поточного та підсумкового ступеню засвоєння навчального матеріалу (якості навчання) та ефективності організації навчального процесу у цілому;

– якості організації зворотного зв'язку (надійності та валідності тестового матеріалу) [9, 10].

В основу моделі, що запропоновано, покладено необхідність застосування наступних критеріїв інтегрованої діагностики якості навчання:

1. Критерій кількісного рівня опанування навчальним матеріалом K^1 .

2. Критерій якісного рівня опанування навчальним матеріалом K^2 , що вміщує:

2.1. Коефіцієнт кореляції між рядами фактичного та нормативного часу, що витрачено на вірні відповіді на тестові завдання K^{21} .

2.2. Коефіцієнт зміщення порядку вибору тестових завдань відносно встановленого порядку їх виводу на екран K^{22} .

2.3. Коефіцієнт вибору тестових завдань для повторної відповіді K^{23} .

На підставі цих критеріїв пропонується:

а) визначати *інтегральну функцію*, значення якої комплексно характеризує рівень засвоєння матеріалу, на підставі інформації про який має прийматися обґрунтоване доцільне рішення щодо необхідності координації та корегування графіку проведення, методики організації, структури та змісту навчального процесу;

б) використовувати критерії *окремо* один від одного з метою вдосконалення певного аспекту навчання, наприклад:

– якщо ставиться питання визначення підсумкового рівня знань з дисципліни або з окремих її питань, діагностика буде, здебільшого, націлена на визначення проценту опанування навчальним матеріалом, а коефіцієнт K^{21} буде використовуватися для корегування оцінки з метою підвищення її об'єктивності [7];

– якщо наявна ситуація потребує пильної уваги до процесу старанності студентів, а також міцності та тривкості отриманих знань, K^{21} буде виступати як показник вірогідності вгадування правильної відповіді, а також, у комплексі із показниками K^{22} та K^{23} – мірою стабільності знань студентів;

– у разі необхідності визначення ступеню якості (об'єктивності, диференціюючої здібності, демократичності) інструменту зворотного зв'язку, показники K^{21} , K^{22} та K^{23} виступають як інноваційні критерії розширеної

діагностики рівня якості організації зворотного зв'язку (надійності та валідності тестового матеріалу) [8, 10].

Перший критерій – кількісний рівень опанування навчальним матеріалом визначеної i -ї одиниці (питання, підпитання) навчального матеріалу K_i^1 – визначається за формулою

$$K_i^1 = \frac{Q_i}{n},$$

де Q_i – кількість правильних відповідей на тестове завдання, що структурно скоординована з i -ю одиницею навчального матеріалу; n – кількість студентів у групі, що аналізується.

Згідно з алгоритмом теорії розпізнавання образів, необхідно визначити групи класів, до яких можливо віднести його значення.

Таблиця 1

Класи, до яких можливо віднести значення показнику „кількісний рівень опанування навчальним матеріалом“

Умови	Класи		
	Клас 1	Клас 2	Клас 3
Умови віднесення до класу	$K_i^1 \geq 0,8$	$0,8 > K_i^1 \geq 0,5$	$K_i^1 < 0,5$

Очевидно, що до Класу 1 належать ті одиниці навчального матеріалу, які максимально опановані студентами, до Класу 2 – задовільно опановані та до Класу 3 – навчальні одиниці, з яких рівень знань студентів незадовільний.

Але, з урахуванням відомих недоліків тестової форми контролю (таких як можливість вгадування вірної відповіді, складність коректного формулювання питань та вірогідних дистракторів, а також складність формалізації процесу виміру якості тестового матеріалу), підвищення об'єктивності висновків щодо результатів оцінки рівня якості навчання пропонується досягнути шляхом урахування психологічних особливостей поведінки студентів – показників ступеню стійкості та впевненості знань (часткових критеріїв другого рівня).

Автором встановлено [7], що одним з об'єктивних інструментів якісної оцінки ступеню стійкості знань студента є коефіцієнт кореляції $R_i(X_i, Y_i)$ між числовими рядами часу, фактично витраченого на підготовку відповіді на тестове завдання, що структурно скоординований з i -ю одиницею навчального матеріалу, і встановленого нормативного часу на правильну відповідь на це завдання. Причому, значення коефіцієнта кореляції: $R_i(X_i, Y_i) \geq 0,5$ (рівень 1) свідчить про осмислений розподіл часу на відповіді між складними і простими питаннями і інтерпретується як показник досить міцних і впевнених знань; $0,3 \leq R_i(X_i, Y_i) \leq 0,49$ (рівень 2) може свідчити про недостатньо впевнені знання особи, що тестується, і, у крайніх випадках, прояв відхилень від норми часу – про ймовірне вгадування; $R_i(X_i, Y_i) \leq 0,29$ (рівень 3) свідчить про нестійкі знання і можливу присутність ефекту „вгадування“ більшої частини питань з поп-

равкою на суб'єктивний прояв специфічних особливостей мислення особи, що тестується.

Слід зазначити, що використання цього твердження не обмежує права так званих „студентів-тугодумів“, психологічні особливості яких повинні проявлятися таким чином, що вони на всі питання будуть відповідати досить довго, а це означає, що буде простежуватися певна закономірність та коефіцієнт кореляції також буде наближатися до одиниці.

Класи, до яких можливо віднести результати тестування знань студентів за показником K^{21} , визначаються за наступним алгоритмом:

Крок 1. Визначення коефіцієнта кореляції $R_i(X_i, Y_i)$ між числовими рядами часу, фактично витраченого на підготовку відповіді на тестове завдання, що структурно скоординоване з i -ю одиницею навчального матеріалу, і встановленого нормативного часу на правильну відповідь на це завдання.

Крок 2. Визначення показника долі значень коефіцієнтів кореляції $R_i^1(X_i, Y_i)$, $R_i^2(X_i, Y_i)$, $R_i^3(X_i, Y_i)$ які відповідають вищеназваним рівням 1, 2 та 3 цього коефіцієнта

$$DR_{ii}^1(X_i, Y_i) = \frac{Kol_R_i^1}{n};$$

$$DR_i^2(X_i, Y_i) = \frac{Kol_R_i^2}{n};$$

$$DR_i^3(X_i, Y_i) = \frac{Kol_R_i^3}{n},$$

де $Kol_R_i^1$ – кількість значень $R_i(X_i, Y_i) \geq 0,5$; $Kol_R_i^2$ – кількість значень $0,3 \leq R_i(X_i, Y_i) \leq 0,49$; $Kol_R_i^3$ – кількість значень $R_i(X_i, Y_i) \leq 0,29$.

Крок 3. Визначення безпосередньо класів, до яких можливо віднести значення показника K^{21} .

Таким чином, використання показника K^{21} у процесі діагностики якості навчання дозволяє підвищити ступінь об'єктивності оцінки рівня засвоєння навчального матеріалу та зменшити вірогідність вгадування правильних відповідей на тестові завдання.

Таблиця 2

Класи, до яких можливо віднести значення коефіцієнта кореляції між числовими рядами фактичного та нормативного часу, витраченого на підготовку відповіді на тестове завдання

Класи	Умови віднесення до класу
Клас 1	$DR_i^1(X_i, Y_i) > DR_i^2(X_i, Y_i)$ $DR_i^1(X_i, Y_i) > DR_i^3(X_i, Y_i)$
Клас 2	$DR_i^2(X_i, Y_i) > DR_i^1(X_i, Y_i)$ $DR_i^2(X_i, Y_i) > DR_i^3(X_i, Y_i)$
Клас 3	$DR_i^3(X_i, Y_i) > DR_i^1(X_i, Y_i)$ $DR_i^3(X_i, Y_i) > DR_i^2(X_i, Y_i)$

Введення у розгляд критеріїв K^{22} та K^{23} обґрунтовано можливістю використання комп'ютерного тесту-

вання як технологічного інструменту визначення рівня якості навчання, і як інноваційного інструменту організації процесу навчання та самонавчання. Отже, у разі його застосування, як інструменту індивідуального проміжного контролю рівня засвоєння навчального матеріалу, технологія тестування, що використовується, може характеризуватися пом'якшеними умовами – а саме можливістю: самостійного (довільного) порядку послідовності вибору тестових завдань із повного списку, що одночасно подані на екран, та надавання повторної відповіді в межах означеного часу тестування.

Якісний показник зміщення послідовності вибору тестових завдань, відносно визначеного програмою комп'ютерного тестування порядку їх виводу на екран K^{22} , визначається за наступним алгоритмом:

Крок 1. Визначення показника Dis_i^r ступеню відносного зміщення вибору r -м студентом тестового завдання, що структурно скоординовано з i -ю одиницею навчального матеріалу, із повного списку запропонованих завдань

$$Dis_i^r = \frac{(Pos_{ip}^r - Pos_{if}^r)}{k},$$

де Pos_{ip}^r – планова (сформована програмою комп'ютерного тестування) позиція тестового завдання на екрані; Pos_{if}^r – фактичний порядковий номер відповіді на тестове завдання r -м студентом; k – загальна кількість питань у тестовому сеансі.

Крок 2. Визначення показника долі критичного позитивного $P_Dis_i^+$ та негативного $P_Dis_i^-$ ступеню відносного зміщення вибору тестового завдання, що структурно скоординовано з i -ю одиницею навчального матеріалу, із повного списку запропонованих завдань (більшого або меншого критичної величини $Kr_Dis_i^-$ та $Kr_Dis_i^+$ відповідно, встановленої експертним шляхом)

$$P_Dis_i^- = \frac{Kol_i^-}{n};$$

$$P_Dis_i^+ = \frac{Kol_i^+}{n},$$

де Kol_i^- – кількість $Dis_i^r \geq Kr_Dis_i^-$; Kol_i^+ – кількість $Dis_i^r \leq Kr_Dis_i^+$.

Крок 3. Визначення класів, до яких можливо віднести значення показника K^{22} .

Таблиця 3

Класи, до яких можливо віднести значення коефіцієнту зміщення послідовності вибору тестових завдань

Класи	Умови віднесення до класу
Клас 1	$K^{22} = 0$, якщо $P_Dis_i^+ = P_Dis_i^- = 0$
Клас 2	$K^{22} = +1$, якщо $P_Dis_i^+ \succ P_Dis_i^-$
Клас 3	$K^{22} = -1$, якщо $P_Dis_i^- \succ P_Dis_i^+$

У відповідності до визначених автором класів, результати тестування, віднесені до Класу 1, у поєднанні з попередніми показниками K^1 та K^{21} , мають більш тонкий (розширений) відтінок стабільності та впевненості надбаних студентами знань – послідовний вибір тестових завдань із виведеного на екрані списку.

Якщо результати тестування відносяться до Класу 2, це може, у поєднанні з попередніми показниками K^1 та K^{21} , виступати в якості додаткової розширеної інформації як про впевненість знань студентів, так і про надлишкову простоту тестових завдань (точніше, про їх низьку якість).

Клас 3, у поєднанні з попередніми показниками K^1 та K^{21} , утримує додаткову інформацію як про неупевненість та нестабільність знань студентів, так і про надлишкову складність тестових завдань.

Аналогічно, коефіцієнт вибору тестових завдань для повторної відповіді K^{23} визначається за наступним алгоритмом:

Крок 1. Визначення показника Rep_i^r наявності повторної відповіді r -м студентом на тестове завдання, що структурно скоординовано з i -ю одиницею навчального матеріалу.

Крок 2. Для студентів зі значенням $Rep_i^r = 1$ визначається значення показника $R_Rep_i^r$ – результату остаточної повторної відповіді r -м студентом на тестове завдання, що структурно скоординовано з i -ю одиницею навчального матеріалу: $R_Rep_i^{r+} = +1$, якщо остаточний результат вірний; $R_Rep_i^{r-} = -1$, якщо остаточний результат невірний.

Крок 3. Визначення показника процентів критичної кількості вірних $P_Rep_i^+$ та $P_Rep_i^-$ повторних відповідей на тестове завдання, що структурно скоординовано з i -ю одиницею навчального матеріалу (більшого або меншого критичної величини $Kr_Rep_i^+$ та $Kr_Rep_i^-$ відповідно, встановленої експертним шляхом)

$$P_Rep_i^- = \frac{Kol_i^{r-}}{n};$$

$$P_Rep_i^+ = \frac{Kol_i^{r+}}{n},$$

де Kol_i^{r+} – кількість $R_Rep_i^{r+} \geq Kr_Rep_i^+$; Kol_i^{r-} на – кількість $R_Rep_i^{r-} \leq Kr_Rep_i^-$.

Крок 4. Визначення класів, до яких можливо віднести значення показника K^{23} .

Таблиця 4

Класи, до яких можливо віднести значення коефіцієнту вибору тестових завдань для повторної відповіді

Класи	Умови віднесення до класу
Клас 1	$K^{23} = 0$, якщо $Rep_i^r = 0$
Клас 2	$K^{23} = +1$, якщо $P_Rep_i^- > P_Rep_i^+$
Клас 3	$K^{23} = -1$, якщо $P_Rep_i^- < P_Rep_i^+$

Наведена класифікація також дозволяє розширити спектр якісної оцінки результатів тестування, бо дозволяє з іншого боку проаналізувати ступінь впевненості знань студента. Отже, Клас 1 у поєднанні із попередніми показниками K^1 додатково характеризує високий ступінь стабільності знань, Класи 2 та 3 додають якісну інформацію про рівень неупевненості, тенденцію у процесі засвоєння навчального матеріалу та специфіку мислення студентів.

Згідно із розробленою методикою інтегрованої діагностики якості навчання, із використанням методу розпізнавання образів, було виконано групування визначених можливих діагностичних класів зазначених критеріїв у можливі альтернативи для прийняття рішення щодо коригування графіку проведення, методики організації та змісту навчального процесу або визначення кількісної оцінки проміжного рівня засвоєння дисципліни.

Оскільки у сукупності було визначено чотири часткових критеріїв, діапазон коливань значень яких припадає на визначені три класи, то весь можливий повний набір ситуацій діагностики якості навчання може бути описаний $81 (3^4)$ варіантом їх комбінацій. Отже, згідно з інтегральною функцією, будь-яку наявну ситуацію в кількісному вимірі можна описати залежністю $U = f(K^1, K^{21}, K^{22}, K^{23})$.

Тоді, якщо за критерієм кількісного рівня опанування навчального матеріалу i -а одиниця (питання, підпитання) відноситься до першого класу ($K_i^1 = 1$),

повний набір ситуацій для цього випадку буде складати $3^3 = 27$

Оскільки кожен критерій характеризує окрему специфічну складову інтегрованого показника кількісного та якісного рівня засвоєння навчального матеріалу та може приймати різні, часто протилежні, значення, то певні комбінації з повного набору можуть не існувати в реальній практиці діагностики знань і тому їх варто виключити з повного набору діагностичних ситуацій (у табл. 5 вони визначені жирним курсивом). Наприклад:

– ситуації $U_{1,1,1,3}$; $U_{1,1,2,3}$; $U_{1,1,2,3}$ не можуть існувати в реальній практиці надання студентами відповідей та оцінки їх якості, оскільки максимальний ступінь засвоєння $K^1=1$, при наявності міцних і впевнених знань $K^{21}=1$, усуває можливість надання повторних неправильних відповідей $K^{23}=3$ на тестові завдання, факт якого, по-перше, повинен значно знижувати значення K^1 показника рівня засвоєння, по-друге – погіршити показник узгодженості фактичних та нормативних часових рядів K^{21} ;

– неможливими також є $U_{1,3,1,1}$, $U_{1,3,1,1}$, $U_{1,3,3,1}$, $U_{1,3,1,2}$, $U_{1,3,2,2}$, $U_{1,3,3,2}$ – ситуації одночасного поєднання максимального ступеню засвоєння $K^1=1$ та присутності значної ймовірності ефекту „вгадування“ більшої частини питань $K^{21}=3$.

Виходячи з тих же умов, що й для попереднього значення критерію, неможливими в реальній практиці надання студентами відповідей та оцінки їх якості будуть $U_{2,1,1,2}$, $U_{2,1,2,1}$, $U_{2,1,3,2}$, $U_{2,1,2,3}$, $U_{2,2,1,2}$, $U_{2,2,2,2}$,

$U_{2,2,3,2}, U_{2,3,1,2}, U_{2,3,2,2}, U_{2,3,3,2}$ (визначені жирним курсивом у табл. 6):

– ситуації із протилежними наборами значень критеріїв випередженого або запізненого вибору тестових завдань ($K^{22} = 2$ або $K^{22} = 3$) у сполученні з покращенням результатів тестування в результаті повторної відповіді ($K^{23} = 2$);

– ситуації сполучення показників задовільного або незадовільного рівня засвоєння студентами навчального матеріалу ($K^1 = 2$) й недостатньо впевнених знань особи, що тестується, а також присутності ефекту вгадування ($K^{21} = 2$ або $K^{21} = 3$).

Аналогічні набори ситуацій, що дозволяють інтегрально діагностувати рівень засвоєння матеріалу, доцільно виключити із повного набору ситуацій при $K_i^1 = 3$.

Таблиця 5

Можливі ситуації діагностики якості навчання за умови $K_i^1 = 1$

Комбінації значень часткових критеріїв	Комбінації значень часткових критеріїв		
	(1,1,1,1)	(1,1,1,2)	(1,1,1,3)
	(1,1,2,1)	(1,1,2,2)	(1,1,2,3)
	(1,1,3,1)	(1,1,3,2)	(1,1,3,3)
	(1,2,1,1)	(1,2,1,2)	(1,2,1,3)
	(1,2,2,1)	(1,2,2,2)	(1,2,2,3)
	(1,2,3,1)	(1,2,3,2)	(1,2,3,3)
	(1,3,1,1)	(1,3,1,2)	(1,3,1,3)
	(1,3,2,1)	(1,3,2,2)	(1,3,2,3)
	(1,3,3,1)	(1,3,3,2)	(1,3,3,3)

Повну загальну вибірку для $K_i^1 = 2$ наведено у табл. 2.

Таблиця 6

Можливі ситуації діагностики якості навчання за умови $K_i^1 = 2$

Комбінації значень часткових критеріїв	Комбінації значень часткових критеріїв		
	(2,1,1,1)	(2,1,1,2)	(2,1,1,3)
	(2,1,2,1)	(2,1,2,2)	(2,1,2,3)
	(2,1,3,1)	(2,1,3,2)	(2,1,3,3)
	(2,2,1,1)	(2,2,1,2)	(2,2,1,3)
	(2,2,2,1)	(2,2,2,2)	(2,2,2,3)
	(2,2,3,1)	(2,2,3,2)	(2,2,3,3)
	(2,3,1,1)	(2,3,1,2)	(2,3,1,3)
	(2,3,2,1)	(2,3,2,2)	(2,3,2,3)
	(2,3,3,1)	(2,3,3,2)	(2,3,3,3)

За результатами проведеного аналізу було виконано групування отриманих ситуацій у 10 класів, які об'єднують у своєму складі відносно схожі комбінації. Принцип об'єднання комбінацій у класи ґрунтується на двоїстому підході: з одного боку враховується кількісний рівень опанування навчального матеріалу, а з іншого – його якісний рівень (діагностика з точки зору якості тестових завдань, згідно з яким неможливо об'єктивно оцінювати рівень знань студентів, наведено у [9, 10]).

Рішення 3. Аналіз сформованих діагностичних класів та обробка отриманих автором експертних оцінок дозволили сформуванню бази знань (табл. 7) експертної системи інтегрованої діагностики та управ-

ління якістю навчання, що призначена для інтелектуальної підтримки прийняття рішення щодо адаптивного корегування змісту та форми проведення навчальних занять.

Таблиця 7

База знань експертної системи

№ Класу	Представництво вибірка	Стисла характеристика класу	Можливі рекомендації щодо управління
Клас 1	$U_{1,1,1,1}; U_{1,1,2,1}$	Максимальний рівень засвоєння матеріалу та дуже стійкі знання	Рекомендовано аналітичні та дослідницькі види робіт
Клас 2	$U_{1,1,1,2}; U_{1,1,2,2}; U_{1,1,3,2}; U_{1,1,3,1}$	Максимальний рівень засвоєння матеріалу та стійкі знання	Потрібне закріплення основних положень. Корисне використання творчих видів робіт
Клас 3	$U_{1,2,1,1}; U_{1,2,2,1}; U_{1,2,3,1}$	Максимальний рівень засвоєння матеріалу та досить стійкі знання	Корисне використання ситуаційних та ігрових видів роботи з подальшим обговоренням та диспутиами
Клас 4	$U_{1,2,1,2}; U_{1,2,2,2}; U_{1,2,3,2}; U_{1,2,1,3}$	Максимальний рівень засвоєння матеріалу, але не зовсім стійкими знаннями (коливання поглядів)	Корисне проведення інтенсивних практичних та ситуаційних занять із роз'ясненням складних моментів. Бажано чергування індивідуальної та групової роботи з метою встановлення „істини“
Клас 5	$U_{2,1,1,1}; U_{2,1,2,1}; U_{2,1,3,1}$	Задовільний (достатній) рівень засвоєння матеріалу та стійкі знання	Рекомендована самостійна практична робота (узагальнююча, розрахункова, прикладна)
Клас 6	$U_{2,1,1,2}; U_{2,1,3,2}$	Задовільний (достатній) рівень засвоєння матеріалу та досить стійкі знання, але ж потрібне закріплення основних положень	Рекомендована групова практична робота з необхідністю викладення узагальнених теоретичних та практичних основ навчального матеріалу та проведення розрахунків або узагальнення та аналізу фактичного матеріалу
Клас 7	$U_{2,2,1,1}; U_{2,2,2,1}; U_{2,2,3,1}; U_{2,2,3,2}$	Задовільний (достатній) рівень засвоєння матеріалу та не дуже стійкі знання	Корисне проведення інтенсивних практичних занять із роз'ясненням складних моментів. Бажані індивідуальні консультації та групова робота з метою встановлення „істини“
Клас 8	$U_{3,1,1,1}; U_{3,1,2,1}; U_{3,1,3,1}; U_{3,1,2,2}; U_{3,1,1,3}$	Матеріал студентами поки що не засвоєний	Більшу частину матеріалу доцільно перенести в розділ аудиторного розглядання
Клас 9	$U_{3,2,1,2}; U_{3,2,2,2}; U_{3,2,3,2}; U_{3,2,2,3}$	Матеріал студентами не засвоєний	Потрібне повторне самостійне розглядання.
Клас 10	$U_{1,3,1,2}; U_{1,3,2,2}; U_{1,3,3,2}; U_{1,3,1,3}; U_{1,3,2,3}; U_{1,3,3,3}; U_{2,3,1,1}; U_{2,3,2,1}; U_{2,3,3,1}$	Низький рівень якості тестових завдань	Необхідно провести розширений аналіз якості тестових завдань [8, 10]

Алгоритм інтелектуальної підтримки прийняття рішення щодо адаптивного корегування змісту та форми проведення навчальних занять базується на наступних концепціях [9]:

1. Попереднє тестування студентів перед проведенням аудиторного навчального заняття має на меті:

а) інтелектуальну діагностику (база знань, табл. 7) рівня засвоєння матеріалу (якості навчання), що попередньо був отриманий студентом, та віднесеного, згідно з робочою програмою, для самостійного опанування та/або виданого викладачем для попереднього ознайомлення безпосередньо перед проведенням аудиторного заняття;

б) підтримку прийняття рішення щодо адаптивного регулювання структури та змісту навчальних занять згідно зі сформованими в базі знань (табл. 7) експертними рекомендаціями, а саме:

– визначення найбільш ефективних форм навчальної роботи (групова, самостійна, творча, розрахункова, дослідницька, командна);

– визначення навчальних елементів, що потребують специфічних форм роз'яснення або закріплення (узагальнення, повтор, практичні приклади);

– автоматизоване настроювання слайд-конспекту лекцій або порцій практичних (лабораторних) робіт із рекомендаціями обов'язкового розглядання, можливого розглядання та відсутності необхідності розглядання внаслідок якісного опанування студентами визначеного навчального матеріалу.

2. Повторне тестування наприкінці поточного заняття має на меті:

а) визначення показників ступеню якості (зрозумілості, доступності, ефективності) навчального процесу за результатами аналізу динаміки показників рівня засвоєння матеріалу (якості навчання);

б) формування та супроводження динамічної бази знань системи навчання – моделі учня та викладача [10].

Рішення 4. Максимально ефективна інтеграція в навчальне інформаційне середовище експертної системи інтегрованої діагностики та управління якістю навчання передбачає [10]:

1. Використання в якості інструментальної бази для створення уніфікованих експертних систем засобів MS Office (із застосуванням можливостей програмування у VBA) як найбільш поширених та доступних програмних продуктів, що використовуються у ВНЗ України.

2. Усунення обмежень щодо технічних вимог до комп'ютерів, якими обладнано більшість ВНЗ, шляхом розміщення навчального контенту на потужному (можливо віддаленому) сервері в Internet-мережі.

3. Забезпечення максимальної економічності та ефективності використання мережевих ресурсів завдяки можливості використання режимів передачі сформованих за запитом викладача, згідно з навчальним планом, пакетів порцій навчального матеріалу всіх форм: короткочасного сеансу зв'язку по Internet-мережі із сервером; розсилки поштою засобами бездротового зв'язку або внутрішнього мережевого забезпечення; мобільного (дистанційного) режиму роботи системи.

Висновки. Таким чином, запропонована автором методологія створення експертної системи дозволяє підвищити якість навчання та продуктивність освіти завдяки розробці методик:

1. Системного аналізу та структуризації навчального контенту, що забезпечує: компактне зберігання та швидкий пошук пакетів порцій скорельованих форм навчального контенту; методологічну та апаратну підтримку технології інтелектуального аналізу рівня засвоєння навчального матеріалу (якості навчання), ефективності роботи викладача та якості інструменту зворотного зв'язку.

2. Підвищення об'єктивності та розширення галузі використання технології комп'ютерного тестування як інструменту організації зворотного зв'язку, що забезпечує: інтелектуальний аналіз рівня самостійного засвоєння навчального матеріалу та ефективності організації індивідуальної роботи і навчального процесу в цілому.

3. Адаптивного регулювання структури, змісту, графіку проведення та методики організації навчального процесу за алгоритмом, визначеним на підставі інтелектуальної бази знань.

4. Максимально ефективної інтеграції системи в навчальне інформаційне середовище більшості ВНЗ України.

Список літератури / References

1. Brusilovsky, P., "Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education", *In C. Rollinger and C. Peylo (eds.), Special Issue on Intelligent Systems and Teleaching, Konsthliche Intelligenz*, no.4, pp. 19–25.

2. Атанов Г.А. Діагностика знань, умінь с помощью експертных систем; Учебное пособие для студентов физического факультета / Г.А. Атанов, И.Н. Пустынникова – Донецк: ДонГУ. – 1997. – 64 с.

Atanov, G.A. and Pustinnikova, I.N. (1997), *Diagnostika znanij umenij s pomoshchyu ekspertnykh sistem* [Diagnostics of Knowledge / Skills with the Help of Expert Systems], Tutorial for physical faculty students, DonNU, Donetsk, Ukraine.

3. Рыбина Г.В. Разработка и использование обучающих интегрированных экспертных систем в учебном процессе / Рыбина Г.В. // Российская научно-методическая конференция „Совершенствование подготовки IT-специалистов по направлению прикладная информатика на основе инновационных технологий и E-Learning“. Сб. научных трудов. – М.: МЭСИ – 2007 – С. 219–226.

Rybina, G.V. (2007), "Development and use of teaching integrated expert systems in the study process", *Proc. of Russian Scientific Methodological Conference "Development of the preparation of IT-specialists in the sphere of applied informatics on the basis of innovation technologies and u E-Learning"*, MESI, Moscow, pp. 219–226.

4. Патент на корисну модель №3619U. Україна: 7G09B7/07. Спосіб побудови адаптивної системи навчання. / О.В. Ермоленко, В.І. Ковальов, А.І. Лисной, О.А. Серков; заявник та патентовласник: Національ-

ний технічний університет „Харківський політехнічний інститут“. – №2004010029; заявл. 08.01.2004; опубл. 15.12.2004, Бюл. 12, 2004 р.

Ermolenko, O.V., Kovaliov, V.I., Lisnoy, A.I. and Serkov, O.A. The way of creating an adaptive study system: efficient model license no.3619U. Ukraine: 7G09B7/07; The declarant and license owner: National Technical University “Kharkov polytechnic institute”. – №2004010029, declared January 8, 2004, published December 15, 2004, bulletin 12, 2004.

5. Kudryavtsev, V.S., Waschik, K., Strogalov, A.S., Aliseytshik, P.A., and Peretruchin, V.V. (1996), “Educational computer system of automatic machine type”, *In the book: Problems of theoretic cybernetics*, Publishing center RSHU, Moscow, p. 111.

6. Хмелёв А.Г. Нейросетевые технологии в системах автоматизированного контроля знаний студентов / Хмелёв А.Г. // XVI Всеукраїнська науково-методична конференція „Проблеми економічної кібернетики“, 14–16 вересня 2011 р. – Одеса, С.120–125.

Khmelev, A.G. (2011), “Neuronet technologies in the systems of automated students’ knowledge control”, Proc. of the XVI All-Ukrainian Scientific Methodological Conference “Problems of Economical Cybernetics”, 14th – 16th September 2011, Odessa, pp. 120–125.

7. Патент на винахід № 97149 Україна: G06F 7/04 (2006.01). Спосіб виміру рівня знань учнів при комп’ютерному тестуванні. / Холод Б.І., Тараненко Ю.К., Ризун Н.О.; замовник та патентовласник: ЗАТ „Дніпропетровський університет економіки та права“. – № a200912950; заявл. 14.12.2009; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1, 2012. – 11 с.

Kholod, B.I. Taranenko, Yu.K. and Rizun, N.O. The way of measuring students’ knowledge level by means of computer testing: license № 97149 Ukraine: IPC G06F 7/00 (2006.01); Declarants and license owners: Kholod, B.I., Taranenko Yu.K., Rizun N.O., № a200912950, declared December 14, 2009, published. January 1, 2012, bulletin no.1, 2012, 11 p.

8. Ризун Н.О. Эвристический алгоритм совершенствования технологии оценки качества тестовых заданий / Ризун Н.О. // „Східно-Європейський журнал передових технологій“. – №3/11 (45) – 2010 – С.40–49.

Rizun, N.O. (2010), “Heuristic algorithm of improvement of evaluation technology for the testing quality”, *Eastern-European Journal of Advanced Technologies*, no.3/11 (45), pp. 40–49.

9. Патент на корисну модель 64873 Україна: МПК G06F 7/00. Система навчання із застосуванням комп’ютерного тестування. /Ризун Н.О., Тараненко Ю.К., Тарнопольський О.Б., Холод Б.І. ; замовник та патентовласник: Ризун Н.О., Тараненко Ю.К., Тарнопольський О.Б., Холод Б.І. – № u 201104040; заявл. 04.04.2011; опубл. 25.11.2011; Бюл. № 22/2011. – 31 с.

Rizun, N.O., Taranenko, Y.K., Tarnapolsky, O.B. and Cholod, B.I., The study system with the use of computer testing. [Text]: efficient model license 64873 Ukraine: IPC G06F 7/00; Declarants and license owners: Rizun, N.O., Taranenko, Y.K., Tarnapolsky, O.B. and Cholod,

B.I. no.u201104040, declared April 4, 2011, published. November 25, 2011, bulletin no.22/2011, 31 p.

10. Ризун Н.О. Теоретические основы построения научно-инновационного многоуровневого комплекса интенсификации учебного процесса в ВУЗе (аспект формализации подсистем) / Ризун Н.О. // Вісник НТУ „ХПІ“. Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ „ХПІ“. – 2011. – № 33. – С. 83–101.

Rizun N.O. (2011), “Theoretical bases of building the scientific innovative multilevel complex of study process intensification (aspect of subsystems formalization)”, *Visnyk NTU “KhPI”, Thematic issue: New Solutions in the Modern Technologies*, issued by NTU “KhPI”, Kharkov, no.33. pp. 83–101.

Цель. Повышение качества обучения и продуктивности образования благодаря разработке и внедрению экспертной системы интегрированной диагностики и управления качеством аудиторной и самостоятельной форм обучения в высшем учебном заведении.

Методика. Методика исследований базируется на системном анализе сложных систем и теории распознавания образов.

Результаты. Результатами исследований является: формализация методики системного анализа и структуризации учебного контента, которая обеспечивает компактное хранение и быстрый поиск пакетов порций коррелированных форм учебного контента; разработка модели интегрированной диагностики качества обучения с использованием инструментов распознавания образов для интеллектуального анализа степени самостоятельного, текущего и итогового усвоения учебного материала, эффективности организации индивидуальной работы студентов, качества организации обратной связи (надежности и валидности тестового материала).

Научная новизна. Научная новизна состоит в постановке и решении проблемы совершенствования инструментов диагностики и управления качеством обучения в ВУЗе путем обоснования целесообразности и эффективности использования четырех критериев интегрированной диагностики качества обучения, а именно: критерия количественного уровня усвоения учебного материала; критериев качественного уровня усвоения – коэффициента корреляции между рядами фактического и нормативного времени, которое затрачено на правильный ответ на тестовое задание; коэффициента смещения порядка выбора тестовых заданий относительно установленного порядка их вывода на экран и коэффициента выбора тестовых заданий для повторного ответа.

Практическая значимость. Практическая значимость работы состоит в формировании экспертной базы знаний и алгоритма интеллектуальной поддержки принятия решений по определению наиболее эффективных форм учебной работы и учебных элементов, которые требуют специфических форм объяснения или закрепления, а также предоставления возможности автоматизированной настройки текущего слайд-конспекта лекций или порций практиче-

ских (лабораторных) работ. Предложена концепция максимально эффективной интеграции экспертной системы в учебную информационную среду ВУЗов Украины. Экспертная система, воплощающая методологию авторов, реализована на кафедре экономической кибернетики и математических методов в экономике Днепропетровского университета им. А. Нобеля. Апробация этой системы, путем организации учебного процесса по профильным дисциплинам студентов II–IV курсов направления 6.030502–„Экономическая кибернетика“, позволила за период двух учебных семестров повысить их абсолютную успеваемость в среднем на 10–15%.

Ключевые слова: *экспертная система, качество обучения, обратная связь, распознавание образов, диагностика*

Purpose. To increase the quality of teaching and efficiency of education due to the development and introduction of expert system of integrated diagnostic and quality control of self-maintained and class work in the higher education institution.

Methodology. The research methodology is based on the system analysis of complex systems and the theory of pattern identification.

Findings. The following research results have been obtained: formalization of methods of system analysis and study content structuring, which provides the compact storage and quick search of any packages of portions of correlated content forms; development of the model of integrated diagnostic of the studies quality with the use of pattern identification for intellectual analysis of the rate of independent, current and total learning of study material; to the effectiveness of students' individual work organization; to the quality of reverse connection organization (indicators of reliability and validity of test material).

Originality consists in the statement and resolution of the problem of improving the instruments of diagnostics and quality control of education in the higher education institution – by means of reasoning the appropriateness and effectiveness of using four criteria of integrated diagnostic of education quality, namely of the criterion of quantity level of study material learning and criteria of quality level of learning. There are three indices of the quality: the index of correlation between the rows of real and standard time, which is spent on the right test answer; the index of displacement of the testing tasks sequence relatively to the set order of their displaying; the index of testing tasks selection for the repeated answering.

Practical value of the work consists in forming the expert knowledge base and the algorithm of intellectual support of decision making for determination of the most effective forms of study work and study elements. These elements require specific forms of explanation and setting as well as the possibility of automated adjustment of the current lectures' slide-summary or some portions of practice (laboratory) works. The concept of the maximum effective integration of expert system into the study informational sphere among Ukrainian higher educational institutions is offered. The expert system, which realizes the authors' methodology, is fulfilled at the department of Department of Economic Cybernetics and Mathematical Methods in Economics in the Dnipropetrovsk Alfred Nobel University. This system's approbation by means of organizing the study process in the core subjects for students of II–IV courses (field 6.030502 – “Economic Cybernetics”) during two semesters allowed to increase students' absolute progress in average by 10–15%.

Keywords: *expert system, studies quality, reverse connection, pattern identification, diagnostics*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук Ю.К. Тараненком. Дата надходження рукопису 30.09.11