

СПИСОК АВТОРІВ

Керівник НДР	А.В. Васильєв (вступ,
канд. техн. наук, професор	розділи 1-6, висновки)
Старший наук. співробітник,	В.Д Карпуша (вступ,
канд. фіз.-мат. наук, доцент	розділи 1-6, висновки)
Провідний наук. співробітник,	В.О. Любчак (вступ,
канд. фіз.-мат. наук, доцент	розділи 1-6, висновки)
Провідний наук. співробітник,	О.В. Купенко (вступ,
канд. пед. наук	розділи 1,2,4,6, висновки)
Провідний наук. співробітник,	Т.О. Дмитренко (вступ,
доктор. пед. наук, професор	розділи 1,2,4,6, висновки)
Старший наук. співробітник,	Н.І. Муліна
канд.пед.наук, доцент	(розділ 3)
Молодший наук. співробітник	О.А. Васильєва
	(розділ 3)
Молодший наук. співробітник	Л.В.Хоменко
	(розділ 4)
Молодший наук. співробітник	А.Г.Півень
	(розділ 4)
Молодший наук. співробітник	А.Л.Дєдков
	(розділ 4)
Молодший наук. співробітник	К.О.Федорченко
	(розділ 5)
Інженер 3 кат.	А.М.Костенко
	(розділ 5)

РЕФЕРАТ

Звіт: 210с., 42 рисунка, 12 таблиць, 134 джерела.

Об'єктом дослідження є навчальний процес.

Мета роботи – розроблення методологічних та теоретичних засад створення адаптивних систем керування дистанційним навчанням.

Призначення роботи – розроблення прогресивних інформаційних технологій освіти та їх впровадження в навчальний процес.

Спосіб проведення дослідження – на основі аналізу існуючих інформаційних і педагогічних технологій оптимізувати дидактичні параметри навчального процесу.

Розробленню імітаційну модель оцінки знань і вмінь студентів інженерних спеціальностей при тестовому контролі. При цьому досліджено проблему суб'єктивізму при контролі знань у системі навчання та технології дистанційного навчання при контролі знань студентів інженерних спеціальностей. Розглянуто основні процедури імітаційної моделі тестового контролю знань і вмінь, досліджено проблему якості тестів і запропоновано алгоритм побудови шкали оцінювань. Розглянуто питання аналізу та синтезу адаптивних систем керування дистанційним навчанням у рамках теоретико-інформаційної інтелектуальної технології, розробленої колективом викладачів і науковців Сумського державного університету. Наукові результати, одержані при виконанні науково-дослідної роботи, доведено до практичного використання при викладанні інженерних спеціальностей

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ, АДАПТИВНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ТЕСТОВИЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНЬ І ВМІНЬ, ФУНКЦІОНАЛЬНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ІНФОРМАЦІЙНИЙ КРИТЕРІЙ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ	8
1.1 Проблема суб'єктивізму при контролі знань в системі навчання студентів інженерних спеціальностей	8
1.2 Технології дистанційного навчання при контролі знань студентів інженерних спеціальностей.....	13
1.3 Розробка та дослідження імітаційної моделі тестового контролю знань та вмінь	38
1.3.1. Передумови створення імітаційної моделі тестового контролю знань і вмінь	38
1.3.2 Основні процедури імітаційної моделі тестового контролю.....	42
1.3.3 Типізація тестових завдань.....	46
1.3.4 Міри складності тестових завдань	71
1.3.5 Включення тестових завдань в загальну систему тестування.....	87
1.3.6 Нечітка логіка при тестовому контролі знань	102
1.3.7 Багаторівневий тестовий контроль.....	101
1.3.8 Побудова шкали оцінювання	114
1.3.9 Проблема якості тестів.....	120
1.3.10 Комп'ютерна реалізація	128
2 АНАЛІЗ І СИНТЕЗ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНИМ НАВЧАННЯМ.....	132
2.1 Формування класів еквівалентності в просторі ознак розпізнавання	132
2.2 Формування навчальної матриці	137
2.3 Алгоритм формування класів еквівалентності.....	138
2.4 Короткий опис програмної реалізації алгоритму формування класів еквівалентності ознак розпізнавання	140

2.5 Результати моделювання алгоритму формування класів еквівалентності ознак розпізнавання	142
2.6 Математична модель оптимізації геометричних параметрів вкладених контейнерів класів розпізнавання	150
2.7 Алгоритми навчання й екзамену СКДН	151
2.8 Короткий опис програмної реалізації базового алгоритму навчання з вкладеними контейнерами	154
2.9 Результати фізичного моделювання	155
2.10 Математична модель оптимізації словника ознак розпізнавання	161
2.11 Оптимізація словника ознак за методом випадкового пошуку	162
2.12 Короткий опис програмної реалізації алгоритму оптимізації словника ознак розпізнавання	164
2.13 Результати фізичного моделювання алгоритму оптимізації словника ознак розпізнавання	166
2.14 Персоналізація освіти. Підхід до побудови адаптивного контенту	170
2.15 Побудова індивідуальних траєкторій навчання із застосуванням індивідуально-орієнтованих електронних освітніх ресурсів і середовищ	179
ВИСНОВКИ	190
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	196

ВСТУП

Збереження та розвиток інформаційно-освітнього середовища є однією із найважливіших задач національної безпеки України. Тому підвищення ефективності функціонування телекомунікаційного інформаційно-освітнього середовища (ТІОС) вищого навчального закладу на основі впровадження широкої комп'ютеризації та впровадження електронних засобів навчання є актуальною задачею вищої школи України на найближчу перспективу. Один із шляхів підвищення ефективності функціонування ТІОС полягає в створенні основ проектування адаптивних систем керування навчальним процесом для студентів різних форм навчання. Особливо актуальним це є для студентів заочної та дистанційної форм навчання. При цьому центральними питаннями, які потребують поєднання зусиль як спеціалістів у галузі інформатики, так і всіх викладачів вищої школи є вирішення проблеми підвищення достовірності машинної оцінки знань студентів та на її основі розроблення методів аналізу і синтезу систем проектування, експлуатації та супроводження навчального процесу для всіх форм навчання. При цьому основні ускладненнями аналізу та синтезу систем керування слабо формалізованими процесами, до яких відноситься і навчальний процес, пов'язані з нечіткими даними, одержаними за умов апріорної невизначеності, інформаційних і ресурсних обмежень..

Наукові результати, одержані колективом науково-дослідної проблемної лабораторії систем дистанційного навчання Сумського державного університету, наведено у завершальному звіті, який складається із двох розділів.

Перший розділ звіту присвячено розробленню імітаційної моделі оцінки знань і вмінь студентів інженерних спеціальностей при тестовому контролі. При цьому досліджено проблему суб'єктивізму при контролі знань у системі навчання та технології дистанційного навчання при контролі знань студентів інженерних спеціальностей. Розглянуто основні процедури імітацій-

ної моделі тестового контролю знань і вмінь, досліджено проблему якості тестів і запропоновано алгоритм побудови шкали оцінювань.

Другий розділ присвячено безпосередньо питанню аналізу та синтезу адаптивних систем керування дистанційним навчанням (СКДН) у рамках теоретико-інформаційної інтелектуальної технології, розробленої колективом викладачів і науковців Сумського державного університету.

Наукові результати, одержані при виконанні науково-дослідної роботи, доведено до практичного використання при викладанні інженерних спеціальностей та опубліковано в працях [1-21].

1 РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1.1 Проблема суб'єктивізму при контролі знань у системі навчання студентів інженерних спеціальностей

Стрімка інформатизація всіх сторін діяльності технічного університету висуває на перший план проблеми розвитку ефективних методик виміру й визначення критеріїв достатності зафіксованого рівня знань і вмінь. Для будь-якої системи утворення й форми навчання найважливішим залишається об'єктивний контроль якості знань і на цій основі побудовані результативні алгоритми навчання. Прийнята у вітчизняній вищій школі, як і в більшості інших країн, система оцінювання успішності навчання за кількісно виражених критеріями у вигляді оцінок або балів, що проставляють студентів в процесі та за підсумками навчання, звичайно розглядається як основна характеристика успішності навчання. При цьому широко використовується такий критерій як успішність, що часто вважається узагальненим показником не тільки знань, умінь і навичок, що здобувають студенти, але нерідко його сприймають як інтегрований параметр якості всього навчання в цілому. За підсумками успішності ухвалюють рішення щодо переходу студентів на наступний курс, нараховують стипендію або, якщо успішність визначена як «незадовільна», про відрахування. Виходячи з показників успішності, оцінюють роботу професорсько-викладацького колективу, порівнюють навчальні методики та інше.

З огляду на відносну простоту виміру критерію успішності, його застосування виявляється виправданим для значного числа практичних завдань, де потрібно зробити диференційоване обґрунтування прийнятого рішення. Однак при цьому особливо важливою характеристикою є достовірність оцінки знань, тому що використання неадекватних показників скоріше призведе до

негативних наслідків, чим дасть позитивний результат. При цьому варто враховувати, що, виражаючи успішність у цифровому поданні, система визначення оцінок або балів у більшості випадків не спирається на засоби їхнього кількісного виміру. Тому існуюча система виставлення оцінок все частіше зазнає критики за суб'єктивізм і неправомірність відомої фетишизації поняття успішності [31]. Ця критика викликана, насамперед, тим, що необхідно знайти шлях більш об'єктивної оцінки результатів навчання.

Контроль результатів, що досягають, нерозривно пов'язаний із процесом навчання і є присутнім на всіх його етапах, хоча особливо виражений при завершенні вивчення якої-небудь теми, її частини або дисципліни в цілому. При цьому для викладача він не менш значимий, чим для студента, тому що якщо невідомо наскільки істотні досягнуті в процесі навчання результати, якщо викладач не знає, що зроблено правильно й у чому допущені помилки, то він не зможе оперативно внести корективи й досягти поставлених цілей навчання. Як наслідок, достовірне й своєчасне оцінювання підсумків навчання є неодмінною умовою успішної роботи викладача протягом усього навчального семестру.

Контроль якості навчання в процесі своєї діяльності виконує кожний викладач, хоча й не завжди усвідомлює, до яких розумових операцій прибігає в тім або іншому випадку і який інструментарій використовує для оцінки досягнень студентів. Опіраючись на сформоване подання про те, що вважати еталоном успішності навчання, він порівнює свої подання про знання студентів із цим еталоном або знаннями, виявленими іншими студентами, і на цій основі робить висновок про результати навчання. Однак, беручи участь у процесі контролю, і викладач, і студенти неминуче зіштовхуються із проблемою необ'єктивності оцінювання знань. Типовою є ситуація, коли за однакові відповіді по контрольованому навчальному матеріалі студентові, що зарекомендував себе як здатний, знаючий «відмінник» і традиційному «хорошисту» або «трієчникові» виставляють різні оцінки, а при сумнівах, яку ж оцінку варто проставити, як аргумент неприпустимо приймаються результати, досяг-

нуті студентом по інших дисциплінах або на молодших курсах. Можливо й ненавмисне пристосування викладачів до рівня знань студентів, - у результаті та сама оцінка по дисципліні, що читає на різних кафедрах, факультетах, у вузах може відповідати різним, часто навіть непорівнянним рівням знань. Нерідкі випадки, коли оцінка чергового студента завищується або, навпаки, занижується залежно від того, як відповідали інші. Наприклад, після попереднього опитування погано підготовлених студентів більше вдала відповідь сприймається як свідомо кращий. Часто починаючі викладачі невинувато строгі до своїх колишніх колег по студентській лаві, а викладачі зі стажем «великодушно» завищують оцінки або взагалі, поза залежністю від відповідей студентів, уникають проставляти вкрай високі або низькі оцінки. Викладач може бути просто упередженим, усвідомлено або мимоволі переносячи своє особисте відношення й оцінюючи вище тих студентів, до яких він ставиться краще, і відповідно нижче оцінюючи тих, до яких відношення негативне. В остаточному підсумку, на об'єктивність оцінювання може позначитися стомленість викладача до кінця екзамену, емоційний, фізичний стан та інше.

Суб'єктивність оцінки знань пов'язана в певній мірі з недостатньою розробкою методів контролю. Нерідко оцінка теми, курсу або його частин відбувається шляхом перевірки окремих, часто другорядних елементів, які не несуть основного значущого змісту, і якість їхнього засвоєння не може відбивати рівень володіння всією системою сформованих знань, умінь і навичок. Зміст і послідовність питань визначаються кожним викладачем інтуїтивно, і часто не кращим образом. Крім того, що сам викладач, не може бути об'єктивний у силу власних особистісних подань і світовідчужань, проблема ускладнюється тим, що оцінювання знань є багатокритеріальним рішенням, для якого цільові функції в більшості випадків не можуть бути строго визначені. І, навіть, якщо піти по шляху складання вимог до оцінювання знань, у вигляді інструкцій з перерахованими частинними критеріями оцінювання і їхніх пріоритетів, в остаточному підсумку, ступінь відповідності відповіді студента цим критеріям визначає викладач, знову ж на основі своїх подань

про еталон відповіді. Два викладачі, вислухавши відповідь студента, оцінять його виходячи з тих самих критеріїв по-різному, а розкид оцінок може бути значним.

Таким чином, достовірність оцінки знань, коли вона базується на одиничному суб'єктивному поданні людини, досить невисока. Усунути суб'єктивну складову в оцінках надзвичайно важко в силу ряду причин.

По-перше, поки ще не вироблені науково обґрунтовані методи безпосереднього виміру результатів навчальної діяльності, за допомогою яких можна було б прямо встановити рівень успішності навчання. Використовувані непрямі методи не гарантують достовірності результатів, тому що рішення приймаються опосередковано по відповідях, по діях студентів та інше.

По-друге, немає загальноприйнятих узагальнених визначень найважливіших показників результатів навчання, таких як знання, уміння, навички, засвоєння, успішність та інше. У більшості випадків формулювання цих показників включають тільки словесний опис критеріїв і не мають кількісної форми вираження.

У третій, традиційна перевірка знань, будучи у своїй основі експертною системою, оперує експертними оцінками, проставленими єдиним експертом - викладачем і лише у виняткових випадках створюються експертні комісії (залучення декількох викладачів обмежено економічними міркуваннями й реалізується в рідких випадках, коли створюються різного роду контролюючі комісії).

Тому останнім часом у педагогічній практиці всі частіше при контролі знань використовують тестування, в основі якого лежить набір типізованих завдань і еталонних відповідей, призначених для встановлення ступеня засвоєння студентами контрольованого навчального матеріалу. Не усуваючи перших двох причин суб'єктивності, тести проте мають істотну перевагу, що проявляється в незалежності перевірки й оцінки знань від викладача. Тести застосовуються на всіх етапах навчання і є найпоширенішою формою контролю й самоконтролю в системі дистанційного навчання. Тестування - одна з

найбільше технологічних форм проведення автоматизованого контролю з керуваними параметрами якості. Тестовий контроль можливий в «паперовій» формі, коли студентам видаються аркуші паперу з надрукованими завданнями, але при дистанційному навчанні студентів інженерних спеціальностей він по-справжньому ефективний тільки в «комп'ютеризованій» формі. Це обумовлено тим, що більшість технологій дистанційного навчання використовують засоби комп'ютерної техніки й тому комп'ютеризований тестовий контроль реалізується у своєму природному середовищі. Висока технологічність тестового контролю добре сприяє цьому й дозволяє реалізувати основні переваги тестування при контролі знань на комп'ютерах.

Разом з тим, мабуть, не всі необхідні характеристики засвоєння навчального матеріалу можна виміряти методами тестування. Наприклад, здатність логічно, складно, аргументовано й доказово виражати свої думки, вміння конкретизувати відповідь прикладами, обґрунтувати кілька альтернативних рішень і деякі інші характеристики знань, умінь і навичок діагностувати за допомогою тестування важко, а в ряді випадків і неможливо. Зрозуміло, там, де знання й навчальний матеріал можна структурувати і привести до формалізованого виду, як це, наприклад, часто має місце при навчанні інженерним дисциплінам, застосовувати тестові завдання легше. Разом з тим проблематично побудувати систему тестування, що дозволила б повною мірою виявити вміння або перевірити автоматизм навичок професійної роботи без проведення контролю безпосередньо на іспитовому стенді або натурному зразку. Це значить, що тестування повинне обов'язково поєднуватись з іншими (традиційними) формами й методами перевірки знань, по можливості доповнюючи їх критеріально-орієнтованими завданнями з відомими еталонними відповідями. І тільки тоді можна об'єктивно встановити рівень теоретичних знань, інтелектуальних умінь, практичних навичок студентів.

Таким чином, для підвищення об'єктивності контролю при навчанні студентів інженерних спеціальностей галузь застосування тестового контролю може й повинна бути розширена тому, що дуже часто навчальний матері-

ал являє собою добре формалізований текст, що, без істотних наслідків для результатів контролю, може бути трансформований до рівня тестових завдань. З іншої сторони не рідко, коли на перший план виходить уміння виконати професійні дії або скласти технічно грамотний проект і його аргументовано захистити. Розумне сполучення тестового контролю знань із творчими завданнями на виявлення вмінь їх застосувати, удосконалювання методики тестування, а також дослідження, які в цей час проводяться багатьма вітчизняними й закордонними вченими сприяють розширенню галузі ефективного використання тестового контролю й підвищенню об'єктивності його результатів.

1.2 Технології дистанційного навчання при контролі знань студентів інженерних спеціальностей

У педагогічній науці неодноразово підкреслювалася важливість достовірного виявлення дійсних знань, як з позиції діагностики процесу навчання, так і з метою розвитку, виховання студентів і стимулювання їх до одержання знань [24, 28, 30, 34, 36, 38, 56, 58, 59]. Актуальність цієї проблеми не знижується й у цей час, особливо у час спостережуваної тенденції до все більшого впровадження засобів комп'ютерної техніки в освітній процес і передачі технічним пристроям навчальних і контролюючих функцій викладача.

Поява й удосконалювання нових інформаційних технологій, розширення області їхнього ефективного використання, у тому числі й у сполученні з інноваційними навчальними технологіями, у більшості випадків дозволяють перевести на більш високий рівень контроль знань студентів, що здобувають інженерні спеціальності. При цьому незалежно від того, за якою формою навчається студент, комп'ютеризований контроль може бути успішно застосований для перевірки як теоретичних знань, так, що не менш важливо для майбутніх інженерів, умінь і навичок професійної роботи. При дистанційному навчанні обмеження, пов'язані з обов'язковістю придбання студен-

тами вмінь і навичок роботи з фізичними об'єктами можуть бути частково зняті застосуванням віртуальних моделей, а якщо буде потреба й використання натурних зразків. І, навпаки, при очному навчанні, коли більша частина практичних робіт виконується на натурних зразках, буває доцільно використати віртуальні моделі. Можливий і варіант, коли при проведенні занять ефективно сполучати методи очної й дистанційної форм навчання, наприклад, застосовуючи електронні тривимірні моделі для придбання початкових навичок і закріплюючи їх при роботі на реальних фізичних об'єктах.

Одним з найбільш перспективних напрямків підвищення достовірності оцінки знань і вмінь студентів є доповнення традиційних методів контролю успішності навчання комп'ютеризованими тестовими завданнями, виконання яких вимагає від студента застосування знань і вмінь, отриманих при вивченні навчального матеріалу. Від того, наскільки правильно виконане завдання, робиться судження про результати навчання й рівень отриманих знань. При цьому зміст тестового завдання визначається цілями навчання, реалізованими за допомогою виконання контрольованого етапу навчання. Так як мети навчання на різних етапах можуть бути різні, то для їхнього досягнення потрібні й різні рівні засвоєння досліджуваного матеріалу. Відповідно й тестування повинне мати на увазі контроль на тім або іншому рівні засвоєння знань і кожному з рівнів повинна бути зіставлена власна шкала оцінок. Сполучення тестування з іншими способами контролю навчальних досягнень студентів, доповнення традиційних схем контролю новими технологіями дозволяють забезпечити досягнення цілей навчання найбільш ефективними методами.

У технічному університеті раціональна організація навчального процесу неможлива без правильної постановки контролю знань, тому що облік знань є одним з найбільш значимих засобів регулювання багатьох показників навчального процесу й одночасно засобом керування якістю навчання. При цьому на контроль знань, як правило, покладається цілий ряд функцій

[22, 43], успішна реалізація яких багато в чому визначає й успішність усього процесу навчання.

Однією з найважливіших функцій контролю знань є контроль-діагностична функція, що полягає в перевірці ступеня оволодіння методами пізнання, рівня підготовленості до оволодіння знаннями, а також установленні самого факту наявності знань, умінь, навичок або їхньої відсутності. Невід'ємною частиною контроль-діагностичної функції є самоконтроль. При дистанційному навчанні, коли студент основну частину навчального часу зайнятий самостійною пізнавальною працею, самоконтроль відіграє особливу роль. Його значення полягає в тому, що вдосконалення результатів діяльності студента не настає навіть при максимально тривалому навчанні й нескінченно великій кількості повторень, якщо він не побачить своїх помилок, не буде здатний критично оцінювати результати своєї діяльності. І саме самоконтроль є ефективним засобом оперативного виявлення недоліків у знаннях, що здобувають знову, і вміннях.

Функція встановлення зворотного зв'язку проявляється в одержанні викладачем інформації про хід навчального процесу, що є необхідною умовою для критичного аналізу методики й змісту навчання, виробітку на основі отриманої інформації ефективних коригувальних рішень. У порівнянні із традиційними формами навчання дистанційна форма має істотно більший потенціал для реалізації функції встановлення зворотного зв'язку, тому що в розпорядженні учасників навчального процесу отримується цілий комплекс технічних засобів, здатних без втрат і практично миттєво передати інформацію викладачеві для оперативного аналізу й виробітку рішень по коректуванню процесу навчання.

З функцією встановлення зворотного зв'язку безпосередньо зв'язана прогностична функція, в основі якої лежить одержання випереджальної інформації про хід проходження студентом чергового етапу навчання. На базі такої інформації приймаються рішення про внесення корегуючого впливу в процес навчання для того, щоб проблеми із засвоєнням поточного навчально-

го матеріалу не переросли в провали в знаннях, уміннях і навичках і це не стало б перешкодою для вивчення нової порції інформації з наступної теми. І якщо при традиційному навчанні результати прогнозу звичайно використовуються для створення усередненої моделі подальшого поведження групи студентів, то впровадження технологій дистанційного навчання дозволяє конкретизувати типові моделі на усунення помилок поведження конкретного студента, для якого виявлені допущені їм пробіли в пізнавальній діяльності. При цьому механізм корегуючого впливу може бути частково реалізований через адаптивні учбово-методичні засоби з вбудованим діагностичним модулем і різноманітним змістом, з якого студентіві відповідно до проаналізованих результатів самоперевірки пропонується для вивчення уточнень вид і обсяг нового навчального матеріалу. Однак для реалізації прогностичної функції в повному обсязі загальне планування, аналіз і розробка типових моделей здійснення навчального процесу, як і раніше, повинні залишатися за викладачем-методистом.

Не менш важлива навчальна функція контролю. Вона проявляється в тому, що контроль знань, будучи однією з частин складового процесу навчання, крім власне виявлення досягнутого в результаті навчання рівня, стимулює цілеспрямовану роботу з уточнення й придбання нових знань, розширення, поглиблення й удосконалення знань, умінь і навичок. При цьому підвищується рівень освіченості, розвивається й удосконалюється культура навчання. Оскільки в умовах дистанційного навчання студентів інженерних спеціальностей найбільше переважно для контролю знань використати інформаційні технології, то студенти в процесі контролю можуть одночасно здобувати досвід роботи із засобами комп'ютерної техніки. Така участь студентів у процедурах контролю стимулює їх до подальшого освоєння й застосування комп'ютерів для рішення навчальних завдань, а по закінченню університетів спрощує адаптацію в областях виробництва із широким використанням комп'ютерних технологій, область застосування яких постійно розширюється. Навчальне значення контролю знань проявляється й у тім, що він являє

собою безупинно здійснюваний зворотний зв'язок, що показує студентам рівень отриманих знань і придбаних умінь.

Розвиваюча функція контролю знань проявляється в тім, що під впливом контролю вдосконалюються такі властивості особистості, як увага, пам'ять, мислення, інтереси студента, стимулюється пізнавальна активність. Однак при традиційному тестовому контролі ця функція може бути реалізована обмежено й лише в тому випадку, якщо тестові завдання, пропонувані студентам, будуть жадати від його координації рухів, швидкій реакції на обставини, що змінюються, установлення причинно-наслідкових залежностей і зв'язків. Тому, у тестовий контроль варто додавати завдання, орієнтовані на роботу з віртуальними моделями технологічних машин, коли для демонстрації необхідних умінь від студентів буде потрібно виявити особливі особистісні якості, необхідні для керування ними. Створення достовірних моделей, правильно організована підготовка до контролю за допомогою тренажерів, а в ряді випадків і робота на натурних моделях, буде сприяти не тільки придбанню професійних навичок, але й розвитку особистості студента. Одночасно із цим тестовий контроль бажано доповнювати усним захистом виконаних робіт, що вимагає аргументації ухвалених рішень, пояснень і доказів. В умовах дистанційного навчання такий захист може здійснюватися за допомогою аудіо- або відеотрансляції, у тому числі й на максимально широку аудиторію користувачів підключених до глобальної комп'ютерної мережі. А це, у свою чергу в набагато більшому ступені буде сприяти розвитку й закріпленню в студентів умінь публічних виступів і дискусій.

Контроль знань виконує також організуючу функцію. Для ефективної реалізації даної функції при дистанційному навчанні необхідно забезпечити правильне сполучення різних видів контролю. Регулярно проведені поточний і рубіжний контроль організують життя й навчальну діяльність студента, і за аналогією з терміновим характером виконання виробничих завдань, вимагають систематичності в навчанні й необхідності виконувати навчальні доручення не тільки якісно, але й у встановлений термін. Підсумковий контроль

орієнтує в специфіці досліджуваного навчального матеріалу й вимогах викладачів, змушує систематизувати отримані дані на певний термін і ставити студента перед необхідністю вибрати таке сполучення режимів навчання й відпочинку, щоб бути максимально підготовленим до встановленого навчальним графіком часу. Одночасно із цим, контроль, проведений у заданих тимчасових рамках, сприяє виробітку раціонального режиму самостійної роботи.

Нарешті, контроль знань виконує виховну функцію, оскільки оцінка, що супроводжує контроль, відбиває результати діяльності студента й робить їх публічними. Неупередженість тестової оцінки, її взаємозв'язок із зусиллями, витраченими студентом для успішного виконання навчальної роботи, робить великий моральний вплив, формуючи в студента правильну життєву позицію, стимулюючи до подальшого вдосконалювання, сприяє вихованню волі й відповідальності. Об'єктивний розгляд досягнутих результатів, те, що зроблена помилка буде гарантовано помічена й одержить належну оцінку, виховує в студента прагнення виконувати отриману роботу без помилок і якісно. Для майбутнього інженера, безумовно, важливо ще зі студентської лави, привчити себе до того, що ні при яких умовах неприпустимі неякісні проекти, виконані з помилками, що, будуть мало функціональні або мають низький к.п.д. Особливо сильний виховний вплив може бути зроблений у зв'язку з тим, що досягнуті студентом результати публікуються оперативно й максимально широко. Відзначимо також значимість самоконтролю, що дозволяє вибрати правильну лінію поведінки, що забезпечує досягнення необхідних результатів оцінки знань при найбільш оптимальних для студента витратах праці.

Перераховані функції тестового контролю реалізуються на основі дидактичних принципів. З певною специфікою дія дидактичних принципів поширюється й на технології дистанційного навчання при їхньому використанні для навчання студентів інженерних спеціальностей. Найбільш відчутно тут

проявляється дія принципів науковості, об'єктивності, диференційності, індивідуальності й гласності.

Відповідно до принципу науковості, для досягнення достовірних результатів контролю необхідно використати науково обгрунтовану й минулу практичну перевірку методики тестування. При цьому незалежно від обсягу контрольованого матеріалу, часу проведення або повторюваності для контролю знань в одного - двох або великої групи студентів, не допускається вводити спрощення в процедури проведення контролю й підведення його результатів. Науковість є необхідною умовою досягнення ефективності контролю й реалізується шляхом відповідних заходів щодо його організації.

Принцип об'єктивності реалізується усуненням суб'єктивності у вимірі й оцінюванні результатів навчання. Тільки в цьому випадку оцінка допоможе внести необхідні корективи в роботу студента й викладача. Те, що при тестовому контролі відбувається виключення викладача із процесу встановлення рівня знань і вмінь сприяє підвищенню об'єктивності, але не є єдиною й достатньою умовою. Щоб одержати точну, а не відносну картину рівня й характеру успішності студента необхідно забезпечити об'єктивність на всіх етапах контролю - від розробки тестового завдання до підведення підсумків тестування. Значною мірою цьому сприяє математизація процедур контролю.

Диференційність контролю й оцінки знань вимагає врахувати специфіку навчального матеріалу й на цій основі розробити критерії для кількісного вираження рівня виявлених і оцінених знань, умінь і навичок. Те, що в інженерному утворенні, крім вимоги опанувати певним набором знань варто вміти застосовувати їх у практичній діяльності, спричиняється необхідність значно розширити варіативність формулювання тестових завдань і додатково передбачити такі типи завдань, які дозволили б констатувати відповідні знання й уміння. При цьому в кожному з типів тестових завдань варто передбачити можливість у загальній оцінці виконання завдання виділити частку, внесену одиничною відповіддю. Виходячи із принципу диференційності контролю, безумовно, важливим є й розробка об'єктивної шкали оцінювання,

що включає по можливості математично обґрунтовану градацію критеріїв для перекладу досягнутих навчальних результатів у бальні оцінки.

Відповідно до принципу ”всебічності” при перевірці й оцінці знань варто охоплювати різний по змісту матеріал, перевіряти не тільки знання тих або інших фактів, понять, закономірностей, але й уміння аналізувати й застосовувати отримані дані, у тому числі й при виконанні навчальних конструкторських і технологічних проектів.

Принцип індивідуальності припускає оцінку результатів навчання виходячи з особистісних здатностей студентів, надаючи їм напружений, але в теж час і здійснений графік підготовки до контролю знань. При цьому тестові завдання для контролю необхідно формувати таким чином, щоб настроїти тест на властивому тільки даному студентові стилі розумової роботи й установити дійсність його знань і вмінь при мінімальних тимчасових витратах.

Результати контролю знань повинні бути голосними. Студенти, що займаються дистанційно, тією самою мірою, що й інші студенти навчаються в колективі й тому тільки запроTOCOLьована й опублікована оцінка має виховний сенс, сприяє розвитку здорової конкуренції в студентській групі, перешкоджає виникненню неформальних відносин між викладачем і студентом. Відповідно до цього необхідно забезпечити відкритість всіх етапів контролю, своєчасність ознайомлення з результатами контролю, підведення підсумків тестування для всіх студентів по тим самим критеріях.

Залежно від цілей і завдань навчання до контролю знань можуть пред'являтися різноманітні вимоги. Розрізняючись в обсягах розв'язуваних завдань, часу проведення й спрямованості, кожної з видів контролю, крім підведення термінових результатів навчання повинен бути спрямований на організацію занять, активізацію пізнавальної діяльності студентів і розвиток їхнього мислення.

При дистанційній формі навчання, як і при більшості інших форм, вивченню нової теми або дисципліни, може передувати вхідний контроль. Він

може бути разовим і бути спрямованим на те, щоб з'ясувати якими знаннями по досліджуваній проблемі володіють студенти, на що викладач може опертися в ході наступних занять або яких знань недостатньо й на що звернути особливу увагу при викладі нового матеріалу. Крім того, вхідний контроль може здійснюватися з певною періодичністю, для того, щоб полегшити студентіві з'ясування існуючих між предметами взаємозв'язків і складання узагальненого подання про спеціальності, як загальносистемному комплексі навчальних дисциплін. Вхідний контроль орієнтує викладача в необхідному й припустимому ступені складності, способі викладу матеріалу, а студентіві допомагає систематизувати той навчальний матеріал, що надалі послужить фундаментом для придбання нових знань.

Вхідний контроль доповнюється тематичним, головна завдання якого - дати студентам можливість сприйняти важливу й складну тему цілком, виявити причинно - слідчі зв'язки, зв'язати новий навчальний матеріал із уже засвоєними знаннями, простежити розвиток, ускладнення явищ, понять, основних ідей. Контрольно-діагностична функція в цьому виді обліку успішності не є визначальною, хоча й має місце.

З метою повторення й узагальнення навчального матеріалу в тематичний контроль можуть включати виконання й перевірку тематичних рефератів. Такі реферати не тільки дозволяють систематизувати знання студентів, перевірити вміння працювати з навчальною, технічною й науковою літературою, але відіграють особливу роль у формуванні в них досвіду самостійної роботи. Критичний аналіз знайденої інформації, зіставлення її з наявними знаннями, відбір матеріалів, необхідних для розкриття теми виробляють у студентів уміння на основі поверхневих знань по широкому колу питань здобувати й поглиблювати знання вузької професійної спрямованості. У процесі підготовки реферату студенти активно працюють із пошуковими системами для знаходження потрібної інформації в локальній і глобальній комп'ютерній мережах, застосовують на практиці вміння працювати з текстовими або дво-мірними й тривимірними графічними редакторами для форматування доку-

ментів і складання єдиного звіту. Одночасно із цим специфіка комп'ютерних технологій, виражена в доступності інформації із самого широкого кола питань, крім підвищення ефективності роботи студентів, змушує при перевірці рефератів контролювати не тільки послідовність викладу й повноту розкриття теми, але й відсутність прямих неправомірних запозичень із першоджерел.

Поточний контроль, метою якого є перевірка формального засвоєння досліджуваного матеріалу в ході повсякденної роботи, при класичній організації занять за дистанційною формою застосовується вкрай рідко. Однак, у зв'язку з тим, що специфіка інженерних спеціальностей не дозволяє перевести навчання повністю на дистанційну форму застосування поточного контролю стає виправданим, якщо дистанційні технології застосовуються як доповнення до традиційного. Наприклад, при існуючих вимогах до дисциплін інженерного профілю й сучасному рівні розвитку інформаційних технологій не можна повністю відмовитися від такого виду занять як практичні й лабораторні роботи. Вони можуть виконуватися як традиційними для вищої школи методами, так і із залученням електронного моделювання для імітації роботи з устаткуванням наукових лабораторій і виробничих цехів. Оскільки цикли лабораторних, а часто й практичних робіт, присвячені придбанню вмінь по багатьом, в тому числі, мало зв'язаним між собою напрямкам, то перевірку якості їхнього засвоєння, варто проводити протягом семестру як поточний контроль.

При контролі виконання практичних робіт необхідно одержати дані про вміння студентів застосовувати отримані знання для рішення практичних завдань, користуватися різними таблицями, розрахунковими формулами, вимірювальними інструментами, приладами, натурними й електронними (на базі комп'ютерної техніки) креслярськими засобами. Оскільки результатом виконання практичних робіт звичайно є звіт, у якому приводиться тільки протокол розрахунків або схематично описаний план практичної роботи і її результати, те це утрудняє перевірку й оцінку результативності дій студента. Тому в перевірочне завдання варто додатково включити вимогу структурува-

ти, описати процес виконання практичної роботи, привести алгоритм її виконання й т.п. У цьому випадку оцінювання може виконуватися не тільки по факту виконання роботи, але в оцінку можна включити й характеристику ефективності її виконання.

Визначаючи можливість і доцільність застосування комп'ютерних технологій для контролю результативності виконання практичних робіт, слід зазначити, що тематика більшості контрольних робіт, нова для студентів, насправді новою не є. Звичайно завданнями для практичних робіт є навчальні завдання із уже отриманими рішеннями й доступною інформацією про можливі способи їхнього одержання. Тому контролювати хід виконання такої практичної роботи можна не тільки на заключному етапі, коли досягнуть кінцевий результат, але й у процесі виконання, координуючи й направляючи навчальну діяльність студентів. Зробити це можна ефективніше, якщо значну частину контролю над результативністю прийнятих студентом поточних рішень і виявлених при цьому вмінь проводити із застосуванням засобів комп'ютерної техніки й технологій дистанційного навчання.

У ході виконання лабораторних робіт студенти моделюють і відтворюють конкретні ситуації відповідним виробничим або науковим фактам і явищам, які пов'язані з майбутньою професійною діяльністю. Лабораторна робота вимагає від студентів умінь застосовувати отримані знання в нових, у тому числі й в ситуаціях, що швидко змінюються. Студент повинен навчитися вирішувати конструкторські, технологічні, діагностичні й інші виробничі завдання, у результаті чого в нього повинні бути сформовані вміння й навички виконання типових робіт з виготовлення конкретного виробу, складання технічної документації, проведенню технічних розрахунків, постановці експерименту. Змістом практичної частини лабораторної роботи може бути вимір кількісних характеристик виробничих процесів, зборка, розбирання або налагодження устаткування, виявлення й усунення несправностей у роботі устаткування, установлення факту придатності контролюючих приладів та інше.

Складність устаткування, з яким студенти вчаться взаємодіяти, у сполученні з деяким відставанням в освоєнні комп'ютерних технологій багатьма технічними університетами України приводить до того, що як при виконанні лабораторних робіт, так і при контролі досягнутих студентами результатів невинновано часто використовуються натурні зразки замість їхніх електронних моделей. Це, безумовно, стримує можливість застосування технологій дистанційного навчання для проведення й контролю такого роду навчальних робіт. Тому що за результатами виконання лабораторної роботи можна перевірити тільки обмежене коло діяльності, її доцільно сполучати з контролем у формі комп'ютеризованого педагогічного тесту. Така комбінація може досить повно охопити знання й уміння студентів при мінімальних витратах часу, а також частково зняти навантаження на інші види контролю.

Невід'ємною частиною дистанційного навчального процесу є проміжний (рубіжний) тестовий контроль. Завдання його полягають у тому, щоб проконтролювати якість засвоєння навчального матеріалу, виявити наявні недоліки й вчасно намітити міри їхнього усунення, стимулювати інтерес студентів до предмета й організувати їх на рішення поставлених завдань. Періодичність проведення рубіжного контролю визначається графіком навчального процесу, у якому для придбання й перевірки професійних умінь і навичок роботи на фізичних машинах часто плануються додаткові очні заняття.

При рубіжному контролі можуть використатися ті ж способи виявлення знань і вмінь студентів, що й при поточному. Однак тут безпосередня перевірка вмінь і навичок, придбаних при виконанні окремих практичних і лабораторних робіт, як правило, є не настільки визначальною для оцінки загальної успішності роботи студента за контрольований період. При рубіжному контролі звичайно констатують тільки факт виконання або невиконання передбачених навчальними планами робіт, а основна його ціль дати комплексну картину досягнутих результатів, виявити проблемні області в засвоєнні навчальної дисципліни й по можливості виявити їхню причину. Щоб за обмежений час, який необхідно відвести для рубіжного контролю за рахунок

часу проведення інших видів навчальних занять, охопити досить широке коло тем, що перевірюються, варто скористатися можливостями комп'ютеризованого тестування. При цьому можуть бути охоплені всі види навчальної діяльності, а в тестові завдання допускається включати як теоретичні питання на перевірку знань, так і моделювання (відтворення) конкретних ситуацій пов'язаних з виконанням практичних і лабораторних робіт. Однак останнє вимагає значно більших витрат часу й тому число таких завдань повинне бути мінімальним.

На етапі проведення рубіжного контролю може виконуватися перевірка обов'язкових домашніх завдань, що, як правило, проводиться після завершення вивчення найбільш складних для розуміння тем, особливо значимих для засвоєння навчальних дисциплін і важливих для оволодіння спеціальністю. Обов'язкові домашні заняття можуть бути теоретичні, практичні й комплексні. Теоретичні завдання спрямовані на перевірку вмінь студентів засвоювати основні теоретичні поняття й закономірності, виділяти характерні ознаки, особливості процесів і явищ. За допомогою практичних завдань перевіряють уміння застосовувати знання для рішення конкретних завдань. Комплексні обов'язкові домашні завдання містять завдання як теоретичного, так і практичного характеру.

Виконання практичних і комплексних обов'язкових домашніх завдань на рівні сучасних вимог неможливо без широкого використання інформаційних технологій і засобів комп'ютерної техніки. Особливо вони ефективні для завдань, що вимагають проведення в більших обсягах розрахункових і розрахунково-графічних робіт. При цьому треба по можливості відмовлятися від програмування обчислень із використання алгоритмічних мов, тому що воно вимагає більших тимчасових витрат і відволікає студентів від розуміння основної проблематики завдання. Зробити це дозволяє використання спеціалізованих пакетів, що реалізують технологію «програмування без програмування». Для розрахунково-графічних робіт результати таких розрахунків бажано доповнити візуалізацією проєктованих конструкцій. Наприклад, при

виконанні розрахункової частини обов'язкового домашнього завдання по дисципліні «Конструювання, розрахунок і САПР металорізальних верстатів» студенти спеціальності 7.090203 можуть скласти програму прочнісних розрахунків за принципом динамічного конспекту (з використанням пакета MathCAD), що не вимагає знання алгоритмічних мов. Візуалізувати результати розрахунків у вигляді об'ємної моделі проектованої конструкції дозволяє модуль тривимірних побудов пакета SolidWorks. Об'єднання двох частин завдання таким чином, що будь-яка зміна у вихідних даних або алгоритмі прочнісних розрахунків призведе до автоматичного перебудування тривимірних моделей, дає можливість студентам більш ефективно вивчати методику прочнісних розрахунків конкретних деталей машин, а викладачеві контролювати успішність її вивчення. При цьому завдяки розвиненим мережним можливостям пакета SolidWorks, контроль може проводитися дистанційно й у режимі реального часу.

Підсумковий контроль застосовується після вивчення певного розділу, де узагальнюються усе раніше вивчені поняття. Він може застосовуватися для контролю знань тільки однієї дисципліни (гомогенний контроль) або групи дисциплін (гетерогенний контроль). У першому випадку всі завдання тесту формулюються таким чином, щоб по змісту не виходили за рамки даної дисципліни навіть тоді, коли вона включає понятійний апарат із суміжних дисциплін. Гетерогенний підсумковий контроль ґрунтується на змісті декількох дисциплін і по своєму змісту є міждисциплінарним. Стандартами технічних спеціальностей, як правило, є проведення гетерогенного контролю, що планується на завершальному етапі й не більше одного разу за весь період навчання.

Гомогенний підсумковий контроль може проходити у вигляді допуску до заліку й іспиту, заліку, диференційованого заліку або іспиту. Гетерогенний звичайно проводиться тільки як іспит, що доповнюється захистом кваліфікаційної роботи: для фахівців у вигляді дипломного проекту (роботи) і для магістрів - як науково-дослідна робота магістра. Іспит є комплексною переві-

ркою якості виконання студентами всіх видів навчальної діяльності. Однак якщо навчальними планами дисципліни крім нього передбачені й інші види контролю, те, традиційно, під час іспиту більша увага приділяється контролю якості засвоєння теоретичного матеріалу.

Допуск і залік є одним з основних видів контролю знань і вмінь студентів. Типовою формою допуску є недиференційований контроль із критеріями оцінювання «допущений» і «не допущений». Залік може бути недиференційованим із критеріями оцінювання «зараховане» і «не зараховано» або диференційованим з більше детальною градацією шкали оцінювання успішності навчання. При деякій відмінності з метою контролю для їхнього проведення використовуються схожі технології встановлення досягнутого рівня знань і вмінь. Достоїнством і допуску й заліку є те, що вони припускають комплексну перевірку знань і вмінь студентів. Студент може вирішувати навчальні завдання, демонструвати вміння виконувати практичне завдання, відповідати на питання тестових завдань, а потім розмовляти з викладачем, відповідаючи на питання, які неможливо або недоцільно включати в тестові завдання. Особливо варто підкреслити важливість усної бесіди, під час якої встановлюється безпосередній контакт між студентом і викладачем. Усна бесіда дозволяє проконтролювати конкретні знання по предметі й прояв загальнженерного підходу до змісту дисципліни в цілому, виявити пробіли в знаннях і вміннях, намітити шляхи їхнього усунення. При цьому усна бесіда є найбільш персоналізованою формою контролю знань, завдяки якій викладач одержує широкі можливості для обліку індивідуальних особливостей засвоєння студентом навчального матеріалу. Викладач, ґрунтуючись на результатах поточних, рубіжних і, частково, тематично спрямованих контрольних заходів, встановлює які знання й уміння доцільно перевіряти в даного студента, формуючи, таким чином, для кожного зі студентів своє індивідуальне контрольне завдання.

Порядок проведення допуску або заліку може бути різний. В основному це пояснюється прагненням викладачів укластися в проміжок часу, перед-

бачений навчальними планами дисципліни для цих видів підсумкового контролю. Т.к. допуск і, особливо, залік вимагають більших витрат часу, то для деяких контрольних заходів, а часто й для всіх процедур контролю, можуть залучатися асистенти й викладачі менш кваліфіковані, чим провідні професори й доценти. У ряді випадків викладачі відмовляються від усної бесіди, як найбільш тривалої із процедур контролю. Загальною практикою є звільнення від допусків і заліків певної частини встигаючих студентів, що продемонстрували позитивну успішність на проміжних етапах контролю. Це, з одного боку, може служити стимулом для систематичних і більше ефективних занять студентів протягом семестру, однак, з іншого боку, з їхньої підготовки виводяться настільки ефективні для процесу навчання підсумкові види контролю, при яких здійснюється систематизація, поглиблення, узагальнення знань по всьому предметі

Найбільш прийнятним у цих умовах є збільшення часу на проведення допуску або заліку. Однак рішення ефективне з позиції дидактики в педагогічній практиці стає неприйнятним, у зв'язку з тим, що в більшості випадків обмежена можливість перерозподілу навчального часу між видами занять, а простої збільшення строків навчання зіштовхується з вимогами економічного й соціального характеру.

Подібні проблеми властиві й для підсумкового контролю, проведеного як семестровий або державний іспит. При цьому семестровий іспит проводиться як підсумковий гомогенний контроль рівня сформованості знань і вмінь, придбаних студентами в ході вивчення конкретної дисципліни. Він призначений для підведення результатів вивчення однієї навчальної дисципліни. Державний іспит - це гетерогенний підсумковий контроль, призначений для комплексної перевірки знань, умінь і навичок, придбаних за весь період навчання й звідси ступеня готовності випускника технічного університету до наступної професійної діяльності.

Незважаючи на те, що навчальними планами на проведення семестрового або державного іспитів відведено трохи більше часу, чим на допуск або

залік, його, як правило, однаково недостатньо для рішення поставлених завдань контролю в повному обсязі. Як наслідок, викладачі змушені скорочувати, видозмінювати або виключати зовсім окремі, у тому числі й такі ефективні для оцінки якості засвоєння теоретичного матеріалу етапи контролю, як усна бесіда.

При традиційному навчанні контроль у формі усної бесіди звичайно замінюється письмовою перевіркою. Залежно від змісту контрольованого матеріалу й поставлених перед іспитом завдань письмова перевірка може включати відповіді на один або кілька питань, визначення змісту й алгоритмів виконання робіт, рішення навчальних завдань, прикладів і ін. Для забезпечення більшої самостійності може бути розроблено кілька варіантів перевірочних завдань.

Незважаючи на те, що письмова перевірка забезпечує можливість у найбільш короткий строк одночасно провести контроль якості засвоєння навчального матеріалу, даний метод знаходить обмежене застосування. Це пов'язане з тим, що письмова перевірка має недостатні технологічні можливості, не дозволяє індивідуалізувати контрольні завдання і її застосування може привести до недостовірних результатів.

За умов дистанційного навчання проблема обмеження часу, що відводять для проведення підсумкового контролю, частково вирішується розширенням області використання тестового контролю. У цьому випадку студент набагато менше часу витрачає на формулювання відповідей і їхній запис, що дозволяє охопити більшу кількість матеріалу за той самий період часу. Контроль може проводитися одночасно для всієї навчальної групи, але так кожний зі студентів, що приймають участь у тестуванні, працює індивідуально й паралельно один одному, то загальний час контролю не складається із часу відповідей окремих студентів. Тому час, виділений при тестовому контролі на перевірку знань кожного студента, може бути значно більше, а тривалість перевірки буде залишатися у встановлених межах. Виграш у часі досягається й за рахунок кращої організації підсумкового контролю - для всіх

студентів він може починатися у встановлений строк і одночасно, завдяки чому відсутня черговість участі в тестуванні й студенти не витрачають невинувато багато часу на очікування своєї черги. Крім цього при тестуванні відбувається зміна тривалості й структури витрат часу викладача на проведення підсумкового контролю. Використання інформаційних технологій дозволяє частина контрольних функцій перекласти на комп'ютер, завдяки чому скорочується частка навчального часу, необхідного на безпосереднє проведення контролю при одночасному збільшенні обсягу учбово-методичної роботи із проектування тестів. Для формування тестових завдань можуть залучатися найбільш кваліфіковані викладачі, спроектовані тести використовуються багаторазово, а для безпосереднього проведення контролю більшою мірою можуть залучатися асистенти.

Разом з тим рівень розвитку сучасних інформаційних технологій не дозволяє проводити тестовий контроль настільки ж ефективно, як, наприклад, це можна зробити при усній бесіді й тому обмеження особистісного контакту викладача зі студентом, що має місце при тестуванні, може негативно позначитися на вірогідності результатів підсумкового контролю. При всіх перевагах тестового контролю йому властивий ряд істотних недоліків, обумовлених усуненням викладача із частини процедур контролю. Тому застосування тестування для контролю знань студентів інженерних спеціальностей у багатьох випадках повинне розглядатися як змушена міра й припустимо тільки при наявності методик тестування максимально наближених до традиційного контролю знань за участю людини. Як і в більшості технічних дисциплін крім контролю теоретичного матеріалу, тут передбачений контроль за тими видами навчальної діяльності, які розвивають уміння виконувати певні професійні дії й обґрунтовувати прийняті рішення за допомогою інженерних розрахунків.

Теоретичний матеріал, що в основному викладається під час лекційних занять і, в обсягах необхідних для кращого розуміння змісту виконуваних робіт, доповнюється при проведенні інших занять, показаних на схемі, сис-

тематично контролюється на всіх стадіях поточного й рубіжного контролю. Остаточне судження про досягнутий рівень теоретичних знань виноситься за результатами підсумкового контролю знань, що по окремих видах занять може бути різновидом диференційованих або недиференційованих допусків і заліків.

Застосування технологій дистанційного навчання в дисциплінах з подібною схемою розподілу навчального матеріалу по видах занять може істотно підвищити ефективність процесу навчання за рахунок його індивідуалізації. Багаторівневі мультимедійні підручники, орієнтовані на роботу з ними студентів різних рівнів підготовленості не жадають від найбільш здатних студентів додаткових витрат часу на вивчення матеріалів початкового рівня й одночасно створюють більше комфортні умови для інтенсивного вивчення теоретичного матеріалу менш підготовленими студентами. Наявність у підручнику модулів з розширеними контрольно-діагностичними функціями полегшують студентам самодіагностику й допускають у більших обсягах переносити вивчення теоретичного матеріалу для самостійної роботи. При цьому викладач має можливість на лекційних заняттях більше часу приділяти не стільки викладу нового матеріалу, скільки перевірки якості його засвоєння й, завдяки резерву, що відкривається, для збільшення обсягу персоніфікованих індивідуальних консультацій, своєчасної корекції навчальної діяльності окремих студентів.

Крім теоретичних знань студенти при вивченні дисципліни повинні придбати ряд професійних умінь і навичок з розрахунку й призначенню норм точності, контролю придатності деталей машин за допомогою вимірювальних машин, приладів, інструментів, установленню придатності самих технічних засобів вимірів та інше. Необхідні вміння виробляються при проведенні групових практичних і лабораторних занять, а також у процесі самостійного виконання курсової роботи (проекту) або індивідуального обов'язкового домашнього завдання. Сформованість практичних умінь і навичок контролюється під час поточного контролю, регулярно планованого протягом семест-

ру, і остаточно фіксується в результатах підсумкового допуску, звичайно недиференційованого.

Використання при організації лабораторно-практичних занять електронних підручників з вбудованими мультимедійними ілюстраціями полегшує студентові розуміння принципу роботи й пристрої досліджуваних процесів і конструкцій, дозволяє більше уваги приділити теоретичному обґрунтуванню тих умінь, які йому має бути придбати. Наявність у підручнику віртуальних моделей і тренажерів сприяє якнайшвидшому придбанню й закріпленню необхідних умінь і навичок роботи з реальними об'єктами. Діагностичний модуль підручника з вбудованими електронними моделями, що максимально повно реалізують функціональні можливості й фотореалістичністю, що точно відображають особливості пристрою приладів і машин, сприяє тому, щоб студент більшу частину вправ по відпрацюванню практичних дій виконував самостійно, а під час аудиторного заняття тільки закріплював уміння, вправляючись безпосередньо з фізичним об'єктом.

Крім того, дистанційні технології сприяють зміні форми проведення контролю на комп'ютерне тестування без втрати точності в оцінках придбаних студентами знань і вмінь. Комп'ютеризовані контрольні-діагностичні засоби із широкими можливостями по проектуванню тестових завдань, що максимально точно відповідають змісту контрольованого матеріалу, розширюють зони раціонального використання тестування, як для перевірки рівня теоретичних знань, так і для виявлення ступеня сформованості професійних умінь і навичок. При цьому наявність сучасних тестових методик дозволяє не тільки констатувати формальне присутності в студента певного набору теоретичних знань, але й з високою вірогідністю виявляти наскільки раціонально він може їх використати. Вбудовування в тестові завдання об'ємних віртуальних моделей досліджуваних об'єктів дає можливість при контролі встановити, як точно засвоєно студентом призначення елементів досліджуваної конструкції, чи ефективний використовуваний алгоритм керування, наскільки правильна й своєчасна реакція на вплив, що обурює, та інше.

Розширюючи можливості засобів комп'ютерної техніки по вдосконалюванню методики вивчення навчального матеріалу й підвищенню вірогідності результатів перевірки знань і вмінь, технології дистанційного навчання, однак, не можуть значною мірою сприяти зняттю неоднозначності у визначенні інтегральної оцінки, який можна характеризувати успішність засвоєння студентами матеріалу дисципліни в цілому.

Кожний з видів контролю допускає визначення по-різному деталізованої міри отриманих знань і вмінь. При цьому якщо результуюча оцінка по дисципліні більш ніж двохбальна (зараховане / не зараховане) і не передбачений підсумковий диференційований контроль якості вмінь, наприклад за підсумками виконання курсової роботи або проекту, тобто інтегральною оцінкою успішності засвоєння навчального матеріалу дисципліни звичайно обґрунтовано вважають результати диференційованого заліку або іспиту, у яких фіксуються успішність засвоєння теоретичного матеріалу й уміння його застосовувати для рішення обмеженого числа практичних завдань.

У навчальних планах дисциплін крім вираженої в балах оцінки теоретичних знань, звичайно передбачена градація оцінок виявлених професійних умінь. Тут щоб уникнути неоднозначності у визначенні всіх аспектів успішності вивчення дисципліни треба або зберегти дві оцінки, що характеризують різні сторони засвоєння навчального матеріалу або запропонувати спосіб, за допомогою якого ці оцінки будуть інтегровані в комплексний показник знань і вмінь.

При наявності двох критеріїв оцінювання можна звести окремі показники знань і вмінь у єдину оцінку успішності навчання, застосувавши методи рішення багатокритеріальних завдань оптимізації. У цей час їх математичний апарат досить добре розроблений і широко застосовується для рішення аналогічних завдань із суміжних наукових галузей [20, 25, 31]. У випадку якщо критерії оптимізації неоднорідні, як це має місце при оцінюванні знань і вмінь, алгоритмом рішення передбачається нормування й відомість приватних показників в інтегрований адитивний, мультиплікативний або мінімакс-

ний критерій з урахуванням ваги кожного із приватних критеріїв. Однак така відомість різнорідних по своїй характеристиці показників якості знань і вмінь, по-перше, буде більшою мірою формальною і, по-друге, не усуне суб'єктивність, тому що ще не запропонований універсальний і надійний спосіб відомості, що виключав би експертне визначення ваг приватних критеріїв. Залучення властивих дистанційному навчанню мережних технологій для збору вихідної інформації або комп'ютерних засобів, що автоматизують статистичний аналіз експертних оцінок, мало сприяє одержанню на цій основі адекватного інтегрованого показника успішності навчання.

У випадку неоднозначності підсумкової оцінки необхідно залишати два критерії або в дисциплінах, де в професійних вимогах до майбутнього інженера превалюють уміння застосовувати отримані теоретичні знання, як критерій оцінювання успішності навчання варто вибирати результати підсумкового контролю якості виконання семестрових робіт. Тоді результуючою оцінкою по дисципліні можна вважати диференційовану оцінку вмінь за умови, що досягнуть гарантований рівень теоретичних знань, і він зафіксований простим допуском до підсумкового контролю.

Визначити якість придбаних студентами вмінь за результатами виконання семестрових курсових проектів або інших еквівалентних по значимості робіт можна виходячи з досягнутого рівня проекту, його оригінальності, складності, обсягу виконаної роботи й ін. Однак при цьому вкрай небажаний, широко розповсюджений у цей час підхід, коли оцінка коректується з урахуванням помилок, допущених при виконанні проекту. Те, що робота студента може бути позитивно оцінена навіть у випадку, якщо їм спроектована непрацездатна конструкція, знижує виховну значимість підсумкової оцінки, тому що допускає формуванню в студента, майбутнього інженера, стилю роботи, при якому можливе проектування неякісних виробів, устаткування з низьким к.п.д, непрацюючих машин і ін.

У табл. 1.1 показаний фрагмент контрольно-діагностичного модуля електронного підручника, у якому шкала оцінювання вмінь проградуєрована

виходячи зі складності й оригінальності застосовуваних розрахункових методик. Студенти, вибираючи той або інший варіант обов'язкового домашнього завдання, установлюють для себе обсяг і трудомісткість роботи. Вибір студентів ураховується при автоматизованому розрахунку оцінки, що відповідає рівню вмінь необхідних для виконання завдання на високому технічному рівні й без помилок. При цьому студенти, ще на стадії планування завдання, установлюють наскільки складним для них буде його виконання й звідси визначають оцінку, на яку претендують по її результатах.

Викладач контролює правильність проекту й при виявленні помилки повертає його на доробку. Якщо студент не вибрав оригінальної розрахункової методики, контроль зводиться до порівняння еталонних відповідей і відповідей студентів. Таке порівняння може виконуватися в блоці автоматизованого підведення результатів проектування, куди студенти передають (на електронних носіях або по комп'ютерній мережі) числові й графічні результати проектування. У цьому ж блоці програмно виконуються стандартні розрахунки й генеруються еталонні відповіді. Для відповідей, що допускають єдине подання у вигляді обмеженого набору алфавітно-цифрових символів порівняння може виконуватися автоматично. Якщо можливо неоднозначну відповідь або він включає програмно не інтерпретовані графічні елементи, то в блоці порівняння паралельно візуалізуються еталонна відповідь і результат студента, а висновок про їхню адекватність приймає викладач на основі порівняльного аналізу. Аналогічно приймається рішення про вірність відповіді й у випадку, коли завдання має на увазі можливість використання нестандартної методики, і студент використав неї для виконання роботи. У цьому випадку еталонна відповідь не може бути сгенерована автоматично й судження про правильність виконання завдання приймає викладач на основі аналізу методики, ходу виконання роботи й досягнутих результатів.

Таблиця 4.1 - Критерії оцінювання (фрагмент контрольньо-діагностичного модуля електронного підручника)

Зміст роботи	Бал
<input type="checkbox"/> 1. Достроковий захист теоретичного (лекційного) матеріалу	30
<input type="checkbox"/> 2. Виконання індивідуального завдання	30
3. Виконання обов'язкового домашнього завдання (від дня видачі завдання)	
<input type="radio"/> протягом місяця	15
<input type="radio"/> протягом двох тижнів	30
4. Виконання робочого креслення деталі із числом умовних позначок технічних вимог, не менш	
<input type="radio"/> 5	5
<input type="radio"/> 10	10
<input type="radio"/> 20	15
<input type="radio"/> 30	20
<input type="checkbox"/> Виконання роздягнула на ПЕВМ	x 1,2
5. Побудова схеми розташування полів допусків для двох деталей, що утворюють	
<input type="radio"/> гладке циліндричне з'єднання (без калібрів)	30
<input type="radio"/> з'єднання підшипника кочення з валом і корпусом	40
<input type="radio"/> шлицеве прямобічне з'єднання	35
<input type="radio"/> нарізне сполучення	40
<input type="checkbox"/> Виконання роздягнула на ПЕВМ	x1,2
6. Розрахунок розмірного ланцюга	
<input type="radio"/> методом повної взаємозамінності	10
<input type="radio"/> теоретико-імовірнісним методом	20
<input type="radio"/> Виконання розрахунків із застосуванням стандартних додатків	x1,2
<input type="radio"/> Виконання розрахунків із застосуванням оригінальних програм.	x1,5
<input type="radio"/> Виконання розрахунків із застосуванням оригінальних програм, що мають розвитий інтерфейс	x5
7. Несвоєчасне виконання завдання	
<input type="checkbox"/> звіт по лабораторних роботах	-10
<input type="checkbox"/> захист теоретичної частини	-20
<input type="checkbox"/> обов'язкове домашнє завдання	-30
Сума балів: <input type="text"/> Оцінка: <input type="text"/>	
Примітка: Оцінка проставляється за умови, що отримано залік по теоретичній частині, здані й зараховані всі лабораторні роботи й обов'язкове домашнє завдання (ОДЗ)	

Однак незалежно від того, яким чином формувалася еталонна відповідь, наслідком роботи блоку порівняння є тільки констатація факту, чи збігається ця відповідь із відповіддю студента й, як наслідок, чи бідує завдання в доробці. Завдання, у яких результат, досягнутий студентом, збігається з еталонною відповіддю, не містять помилок, не має потреби в додатковому коректуванні й можуть бути оцінені.

Правильно виконані завдання оцінюються за критеріями табл. 1.1. З огляду на, що характер інженерної праці має на увазі тверді вимоги не тільки до якості виконання проекту, але й, у більшості випадків, і обов'язковість його завершення у встановлений термін додатковим критерієм оцінювання завдання може бути своєчасність його завершення. Тоді, реалізуючи організуючі й виховну функції контролю, оцінку, що відбиває рівень досягнутих умінь, варто скорегувати з обліків установлених навчальними планами строки виконання завдання. Якщо оцінка вмінь є інтегральною й відображає успішність освоєння змісту дисципліни в цілому, то при її підведенні варто ввести поправочні коефіцієнти й на інші види навчальних робіт, наприклад, як показано в табл. 1.1 (п. 1, 3, 7).

Додатковим стимулюючим фактором для систематичної роботи є те, що студентам завчасно доводить алгоритм і всі критерії оцінювання, у тому числі й враховуючим передбачені графіком навчальної роботи строки завершення завдання. Знаючи їх, студент може в будь-який момент скористатися контрольно-діагностичним модулем, щоб спрогнозувати очікувану оцінку й, якщо буде потреба, перерозподілити свої зусилля в частині виконання найбільш проблемного для нього компонента дисципліни.

Запропонований спосіб підсумкового контролю більшою мірою підходить для виявлення вмінь, необхідних для виконання курсових робіт і проєктів.

Описана методика реалізована при традиційній побудові занять, однак кращих результатів можна досягти за допомогою комп'ютерних і дистанційних технологій навчання. Наприклад, при встановленні критеріїв оцінювання

вмінь можуть використатися різні методи й засоби, але состав критеріїв і їхні чисельні значення завжди визначається тільки експертно, із залученням як експертів викладачів і методичних працівників. І якщо робота експертів по визначенню критеріїв завжди виконується за приблизно однаковими умовами, то збирати вихідну інформацію для встановлення чисельних значень критеріїв і виконувати попередній аналіз даних, що надходять, ефективніше в автоматичному режимі із застосуванням засобів комп'ютерної техніки. Аналогічно й програмне обчислення еталонних відповідей, повністю або частково автоматизований аналіз результатів проектування на наявність помилок знижує навантаження на викладача, звільняє його від рутинної роботи з перевірки вмінь виконання стандартних робіт. Наявність засобів самодіагностування, доступ до контрольно-діагностичного модуля електронного підручника, у тому числі й вилучений, полегшує студентіві планування навчальної діяльності, робить її більше цілеспрямованою й ефективною.

Таким чином, область раціонального використання технологій дистанційного навчання для оцінювання знань і вмінь студентів інженерних спеціальностей є досить широкою. Їхнє застосування може здійснюватися в різній формі й бути ефективним при проведенні більшості видів внутрісеместрового й підсумкового контролю. Наявність теоретично обґрунтованої методики й математично аргументованих процедур прийняття рішень дозволить максимально підвищити вірогідність і об'єктивність тестового контролю й тим самим значно розширити можливості його результативного застосування.

1.3 Розробка й дослідження імітаційної моделі тестового контролю знань і вмінь

1.3.1 Передумови створення імітаційної моделі тестового контролю знань і вмінь

Тестовий контроль усе в більшій мері стає невід'ємною частиною навчального процесу для всіх типів і рівнів навчальних закладів України. Оде-

ржавши широке поширення в західноєвропейських країнах і США, він поступово завойовує всі нові позиції у вітчизняній вищій школі. Не є виключенням щодо цього й технічні університети, де тестування починає застосовуватися із самого моменту надходження майбутніх студентів і може регулярно використатися аж до видачі їм диплома. Починаючи з 2008 року, випускники середньої школи, що вибрали для одержання утворення технічні спеціальності, здають, як і абсолютна більшість інших абітурієнтів, вступні іспити, завдання яких розроблені у формі тестів. Студенти, переходячи з курсу на курс, зіштовхуються з тестуванням протягом усього строку навчання й, при спостережуваній зараз тенденції на комп'ютеризацію всіх сторін діяльності вузу, цей процес буде не тільки тривати, але й розширюватися. Відповідно до розпорядження Міністерства утворення й науки України №28-р від 05.03.01 уведений у дію комплекс нормативних документів по розробці засобів діагностики якості вищого утворення [37], де одним з основних інструментів об'єктивного контролю кінцевих цілей освітньо-професійної підготовки зазначений державний іспит, проведена в тестовій формі.

Не зменшуючи переваг тестового контролю, одночасно слід зазначити, що закордонні теорії, які, як правило, лежать в основі сучасних методів тестування, багато в чому не враховують традиції й достоїнства вітчизняної системи утворення. І якщо формальне значення слів «іспит» (від латинського «examen») і «тест» (від англійського «test») збігаються й означає одне й теж - випробування, те вкладене в них значеннєвий зміст у нас істотно відрізняється. Починаючи з Я.А.Коменського, Г.С.Сковороди та інших, в українській педагогіці особливе значення на всіх етапах навчання надавалося особистості вчителя й неодноразово підкреслювалася його роль і можливості у виявленні щирих знань випробуваного під час проведення іспиту.

Обговорюючи значимість участі викладача в іспиті, відзначимо, що в першу чергу мова не повинна йти про навчальну функцію, що, на нашу думку, тут менш істотна, ніж при інших видах навчальної діяльності. Контакт викладача зі студентом на усному іспиті протягом 10 - 20 хвилин, безумовно,

важливий, але непорівнянний по тривалості із загальною тривалістю спілкування студента й викладача протягом семестру. Більше того, що постійно скорочуються норми, якими встановлюються строки іспиту й частка часу, виділюваний викладачеві на опитування одного студента, часто зводять нанівець навчальний і виховний вплив викладача на студента під час іспиту.

У той же час важко переоцінити діагностичні можливості викладача при проведенні усного іспиту. Ніхто, як викладач не зможе за зовні невиразною відповіддю, шляхом бесіди, додаткових, уточнюючих, навідних запитань виявити, що ж насправді знає студент і чи не пов'язана така відповідь просто з його зайвим хвилюванням. При цьому досвідчений викладач часто здатний уже на початковому етапі контролю встановити рівень знань студента й перейти до наступної теми або перервати іспит, проставивши оцінку за результатами отриманих відповідей, у той час як при тестуванні, незалежно від очевидності отриманих результатів, може знадобитися проведення іспиту в повному обсязі.

Значно більше можливостей у викладача й при формулюванні тексту питання не тільки з обліком отриманих від студента відповідей, але й залежно від змісту контрольованого навчального матеріалу. Для дисциплін, що вимагають нестандартного мислення й неформалізованого підходу, важко скласти адекватні й прості у викладі тестові завдання й тоді вони будуть украй складні для розуміння студентами. Добре підготовлений, але студент, що розхвилювався, може бути погано зосереджений і із працею розуміти зміст зайво складних формулювань таких завдань, або завдань спеціально заплутаних. Не виключено, що невдала відповідь студента буде зв'язаний винятково з неточністю самих формулювань. У той же час навіть погано підготовленому студентові, крім можливості простого вгадування, часто досить скористатися найпростішими логічними умовиводами й здоровим глуздом, щоб добре виконати тестове завдання.

При зіставленні усної й тестової форм проведення іспиту прихильниками останньої часто завищується об'єктивність тестового контролю, реалі-

зованого по сценарієм більшості загальноприйнятих методик тестування. Підкреслюючи усунення людини, носія суб'єктивності, із процесу безпосереднього проведення іспиту, у теж час осторонь залишається той факт, що розроблювачем тестів як і раніше залишається викладач. Тому, відзначаючи можливість реалізації однакових вимог по конкретній дисципліні для всіх студентів, варто пам'ятати, що вони, можливо, будуть загальними тільки для даної групи що екзаменуються, а в іншій групі або при проведенні тестування іншим викладачем, простою зміною критеріїв виставлення оцінки, можна до невпізнанності спотворити всю картину іспиту. Звичайною практикою тестового контролю у вітчизняних вузах є припасування критеріїв під набрані бали для забезпечення заданого рівня здачі іспиту. І якщо відповідно до класичної теорії тестування щоб успішно здати іспит студент зобов'язаний набрати не менш 59% від максимально можливої кількості балів (при деяких видах тестів [64]), те в нас для студентів заочної форми навчання критерієм позитивної оцінки за тих самих умов може бути 49%, 39% і навіть нижче.

Використання технічних пристроїв при тестовому контролі не обмежує, а скоріше збільшує можливість несанкціонованого втручання в хід іспиту, тим самим, знижуючи вірогідність його результатів. Недосконалий захист комп'ютерних програм може привести до проникнення в базу тестових завдань і доступу до еталонних відповідей, що дозволить студентові при мінімальних знаннях успішно здати іспит, а злом бази результатів іспиту взагалі позбавляє зміст у його проведенні. У пошуках потрібної інформації студенти можуть скористатися мережею Інтернет або одержати «допомогу» через локальну мережу університету. Списування може стати істотною проблемою у випадку близько розташованих комп'ютерів, якщо не виключити синхронне відображення питань на екранах моніторів. Ще однією проблемою є складність ідентифікації студента, що перебуває перед екраном монітора й здає тест. Відзначимо, що особливо важливо схоронність інформації на комп'ютері для вітчизняних вузів, з огляду на їхні обмежені можливості в розробці й створенні захисту власних програм для комп'ютеризованого тестування й не-

достатнє фінансування при придбанні якісних програмних продуктів світових виробників.

Тому існує нагальна потреба, створення моделі тестового контролю, яка, використовуючи всі переваги тесту, максимально опиралася б на вітчизняні традиції активної участі викладача в діагностуванні успішності навчання студентів. Така модель повинна базуватися на сучасних програмних засобах і при цьому передбачати можливість регулювання кількості питань, що задають, залежно від результативності відповідей студентів, мати розширений набір прототипів типових завдань, з яких можна створити тест максимально відповідному змісту контрольованого матеріалу, установлювати об'єктивні критерії перекладу набраної суми балів у показники успішності навчання й ін. Сполучення переваг комп'ютеризованого тестування з математичним обґрунтуванням процедур прийняття рішень екзаменатором дозволить мінімізувати можливі витрати, пов'язані з повсюдним переходом технічних університетів на тестову форму контролю.

1.3.2 Основні процедури імітаційної моделі тестового контролю

Визначаючи обсяги й зміст тестового контролю, у першу чергу варто виходити із цілей і завдань, які перед ним поставлені. Так тестовий тематичний контроль, ціль якого визначити рівень знань і вмінь по конкретній темі й на цій основі скорегувати процес навчання, по своєму змісті буде істотно відрізнятися, наприклад, від підсумкового контролю, основне завдання якого виявити результативність навчання, оцінити знання й уміння, отримані по дисципліні в цілому. Очевидно, що тести тематичного контролю повинні торкати невеликого сегмента - розділ або главу, складатися з обмеженої серії тестових завдань, що всебічно охоплюють тільки одну з областей навчання. Тут завдання повинні бути спрямовані не стільки на встановлення досягнутого рівня, скільки на виявлення пробілів, як викладачем, так і, що не менш важливо, самими студентами. Одночасно із цим, методики тестового контролю,

розрізняючись у деталях, містять загальний набір процедур, які повинні бути присутнім при всіх видах тестування й реалізовуватися у визначеній послідовності. Набір таких процедур відображений на рис. 1.1, де показана блок-схема тестового контролю, побудована відповідно до алгоритму імітаційної моделі й моделюючої дії викладача, які він звичайно виконує при традиційному контролі.

Розробка тестів починається з відбору матеріалу для контролю. Імітаційна модель тестування припускає, що ця частина роботи, як і у всіх інших моделях тестування, виконується експертами із числа викладачів або методичних працівників. При відборі матеріалу експерти в першу чергу керуються цілями тестування, відповідно до яких устанавлюється, які види знань і вмінь найбільш значимі для поставлених цілей і який при цьому потрібен рівень їхнього засвоєння.

Після відбору змісту тесту переходять до проектування прототипів тестових завдань, які створюються шляхом поділу навчального матеріалу на окремі фрагменти, контроль яких можливий за допомогою типових тестових форм. При цьому поза типовими формами ні завдання, ні його зміст не існують. Прототип завдання є результатом з'єднання змісту з найбільш підходящої для нього формою, що і є способом існування й збереження змісту. Очевидно, що чим більше типових форм у розпорядженні розроблювача, тим більше в нього можливостей створити прототип, що найбільшою мірою відповідає метам контролю.

Контрольований навчальний матеріал має різний ступінь складності, відповідно й завдання, призначені для виявлення рівня засвоєння такого матеріалу теж повинні відрізнятися по складності. Наприклад, завдання на просте відображення матеріалу, на рівні узнавання та відтворення по складності буде відрізнятися від завдань, що вимагають творчого застосування придбаних знань і що дозволяють виявити вміння, застосовувати знання в нестандартних ситуаціях. Тому встановлення міри складності завдання є однією з обов'язкових складових процедур проектування тестів.

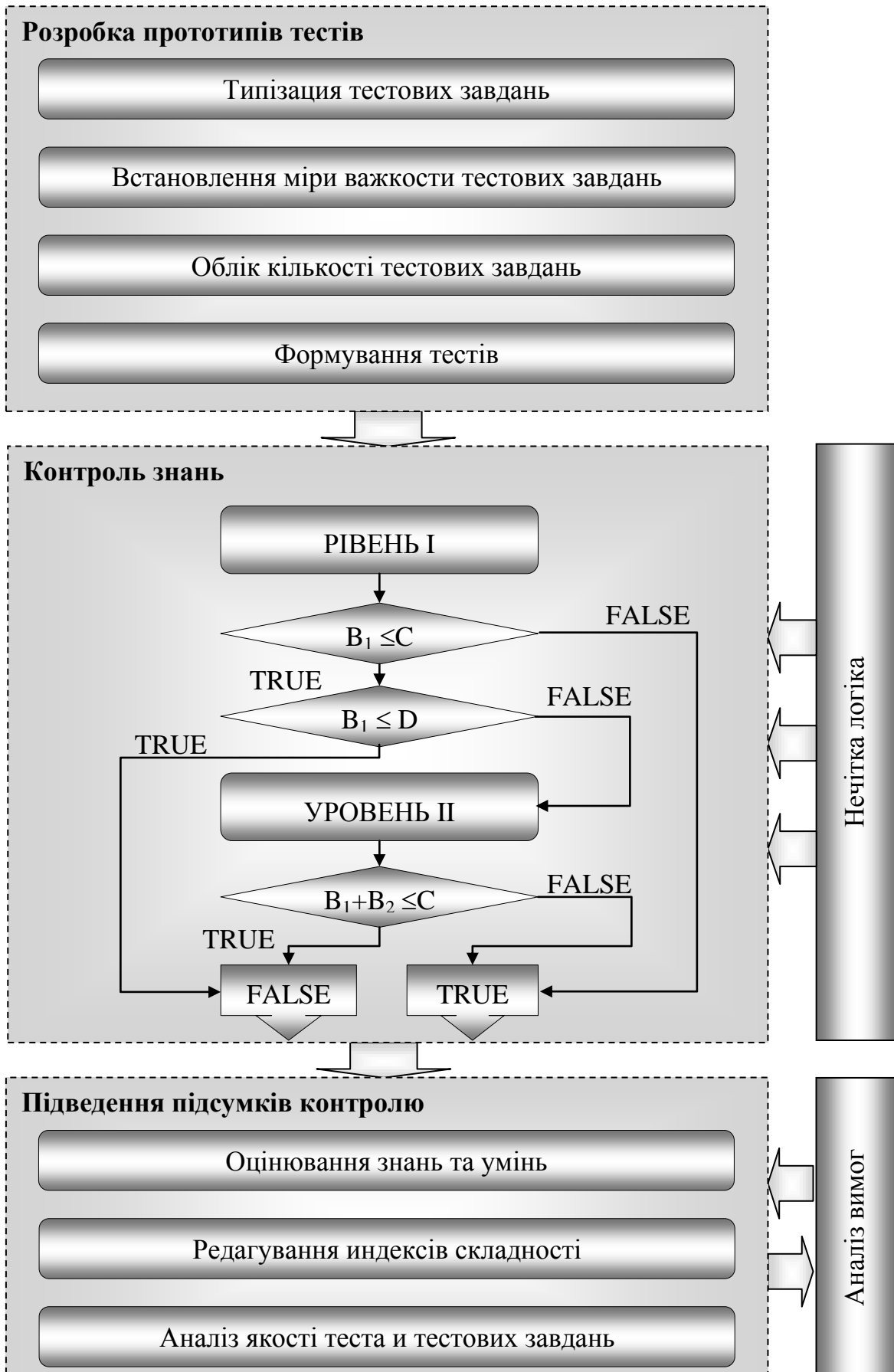


Рисунок 1.1 - Процедури імітаційного тестового контролю знань

Завершується перший етап проектування встановленням кількості тестових завдань і об'єднанням прототипів завдань у єдиний тест. Кількість завдань у тесті залежить, по-перше, від змісту матеріалу, що перевіряє: чим значніше обсяг навчального матеріалу, що перевіряє, тим, як правило, більше потрібно завдань, щоб установити рівень його засвоєння. По-друге, від складності завдань - з ростом складності повинне збільшуватися час іспиту, що не може розширюватися нескінченно і єдиним способом регулювання тут може бути зниження числа завдань. При цьому відзначимо, що немає ніякого зв'язку між формою завдання і їхньою складністю. Наприклад, завдання на вибір відповіді, що, як правило, має закриту форму й тому традиційно ставиться до простого може бути для студента набагато складніше, якщо він погано знає контрольований матеріал, у порівнянні зі звичайно більше складним завданням відкритої форми. Таким чином, кількість завдань залежить значною мірою не від форми, а від змісту контрольованого навчального матеріалу. З формою же більше зв'язані види знань, що перевіряють. У загальному випадку, чим більше завдань, тим достовірніше можуть виявитися результати тестування. Однак їхнє надмірне збільшення неприпустимо й тому достатнім критерієм для формування тесту є можливість зіставлення результатів тестування по різних темах і дисциплінам, за умови, що кількість завдань у тесті забезпечує прийнятну точність виявлення рівня засвоєння навчального матеріалу.

Для достовірного виявлення рівня засвоєння студентами навчального матеріалу необхідно при тестовому контролі перевірити всі знання й уміння, пропоновані студентові для вивчення. Але в силу ряду причин обсяг охопленої тестовими завданнями завжди виявляється менше обсягу пропонованого до вивчення. Тому при тестуванні коштує завдання за результатами виконання обмеженої кількості тестових завдань зробити висновок про знання студентами всього матеріалу, а у випадку якщо цього не вдається зробити, мати можливість сформулювати додаткові завдання в обсязі достатньому для ухвалення остаточного рішення про досягнутий рівень успішності вивчення

всього навчального матеріалу. Важливим при цьому для студента є можливість висловити свої сумніви, у випадку якщо придбані їм знання не дозволяють дати однозначну відповідь на поставлене питання. Підсумки тестування визначаються на основі статистичної обробки результатів тестування, що для всіх студентів повинне проводитися в однакових умовах, що й фіксується на етапі аналізу умов, при яких здійснюється тестовий контроль.

Встановлення рівня й структури знань виконується при аналізі відповідей кожного студента на всі завдання тесту. Чим більше правильних відповідей, тим вище його індивідуальний тестовий бал, що асоціюється з рівнем знань. Одночасно із цим визначається характеристика успішності навчання. Подібно тому, як викладач при усному контролі судить про успішність навчання, зіставляючи навчальні досягнення студента з аналогічними результатами групи студентів, так і в імітаційній моделі вона визначається, як здатність вийти при однотипних умовах навчання на більш високий рівень засвоєння навчального матеріалу.

Завершується підведення підсумків аналізом якості тестів і тестових завдань. Його кінцевою метою є інтерпретація отриманих емпіричних результатів і доведення характеристик прототипу тестового завдання до рівня, що відповідає певним науково обґрунтованим критеріям якості. Аналіз виконується при чергуванні процедур синтезу й верифікації, що повторюється до тих пор, поки всі прототипи тестових завдань не придбають статус тестових.

Наявність достатнього числа тестових завдань, отриманих у результаті обов'язкової емпіричної апробації завдань у тестовій формі, дозволяє перейти до складання тесту як системи, що володіє цілісністю, составом і структурою.

1.3.3 Типізація тестових завдань

Комп'ютеризоване тестування знань має на увазі постановку питання у формалізованому вигляді так, щоб відповідь можна була б віднести до однієї

з типізованих форм і, як наслідок, проконтролювати відповідними методами. У зв'язку із цим і формулювання тестових завдань виконується відповідно до передбачуваного типу відповіді. Навіть у тому випадку, коли говориться про контроль відповіді, побудованого у формі вільно конструйованої фрази, варто пам'ятати, що це всього лише один з типів тестових завдань, що вимагає застосування адекватного алгоритму контролю, наприклад, у вигляді відстроченого контролю викладачем, якому результат виконання завдання пересилається по електронній пошті.

Загальновизнане зараз поділ тестових завдань на відкриту й закрити форми, будучи правильним по суті, у теж час не завжди буває достатнім для ухвалення обґрунтованого рішення про вибір форми, у якій варто представляти завдання для тестування.

Як відомо [37], до тестових завдань відкритої форми прийнято відносити завдання з вільно конструйованими відповідями, які можуть формулюватися в довільній формі. У теж час труднощів комп'ютеризованого розпізнання й оцінювання правильності відповіді наведеного у вигляді вільно формульованої фрази змушує при використанні комп'ютерних технологій накладати ряд обмежень на зміст тестових завдань. Наприклад, у питаннях на доповнення, які деякі автори виділяють в особливий вид відкритої форми завдань, «обмеження забезпечують об'єктивність оцінювання результату виконання завдання, а формулювання відповіді повинна дати можливість однозначного оцінювання» [31]. Виходячи із цього, найкращим для автоматизованої перевірки завдань на доповнення буде максимальне обмеження, аж до підстановки тільки однієї цифри або букви.

У закритій формі тестових завдань передбачені [31, 38, 56] такі варіанти відповіді на поставлене питання що, коли з ряду запропонованих вибираються один або кілька правильних відповідей, то виконується зіставлення елементів двох списків, списки класифікуються по обмеженій кількості ознак і ін. При цьому справедливо відзначається, що зі збільшенням кількості відповідей знижується ймовірність простого вгадування.

Таким чином, можна представити ситуацію, коли в питанні на доповнення буде вимагатися підставити тільки одну цифру з інтервалу від 0 до 9, а в завданні на множинний вибір наведено 10 варіантів відповідей із цифрами з того ж інтервалу, і з них потрібно вибрати одна правильна відповідь - цифру від 0 до 9. У питанні на доповнення така побудова завдання диктується обмеженнями, що вводять для можливості однозначної інтерпретації відповіді, а в питанні закритої форми на множинний вибір зазначене формулювання сприяє зниженню ймовірності вгадування. Очевидно, що при таких крайнім вираженні формулювань тестових завдань їхня приналежність до відкритої або закритої форми стає не настільки явною.

Наведені приклади тестових завдань є граничними для своїх форм, проте, на практиці вони не виключені й, крім цього можливі будь-які побудови питань відкритої форми з різним ступенем обмежень і закритої форми з будь-якою кількістю варіантів відповідей. В остаточному підсумку, не виключено, що тестові завдання будуть відрізнятися тільки конструкцією, а їхні вимірювальні можливості стануть однаковими й тоді конструкція завдання не стане підтвердженням приналежності до тієї або іншої форми.

Для того щоб зняти неоднозначність у визначенні приналежності завдання до відкритої або закритої форми можна рекомендувати в їхні визначення внести доповнення, що враховує обмеження, що накладають із боку засобів комп'ютеризованого контролю й, що вказує на ймовірність угадування відповіді. З огляду на те, що ймовірність угадування в 5% укладається в погрішність вимірів, варто вважати її критеріальною і, якщо розрахункове значення ймовірності вгадування більше цієї величини, те незалежно від конструкції тестового завдання його варто відносити до закритої форми. І, навпаки, завдання з ймовірністю вгадування менш 5% необхідно класифікувати як завдання відкритої форми.

На рис. 1.2 поіменовані основні типові форми завдань, які можуть бути задіяні при використанні технологій дистанційного навчання для комп'ютеризованого тестування знань і вмінь студентів інженерних спеціальностей.

Частина з них широко застосовується в практиці контролю знань і вмінь - наприклад, вибір одного або декількох правильних відповідей з наведеного переліку відповідей. Інші застосовуються рідше (послідовність ключових або запропонованих слів) або запропоновані вперше автором (позиціонування, керування, послідовний вибір, послідовність дій).

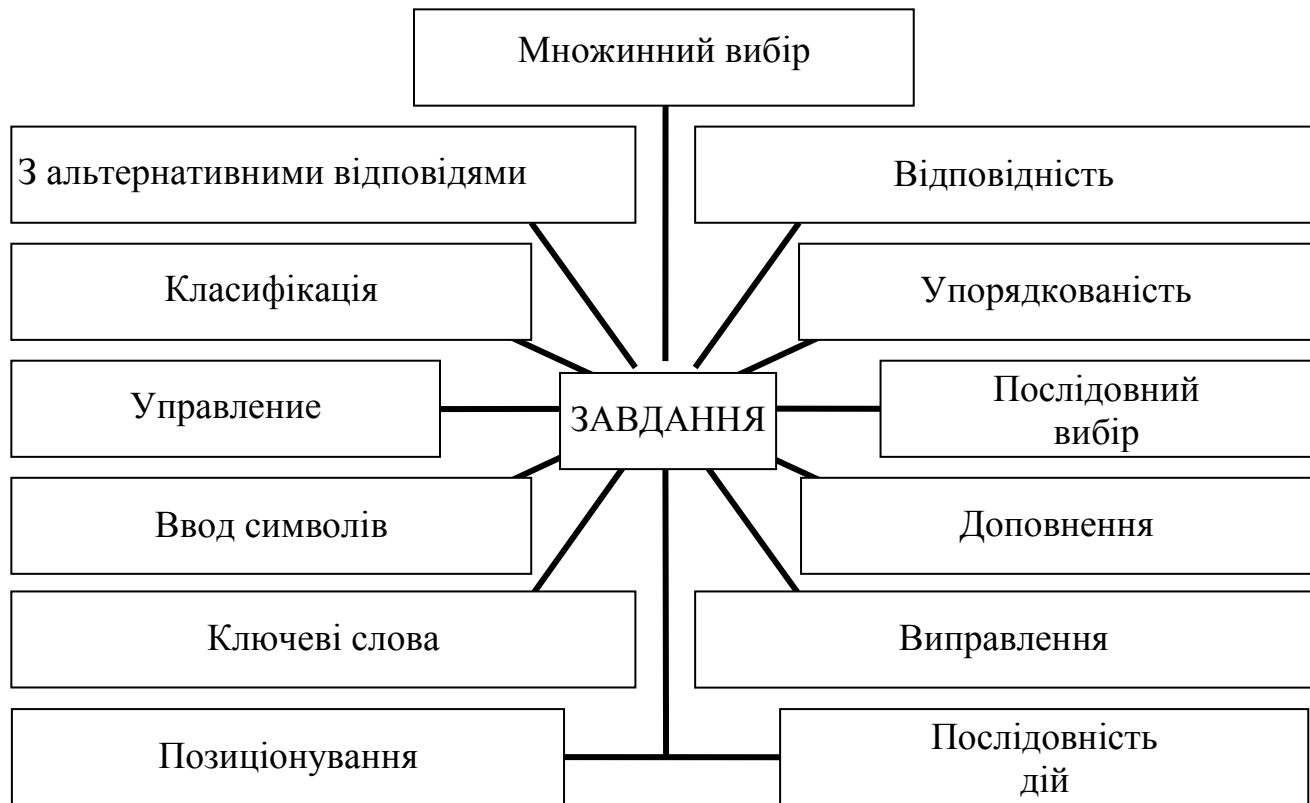


Рисунок 1.2 - Основні типи тестових завдань

При описі типових тестових завдань не викладається аргументація на користь використання тих або інших варіантів. У більшості випадків таку аргументацію можна привести тільки в найбільш загальному виді, не достатньому для прийняття яких - або конкретних рішень. Наприклад, останнім часом всі частіше призивають відмовлятися від такої постановки питання, відповідь на який включав би, у тому числі, і невірно сформульована відповідь. Як довід на користь такого підходу приводиться твердження, що студент при контролі може запам'ятати неправильну відповідь і тим самим у процесі навчання (контроль - частина процесу навчання) йому можуть бути нав'язані

помилкові судження. Не ставлячи під сумніви цю аргументацію, і, навіть, багато в чому погоджуючись із нею, автор, проте, уважає, що тільки розроблювач тестів разом з викладачем може прийняти обґрунтоване й зважене рішення про те, наскільки ті або інші форми побудови тестових завдань відповідають специфіці контролю конкретного навчального матеріалу.

Множинний вибір.

Конструкція. Складається з основної частини, що містить твердження або питання й перерахованих після її альтернатив для вибору одного або декількох правильних відповідей. Обидві частини можуть включати мультімедійні елементи без обмеження по кількості й виду.

Інструкція студентові. Виберіть один або кілька правильних відповідей з наведеного списку відповідей.

Форма запису тестового завдання.

Інструкція студентові		
Зміст тестового завдання.	Перша можлива відповідь.	Неправда або істина.
	Друга можлива відповідь.	Неправда або істина.
	...	
	N-й можлива відповідь.	Неправда або істина.

Імовірність угадування.

$$P = \frac{n_o}{N_a - M_o} \cdot 100\%, \quad (1.3.1)$$

де n – кількість правильних варіантів відповіді; N_a – кількість альтернативних відповідей; M_o – кількість відповідей, які студент знає.

У науково-педагогічній літературі цей тип тестових завдань часто називається завданнями множинного вибору, що не цілком вірно, тому що дотепер, відповідно до рекомендацій класичної теорії тестування, кращим вва-

жається включення тільки однієї правильної відповіді й тому вибір частіше є одиночним, а не множинним. Це самий застосовуваний тип завдань для навчальних дисциплін у технічних університетах. Однак широка поширеність зв'язана не з його особливими властивостями, а викликано історичними причинами. Завдання на вибір правильної відповіді були найбільш зручними для безмашинної перевірки знань у той час, коли засоби комп'ютерного тестування були мало доступні або комп'ютери для тестування ще не використалися. Як наслідок більшість сучасних методик тестування побудовано на успадкуванні розроблених раніше теоретичних положень, завдяки чому для цієї форми завдання існує можливість розрахунку деяких кількісних показників якості.

До недоліків тестових завдань на множинний вибір можна віднести те, що студенти можуть запам'ятати неправильні відповіді. Але при цьому присутність і правильних і неправильних відповідей стимулює студента до аналізу і якщо виключити ймовірність угадування, то вибрати правильну відповідь він зможе тільки при відповідному засвоєнні контрольованого матеріалу. Зі збільшенням числа альтернатив зменшується ймовірність угадування, але їхня кількість рідко буває понад чотири - п'яти, тому що різко зростає час засвоєння студентами змісту завдання в повному обсязі й, крім того, звичайно важко сформулювати велику кількість рівноцінних альтернатив.

Приклад тестового завдання.

Виберіть одну правильну відповідь із наведеного списку відповідей		
Комплекс засобів вимірів для відтворення метра через довжину світлової хвилі являє приклад...	Еталона одиниці фізичної величини.	Істина.
	Робочого засобу вимірів.	Неправда.
	Прямого методу вимірів.	Неправда.
Ймовірність угадування, якщо студент не знає жодної відповіді $P=33,3\%$.		

З альтернативними відповідями.

Конструкція. Складається з основної частини, що містить твердження або питання й перерахованих після її двох альтернатив, одне з яких правильне. Обидві частини можуть включати мультимедійні елементи без обмеження по кількості й виду.

Інструкція студентів. Укажіть, чи є наведене твердження правильним.

Форма запису тестового завдання.

Інструкція студентів.	
Зміст тестового завдання.	
пропозиція, що констатує.	Перша альтернативна відповідь.
	Друга альтернативна відповідь.

Імовірність угадування.

$$P = \frac{1}{N_a} \cdot 100\% = 50\% , \quad (1.3.2)$$

де $N_a = 2$.

Цей тип тестових завдань є найпростішим, але не найпоширенішим. У силу того, що завдання припускає тільки два варіанти відповіді «істина» або «лож» не виключена можливість, що через надмірне спрощення зміст завдання стане тривіальним. Як правило, завдання з альтернативними відповідями можна ефективно використати групами по кілька послідовних однотипних завдань. Причина цього в специфічних вимогах до контрольованого навчального матеріалу, що накладають високою ймовірністю випадкового вгадування правильної відповіді. Велика кількість тестових завдань із альтернативними відповідями за критерієм угадування прирівнюється до завдань множинного вибору з відповідною кількістю відповідей. Відповіді на них звичайно не займають багато часу, і є можливість охопити контролем біль-

ший обсяг навчального матеріалу. Одночасно із цим істотно підвищується захищеність тесту від списування.

Відзначимо, що для формування відповідей замість ознак «неправда» - «істина» краще використати два альтернативні продовження основної частини завдання або до першої відповіді додавати негативну частку “не”, для того, щоб друга відповідь заперечувала зміст першого (придатна - бракована, перевірений - не перевірений і т.п.). У цьому випадку зміст двох завдань можна звести до одному. Крім того, така побудова в багатьох випадках виключає включення в завдання неправильної відповіді й, як наслідок, його можливе запам'ятовування студентом.

Приклад тестового завдання.

Укажіть, чи є наведене твердження правильним.	
<p>На малюнку</p>  <p>зображено калібри...</p>	Пробки.
	Скоби.
Імовірність угадування, якщо студент не знає відповіді $P=50\%$.	

Відповідність.

Конструкція. Виконано у вигляді таблиці із двома стовпцями. У лівому стовпці таблиці перераховані елементи, яким потрібно поставити у відповідність елементи стовпця праворуч. Елементи лівого стовпця зафіксовані, праві переміщуються. Обидві частини можуть включати мультимедійні елементи без обмеження по кількості й виду.

Інструкція студентові. Установите відповідність між елементами лівого й правого стовпців.

Форма запису тестового завдання.

Інструкція студентів.	
Зміст тестового завдання.	
Заголовок лівого стовпця.	Заголовок правого стовпця.
Список зафіксованих елементів.	Список переміщуваних елементів.

Імовірність угадування.

$$P = \frac{1}{(N_C - M_O)!} \cdot 100\%, \quad (1.3.3)$$

де N_C – кількість переміщуваних елементів.

Контролюються знання про наявність зв'язків між елементами масивів, розміщених у двох стовпцях таблиці порівнянь. Елементи лівого стовпця розглядаються як постійні, а правого - як змінні елементи, з яких студент підбирає відповідь. Імовірність угадування порівнянна з тестовими завданнями на множинний вибір, але при рівності кількості елементів в обох масивах не містить неправильних відповідей і, як наслідок виключає можливість запам'ятовування неправильної відповіді. При великій розмірності масивів елементів дозволяє комплексно перевірити успішність засвоєння значного по обсязі навчального матеріалу.

Приклад тестового завдання.

Встановіть відповідність між елементами лівого й правого стовпців. Кожному елементу ліворуч зіставте по одному елементі праворуч.	
Укажіть призначення перерахованих нижче вимірювальних інструментів.	
Призначення.	Назва.
Розмітка, зовнішні й внутрішні виміри; ціна розподілу 0,1 – 0,05 мм.	Штангенциркуль.
Розмітка, вимір висоти; ціна розподілу 0,1 – 0,05 мм.	Штангенрейсмус.
Розмітка, вимір висоти, глибини; ціна розподілу 0,1 – 0,05 мм.	Штангенглибиномір.
Зовнішні виміри; ціна розподілу 0,001 мм.	Мікрометр.
Імовірність угадування, якщо студент не знає жодного відповіді $P=4\%$.	

Класифікація.

Конструкція. Виконано у вигляді таблиці, у стовпцях якої перераховуються елементи, згруповані відповідно до встановлених критеріїв класифікації. Кількість стовпців визначається числом критеріїв класифікації й теоретично необмежено. Кожна з осередків таблиці може включати мультимедійні елементи.

Інструкція студентів. Класифікуйте перераховані елементи відповідно до запропонованих критеріїв.

Форма запису тестового завдання.

Інструкція студентів.

Зміст тестового завдання.

Перший критерій класифікації.	Другий критерій класифікації.	...	N-й критерій класифікації.
Список елементів, що відповідають першому критерію класифікації.	Список елементів, що відповідають другому критерію класифікації.	...	Список елементів, що відповідають N-му критерію класифікації.

Імовірність угадування.

$$P = \frac{1}{(N_K - M_O) T_K} \cdot 100\%, \quad (1.3.4)$$

де N_K – загальна кількість класифікованих елементів; K_K – кількість критеріїв класифікації.

Контролюються вміння знаходити істотні ознаки, загальні для групи об'єктів. Є різновидом завдання на відповідність і зводиться до нього, якщо кількість критеріїв для класифікації дорівнює числу елементів. Однак відрізняється від завдань на відповідність підвищеною складністю, особливо якщо складено так, що по кожному із критеріїв включена різна кількість елементів. Не допускається додавати елементи, які можна одночасно віднести до різних класифікаційних груп.

Приклад тестового завдання.

Класифікуйте перераховані елементи відповідно до запропонованих критеріїв.	
Укажіть, які з перерахованих характеристик ставляться до геометричних і фізико-механічних параметрів.	
Геометричні параметри.	Фізико-механічні параметри.
Шорсткість поверхні.	Міцність.
Хвилястість поверхні.	Теплопровідність.
Точність розмірів.	Зносостійкість.
	Твердість.
Імовірність угадування, якщо студент не знає жодного відповіді $P \approx 2\%$.	

Впорядкованість.

Конструкція. Являє собою неранжований перелік об'єктів з алгоритмічної послідовності. Для виключення підказки об'єкти перераховуються в однині, їхньої назви - у називному відмінку й в одному регістрі, а маніпуляції з ними виражаються дієсловом у невизначеній формі. Можливо мультимедійне подання об'єктів, що ранжуються.

Інструкція студентів. Розставте в порядку відповідній алгоритмічній ознаці (упорядкуйте) наведену послідовність елементів.

Форма запису тестового завдання.

Інструкція студентів.
Зміст тестового завдання.
Упорядкований перелік елементів, що становлять правильна відповідь.

Імовірність угадування.

$$P = \frac{1}{(N_p - M_o)!} \cdot 100\% , \quad (1.3.5)$$

де N_p – загальна кількість елементів, що ранжуються.

Дозволяє перевірити знання, уміння й навички, які необхідні для виконання розрахунків, операцій, прийомів роботи й інших дій відповідно до єдиного алгоритму, що відповідає правильній відповіді. Є одним з найпростіших по використанню тестових завдань на виявлення сформованості навчальних і професійних умінь. Допускає різний ступінь деталізації й необмежена кількість елементів ранжуємого списку.

Приклад тестового завдання.

Розставте наведену послідовність у порядку виконання розрахунків.
Для комбінованої посадки визначити ймовірність утворення посадок з натягом і посадок із зазором.
Розрахувати середнє квадратичне відхилення зазору (натягу). Визначити межу інтегрування. Знайти табличне значення функції $\Phi(z)$. Установити ймовірність натягу й зазору.
Ймовірність угадування, якщо студент не знає жодного відповіді $P=4\%$.

Керування.

Конструкція. Комплект графічних зображень із цілями, границі яких збігаються з контурами органів керування. Видимість границь цілей може задаватися опційно. При правильній вказівці органа керування відбувається зміна графічного зображення й напису під рисунком відповідно до алгоритму керуючих впливів.

Інструкція студентові. Укажіть у необхідній послідовності мети на графічному зображенні (малюнку, схемі, діаграмі або ін.)

Форма запису тестового завдання.

Інструкція студентові.	
Зміст тестового завдання.	
Набір графічних зображень із зазначеними цілями (можливий багаторазовий вибір однієї й тієї ж мети).	Список коментарів, візуалізованих при виборі мети.

Ймовірність угадування.

$$P = \frac{1}{(N_3 - M_0)!} \cdot 100\%, \quad (1.3.6)$$

де N_3 – кількість активних зон (реальних і фіктивних цілей) на графічному зображенні (з урахуванням кількарязового використання для виконання керуючих впливів).

Контролюються ступінь оволодіння спеціальними вміннями, які передбачені змістом навчальної дисципліни для освоєння методів керування об'єктами машинобудівного виробництва. При завданні тимчасового інтервалу між двома послідовними вказівками областей усередині границь органів керування можливе використання як тренажер і для встановлення успішності закріплення навичок роботи з керованими об'єктами. Не рекомендується включення в текст коментарів під рисунком прямих або непрямих вказівок на визначення правильної відповіді, тому що вони можуть значно знизити вимірювальну здатність завдання.

Приклад тестового завдання.

Укажіть у необхідній послідовності органи керування скоби.
Виконайте вимір діаметра вала відносним методом.

Стопор відпущений.



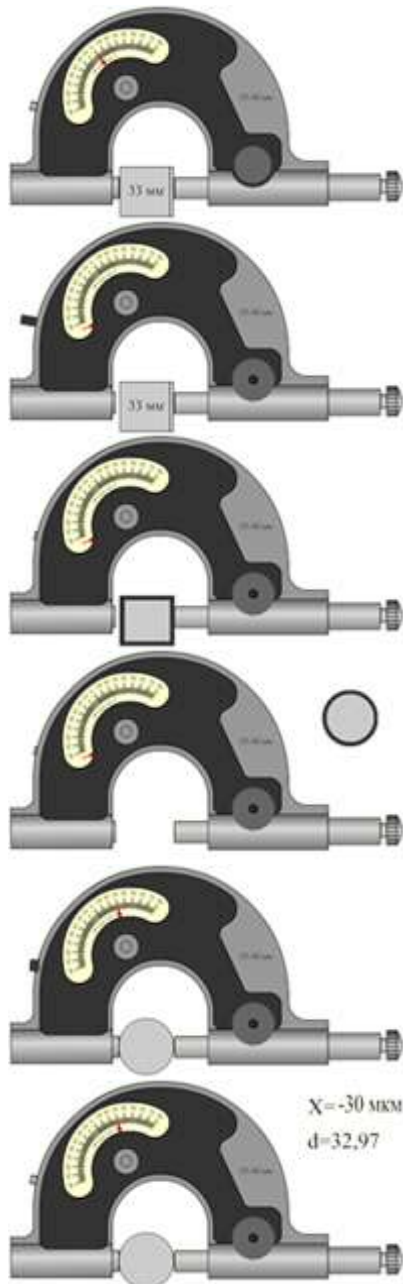
Блок кінцевих мір встановлений.



Блок мір затиснутий, нуль на шкалі встановлений.



(продовження тестового завдання)



Стопор затиснутий.

Кнопка аретира натиснута.

Блок кінцевих мір зняти.

Вал встановлений.

Кнопка аретира відпущена.

Показання зняті, діаметр обчислений.

Імовірність угадування, якщо студент не знає жодної відповіді $P=0,0003\%$.

Послідовний вибір.

Конструкція. Графічне зображення із зазначеними цілями.

Інструкція студентів. Укажіть у необхідній послідовності мету на графічному зображенні.

Форма запису тестового завдання.

Інструкція студентові.

Зміст тестового завдання.

Графічне зображення із зазначеними цілями.

Імовірність угадування.

$$P = \frac{1}{(N_{\text{ц}} - M_0)!} \cdot 100\% , \quad (1.3.7)$$

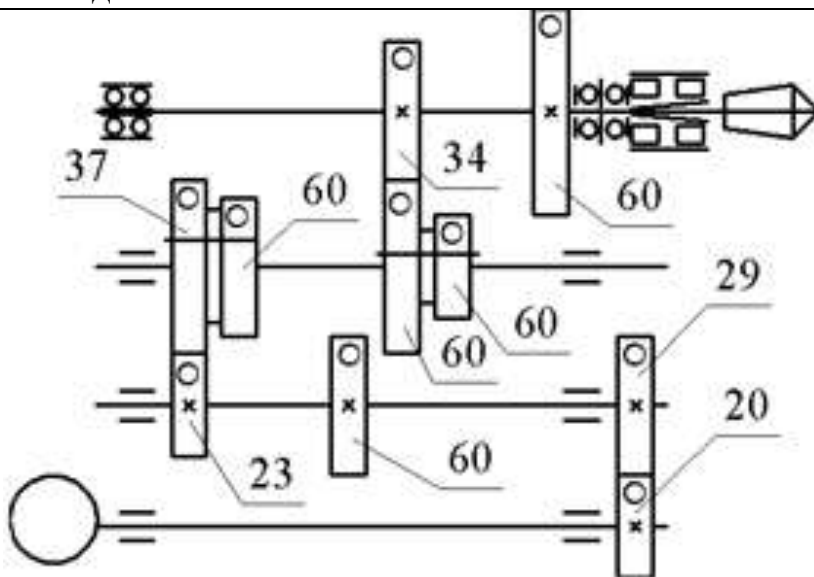
де $N_{\text{ц}}$ – кількість цілей на графічному зображенні.

В основному призначено для встановлення знань обчислювальних алгоритмів і алгоритмів виконання дій, елементного состава конструкції виробів машинобудування, структурних складових схем, графіків, діаграм і рідше для перевірки вмінь. Непридатно для контролю сформованості навичок. Найбільше ефективно для перевірки знань розгалужених алгоритмів і графічних зображень об'єктів, розгорнутих на площині або в просторі.

Приклад тестового завдання.

Укажіть у необхідній послідовності елементи кінематичної схеми.

Відзначте кінематичний ланцюг, що забезпечує максимальне число обертів шпинделя.



Імовірність угадування, якщо студент не знає жодної відповіді $P=0,00003\%$.

Доповнення.

Конструкція. Фрагмент тексту з полями уведення для підстановки обмеженої кількості пропущених слів і окремих символів. При призначенні ширини полів уведення варто враховувати можливість для студента побачити весь уводити фрагмент, що, цілком. Для зменшення ймовірності вгадування ширина поля уведення не повинна підбиратися виходячи із числа пропущених символів. У будь-якій частині текстового фрагмента допускається включати елементи мультимедіа.

Інструкція студентів. Впишіть відсутні за змістом пропущені слова, числа або окремі символи у відведене для них місце в тексті.

Форма запису тестового завдання.

Інструкція студентів.
Зміст тестового завдання.
Початковий фрагмент тексту.
Пропущені слова і їхні синоніми з виділеною контрольованою частиною слова.
Завершальний фрагмент тексту.

Ймовірність угадування. У загальному випадку визначається статистичним аналізом контрольованих навчальних текстів. При незалежному підборі від одного до чотирьох символів і без обліку синтактико-семантичної структури тексту розраховується за формулою:

$$P = \frac{N_d}{L_m} \cdot 100\%, \quad (1.3.8)$$

де N_d – кількість входжень кожної з n^{MM} можливих MM -грам ($MM = 1...4...4$) сполучень алфавітно-цифрових символів. Може бути встановлене відповідно до рекомендацій, прийнятими при проведенні криптографічних робіт [25, 49]; L_m - загальне число підрахованих MM -грам.

Тестове завдання передбачає підстановку пропущеного алфавітно-цифрового фрагмента, місце для якого визначається положенням поля введення. При наявності в завданні декількох пропущених фрагментів повинен бути передбачений їхній диференційований контроль. У випадку якщо пропускаються окремі слова або їхні словосполучення варто врахувати можливість перевірки всіх їхніх можливих словоформ і синонімів, для чого в комп'ютерній реалізації рекомендується застосування нерегулярних виражень. Небажане включення в підставляє фрагмент, що, малоінформативних символів, розділових знаків і не устояних значенневих груп, що мають неоднозначне тлумачення.

Приклад тестового завдання.

Впишіть відсутнє за змістом пропущене слово.
Під
квалітетом
розуміється сукупність допусків, що відповідають однакового ступеня точності для всіх номінальних розмірів.
Імовірність угадування, при використанні електронного підручника автора, не більше $P=1,8 \times 10^{-5} \%$.

Ключові слова.

Конструкція. Текст завдання й поле для введення фрази, що включає ключові слова, за якими контролюється правильність відповіді. Розміри поля введення встановлюються такими, щоб відображався весь уведений текст. Застосування елементів мультимедіа заборонено.

Інструкція студентів. Дайте відповідь, записавши її в довільній формі.

Форма запису тестового завдання.

Інструкція студентів.			
Зміст тестового завдання.			
Ключові слова і їх синоніми з виділеною контрольованою частиною слова.	Позиція в тексті відповіді.	Допустимість (обов'язковість).	
		Слова.	Заперечення.

Імовірність угадування. У загальному випадку визначається статистичним аналізом контрольованих навчальних текстів. При незалежному підборі від одного до чотирьох символів і без обліку синтактико-семантичної структури тексту розраховується по формулі:

$$P = \prod_{i=1}^{i=n_c} P_i, \quad (1.3.9)$$

де P_i – імовірність появи в контрольованому тексті кожної з M -грам сполучень алфавітно-цифрових символів, що становлять контрольовану частину слів і їхніх синонімів; n – кількість контрольованих слів.

Це один з найбільш універсальних типів тестових завдань за своїми можливостями, що наближається до традиційного усного контролю знань. Звичайно з його допомогою перевіряють уміння репродуктивно застосовувати знання в знайомій ситуації, коли не потрібно дослівного відтворення яких або формулювань або визначень, але їхнє знання необхідно для засвоєння навчального матеріалу. Вимога до виконання завдання повинне бути максимально вільно, від яких або обмежень на формулювання відповіді, які можуть істотно звузити область використання завдань при контролі рівня розуміння вивченого матеріалу. Однак, такі обмеження часто змушено вводяться для того, щоб відповідь студента, записана в довільній формі, міг би однозначно інтерпретуватися комп'ютерною програмою. Аналіз правильності відповіді здійснюється за ключовими словами, які виділяються з тексту відповіді студента й зіставляються з еталонами, що задають проектувальником завдання. Судження про правильність відповіді виносяться виходячи з його повноти (по кількості введених ключових слів) і відсутності невірних висловлень (по наявності неприпустимих ключових слів). Додатково може контролюватися позиція ключового слова в тексті відповіді й наявність перед ним заперечення. Оскільки результат виконання завдання визначається посимвольним порівнянням ключових слів з еталонними, у процедурі ідентифікації варто передбачити можливість ігнорування дозволених граматичних помилок, стано-

влячи відповідні правила за допомогою регулярних виражень або записуючи слова з повторюваними, але припустимими помилками, як синоніми.

Приклад тестового завдання.

Дайте відповідь, записавши його в довільній формі.			
Перелічіть види стандартів, передбачені ДСТУ 1.0 – 93.			
Ключові слова і їхні синоніми.	Позиція в тексті відповіді.	Допустимість (обов'язковість).	
		Заперечення.	Слова.
Державні	Довільна	Не припустимо.	Обов'язково.
Міждержавні	Довільна	Не припустимо.	Обов'язково.
Регіональні	Довільна	Не припустимо.	Обов'язково.
Національні	Довільна	Не припустимо.	Обов'язково.
Галузеві	Довільна	Не припустимо.	Обов'язково.
Підприємств	Довільна	Не припустимо.	Обов'язково.
Місцеві	Довільна	Довільна	Не припустимо.
Імовірність угадування, при використанні електронного підручника автора, не більше $P=6,2 \times 10^{-31} \%$.			

Введення символів.

Конструкція. Складається із частини, що пояснює, утримуючого роз'яснення або питання й поля введення для підстановки обмеженої кількості алфавітно-цифрових символів. частина, Що Пояснює, може включати мультмедійні елементи без обмеження по кількості й виду.

Інструкція студентів. Впишіть у поле введення число або текстовий фрагмент, що відповідає правильній відповіді.

Форма запису тестового завдання.

Інструкція студентів.		
Зміст тестового завдання.	Чисельне або текстове значення відповіді.	Діапазон контрольованих символів.

Імовірність угадування. При незалежному підборі від одного до чотирьох символів і без обліку синтактико-семантичної структури тексту розраховується по формулі:

$$P = \prod_{i=1}^{i=n_c'} P_i', \quad (1.3.10)$$

де P_i' – імовірність появи алфавітно-цифрових символів у контрольованому тексті. Для букв національних алфавітів визначаються по статистичних таблицях частот появи (наприклад, [4, 42]), для цифр поява рівновірогідно (наприклад, двійкове вирахування $P=0,5$; восьмеричне - $P=0,125$; десяткове - $P=0,1$ і т.п.); n' – кількість контрольованих символів.

Це найбільш простий за конструкцією тип тестового завдання, відповідь на який формується набором символів, що вводять із клавіатури. Як правило, таке завдання призначене для встановлення знань конкретної інформації з навчального матеріалу, що може бути представлена числом або обмеженою кількістю букв. Наприклад, з його допомогою можна перевірити знання властивостей об'єктів машинобудування, їх технічних, економічних характеристик і т.п. Так як частина, що пояснює, допускає включення елементів мультимедіа, те завдання може бути складено таким чином, щоб по вставленому малюнку із зображенням конструкції виробу й позначених позицій перевірити знання його структурних складових. При введенні чисел треба ототожнювати десяткові крапку й кому, якими відділяються ціла частина числа від дробової.

Приклад тестового завдання.

Впишіть у поле введення десяткове число, що відповідає правильній відповіді.		
Укажіть чисельне значення ціни розподілу мікрометра.	0,01.	3 символи.
Імовірність угадування, якщо студент не знає відповіді, не більше $P=0,001\%$.		

Виправлення.

Конструкція. Фрагмент тексту й поля введення із записаним текстом, що приблизно містить помилки, які варто виправити. Для цілісного сприй-

няття тексту, що рецензується, поле введення, у якому він записаний, повинен бути достатніх для цього розмірів.

Інструкція студентіві. Перевірте й при необхідності внести зміни в число, слово або фразу, записані як варіант відповіді.

Форма запису тестового завдання

Інструкція студентіві.			
Зміст тестового завдання.			
Початковий фрагмент тексту.	Цифра, слово або фрагмент тексту.		Завершальний фрагмент тексту.
	Еталонна відповідь.	Написання в тестовому завданні.	

Імовірність угадування. У загальному випадку визначається статистичним аналізом контрольованих навчальних текстів. При незалежному підборі від одного до чотирьох символів і без обліку синтактико-семантичної структури тексту розраховується по формулі:

$$P = \prod_{i=1}^{i=n_{\text{и}}} P_i", \quad (1.3.11)$$

де P_i'' – імовірність появи в контрольованому тексті алфавітно-цифрових символів, що виправляють, їх біграм, триграм або чотирьохграм. Визначаються за результатами статистичного аналізу або спрощено по статистичних таблицях для неспеціалізованих текстів. $n_{\text{и}}$ – кількість символів, що виправляють.

Незважаючи на те, що ставиться до одному з деяких типів тестових завдань, при знайомстві з якими студент може одержати невірну інформацію, широко застосовується саме для виявлення й усунення типових помилок, які характерні при вивченні контрольованого навчального матеріалу. Щоб настроїти студента на критичний аналіз формулювань, що втримуються в тексті

завдання, треба в інструкції до завдання обов'язково зробити акцент на специфіку завдання й указати, що наведена відповідь може містити помилку. Як правило, застосовується для контролю правильності написання невеликого фрагмента тексту з обмеженою кількістю символів. При цьому необхідно додатково передбачити процедури обробки розділових знаків і розходжень у регістрі символів, що вводять.

Приклад тестового завдання.

Перевірте написання і якщо необхідно виправте букву «е» у написанні назви вимірювального інструмента.

Виконайте інструкцію до тестового завдання.

Початковий фрагмент тексту.	Цифра, слово або фрагмент тексту. Еталонна відповідь.	Написання в тестовому завданні.	Завершальний фрагмент тексту.
Ціна розподілу ноніуса.	штангенциркуля.	штангинциркуля.	0.1, 0.05 і рідше 0.02 мм.
Імовірність написання букви е після букви г $P=5,01\%$ [42].			

Позиціювання.

Конструкція. Поле позиціювання обмежених розмірів і набір рисунків із зображеннями навчальних об'єктів, які можуть переміщатися вздовж однієї з координатних осей, одночасно вздовж двох координатних осей або бути зафіксовані в кожному з положень на поле позиціювання. Розмір зафіксованого малюнка може збігатися з розміром поля позиціювання, що дозволяє використати такий малюнок як фонове зображення для маніпуляції з іншими малюнками. Дозволяються малюнки з анімованими зображеннями.

Інструкція студентів. Перемістите малюнок у позицію, що відповідає правильній відповіді.

Форма запису тестового завдання.

Інструкція студентів.
Зміст тестового завдання.
Вихідне положення.
Можливі варіанти переміщення.
Припустима точність позиціювання.
Положення малюнка, що відповідає правильній відповіді.

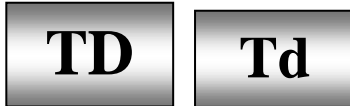
Імовірність відгадування.

$$P = P_x \cdot P_y = \frac{1}{B - b - \Delta_x} \cdot \frac{1}{H - h - \Delta_y}, \quad (1.3.12)$$

де P_x, P_y – імовірність відгадування положення рисунка, відповідно по горизонталі й по вертикалі; B, H - відповідно, ширина й висота поля позиціонування малюнка; b, h - відповідно, ширина й висота переміщуваного малюнка;

Основний акцент робиться на розпізнаванні зорових образів і їхньому відтворенні за умов оптимально змодельованої для контролю реальної ситуації. Допускає формулювання тестового завдання таким чином, щоб контролювалося як абсолютне положення малюнка на площині позиціонування, так і взаємне розташування рисунків відносно один одного (вліворуч – вправоруч, вище - нижче). Наявність надлишкових зображень дозволяє істотно знизити ймовірність угадування, особливо в завданнях на виявлення знання структури об'єкта.

Приклад тестового завдання.

Перемістите зображення полів допусків валу й отвору в положення, що відповідає правильній відповіді.
Укажіть взаємне розташування поля допуску отвору й поля допуску валу, що відповідають посадці з натягом $TN=5$ мм.

Переміщення лівого й правого зображень у вертикальному напрямку.
Припустима точність позиціонування $\Delta Y = 2$ пікселя.
Імовірність відгадування при висоті поля позиціонування малюнка 240 пікселей $P=0,42\%$.

Послідовність дій.

Конструкція. Набір керуючих кнопок і відповідних їм графічних зображень. Тестове завдання вимагає виконати задану послідовність дій натисканням на кнопки керування. Опційно можливий контроль часу між натисканням керуючих кнопок. Натискання на кнопку супроводжується зміною графічного зображення й коментарю до нього.

Інструкція студентів. Відтворіть необхідну послідовність дій натисканням керуючих кнопок за встановлений час.

Форма запису тестового завдання.

Інструкція студентів.		
Зміст тестового завдання.		
Графічне зображення.		
Кнопка	Графічне зображення, що візуалізується при натисканні на керуючу кнопку.	Напис на керуючій кнопці.
		Коментар до графічного зображення.
Кнопка 2.	Графічне зображення, , що візуалізується при натисканні на керуючу кнопку.	Напис на керуючій кнопці.
		Коментар до графічного зображення.
		Контрольований час до натискання кнопки, с.
⋮		
Кнопка N.	Графічне зображення, , що візуалізується при натисканні на керуючу кнопку.	Напис на керуючій кнопці.
		Коментар до графічного зображення.
		Контрольований час до натискання кнопки, с.
Максимально припустима кількість помилкових кліків (натискань кнопок у порушення заданої послідовності).		
Штрафні санкції за перевищення припустимого часу натискання кнопки (кількість кліків, які вважаються як помилкове натискання керуючої клавіші, за кожний проміжок часу, кратний контрольованому часу натискання клавіші).		
Послідовність натискання кнопок (можливо багаторазове натискання на ту саму кнопку).		

Імовірність угадування.

$$P = \frac{1}{\left(\sum_{i=1}^{i=k} \sum_{j=1}^{j=z_k} N_{y_{i,j}} - M_0 \right)!} \cdot 100\% , \quad (1.3.13)$$



де $N_{y,j}$ – кількість натискань керуючих кнопок, що відповідає правильній відповіді (з урахуванням можливості багаторазового натискання); k – кількість керуючих кнопок; z – кількість натискань кожної керуючої кнопки.

Призначено для контролю спеціальних умінь, необхідних для керування об'єктами машинобудівного виробництва. Переважно для перевірки вмінь виконувати керуючі впливи за лінійним алгоритмом. Вимагає проведення значних підготовчих робіт у випадку, якщо планується перевірка вмінь виконувати керуючі впливи за складним алгоритмом, що розгалужується, з неодноразово повторюваним натисканням на ті самі кнопки керування. Може використатися як тренажер для придбання професійних умінь.

Приклад тестового завдання

Натисканням керуючих кнопок відтворіть необхідну послідовність дій у встановлений час.		
Виконаєте дії, необхідні для вимірів за допомогою мікрометра (від відкриття стопора до зняття показань).		
		
Кнопка 1		Відкрити стопор.
		Стопор відкритий.
		-
Кнопка 2		Обертаючи за тріскачку відкрити мікрометр.
		Обертання виконане.
		6 с.
Кнопка 3		Установити деталь.
		Деталь установлена.
		6 с.
Кнопка 4		Обертаючи тріскачку затиснути деталь.
		Деталь затиснута.
		6 с.

(продовження тестового завдання)

Кнопка 5		Закрити стопор.
		Стопор закритий.
		6 с.
Кнопка 6		Зняти показання.
		Відлік показань виконаний.
		6 с.
Максимально припустима кількість помилкових кліків – 4.		
Штрафні санкції за перевищення припустимого часу натискання кнопки – 5 кліків (несвоєчасне натискання кнопок не допускається).		
1, 2, 3, 4, 5, 6		
Імовірність угадування, якщо студент не знає відповіді, не більше $P=0,14\%$.		

1.3.4 Встановлення міри складності тестових завдань

При розробці методів оцінки знань за допомогою системи тестових завдань призначення індексів складності є одним з основних етапів, що визначають вірогідність результатів контролю знань. За допомогою індексів складності вказується ступінь труднощів тестового завдання стосовно інших завдань тесту, задається максимальна кількість балів, що студент може одержати при правильному виконанні завдання й можлива загальна кількість балів за всю відповідь, тобто в остаточному підсумку, встановлюється кількісна і якісна (для встановленої шкали оцінок) характеристика знань. Тому сформована практика, коли всім питанням апріорно призначаються однакові показники складності, є непридатною для імітаційної моделі тестового контролю знань студентів інженерних спеціальностей. Аналогічно тому, як при усному контролі викладач задає питання студентові виходячи зі сформованих у нього подань про їхній складності, при комп'ютеризованому контролі необхідно враховувати, що завдання можуть істотно відрізнятися за складністю один від одного.

Відповідно до імітаційної моделі визначення складності тестових завдань повинне здійснюватися у два етапи - на першому етапі виконуватися проектувальний розрахунок і на другому етапі - коректувальний.

Проектувальний розрахунок виробляється після того, як визначені мети, завдання проектування й відповідно до них складений комплект прототипів тестових завдань. Такий комплект містить надлишковий набір прототипів завдань, форма яких розроблена на базі типовий і визначена змістом контролюваного навчального матеріалу. При цьому прототипи завдань ще не включають відомостей про їхній складності, а обрана форма не може бути орієнтиром для її визначення.

При відсутності початкових відомостей про труднощі тестових завдань реалізувати цей етап проектування тестів можна експертним оцінюванням, при якому міра складності встановлюється інтуїтивним-логічним аналізом змісту тестового завдання з паралельно виконуваною кількісною оцінкою прийнятих рішень і наступною формальною обробкою результатів експертизи. Одержуване внаслідок проведення експертизи узагальнена думка експертів приймається як кількісна міра складності завдання. Комплексне використання усвідомленого логічного й неусвідомленого інтуїтивного мислення з формальною обробкою генеруємих кількісних оцінок дозволяє з достатньою для практичних цілей точністю встановити міру складності завдань на першому етапі оцінювання, коли немає інших даних для прийнять обґрунтованих рішень.

Проведення першого етапу призначення індексів складності пов'язане з необхідністю диференціювати тестові завдання за складністю при контролі знань всіх студентів, у тому числі й найперших, з яких починається впровадження комп'ютеризованого контролю знань навчального матеріалу. Важливим є й те, що проведення цього етапу дає можливість виключити з тесту занадто важкі або занадто легкі завдання, що не мають ніякої діагностичної цінності. Однак оскільки викладач, у міру надходження нових відповідей студентів при проведенні іспиту може змінити свої первісні судження про

складності питань, в імітаційній моделі передбачений аналогічний етап корегування спочатку призначених індексів складності.

На другому етапі нормування складності тестових завдань здійснюється як корегувальний розрахунок, у якому враховуються результати проведеного контролю знань. При цьому корекція індексів складності прототипів тестових завдань здійснюється виходячи з того, наскільки успішно студенти впоралися із завданнями, які втримуються в прототипах.

1.3.4.1 Проектний розрахунок

Проектний розрахунок індексів складності виконується методом експертного оцінювання виходячи з допущення, що для встановлення міри складності тестових завдань є можливість залучити експертів, що в повній мірі володіють необхідною інформацією й при виборі правильних процедур її збору й обробки можна одержати групову думку експертів, що допускається інтерпретувати як достовірну оцінку складності завдань. На додаток до процедур експертизи варто використати математичну обробку експертних оцінок, для того, щоб статистично перевірити правомірність зробленого допущення.

Однією з основних проблем, яку варто вирішити при розробці методики експертного оцінювання складності тестових завдань, є призначення експертів і регламентація умов їх роботи.

Очевидно, що саме проведення першого етапу розрахунку індексів складності дає можливість значною мірою відмовитися від невиправданого урівнювання тестових завдань за рівнем складності й тому навіть залучення одного експерта, наприклад викладача - розроблювача тестів, може дати позитивний ефект. Але значно кращих результатів можна домогтися, якщо до проведення експертизи залучити трохи експертів. При цьому кількість експертів не регламентується, але при збільшенні числа експертів статистична передбачуваність призначуваних індексів складності підвищується. Якщо ж за-

лучається тільки один експерт, то процедури підвищення точності, засновані на статистичній обробці експертних оцінок, повинні бути опущені.

Участь в експертному оцінюванні декількох експертів ставить перед необхідністю правильно організувати їхню одночасну участь в оцінюванні того самого комплексу прототипів тестових завдань. При цьому можливо як групова участь в обговоренні проблеми, так і індивідуальна робота експертів. Перший варіант у більшій мері застосуємо при експертизі тестових завдань для дисциплін, які читаються відразу декількома викладачі однієї або рідше двох-трьох суміжних кафедр. Це пов'язане з тим, що кращими експертами є саме викладачі, добре знайомі зі змістом навчальної дисципліни, що одержали попередній досвід оцінювання відповідей студентів під час контролю знань раніше вже проведеного традиційними методами й відомості, що мають, про те, наскільки проєктовані завдання можуть бути для них складними. Подання про рівень складності завдань для експертів не обов'язково повинне бути однорідним, тому що для нормованих індексів складності експертиза передбачає проставлення відносних мір, які потім перераховуються в абсолютні величини й передбачені процедури перевірки погодженості думок експертів.

Групова форма організації експертизи, як правило, можлива для оцінювання тестових завдань по загальноосвітніх і загальтехнічних дисциплінах, тому що саме по цих дисциплінах в основному можна підібрати як експертів достатня кількість викладачів, що мають досвід викладання однієї й тієї ж дисципліни. Наприклад, її часто можна використати для експертного оцінювання тестових завдань по таких дисциплінах, як «Фізика», «Математика», «Нарисна геометрія», «Інженерна механіка» і іншим, що читають для студентів цілого ряду родинних спеціальностей. І рідше для більшості спеціальних дисциплін, які викладаються випускаючими кафедрами для обмеженого числа «своїх» студентів. Так як кількість викладачів провідні заняття зі студентами прямо залежить від чисельного состава студентських груп, то в організації вивчення таких дисциплін на випускаючих кафедрах, як правило,

здіяний тільки один лектор - провідний професор або доцент, якому в проведенні інших видів занять можуть допомагати трохи (звичайно один, два) менш кваліфікованих асистенти.

Для залучення достатнього для об'єктивного оцінювання й статистично обґрунтованої кількості експертів не кращим, але можливим підходом буде участь в експертизі не тільки викладачів, що ведуть заняття по дисципліні, але й методистів, а для професійно орієнтованих спеціальностей і висококваліфікованих практичних працівників із числа інженерних кадрів машинобудівних підприємств. Припустимим варіантом може бути й залучення студентів, що прослухали курс у цілому. У цьому випадку, думка практиків і викладачів більшою мірою вкаже на значимість змісту рецензуємої теми стосовно інших тем дисципліни, а висловлення студентів будуть адекватніше відображати щирі складності для вивчення цієї теми, по якій передбачається проводити контроль. Для підвищення об'єктивності кількість практичних працівників, викладачів і студентів, що беруть участь в експертизі, повинне бути приблизно однаковим. Додатковою умовою повинен бути відмова від використання абсолютних оцінок складності, тому що це дозволить виключити невинуваті завищення студентами прогнозованої складності завдань.

Експертизу можна проводити стосовно тільки до однієї теми, по якій передбачається виконувати тестування знань студентів. Однак вірніше оцінювати відразу всі теми, що підлягають контролю, порівнюючи їх між собою. У цьому випадку буде забезпечена порівнянність результатів, отриманих при тестуванні із всіх питань дисципліни. Крім того, якщо тестування знань планується виконувати по декількох дисциплінах спеціальності й потім порівнювати результати перевірки знань між собою, то рекомендується аналогічну експертизу проводити відразу по декількох дисциплінах - на першому етапі порівнюючи дисципліни й проставляючи кількісні характеристики значимості дисциплін, а на другому розподіляючи отримані узагальнені оцінки між окремими темами дисциплін.

Слід також зазначити, що при всіх перевагах групової роботи експертів, коли вони мають можливість обмінятися думками, оперативно розглянути аргументацію, висловлювану всіма експертами в ході обговорення й всебічно проаналізувати всі спірні питання по обговорюваній проблемі, цій формі експертного оцінювання властиві й досить істотні недоліки. Суперечливість ролі групового обміну інформацією в процесі експертного оцінювання пов'язана з тим, що не виключено небезпеку втрати творчої незалежності ухвалення рішення експертом, домінування думки більше досвідчених, авторитетних або що мають більш високе наукове звання колег по експертній роботі. Незважаючи на те, що «домінанта авторитету» є відомою проблемою в теорії експертного оцінювання й існує цілий ряд методичних і організаційних прийомів її зм'якшення дозвіл цього протиріччя при експертному оцінюванні складності прототипів тестових завдань повною мірою неможливо.

Іншим варіантом організації експертизи є індивідуальна й незалежна робота кожного з експертів, що приймають участь в оцінюванні рівня складності прототипів тестових завдань. Основним недоліком цього способу є високий ступінь суб'єктивності окремих оцінок, що проставляють експертами, що мають обмежений доступ до інформації. Однак цей недолік не носить принциповий характер і значною мірою може бути компенсований застосуванням відповідних процедур статистичного аналізу результатів експертизи.

Використання комп'ютерних і мережних технологій, які властиві дистанційній формі навчання, дозволяють істотно розширити область раціонального проведення індивідуальної експертизи й у цілому можливості застосування експертного оцінювання для встановлення складності тестових завдань.

У комп'ютеризованому середовищі дистанційного навчання відкривається доступ до мережних ресурсів для проектувальників тестових завдань фізично перебувають у будь-якій географічному місці України й миру. Завдяки засобам телекомунікаційного зв'язку, які на технічному рівні забезпечують створення розосереджених робочих місць розроблювачів тестів, є мо-

жливість залучити до участі в експертизі прототипів тестових завдань не тільки викладачів однієї кафедри або вузу, але й будь-яких інших вузів, де навчаються студенти родинних спеціальностей. Звідси, об'їданням зусиль різних кафедр, наприклад, на компенсаційній основі, можна одержати експертні оцінки необхідного для прийняття статистично обґрунтованих рішень числа викладачів, що читають одну й тугіше дисципліну, але в різних навчальних закладах. При цьому стає не обов'язковою одночасна робота декількох викладачів у режимі реального часу, тому що кожний з викладачів-учасників експертизи може встановити бажаний тільки для себе режим участі в загальному аналізі. Оцінки рівня складності, виставлені таким вилученим експертом, надходять в інтегровану базу оцінок, і після нагромадження статистичних даних достатніх для прийняття рішень математично обробляються й перевіряються на вірогідність.

При експертному призначенні мір складності прототипів тестових завдань оцінювання краще виконувати не в абсолютних, а у відносних одиницях і кожному з експертів проставляти числові характеристики складності завдань, порівнюючи розглянуте завдання з іншими. Оскільки в дисциплінах інженерної спрямованості бази тестових завдань, на основі яких складаються тести, для кожного з видів контролю (не тільки підсумкового, але часто й інших, наприклад, вхідного або поточного), містять кілька десятків і навіть сотень завдань виникають труднощі психологічного характеру, обумовлені необхідністю одночасного сприйняття експертами безлічі порівнюваних об'єктів. Тому для ранжирування й бального вираження рівня складності великої кількості об'єктів експертного оцінювання, коли складно витримає загальну стратегію й установити для кожного із завдань порівнянну числову міру, пропонується визначати індекси складності тестових завдань за допомогою попарних порівнянь, методика яких добре розроблена й широко застосовується, наприклад, у завданнях керування [33].

При проведенні попарних порівнянь послідовно зіставляються ступені складності кожного прототипу тестового завдання з кожним і результати

оформляються у вигляді таблиці 1.2. У ній елементи першого стовпця містять перелік прототипів завдань записаний у прямої послідовності, а в шапці таблиці ці ж елементи перераховані у зворотному порядку. Зроблено це, щоб виключити вплив психологічних факторів, коли при великій кількості порівнюваних прототипів увага експерта притупляється й більше складним може бути зазначено не те завдання, що дійсно складніше, а записане в переліку порівнюваних пар першим або, що перебуває в таблиці попарних порівнянь вище порівнюваного. У ряді випадків, для підвищення об'єктивності висловлень експерта доцільно запропонувати йому провести повторне порівняння, але в цьому випадку шапка таблиці й елементи, що перераховують під нею, повинні записуватися в прямій послідовності (протилежної спочатку прийнятої в табл. 1.2)

Таблиця 1.2 - Попарні порівняння

	Тестове завдання N	...	Тестове завдання 3	Тестове завдання 2	Тестове завдання 1
Тестове завдання 1	$\frac{V_1}{V_N}$...	$\frac{V_1}{V_3}$	$\frac{V_1}{V_2}$	-
Тестове завдання 2	$\frac{V_2}{V_N}$...	$\frac{V_2}{V_3}$	-	$\frac{V_2}{V_1}$
Тестове завдання 3	$\frac{V_3}{V_N}$...	-	$\frac{V_3}{V_2}$	$\frac{V_3}{V_1}$
...
Тестове завдання N	-	...	$\frac{V_N}{V_3}$	$\frac{V_N}{V_2}$	$\frac{V_N}{V_1}$

Якщо під час порівняння, на думку експерта, аналізоване тестове завдання більш складно, ніж завдання, якому воно протиставляється, то йому привласнюється відносна міра $V_i = 1$. Якщо аналізоване завдання менш складно, то привласнюється міра $V_i = 0$. У випадку рівної складності тестових завдань приймається $V_i = 0,5$, тобто

$$V_i = \begin{cases} 1, & \text{при } Q_i > Q_j \\ 0,5, & \text{при } Q_i = Q_j, \\ 0, & \text{при } Q_i < Q_j \end{cases},$$

де Q_i, Q_j - рівень складності порівнюваних тестових завдань.

Потім аналізоване тестове завдання зіставляється із черговим завданням тесту й для нього визначається ще одне значення відносної міри. Порівняння виконується доти, поки аналізоване завдання не буде зіставлено з усіма завданнями тесту і йому не призначать відповідний масив значень V_i , що стане відбивати ступінь складності тестового завдання, стосовно всіх інших завдань тесту. За результатами порівнянь розраховується ранг тестового завдання R_i , як сума значень V_i .

$$R_i = \sum V_i.$$

Тестовому завданню, що одержало найвищу оцінку складності (що має найвищий ранг), привласнюється максимальне в прийнятій шкалі оцінювання складності тестових завдань значення індексу складності, наприклад, $Q_{\max} = 100$.

Для інших завдань тесту значення індексів складності призначається пропорційно рангу

$$\left. \begin{array}{l} Q_{\max} - R_{\max} \\ Q_i - R_i \end{array} \right\} \Rightarrow Q_i = \frac{R_i \cdot Q_{\max}}{R_{\max}},$$

або при $Q_{\max} = 100$

$$Q_i = \frac{R_i \cdot 100}{R_{\max}}.$$

Якщо в експертизі бере участь кілька експертів, то кожний з них виконує аналогічне оцінювання, результатом якого є набір індексів складності, установлений по всіх завданнях тесту.

Відповідно до праці [33] експертне оцінювання повинне проводитися за викладеною вище методикою для всіх прототипів завдань теми й для кожного з них установлюватися масив значень V_i , ранги R_i і індекси складності Q_i . Однак при експертизі тестових завдань час на попарне порівняння кожного завдання експоненціально росте зі збільшенням їхньої кількості в тесті, що для дисциплін інженерних спеціальностей часто стає неприпустимо великим. Так, при проведенні комп'ютеризованої експертизи попарне зіставлення завдань за рівнем складності, прийняття рішення та введення ухваленого рішення (щигликом мишки на відповідну керуючу кнопку) оцінювання 18 тестових завдань для вхідного контролю по дисципліні «Експлуатація й обслуговування машин» займає в середньому 30 хвилин. А при розробці тестового тематичного контролю в цій же дисципліні експертиза 80 питань стає вже нераціональною, тому що експертів - викладачів потрібно на її проведення затратити близько 6 годин.

У зв'язку з неприпустимими витратами часу на проведення експертиз тестів у методиці попарного порівняння варто внести спрощення для того, щоб уможливити її реалізацію в дисциплінах з більшим обсягом контролюваного матеріалу. Для цього пропонується виконувати порівняння за алгоритмом, що розширюється:

$$a_i \Leftrightarrow a_j \text{ при } i \in 1..n, j = i + k, k = 1, 2, ..m.$$

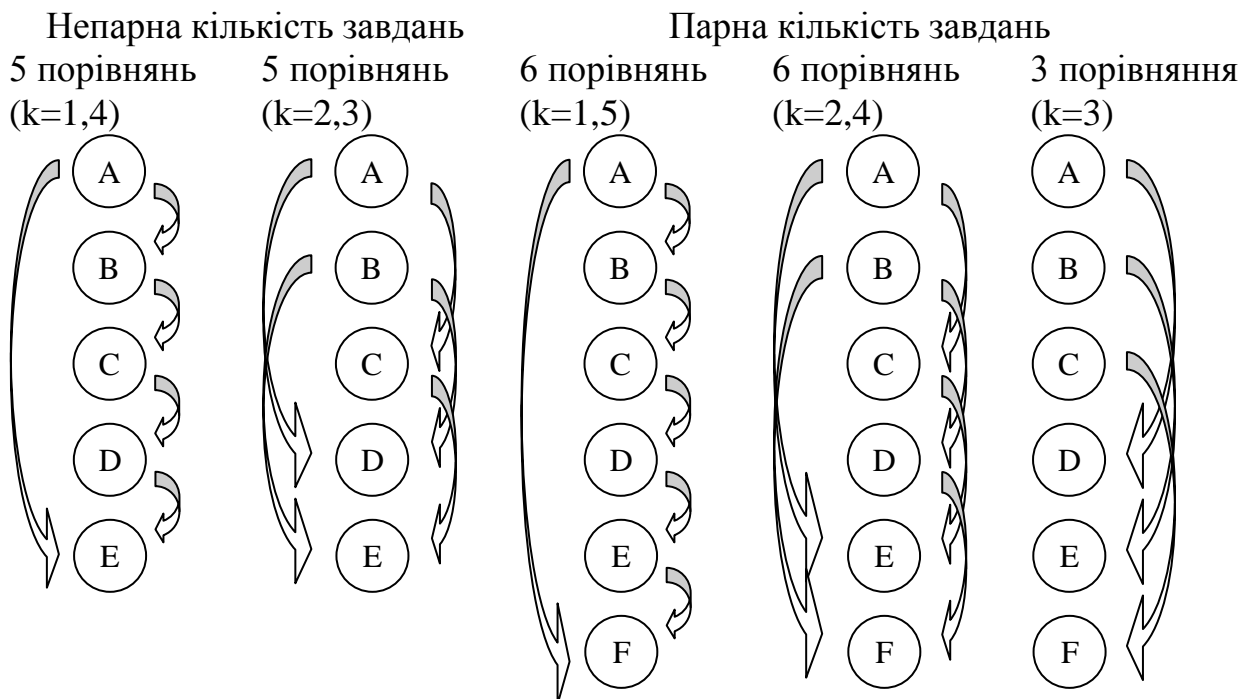
Відповідно до цього алгоритму зіставляється складність завдань не монотонно кожний з кожним, а з певним кроком. Крок вибирається таким чином, щоб при порівнянні можна було б виділити кілька повних циклів. Для цього розробляється схема порівнянь, у якій спочатку вказуються сусідні завдання, потім через одне, два завдання й т.д., поки не будуть враховані всі завдання. Таким чином, у схемі порівнянь будуть додані всі варіанти, і складений план включить порівняння кожного завдання з кожним як показано в табл. 1.3).

Таблиця 1.3 - Схема порівняння шести тестових завдань (A-F)

Ітерація 1	Ітерація 2	Ітерація 3	Ітерація 4	Ітерація 5
$A \Leftrightarrow B$	$A \Leftrightarrow C$	$A \Leftrightarrow D$	$A \Leftrightarrow E$	$A \Leftrightarrow F$
$B \Leftrightarrow C$	$B \Leftrightarrow D$	$B \Leftrightarrow E$	$B \Leftrightarrow F$	
$C \Leftrightarrow D$	$C \Leftrightarrow D$	$C \Leftrightarrow F$		
$D \Leftrightarrow E$	$D \Leftrightarrow F$			

Потім у схему порівнянь вносяться зміни, щоб створити повні цикли з однаковим числом елементів, що зіставляються. При цьому пари порівняння з найменшим кроком поєднуються з парами порівняння з найбільшим кроком. Якщо в робочій базі перебуває непарна кількість прототипів завдань, то в результаті таких змін можна задати закінчене число повних циклів з однаковою кількістю пар порівнянь. У схемі з непарною кількістю завдань на додаток до повних циклів створюється один неповний з кількістю пар порівнянь у два рази меншою, ніж у повному (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 - Цикли порівнянь непарної (A-E) і парної кількості тестових завдань (A-F)



Наявність у схемі декількох циклів з однаковою кількістю пар порівнянь дозволяє проводити експертизу в спрощеному виді для того, щоб у те-

стах з більшою кількістю прототипів тестових завдань можна було б обмежитися оцінюванням не всіх (кожне з кожним) завдань, а тільки тих з них, які становлять один, два й далі до всіх повних циклів. Природно, що зі зменшенням кількості порівнянь знижується статистична точність експертизи й при необхідності її можна підвищити, провівши експертизу в повному обсязі. Однак у багатьох випадках проведення експертизи за вкороченою схемою є єдиним способом спрогнозувати труднощі прототипів тестових завдань для дисциплін інженерного профілю з більшим обсягом контрольованого навчального матеріалу. На рис. 1.3 показане діалогове вікно модуля комп'ютеризованої експертизи, що входить до складу клієнтської частини програми SSUquestionnaire [45]. Модуль забезпечує вилучений доступ експертів до бази прототипів тестових завдань і проведення розподіленої мережної експертизи. З його допомогою можна проводити попарне порівняння прототипів завдань у повному обсязі або проводити експертизу за спрощеною схемою. Керуюча кнопка «Зберегти й вийти» дозволяє припинити експертизу й передати результати експертного оцінювання для подальшого аналізу. При цьому якщо навіть кнопка буде натиснута не наприкінці повного циклу, а на будь-якому етапі порівнянь результати всіх виконаних зіставлень однаково надійдуть в узагальнену базу оцінок.

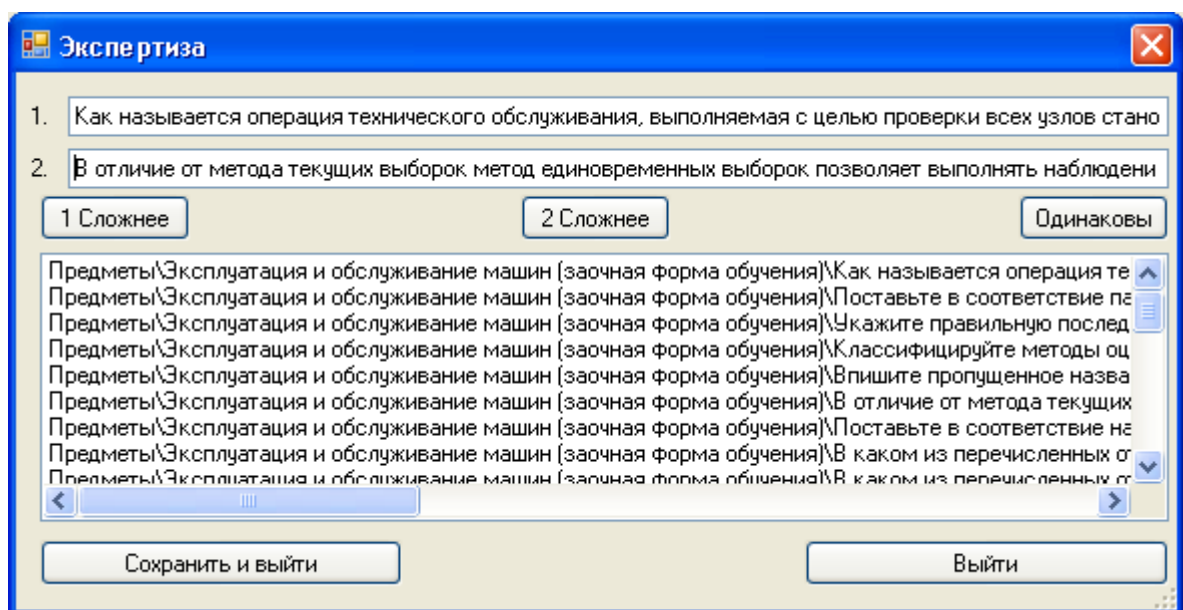


Рисунок 1.3 - Діалогове вікно модуля комп'ютеризованої експертизи

Завдяки мережній організації модуля з доступом до загальної бази через локальну мережу й Інтернет з'являється можливість залучення більшого числа експертів, із числа викладачів працюючих у різних вузах України. Як наслідок, можна збільшити обсяг статистичної вибірки даних ними оцінок складності, наприклад, у випадку якщо це необхідно при роботі всіх або частини експертів за вкороченою схемою.

Для підтвердження можливості наступного узагальнення порівняльних оцінок складності тестових завдань перевіряється статистична однорідність і відтворюваність експертних оцінок.

Однорідність оцінок контролюється за величиною коефіцієнта конкордації Кендала, який для експертизи за участю трьох і більше експертів має вигляд [33, 39]:

$$W_c = \frac{12}{m_{\text{э}}^2 (n_z^3 - n_z)} \cdot \sum_{j=1}^{n_z} \left(\sum_{i=1}^{m_{\text{э}}} Q_{i,j} - \frac{m_{\text{э}} (n_z + 1)}{2} \right)^2,$$

де n - кількість оцінюваних прототипів тестових завдань; $m_{\text{э}}$ - кількість експертів, $Q_{i,j}$ - оцінка складності j -го завдання, призначена i -ым експертом.

А при наявності зв'язувань (однакових оцінок) [39]:

$$W_c = \frac{1}{\frac{1}{12} m_{\text{э}}^2 (n_z^3 - n_z) - m_{\text{э}} \sum_{j=1}^{m_{\text{э}}} \left(\frac{\sum_{i=1}^{L_{c_i}} (n_{c_i}^3 - n_{c_i})}{12} \right)} \cdot \sum_{j=1}^{n_z} \left(\sum_{i=1}^{m_{\text{э}}} Q_{i,j} - \frac{m_{\text{э}} (n_{c_i} + 1)}{2} \right)^2,$$

де L_{c_i} - кількість зв'язувань; n_{c_i} - кількість однакових оцінок в i -му зв'язуванні для j -го експерта.

Якщо розраховане значення коефіцієнта конкордації W_C більше критичного W_K , то вважається, що думки експертів погоджені і їхні оцінки можуть використатися для прогнозування величини індексів складності.

Погоджені оцінки експертів приводяться до узагальнених даних про складності прототипів тестових завдань. Для цього:

- розраховуються усереднені значення індексів складності $Q_{cp,j}$:

$$Q_{cp,j} = \frac{\sum_{i=1}^{m_{\varepsilon}} Q_{i,j}}{m_{\varepsilon}},$$

де $Q_{i,j}$ – індекс складності j -го прототипу завдання, розраховані по оцінках i -го експерта;

- визначаються довірчі інтервали для експертних оцінок:

$$v_j = t_{\varphi} \frac{S_j}{\sqrt{m_{\varepsilon}}}, \quad Q_j^B = Q_{cp,j} + v_j, \quad Q_j^H = Q_{cp,j} - v_j,$$

$$S_{\varepsilon j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m_{\varepsilon}} (Q_{i,j} - Q_{cp,j})^2}{m_{\varepsilon} - 1}},$$

де v_j – довірчий інтервал; t_{φ} – довірна ймовірність; $S_{\varepsilon j}$ – середньоквадратичне відхилення оцінок експертів; Q_j^B (Q_j^H) – верхня (нижня) довірна границя індексів складності.

У випадку, коли розрахункове значення довірчої границі (Q_j^H) не перевищує 0 ($Q_j^H \leq 0$), приймається рішення або про виключення прототипу тестового завдання зі списку завдань (якщо кількість завдань перевищує мінімально припустимий розмір вибірки) або про присвоєння цьому завданню мінімального зі значимих індексів складності.

Для перевірки відтворюваності експертних оцінок обчислюється розрахункове значення критерію Кохрена

$$G = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{j=1}^{n_z} S_j^2},$$

де S_{\max}^2 - максимальна з дисперсій відтворюваності S_j^2 .

Якщо розрахункове значення критерію Кохрена більше критеріального, то вважають, що дисперсії відтворюваності однорідні й результати експертизи відтворені. У протилежному випадку посилюють вимоги до умов проведення експертизи й неї проводять повторно.

1.3.4.2 Коректувальний розрахунок

Коректування індексів складності виконується за результатами проведеного тестування. При цьому розраховується середня оцінка B_{cp} (середнє число балів для прийнятої шкали оцінювання), отримана всіма студентами, що беруть участь у тестуванні, по j -му ($B_{cp,j}$) і по всіх тестових завданнях ($B_{i,j}$).

$$B_{cp,j} = \frac{\sum_{i=1}^{m_{c_j}} B_{i,j}}{m_{c_j}}, \quad B_{cp} = \frac{\sum_{j=1}^{n_z} B_{cp,j}}{n},$$

де m_{c_j} - кількість студентів, що виконували j -і тестове завдання

Обчислене значення приймається як середня міра складності тестових завдань. Ця міра використовується для обчислення відносних характеристик складності за результатами виконання студентами кожного з тестових завдань

$$Q_{i,j}^o = \frac{B_{cp}}{B_{i,j}}.$$

Тестовому завданню, що одержало максимальну відносну міру складності Q_{max}^o , привласнюється максимальне в прийнятій шкалі оцінювання значення індексу складності, наприклад $Q_{max} = 100$. Індекси складності інших тестових завдань тесту призначаються пропорційно їхнім відносним характеристикам складності

$$Q_{i,j} = \begin{cases} Q_{max} & \text{при } B_{i,j}=0 \\ \frac{Q_{i,j}^o \cdot Q_{max}}{Q_{max}^o} & \text{при } B_{i,j} > 0 \end{cases},$$

або

$$Q_{i,j} = \begin{cases} Q_{max} & \text{при } B_{i,j}=0 \\ \frac{B_{i,max} \cdot Q_{max}}{B_{i,j}} & \text{при } B_{i,j} > 0 \end{cases}.$$

При стобальній шкалі ($Q_{max} = 100$) розрахунок виконується по формулі

$$Q_{i,j} = \begin{cases} Q_{max} & \text{при } B_{i,j}=0 \\ \frac{B_{i,max} \cdot 100}{B_{i,j}} & \text{при } B_{i,j} > 0 \end{cases}.$$

Крім розрахункового значення індексу складності Q , визначаються його довірчі границі, у межах яких можливе корегування встановлених індексів складності

$$Q_j^B = Q_{cp,j} + v_j, \quad Q_j^H = Q_{cp,j} - v_j, \quad v_j = t_\phi \frac{S_{q_i}}{\sqrt{m_{c_j}}};$$

$$Q_{cp,j} = \frac{\sum_{i=1}^{m_{c_j}} Q_{i,j}}{m_{c_j}}, \quad S_{q_i} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m_{c_j}} (Q_{i,j} - Q_{cp,j})^2}{m_{c_j} - 1}}.$$

Запропонована методика може бути рекомендована як для прогнозування чисельних значень індексів складності на стадії проектування тестів (проектувальний розрахунок), так і для їхнього коректування з обліком фактично отриманих результатів контролю (коректувальний розрахунок). Її застосування особливо ефективно у випадку, коли для призначення індексів складності недостатньо особистого досвіду проектувальника завдань, а необгрунтоване встановлення значень індексів складності не забезпечує необхідну вірогідність результатів контролю знань.

1.3.5 Включення тестових завдань у загальну систему тестування

Тестові завдання, спроектовані для контролю знань матеріалу конкретної навчальної дисципліни, хоча й розробляються виходячи із загальних для всіх завдань цілей обраного виду контролю, проте, створюються кожне окремо й тому їхнє об'єднання в загальний тест не завжди очевидно. Більш того, у більшості розроблених і застосовуваних у цей час методик тестового контролю знань передбачене проектування надлишкової кількості завдань для того, щоб мати можливість формувати різні варіанти того самого тесту. При цьому з бази тестових завдань, сформованої для проведення підсумкового контролю, завдання можуть бути відібрані для кожного із проміжних контролів, проведених протягом семестру. І, навпаки, комплекти тестових завдань для контролю окремих тим або дисциплін можуть поєднуватися при проектуванні гомогенного або гетерогенного контролю більше високого ієрархічного рівня (наприклад, завдання поточного або рубіжного контролю переносяться в бази тематичного, підсумкового контролю, державного іспиту й т.п.). Зняттю неоднозначності прийняття рішень по включенню окремих завдань у загаль-

ний контролюючий тест не сприяють і рекомендації, пропонувані для розробачів тестів сучасними теоретичними й методичними моделями тестування. У більшості випадків такі рекомендації вузько орієнтовані, призначені для створення тестів для дисциплін певної спрямованості й не є універсальними. Часто вони носять загальний характер, що також не сприяє прийняттю обґрунтованих проектних рішень.

Як результат тести можуть включати інтуїтивно призначене викладачем і нічим іншим необґрунтовану кількість тестових завдань по кожній з контрольованих тем або окремі дисципліні. При цьому, можливо, що будуть не витримані пропорції між змістом тим дисциплін і кількістю складених для їхнього контролю тестових завдань або співвідношення завдань різних труднощів та інше. Оскільки в проектувальника тесту завжди буде власне подання про структуру й зміст контролю й найімовірніше воно не збіжиться з думкою інших викладачів, вимірювальні можливості тестів створених різними викладачами будуть різними й тоді об'єктивний по своїй природі тест не дозволить у тих самих умовах одержати ідентичні результати контролю.

Наприклад, не виключено, що виходячи із власних подань про дисципліну, декількома викладачами будуть спроектовані власні тести для контролю знань того самого навчального матеріалу в різних студентських групах, у яких вони автономно друг від друга проводять тестування. Тоді більше вимогливі викладачі, що пред'являють підвищені вимоги до знання матеріалу, незалежно тому, що вони проводять контроль не у вигляді усної бесіди, а проектують тест, однаково включатимуть у нього більша кількість тестових завдань і вони будуть підвищеної складності. Одночасно із цим, викладачі із заниженими вимогами складуть тест із меншою кількістю й більше простими завданнями. Очевидно, що умови тестування в цьому випадку будуть відрізнятися й студенти, що здавали екзамени з різних тестів, одержать непорівнянні між собою оцінки.

Можливий і інший, більш розповсюджений випадок, коли заняття ведуться з тими самими студентами, але по різних дисциплінах, які читаються

декількома викладачами. Якщо виходити з того, що вимоги до проектування тестів не визначені або не мають чітко виражених критеріїв на вибір кількості й ступеня труднощів завдань, то спроектовані викладачами тести будуть відрізнятися як по кількості й складності окремих тестових завдань, так і складності тесту в цілому. Тоді студенти, по дисципліні контрольованої більше легким тестом одержать свідомо більше високі оцінки, навіть якщо вони знають матеріал цієї дисципліни не краще, ніж дисципліни, контрольовані складним тестом. Тобто проставлені ним оцінки не будуть об'єктивними, незважаючи на те, що отримано при тестуванні.

Щоб підвищити об'єктивність тестового контролю в імітаційній моделі пропонується використати математично обґрунтовані критерії для встановлення кількості тестових завдань і процедури ухвалення рішення по включенню їх у тест. Основою для вибору критеріїв послужила вимога забезпечити порівнянність результатів тестування по різних дисциплінах в умовах, коли тесті створюються незалежними проектувальниками.

1.3.5.1 Розрахунок кількості тестових завдань у тесті

Ранжування тестових завдань за величиною індексів складності дозволяє відповісти на запитання, що неодмінно встає перед розроблювачем тестів - якою повинна бути загальна кількість тестових завдань і наскільки вони повинні бути складними для того, щоб їхнє використання при тестуванні давало б можливість оцінити знання студентів з найбільшою вірогідністю. Необґрунтоване зменшення кількості тестових завдань приводить до того, що оцінка, одержувана студентом за результатами тестування, багато в чому стає випадковою, тому що тестові завдання не охоплюють усього матеріалу теми й той навчальний матеріал, що студент засвоїв у недостатній мері, може виявитися не включеним у тест. Завищення кількості тестових завдань і їхньої складності, з однієї сторони може привести до того, що зайві питання не уточнять оцінку знань, а просто продублюють уже отримані результати. З іншої сто-

рони збільшується час, необхідне студентові для відповіді по тестах, які складаються з великої кількості тестових завдань. Це приводить до стомлюваності студента, його реакція затуплюється і як наслідок він може при відповідях допустити помилки, зв'язані не з незнанням навчального матеріалу, а з неуважністю. Очевидно, що при визначенні найбільш підходящої кількості завдань у контролюючому тесті варто враховувати як кількість, так і складність кожного з тестових завдань, що входять у загальну систему тестування. Виходячи з того, що індекс складності, є чисельною мірою складності тестового завдання, можна вважати, що сума індексів складності всіх завдань, включених у тест, буде відображати сукупну складність тестового контролю.

$$Q_{сов} = \sum_{i=1}^{N_t} \left(\sum_{j=1}^{N_{zt}} Q_{i,j} \right),$$

де N_t - кількість тем; N_{zt} - кількість тестових завдань у темі.

Звідси припустимо зробити висновок, що для визначення раціональної кількості тестових завдань, що включають у тест, необхідно забезпечити пропорційну рівність сукупної складності завдань, що становлять тест по одній контрольованій темі, дисципліні або декільком дисциплін, із загальною складністю групи завдань, що становлять тест для контролю, що відрізняється по труднощам і значимості, іншого навчального матеріалу. Або, у загальному випадку, варто зіставити величину $Q_{сов}$ з деякою характеристикою значущості тестованого навчального матеріалу, що враховує складність матеріалу і його важливість для розуміння змісту дисципліни в цілому. З урахуванням прийнятого допущення кількість тестових завдань n варто вибирати таким чином, щоб виконувалася умова

$$[Q]^h \cdot K_{em} \leq Q_{сов} \leq [Q]^b \cdot K_{em},$$

де $[Q]^B$, $[Q]^H$ – відповідно, верхні й нижня довірчі границі характеристики значимості навчального матеріалу; K_{BT} – коефіцієнт, що враховує вид тесту.

При цьому формування змістовної частини тестових завдань залишається за викладачем і текст питань повинен бути таким, щоб тестувались би найбільш істотні й типові розділи контрольованої теми.

Чисельні значення довірчих границь $[Q]^B$, $[Q]^H$ викладач може призначити виходячи із власного судження про складності теми, її важливості для розуміння дисципліни, а також з урахуванням часу, яке варто виділити для проведення тестового контролю. Однак вірніше буде визначати ці характеристики за результатами експертизи й статистичної обробки отриманих експертних оцінок (див. п.4.3.7).

Щоб урахувати вид контролю й відповідну йому частку складності тесту, виражену коефіцієнтом K_{BT} , можна скористатися величинами, наведеними в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Значення коефіцієнта K_{BT} ,

Вид контролю				
Вхідний	Поточний	Тематичний	Рейтинговий	Підсумковий
0,25	0,5	0,5	0,75	1

Табличні значення не є розрахунковими й відбивають тільки особистий досвід автора і його колег, накопичений при проведенні комп'ютерного тестування знань студентів в інженерному вузі. Наведені значення вимагають уточнення й можуть бути рекомендовані тільки як довідкові. У той же час їхнє застосування, наступне узагальнення й систематизація результатів тестування, а можливо й коректування, дозволить виробити деякі стандартизовані величини, використання яких буде виправдано у випадку, якщо потрібно одержати результати тестування, порівнянні по видах контролю знань.

1.3.5.2 Формування тестів

Установлення критерію сукупної значимості ставить перед необхідністю спроектувати тест таким чином, щоб сума індексів складності тестових завдань була б максимально близька до заданого критерієм детермінованого числового значення. Зробити це простим підбором часто стає неможливим з огляду на те, що кожне з тестових завдань може мати кожне зі значень індексу складності від мінімальних значень прийнятих для найпростіших завдань до максимальних значень заданих найбільш складним з них, а завдання повинні включатися в тест випадковим образом. Тобто виходячи з опису ситуації числові значення індексів складності завдань, що включають у тест, варто вважати випадковими величинами, при підсумовуванні яких потрібно одержати постійну величину.

У зв'язку із цим состав тестових завдань вибирається відповідно до генетичного алгоритму [27] і процес формування тесту розглядається як послідовна зміна популяцій. Перехід від популяції X_0 до X_1 і потім послідовно від X_i до X_{i+1} виробляється шляхом поетапного застосування обраних механізмів репродукції й порівняння якості знову створюваних популяцій із критеріями оптимальності:

$$\begin{array}{ccccccc} & \text{selection} & \text{crossing} & \text{mutation} & \text{survival} & \Psi \in \Psi_0 & \\ \mapsto X_i & \mapsto X_i^s & \mapsto X_i^c & \mapsto X_i^m & \mapsto X_{i+1} & \mapsto Y & \\ & & & & & \downarrow & \\ & & & & & \text{generation } i=i+1 & \downarrow \Psi \notin \Psi_0, \end{array}$$

де selection, crossing, mutation і survival - відповідно оператори відбору, схрещування, мутації й виживання.

Створення нової популяції на початку еволюційного періоду має на увазі формування множини з N векторів

$$x_r^0 = \{Nq_{r,1}, Nq_{r,2} \dots Nq_{r,i} \dots Nq_{r,n}\},$$

кожний з яких формується випадковим образом і відображає геном конкретної особини, що становить вихідну популяцію. Особина популяції x_r^o відображає один з варіантів побудови тесту.

Код кожної особини вихідної популяції формується випадковим образом, але з обліком того, що сумарне число тестових завдань, що входять у тест, повинне бути постійним і не перевищувати попередньо встановленої величини Nq_Σ :

$$Z_{r,i} \in 1, Nq_\Sigma - \sum_{i=1}^{i=n-i} Nq_{r,i} ,$$

$$Nq_{r,i} = Z_{r,i} , 1 \leq Z_i \leq Nq_{\max_i} , Nq_{r,i}, Z_{r,i} - \text{целое } Z = \text{rnd}(X) ,$$

де $Z_{r,i}$ - випадкова величина, що задовольняє заданим умовам; $Nq_{r,i}$ - кількість тестових завдань в i -ої темі; Nq_{\max_i} - максимальна кількість тестових завдань для i -ої теми;

$$Z_{r_i} \in 1, N_\Sigma - \sum_j N_{z_t} ,$$

$$Nq_{r,i} = Z_{r,i} , 1 \leq Z_i \leq Nq_{\max_i} , Nq_{r,i}, Z_{r,i} - \text{целое } , Z = \text{rnd}(X)$$

де Z_t - випадкова величина, що задовольняє заданим умовам; Nz_t - кількість тестових завдань в t -ої темі; Nz_{\max_t} - максимальна кількість тестових завдань для t -ої темі.

У ролі оператора відбору використовується механізм випадкового відбору, заснований на тім, що більше життєздатна особина має найбільшу ймовірність брати участь у формуванні нащадків. Для формування тестів це означає, що чим ближче сумарна складність тестових завдань, що становлять геном особини, до критерію оптимальності цільової функції

$$F_i = [Q] - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{i,j},$$

тим вище ймовірність участі такої особини в створенні потомства.

При цьому варто вважати, що ймовірність утворення потомства повинна бути пропорційної якості відбирає особи, що, і одна особина може брати участь в утворенні декількох батьківських пар:

$$K_i^P = \frac{\sum_{i=1}^N F_i - F_i}{\sum_{i=1}^N F_i}, \quad G_i^L < Z \leq G_i^R,$$

де K_i^P - коефіцієнт, що враховує ймовірність участі особини в схрещуванні; G_i^L , G_i^R - границі інтервалів, що відповідають настанню ймовірності включення особини в парі

$$G_i^L = \sum_{i=1}^h K_i^P, \quad G_i^R = \sum_{i=1}^h K_{i+1}^P, \quad h = 1, 2, \dots, n-1.$$

Суть дії оператора схрещування полягає в тім, що він повинен забезпечити обмін генами між двома особинами, що утворять батьківську пару. Для схрещування використається двухточковий оператор схрещування, відповідно до якого грають дві випадкові цілі величини, значення яких не можуть збігатися й повинні перебувати в інтервалі від 2 до $n-1$. Розіграні випадкові величини ранжують і приймають меншу як перша крапка розриву t_1 , а більшу – як друга крапка розриву t_2 .

Схрещування виконують таким чином, щоб особини обмінювалися генами на ділянках від 1-го гена до гена з координатою t_1 і від гена з координатою

тою t_2 до кінцевого гена, а гени на ділянці від t_1 до t_2 залишалися б незмінними:

$$\begin{cases} x_{i,j}^{c1} = x_{i,j}^1, x_{i,j}^{c2} = x_{i,j}^2, \text{ при } j = t_1 + 1 \dots t_2 + 1 \\ x_{i,j}^{c1} = x_{i,j}^2, x_{i,j}^{c2} = x_{i,j}^1, \text{ при } j = 1 \dots t_1; t_2 \dots n \end{cases}$$

У випадку, якщо в результаті схрещування утворилася нежиттєздатна особина, для якої не виконуються умови

$$Nq_i \leq Nq_{\max_i} \quad \text{і} \quad \sum_{i=1}^n Nq_{r,i} \leq Nq_{\Sigma},$$

можливий один із двох варіантів роботи оператора схрещування.

Перший варіант застосуємо при великій кількості генів у геномах батьківських особин (понад десяти). Його реалізація здійснюється відповідно до описаного механізму - випадковим образом визначаються дві крапки розриву й особини обмінюються генами на початковій і крайній ділянках генома, а гени середньої ділянки не змінюються. При цьому пошук крапок розриву й роботу оператора схрещування повторюють доти, поки породжувані нащадки не стануть життєздатними.

Якщо ж число генів у геномі невелике, то застосовують другий варіант. Відповідно до якого нежиттєздатна особина піддається штучній мутації:

- випадковим образом визначаються крапки розриву;
- виконується обмін генами на початкових ділянках генома;
- перевіряється виконання умови

$$Nq_{\Sigma} - \sum_{i=1}^n Nq_{r,i} = 0 ;$$

- якщо умова не виконується й отримана різниця позитивна, то кількість тестових завдань по останній темі тесту збільшується до рівня, що забезпечує дотримання даної умови;

- якщо умова не виконується й отримана різниця негативна, то кількість тестових завдань по останній темі тесту, зменшується доти, поки умова не стане дотримуватися або ж останній темі буде відповідати тільки одне тестове завдання. В останньому випадку виконується коректування тестових завдань інших тим, для яких відповідно до дії оператора схрещування, планувалося змінити кількість тестових завдань. Коректування планів здійснюється у зворотному порядку - від кінцевої теми тесту до першої.

У загальному випадку оператор мутації служить для моделювання природного процесу мутації, покликаний розширити аналізований генофонд і тим самим перешкоджати багаторазовому повторенню поколінь із геномоподібними особинами (зацикленню завдання).

Імовірність застосування оператора мутації перевіряється за умови

$$P_{mut} > Z ;$$

де P_{mut} - імовірність мутації, $P_{mut} = 0,001 \dots 0,01$; Z - випадкова величина.

В операторі мутації, так само як і в двохточковому операторі схрещування, випадковим образом визначаються дві крапки розриву вектора X_i , а потім виконується обмін між двома генами с координатами t_1 і t_2 . У випадку спрацьовування оператора мутації виконується зміна генома особини відповідно до правила:

$$\begin{cases} x_{i,t_1}^m = x_{i,t_2} \\ x_{i,t_2}^m = x_{i,t_1} \\ x_{i,j}^m = x_{i,j}, \text{ при } j \neq t_1, t_2 \end{cases} .$$

Послідовне застосування операторів відбору, схрещування й мутації приводить до створення нових особин, які разом з особинами вихідної популяції становлять нову, розширену популяцію, що складається із удвічі більшого числа особин. У зв'язку із цим виконується відбір найбільш сильних особин, а загальна чисельність нової популяції доводить до спочатку встановленого рівня шляхом знищення слабких особин. При цьому працює оператор виживання, в основі якого лежить механізм визначення якості особини по показниках критерію оптимальності. Особини найгіршої якості виключаються з популяції.

Роботою оператора виживання закінчується репродуктивний цикл і у випадку, якщо рішення не отримане, то він повторюється стосовно нової популяції відповідно до встановленого генетичного алгоритму. Таке циклічне виконання операторів повторюють доти, поки не буде досягнутий оптимум цільової функції ($F=0$) або ж не пройде встановлений еволюційний період (число змін поколінь досягне встановленого рівня $N_{\text{ц}}$).

1.3.6 Нечітка логіка при тестовому контролі знань

У ході традиційно організованого іспиту, коли ролі викладача й студента розподілені відповідно до завдань усного контролю, викладач задає питання на виявлення рівня володіння студентом контрольованим навчальним матеріалом, студент осмислює питання й відповідає на них виходячи зі знань і вмінь, придбаних їм під час вивчення навчального матеріалу. Потім, за результатами таких висловлень викладач виносить своє судження про успішність відповідей студента на дане питання й, по сукупності всіх відповідей, про його загальну успішність по предметі. При цьому, оцінюючи знання студента, викладач, як правило, ураховує не тільки формальну правильність відповідей на поставлені питання, але й те, як вони були дані, наскільки студент був упевнений у відповіді, або, навпаки, чи не було в ньому ознак непевності, які можуть свідчити про нестабільність знань. Одночасно й студент, завдяки

міжособистісному контакту, може усвідомлено або мимоволі сформулювати свою відповідь так, що передасть у ньому викладачеві інформацію, виходячи з якої, той зможе простежити причини зовні невдалої відповіді. І такий сумнів, виражений у відповіді, надасть у розпорядження досвідченого викладача ще один інформаційний канал, що дозволяє правильно оцінити рівень фактичних знань студента.

На відміну від усного, при тестовому контролі знань, як правило, потрібно дати однозначна відповідь на задане питання, вибравши один з можливих варіантів відповіді або сформулювавши з обмеженого набору слів, букв, цифр або графічних символів власний варіант відповіді. У кожному разі студент повинен на основі наявних у нього знань створити таке формулювання відповіді, що містила б висновок про істинність судження, що виносить, у термінах строгої логіки, не маючи можливості висловити сумнів, або вказати наскільки його відповідь може відрізнятись від істини. Однак класично організований тестовий контроль, у силу відчуженості від особистості викладача, не дозволяє в такій ситуації безпосередньо використати досвід викладача для виявлення дійсних знань студентів.

У зв'язку із цим у розробленій імітаційній моделі тестового контролю пропонується для комп'ютеризованого контролю знань використати експертну систему (рис. 1.5), засновану на апараті нечіткої логіки [6]. Така система дасть студентові можливість оперувати не тільки класичними значеннями логічних змінних «неправда» і «істина», але й уживати їхні проміжні значення, що плавно переходять від одного крайнього значення («неправда») до іншого крайнього значення («істина»).

Для визначення приналежності оцінки знань студента й висловлюваного їм судження до нечітких логічних підмножин пропонується використати функції приналежності у вигляді кусочно-безперервних функцій, що мають початковий і кінцевий ділянки з нульовими рівнями вірогідності й проміжні ділянки, що відповідають переходу до одиничного (максимальному) рівню вірогідності (рис. 1.6). Такі проміжні ділянки описуються теоретичними кри-

вими нормального розподілу або апроксимуються кривими 1-го або 2-го порядку.

Аналогічними кривими можуть бути описані й ділянки, що характеризують приналежність оцінки знань або висловлень студента до граничних значень логічної змінної. (У цьому випадку функція приналежності має нульові або одиничний початкові ділянки й, відповідно, одиничний або нульовий кінцеві ділянки). Очевидно, що залежно від конкретних умов тестування функції приналежності можуть бути побудовані викладачем як для кожного тестового завдання окремо, так і для групи тестових завдань, призначеної для виявлення знань по однієї, декількох темах або дисципліні в цілому. Наявність зв'язаних між собою нечітких логічних безлічей дозволяє робити відповідні їм нечіткі твердження типу «якщо ... то ...». Наприклад, для чіткої логіки можливі тільки два крайніх твердження «якщо відповідь студента не збігається з еталонною відповіддю, то знання студента можуть бути оцінені як незадовільні». Або, інший крайній ступінь твердження, «якщо студентська й еталонна відповіді збігаються, то студент має необхідні знання». Крім зазначених граничних тверджень для нечіткої логіки допускається й будь-яке інше проміжне твердження, що зв'язує між собою певний ступінь точності відповіді й відповідну їй оцінку знань. Для узгодження елементів підмножини постулюючої і констатуючої частин твердження може бути використана функція керування, побудована на базі методу correlation - product encoding або методу correlation - min encoding. У цей час немає яких-небудь доказів, що підтверджують перевагу застосування одного із цих методів при програмному контролі знань, однак, у силу ряду причин, для тестового контролю знань студентів інженерних спеціальностей, автором використовується метод correlation - product encoding, що підтвердив свою високу ефективність.

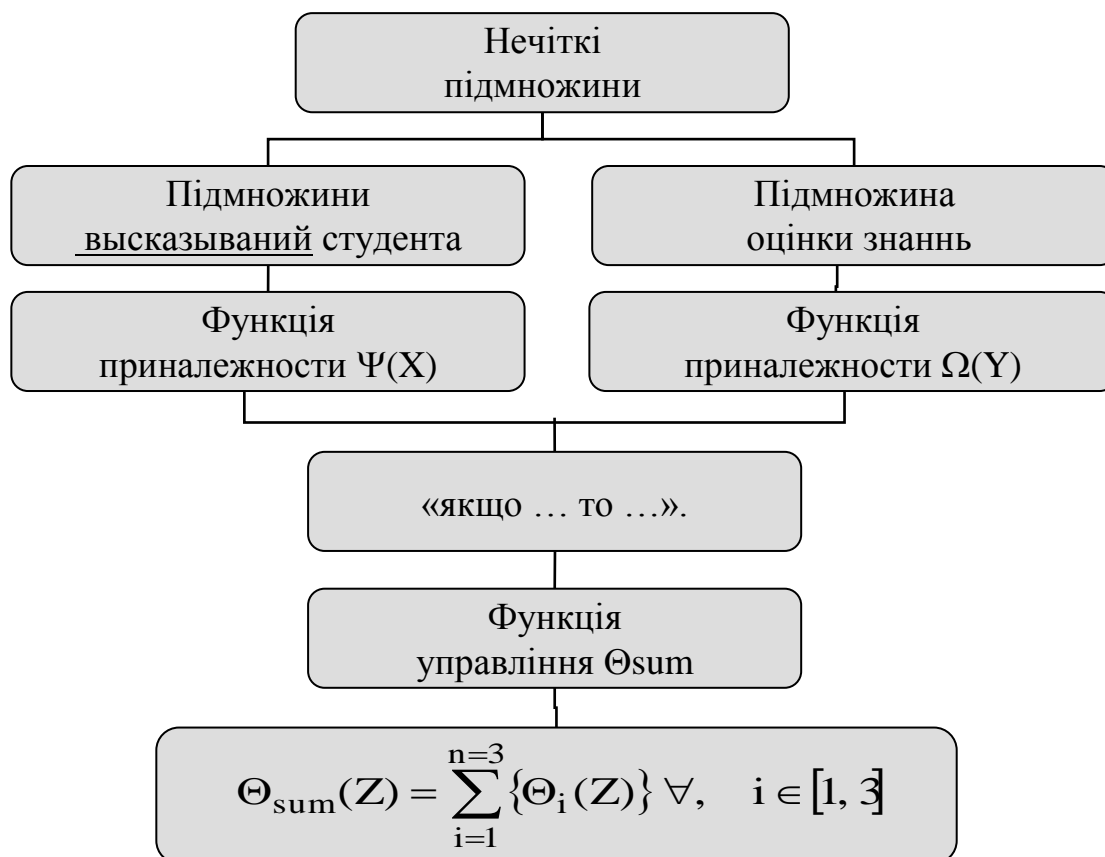


Рисунок 1.5 - Блок схема апарата нечіткої логіки

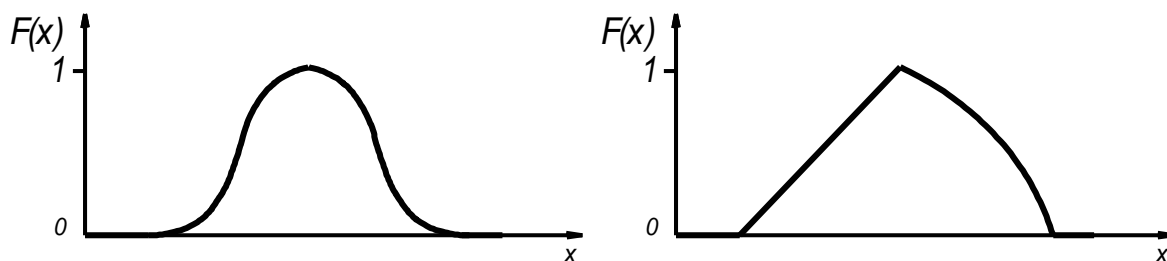


Рисунок 1.6 - Апроксимуючі криві

Для одержання узагальненого результату по нечітких безлічах у постулюючої ((X) і в що констатує ((Y) частинах логічного виводу може бути використаний метод Sum combination. При цьому суперпозиція функцій приналежностей нечітких безлічей визначається як

$$\Theta_{\text{sum}}(Z) = \sum_{i=1}^{n=3} \{\Theta_i(Z)\} \forall, \quad i \in [1, 3],$$

де ((Z) - відповідно ((X) або ((Y)

Частковим підтвердженням досягнення узагальнюючого результату є відмова від суперпозиції функцій належностей і їхнє незалежне використання для визначення вірогідності логічних тверджень. Такий підхід звичайно використовується при роботі з функціями належності, що відповідають постулюючій частини тверджень.

Наявність експертної системи із заданими функціями належності та керування дозволяє на основі нечітких логічних тверджень оцінити знання студентів таким чином, щоб підсумкова оцінка знань допускала для студента можливість дати відповідь із певним ступенем упевненості у своїй правоті, а для викладача одержати більше достовірну оцінку його знань. При цьому для перетворення нечіткої безлічі в єдине рішення, прийняте на основі нечітких логічних тверджень, варто використати центр ваги функції приналежності нечіткої безлічі із частини, що констатує, твердження. Якщо буде потреба таке рішення, отримане по окремому тестовому завданню, може бути убудоване в загальну систему оцінки знань по предметі введенням індексів складності, що враховують складність і типовість кожного з тестових завдань, що входять у загальну систему оцінювання.

1.3.7 Багаторівневий тестовий контроль

Тестовий контроль знань, як частина сучасних і бурхливо, що розвиваються напрямків, що навчають технологій значною мірою підвищує об'єктивність оцінок. Не торкаючись проблеми, що ж конкретно оцінює тест або еквівалентна йому традиційна перевірка знань із залученням викладача - контролера, відзначимо, що сам факт усунення людини, носія суб'єктивності, із

процесу контролю повинен позитивно позначитися на підвищенні об'єктивності результатів при оцінюванні знань студента, що тестується.

Зворотною стороною того, що особистість викладача відчужується від оцінювання знань, є деяка прямолінійність висновків, які робляться за результатами контролю. При цьому неможливо врахувати в підсумковій оцінці всі нюанси, добре відомі викладачам-практикам, які дозволяють за зовні непривабливою й неточною відповіддю виявити (за рахунок додаткової бесіди, що уточнюють, навідних запитань та інше) те, що студент може знати, але у силу тимчасових причин не зміг аргументовано відповісти.

Для зм'якшення цього недоліку пропонується імітаційну модель тестового контролю доповнити багаторівневим статистичним контролем знань. На рис. 1.6 наведена блок-схема дворівневого тестового контролю, як варіант найбільш прийнятний у силу щодо простоти реалізації. При необхідності підвищити вірогідність результатів контролю, виконаного по дворівневій процедурі, методику його проведення можна поширити на багаторівневий варіант.

Перший етап контролю здійснюється за традиційною для тестового контролю знань схемою або із застосуванням елементів нечіткої логіки. Для цього складається тест, що включає певний набір тестових завдань, кожному з яких зіставлене число, що встановлює міру труднощів завдання. Потім проводиться тестування й підраховується число балів, зараховуване в оцінку студента за результатами відповіді на кожне із завдань тесту залежно від того, наскільки відповідь студента вірна і яка міра складності тестового завдання. Підсумкова сума балів, набрана студентом за результатами відповіді на всі тестові завдання тесту, приймається як міра знань студента.

Для ухвалення рішення про рівень знань студента при застосовуванні у цей час однорівневої процедури тестового контролю набрані бали рівняються з деякої критеріальною характеристикою і якщо кількість балів більше встановленої граничної величини, то вважається, що студент знає контрольова-

ний матеріал. У протилежному випадку робиться однозначний вивід про те, що студент матеріал не знає.

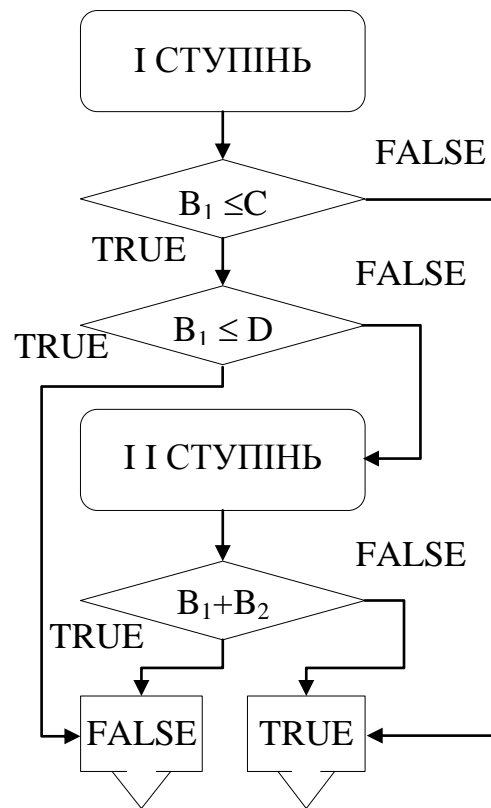


Рисунок 1.6 - Схема процедури дворівневого тестового контролю знань

Такий висновок правомірний тільки у випадках, якщо набрана кількість балів значно більше або значно менше встановленого граничного числа й неприпустимий при їхній відносній близькості. Дійсно, якщо припустити, що граничним числом для оцінки рівня знань прийнято 100 балів, то відповідь, оцінена в 10 балів, однозначно буде свідчити, що знання студента незадовільні. Аналогічно й при відповіді, оціненій в 200 балів, можна зробити обгрунтований висновок про достатність знань студентів. Однак, якщо при критерії в 100 балів, студент набирає 99 або 101 бал, те наступні висновки про рівень знань уже не є настільки очевидними. Більшість схем традиційного тестового контролю не дозволяють усунути виникаючу неоднозначність в оцінці знань. У той же час послідовність дій, що повинна бути виконана, для її усунення

добре відома й широко застосовується при контролі без застосування тестів. При виникненні таких утруднень викладач при очному контролі має можливість задати студентові додаткові питання й з урахуванням відповіді на вже задані й додаткові питання робить остаточне судження про знання студента.

Комп'ютеризований тестовий контроль знань можна звести до аналогічної схеми, якщо в планах контролю встановити чисельні значення критеріїв, при яких варто ухвалювати рішення щодо необхідності проведення додаткових сесій контролю й для кожної із сесій установити та кількість тестових завдань, що повинне містити тести кожного рівня. Математичне обґрунтування розроблювальних планів контролю дозволяє виключити суб'єктивність в оцінюванні знань і одночасно із цим використати переваги, властивому звичайному контролю в частині підвищення вірогідності результатів за рахунок включення в тест додаткових тестових завдань, що уточнюють фактичний рівень знань студентів.

Для визначення критеріальних значень можна скористатися математичним апаратом, використовуваним для розробки планів оцінки якості промислової продукції й широко застосовуваним у практиці приймального контролю по альтернативній і кількісній ознаках [40]. При випуску машинобудівної продукції більшими партіями (десятки й сотні тисяч екземплярів однотипної продукції) немає можливості проконтролювати всі виготовляти деталі, що. Тому обмежуються вибірковою контролем, коли визначають характеристики якості обмеженої партії деталей і за результатами її контролю роблять висновок про придатність всіх деталей, виготовлених за встановлений проміжок часу.

Аналогічно й при тестовому контролі немає можливості задати таку кількість питань, щоб відповіді на них однозначно свідчили б про те, володіє студент контрольованим матеріалом у повному обсязі, чи ні, чи пам'ятає студент зміст усіх без винятку розділів навчального матеріалу й чи вміє ними користуватися у всіх імовірних варіантах застосування. Тому при тестуванні також обмежуються тим, що в тест включають якийсь обмежений набір тес-

тових завдань, які охоплюють не весь матеріал, а тільки частина його й по відповідях на питання цієї вибірки роблять остаточної судження про знання не тільки перевірених розділів, але й усього навчального матеріалу в цілому. Оскільки завдання тестування й приймального контролю в машинобудуванні однакові в постановочній частині, то для їхнього рішення можна використати той самий математичний інструментарій, зокрема апробований і широко використовуваний у промисловості апарат приймального контролю якості машинобудівної продукції. При цьому в обох випадках варто вирішити завдання теорії ймовірностей, що встановлює рівень вхідної якості за значеннями вибіркових оцінок генеральної сукупності.

У термінах теорії ймовірності дане завдання можна сформулювати в такий спосіб. За результатами визначення якості знань, вираженого оцінками, обмірюваними в балах B_1, B_2, \dots, B_C , з нормальної сукупності оцінок з генеральними середньою B_{CP} і дисперсії σ_B необхідно визначити ймовірність того, що випадкова величина B , що належить цієї генеральної сукупності, буде більше або менше деяких заданих граничних величин. Тоді верхня та нижня границі контрольованого параметра можуть бути виражені залежностями

$$q_U = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_B} \int_U^{\infty} e^{-\frac{1}{2} \frac{(B-B_{CP})^2}{\sigma_B^2}} dB, \quad q_L = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_B} \int_{-\infty}^L e^{-\frac{1}{2} \frac{(B-B_{CP})^2}{\sigma_B^2}} dB$$

Проводячи представницькі виміри результатів тестування, достатні для достовірного визначення генеральних оцінок B_{CP} і σ_B , і виконуючи необхідні математичні перетворення або скориставшись відповідними статистичними таблицями, можна визначити теоретично точні значення критеріальних величин, порівнявши приймальне число C з верхньою критеріальною межею q_L , а бракувальне число D – з нижньою критеріальною межею q_U .

У випадку, коли тестування тільки починається й ще не накопичені в потрібному обсязі статистичні дані для визначення генеральних оцінок, із

припустимої для практики тестового контролю 5% імовірністю ухвалення помилкового рішення, можна встановити приймальне число Z рівним 95% від максимально суми балів, що студент може одержати за результатами контролю. Щоб уникнути тривалих досліджень, які необхідно проводити для кожного з тестів, умови яких істотно відрізняються по числу тестових завдань або виду контрольованого навчального матеріалу, як спрощення можна прийняти бракувальне число D як опцію строгості викладача. У цьому випадку для порівнянності результатів тестування прийняте значення D варто уніфікувати.

Таким чином, процедура дворівневого тестового контролю якості знань буде виглядати в такий спосіб:

- розраховуються або призначаються чисельні значення приймального числа C і бракувального числа D ;

- проводиться тестовий контроль, результати якого рівняються із установленими величинами C і D ;

- якщо набране студентом число балів більше приймального числа, то робиться вивід, що студент знає контрольований матеріал і контроль припиняється;

- якщо за результатами контролю студентом набрана кількість балів, менше ніж бракувальне число, то робиться висновок, що студент не знає контрольований матеріал і контроль також припиняється;

- якщо студент набирає число балів менше, чим приймальне число, але більше чим бракувальне число, то вважається, що винести судження об щирі знання студента не представляється можливим і виконується ще одна сесія тестування;

- проводиться тестовий контроль другого рівня, результати якого рівняються із установленим значенням приймального числа Z ;

- якщо сума балів, набрана за підсумками першої й другої сесії контролю більше приймального числа, певного по максимально можливій сумі балів обидві сесії, то робиться вивід, що студент знає контрольований навчаль-

ний матеріал. У протилежному випадку вважається, що знання студента недостатні;

- тестовий контроль припиняється й вважається, що знання студента оцінені. (У випадку багаторівневого контролю проводяться додаткові сесії контролю по аналогічних процедурах).

Для підвищення вірогідності результатів контролю і їхньої порівнянності з результатами, отриманими по декількох темах або декільком дисциплінам, наведену процедуру необхідно доповнити встановленням кількості тестових завдань, яке варто включати в тест на кожному з рівнів контролю. Для рішення цього завдання можна скористатися методом розрахунку кількості тестових завдань у тесті за критеріями сукупної значимості й труднощі контрольованого навчального матеріалу. При цьому ухвалювати рішення щодо необхідному числі тестових завдань у тесті треба для кожного з рівнів окремо.

З урахуванням властивостей генетичних алгоритмів в умову життєздатності особин можна також додати вимога відбирати для другого рівня тесту завдання по матеріалі в найменшому ступені засвоєному студентом. Тоді ймовірність включення завдання в другий рівень визначиться за умови

$$\frac{\sum_{i=1}^{T_j} Q_i^T}{Q_\Sigma^T} \leq Z < \frac{\sum_{i=1}^{T_{j+1}} Q_i^T}{Q_\Sigma^T} ;$$

де Q_i^T - складність і-ої теми (величина зворотна середній оцінці, отриманої студентами за результатами виконання всіх завдань, включених у тест для контролю якості засвоєння матеріалу теми); T_j - j-я тема, що входить у контрольований навчальний матеріал; Q_Σ^T - сумарна складність контрольованого навчального матеріалу (величина зворотна середній оцінці, отриманої

студентами за результатами виконання завдань, включених у тест); Z - випадкова величина.

На рис. 1.7 показана діаграма, що ілюструє результати досліджень по визначенню критеріальної величини, що визначає сукупну значимість і складність контрольованого навчального матеріалу, для дисциплін, що читають студентам 1-3 курсів напряму «Інженерна механіка». При проведенні досліджень експертам пропонувалося зрівняти характеристики складності й значимості базової дисципліни стосовно аналогічних характеристик інших дисциплінами. Так як у більшості випадків експерти утруднялися у визначенні значимості дисциплін гуманітарної спрямованості стосовно значимості спеціальних дисциплін, то на цьому етапі досліджень такі дисципліни були виключені з розгляду.

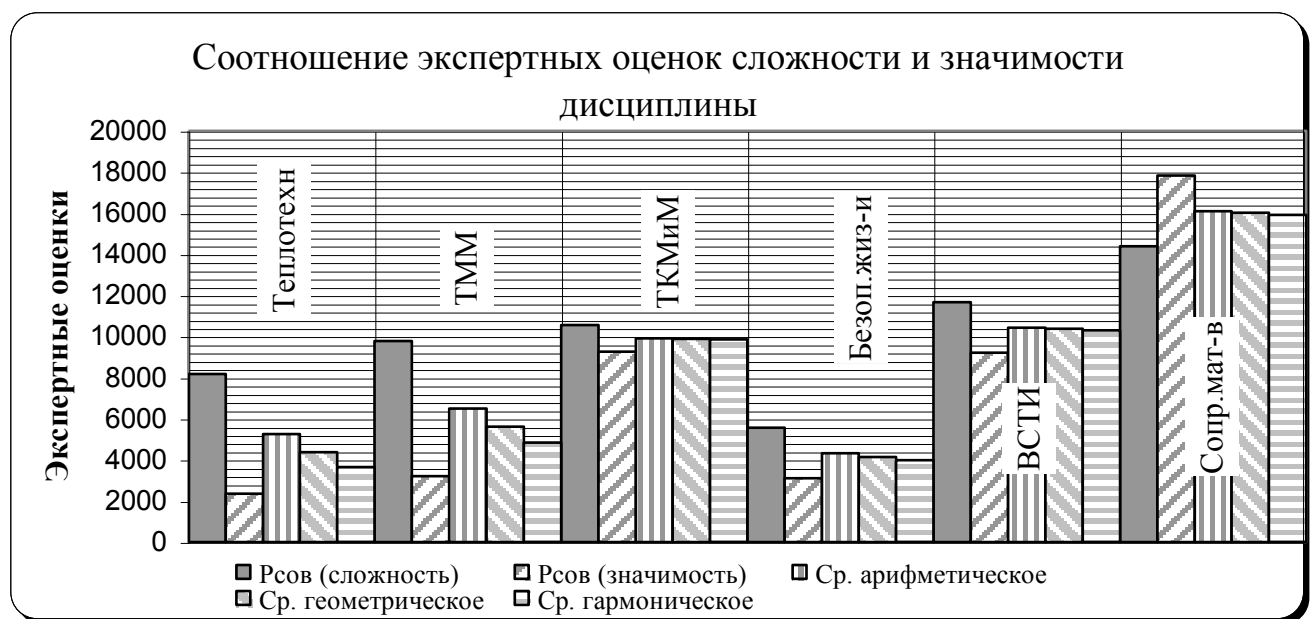


Рисунок 1.7 - Результати визначення інтегральних характеристик сукупної складності й значимості навчальних дисциплін

Наведені результати свідчать про те, що експертні оцінки не однорідні й не проглядається взаємозв'язок між характеристиками складності й характеристиками значимості досліджуваного матеріалу. Статистична обробка ре-

зультатів досліджень підтвердила наведені ілюстративні матеріали, про що свідчили великий розкид оцінок (дисперсія від 1400 до 4580 балів), відсутність кореляції між середніми арифметичними, геометричними або гармонійними значеннями оцінок і негативні результати перевірки за критерієм відтворюваності результатів. Крім того, розраховане значення коефіцієнта конкордації, рівне 0,26, свідчило про непогодженість думок експертів і наявності серед них окремих груп, однорідних у своїх оцінках.

Таким чином, можна зробити вивід, що невиправдано застосування критеріальної величини, що поєднує сукупну складність і значимість навчального матеріалу у вигляді одного інтегрального параметра, і варто провести додаткове дослідження для незалежного визначення кожної із цих характеристик навчального матеріалу.

При встановленні чисельних значень сукупної значимості дисциплін розраховувалися коефіцієнти кореляції Парето й була виявлена 86% кореляція експертних оцінок з обсягом досліджуваного матеріалу, вираженого в одиницях, пропорційних кількості годин, відведених на дисципліну.

Як експерти оцінки складності досліджуваного матеріалу виступали студенти, які порівнювали складність однієї з дисциплін, узятої в якості базової, зі складністю інших дисциплін. Результати експертного оцінювання наведено на рисунках 1.8...1.13. З рисунків видно, що не простежується стійкого зв'язку характеристик складності дисциплін з оцінками, отриманими студентами за результатами їхнього вивчення (рис. 1.8, 1.9) і немає відповідності між обсягом годин, які відведені на вивчення навчального матеріалу, й тим як оцінена його складність (рис. 1.10...1.12).

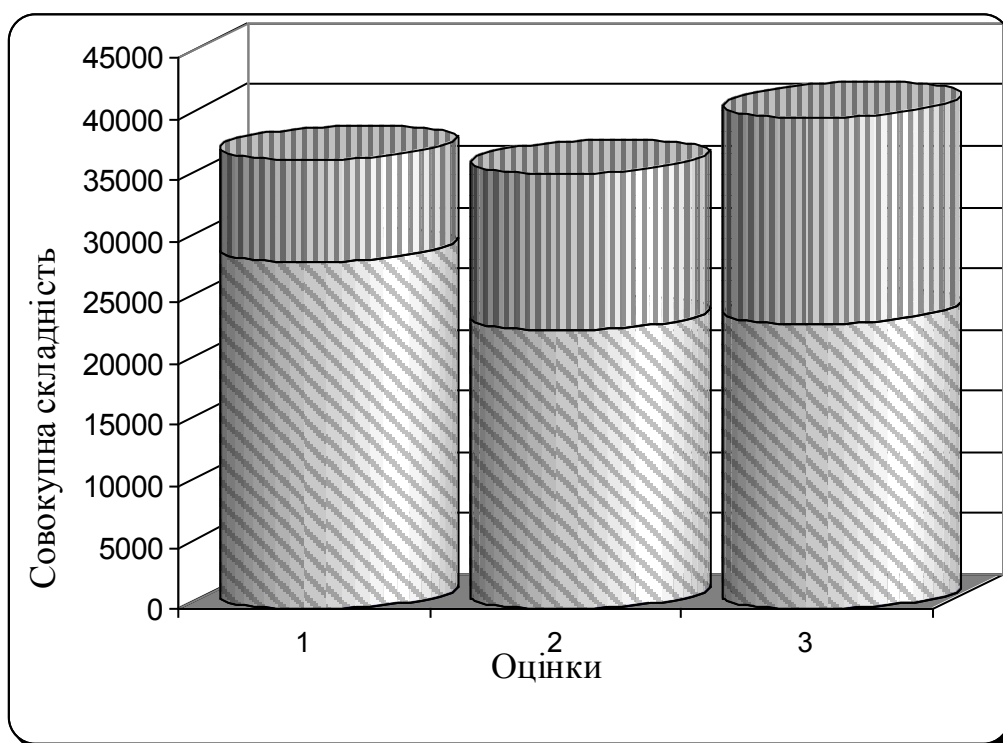


Рисунок 1.8 - Співвідношення сукупної складності й підсумкових оцінок

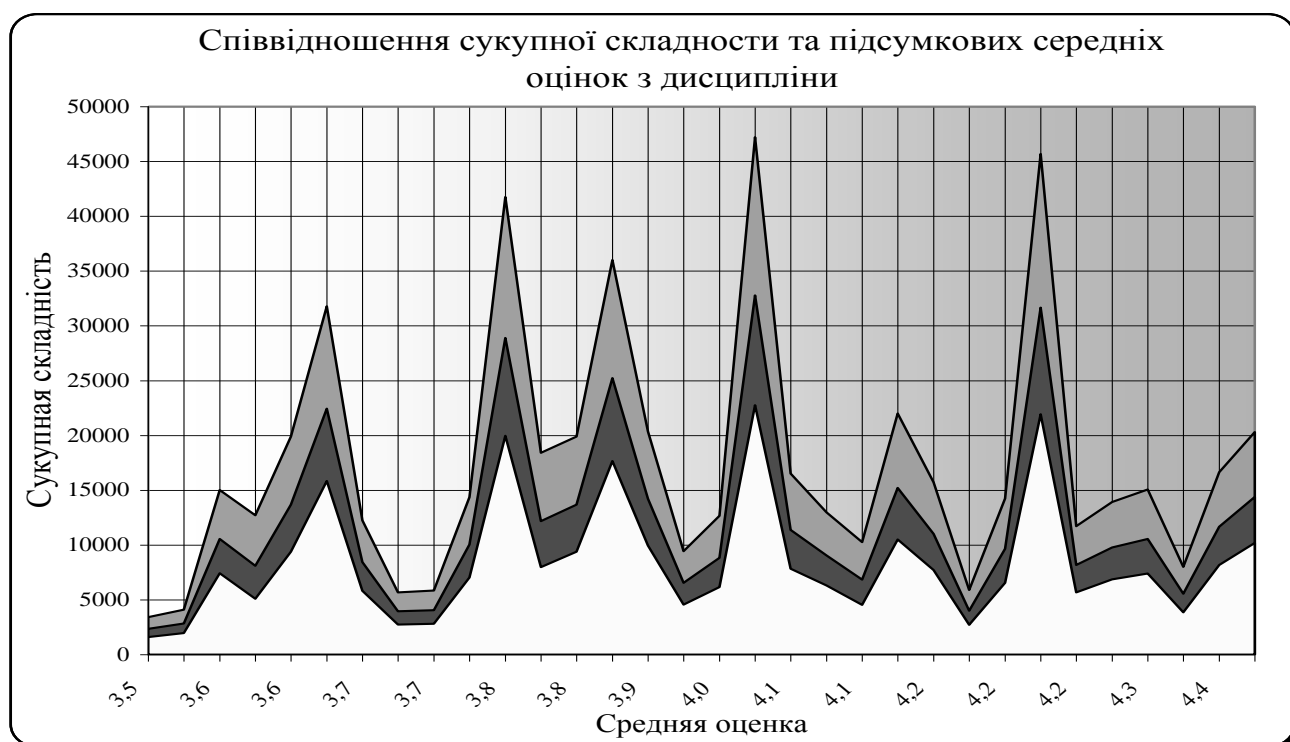


Рисунок 1.9 - Співвідношення сукупної складності й підсумкових середніх оцінок з дисципліни

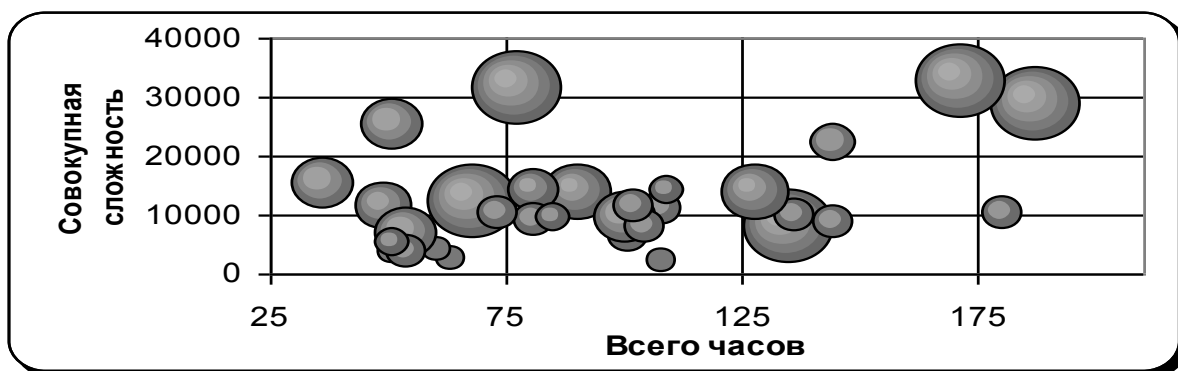


Рисунок 1.10 - Співвідношення сукупної складності дисципліни й загальної кількості годин

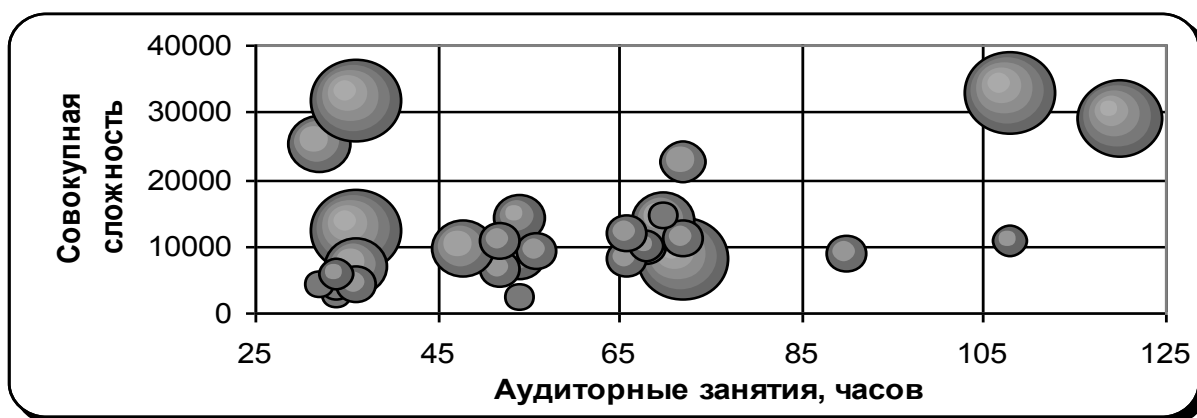


Рисунок 1.11 - Співвідношення сукупної складності дисципліни і кількості аудиторних годин

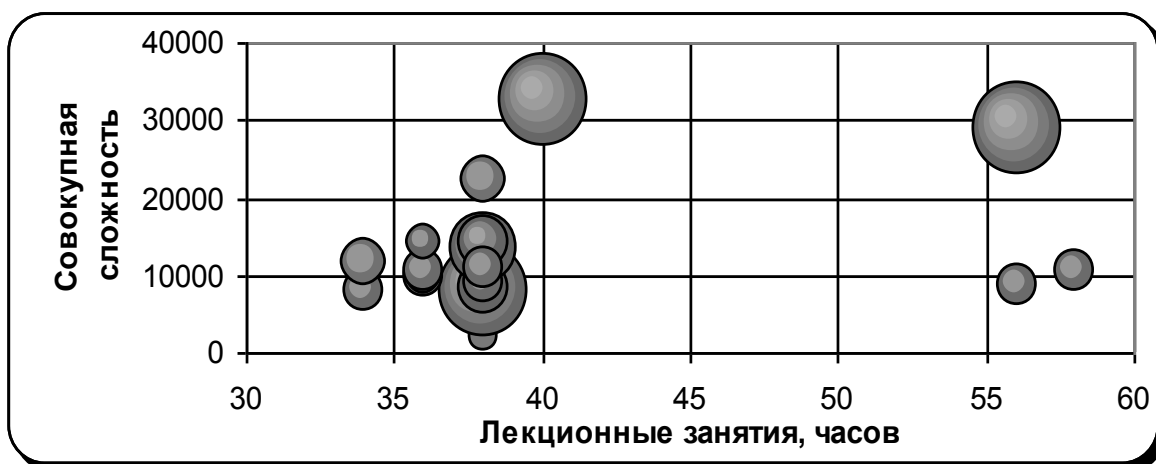


Рисунок 14.12 - Співвідношення сукупної складності дисципліни і кількості лекційних годин

Таким чином, для визначення характеристик складності дисциплін необхідно проводити самостійне експертне оцінювання (рис. 1.13). При цьому очевидно, що одержувані оцінки складності фіксують певний часовий зріз і можуть істотно трансформуватися навіть для однієї й тієї ж дисципліни у випадку, якщо змінюється її організаційно-методичне забезпечення.

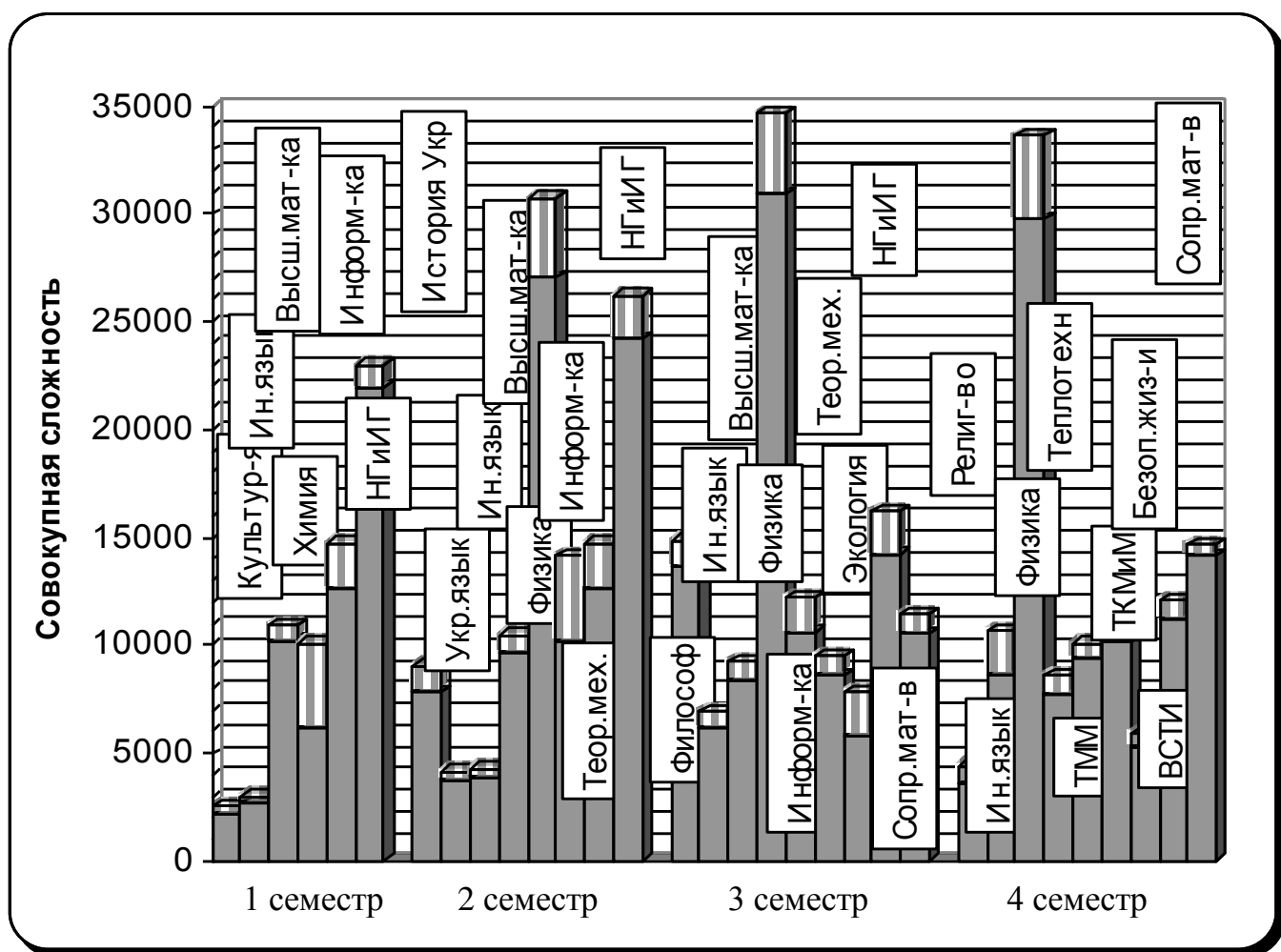


Рисунок 1.13 - Сукупна складність дисциплін (1-4 семестр)

Наявність оцінок сукупної значимості й сукупної складності дозволяє обґрунтовано сформувати тест для кожного з рівнів тестового контролю. При цьому розрахункові формули для визначення кількості тестових завдань для кожного з рівнів приймуть вид:

- перший рівень

$$[Q_{3H}]^H \cdot K_{\text{вм}} \leq \sum_{j=1}^{n_z'} Q_j \leq [Q_{3H}]^6 \cdot K_{\text{вм}} ;$$

- другий рівень

$$[Q_{\text{кл}}]^H \cdot K_{\text{вм}} \leq \sum_{j=1}^{n_z'} Q_i \leq [Q_{\text{кл}}]^6 \cdot K_{\text{вм}} ,$$

де $[Q_{3H}]^B$, $[Q_{3H}]^H$ - критеріальні значення характеристики значимості контрольованого матеріалу; $[Q_{\text{кл}}]^B$, $[Q_{\text{кл}}]^H$ - критеріальні значення характеристики значимості контрольованого матеріалу; Q_j - індекси складності тестових завдань; N_Z ' - кількість тестових завдань у тесті.

Або з огляду на те, що мірою складності тесту можна прийняти величину, рівну різниці між максимально можливою сумою балів і середньою оцінкою студентів, отриманої за результатами тестування

$$Q_{\text{кл}} \approx (Q_{\text{max}} - B_{\text{cp}}) \rightarrow (Q_{\text{max}} - B^B) \cdot K_{\text{вм}} \leq \sum_{j=1}^{n_z'} Q_i \leq (Q_{\text{max}} - B^H) \cdot K_{\text{вм}}$$

де

$$B^B = B_{\text{cp}} + v, \quad B^H = B_{\text{cp}} - v, \quad v = t_{\varphi} \cdot \frac{S_b}{\sqrt{m_c}},$$

$$S_b = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_z'} \left(\sum_{i=1}^{m_{c_j}} (B_{i,j} - B_{\text{cp}})^2 \right)}{m_c - 1}}, \quad m_c = \sum_{j=1}^{n_z'} m_{c_j}$$

Використання загальної методики багаторівневого тестового контролю за кількісними показниками в сполученні з розрахунком по наведених формулах дозволяє сформуванню тестів й з їхньою допомогою виявити якість знань студентів виходячи із критерію значимості досліджуваного матеріалу, а у випадку неоднозначних результатів оцінювання уточнити отримані оцінки з

урахуванням ступеня складності матеріалу.

1.3.8 Побудова шкали оцінювання

Причиною необ'єктивності тестового контролю знань, на яку часто не обертають належної уваги, може бути те, що критерії для перекладу набраної студентом при тестуванні суми балів в оцінку знань призначають експертним оцінюванням, без математично точного обґрунтування. Звичайної є ситуація, коли при визначенні критеріїв успішності навчання як експерт виступає тільки один викладач - розроблювач тестів. Задана ним критеріальна величина відбиває подання про вимоги, пропонованих до знання предмета, саме з боку цього експерта, і наскільки б він не був професійний, установлений критерій не буде об'єктивний. Як при усному іспиті два викладачі за той самий відповідь студента можуть поставити різні оцінки, так і відсутність належного обґрунтування критеріїв оцінювання може привести до того, що різні розроблювачі встановлять неоднакові критеріальні значення й тоді отримані при тестуванні оцінки неадекватно відобразять рівень знань і не будуть порівнянні між собою.

Таким чином, проблема необ'єктивності, традиційна властивому усному іспиту й у цьому випадку не буде усунута. Відзначимо також, що, просте встановлення рівня знань не завжди є достатнім вимірником успішності навчання, якщо при цьому не відслідковується, як зафіксований рівень знань мінявся в процесі навчання й не враховано наскільки складними минулого умови, у яких здобувалися знання.

У цей час при проведенні тестового контролю, домінує підхід, при якому підсумкова оцінка проставляється виходячи із проміжних балів зароблених студентом при відповіді на кожне з питань тестового завдання, включеного в тест. При всіх варіаціях, які можливі в технологіях тестування, що результують, оцінка, як правило, установлюється шляхом узагальнення відповідей на окремі питання й приведення сумарної оцінки до процентного ві-

дношення, що визначає частку правильних відповідей у загальній сумі балів. Отриману оцінку ототожнюють із обмірюваним рівнем знань.

Найпоширеніший спосіб, застосовуваний для переходу від кількісної оцінки рівня знань до якісних показників успішності навчання, полягає в тім, що результуючу оцінку, виражену нормованою сумою балів, приводять до який-небудь лінійного, рідше нелінійної, шкалі оцінювання. Наприклад, у роботах [64, 68] дані п'ятибальні шкали у відповідності, з якими відсоток правильних відповідей переводять в оцінки успішності навчання ($A...D, F$ - градації успішності, від найвищої оцінки A , до щонайнижчої - F)

Таблиця 1.6 - Шкали оцінювання

	90-100	80-89	70-79	60-69	< 60
Відсоток правильних відповідей	95-100	85-94	75-84	65-74	< 65
	91-100	86-90	81-85	75-80	< 75
Оцінка успішності	A	B	C	D	F

Шкали побудовані з урахуванням імовірності вгадування відповідей і рекомендовані для підведення підсумків у випадку, коли тести включають завдання, що містять кілька варіантів відповідей, і один з варіантів є правильним.

З огляду на, що формули для розрахунку ймовірностей угадування в типових завданнях (1.1-1.13) можуть бути наведені до укрупненої залежності

$$P = \frac{n}{N},$$

де n - кількість правильних варіантів відповіді; N - загальна кількість відповідей, тобто ймовірність угадування прямо залежить від кількості варіантів відповідей, що втримуються в тестовому завданні, для побудови чотирихбальної шкали можна скористатися рекомендаціями роботи [26], відповідно до яких для тестових завдань множинного вибору з п'ятьма варіантами

відповідей (імовірність угадування 20%) варто використати шкалу, наведену в таблиці 1.7, у яку вносять виправлення, якщо кількість варіантів відповідей відрізняється від п'яти. У завданні із двома відповідями (імовірність угадування 50%), із трьома відповідями (імовірність угадування 33,3%) і так далі.

Таблиця 1.7 - Шкала оцінювання для тестових завдань множинного вибору (п'ять варіантів відповідей і один з них правильний)

Відсоток правильних відповідей	80-100	60-79	40-59	< 39
Оцінка успішності	Відмінно	Добре	Задовільно	Незадовільно

Використання наведених, або подібних, шкал оцінювання виправдано, якщо передбачувана ними ймовірність угадування відповіді наступить, тобто студент, не знаючи відповіді на питання, дійсно почне вгадувати, і вгадає правильну відповідь. Або ж, якщо студент, відповідаючи на запитання, не цілком упевнений у правильності відповіді й, проте, випадково вгадає відповідь. Однак оцінка знань буде явно занижена, якщо ймовірність угадування не настає, тобто студент знає відповідь і правильно відповідає на запитання, але, проте, при підведенні результатів контролю виходять із того, що правильна відповідь була випадкова.

Варто також урахувати, що встановлення ймовірності вгадування не завжди настільки очевидно, як для тестових завдань множинного вибору, що містять правильні й неправильні відповіді. Наприклад, у тестовому завданні на уведення символів, де як відповідь студентіві може бути запропоновано вказати одне із чисел числового ряду від - ? до +? кількість варіантів відповідей теоретично нескінченно велике й звідси ймовірність угадування нескінченно мала.

У цьому випадку єдино можливим способом перекладу кількісної оцінки рівня знань до показників успішності навчання буде побудова шкали оці-

нювання, у якій критеріальні значення, що встановлюють градацію оцінок, визначаються експертним шляхом, причому крім можливості вгадування відповіді враховуються й інші умови, у яких реалізується тестовий контроль. Очевидно, що таку експертизу варто проводити максимально часто, тому що постійно, що змінюються умови, у яких здобуваються знання, у значній мірі визначають зусилля затрачувані студентами для досягнення того або іншого рівня знань.

Установивши які-небудь усереднені критеріальні значення для градації оцінок, і затвердивши їх на рівні міністерства утворення, навчального закладу або його підрозділу, в остаточному підсумку, можна одержати деяку шкалу відповідності між кількісною оцінкою знань, вираженою нормованою сумою отриманих при тестуванні балів, і показниками успішності навчання. Однак у різних навчальних закладах, наприклад одному, столичному вузі й іншій, периферійному, можливості для досягнення встановлених критеріїв знання можуть істотно відрізнятись. Те ж саме, і навіть у більшій мері може бути у вузах, розташованих в одному регіоні, місті або ж усередині одного навчального закладу, на різних його факультетах і кафедрах. Навіть, той факт, що прийшов новий викладач або виданий новий підручник, може істотно вплинути на характер зусиль, які повинен прикласти студент або здатності, які він повинен виявити для успішного придбання знань у нових умовах.

Незважаючи на зміни, що відбулися в останні роки, у соціально-економічних вимогах до утворення висловлення Плутарха про те, що «...учень - не посудина, якому потрібно наповнити, а факел, якому потрібно запалити» як і раніше залишається затребувано. Дотепер загальнонавчаним вважається положення про те, що мало вкласти в студента певний обсяг знань, навіть самий повний і зроблений. Не менш важливо сформулювати в нього вміння самостійно здобувати знання, учити вчитися. Тому й у нових освітніх методиках не знімається вимога не тільки фіксувати досягнутий рівень знань, але й виробити критерії оцінювання успішності навчання, як прояву здатності студентів до генерування нових ідей і до самоосвіти.

Відомо, що в ряді західноєвропейських країн і в США давно й успішно при рішенні питання про зарахування у вищі навчальні заклади використовуються результати тестового контролю знань. Випускники шкіл, що беруть участь у загальнонаціональному тестуванні, мають чіткі орієнтири в тім, який же рівень знань достатній для надходження в обраний ними вуз. Через Інтернет, печатку, інші засоби інформації щорічно публікуються оголошення приймальних комісій вузів про те, з якими балами проводилося зарахування до вузу в найближчі роки, що передують черговому зарахуванню. Наприклад, відомо, що для надходження в Гарвардський або Стендфордський університети кількість балів отриманих при тестуванні повинне бути близько 30 (ACT - American College Testing), а в багато інших вузів 16 - 18 і навіть нижче [46]. Ці бали є не тільки орієнтиром для вступників, але й фіксують мінімальний рівень знань, починаючи з якого навчання у вузі може бути успішним.

Одночасно з вимогою мати необхідний обсяг знань, вираженим у результатах тестування, при зарахуванні найважливіше значення надається мотивації для навчання й умінню вчитися. При оцінюванні здатності майбутнього студента здобувати нові знання враховуються не оцінки у свідченні про отримане утворення, а рейтинг успішності, установлений для даного абітурієнта стосовно інших учнів школи, де він раніше вчився, і характеристика його здатностей, що дається вчителями й адміністрацією школи. В остаточному підсумку, зарахування виробляється тільки на основі сукупної оцінки й рівня знань і здатності їх здобувати.

Проводячи певні аналогії з описаними процедурами зарахування абітурієнтів у вищі навчальні заклади, прийнятими в деяких розвинених країнах, можна запропонувати при оцінюванні знань студентів використати дві характеристики. Першу кількісну, що констатує досягнутий рівень знань, виражати відсотком правильних відповідей або сумою балів, отриманих за результатами тестування. При цьому якщо для тестування використовується загальна для декількох вузів база даних тестових завдань, те цю же характеристику можна використати й для порівняння умов, які вони можуть надати для оде-

рвання утворення по тимі зіставляють дисциплінам, що, або спеціальностям, по яких проводилося тестування.

Друга характеристика, що встановлює здатність до засвоєння нових знань через оцінювання успішності навчання, повинна базуватися на кількісній оцінці й доповнювати її. Однак побудова шкали переходу від кількісної оцінки до критеріїв успішності навчання варто виконувати не на основі експертного оцінювання, а шляхом зіставлення знань отриманих одним студентом у конкретному навчальному середовищі щодо рівня знань досягнутого іншими студентами в аналогічних умовах.

У роботі [69] на основі виводу про те, що результати тестового контролю знань підкоряються нормальному закону розподілу, пропонується зв'язати градацію шкали успішності навчання з параметрами розподілу кількісної оцінки знань (табл. 1.8) - генеральним середнім арифметичним ($X_{\text{ср}}$) і генеральним середнім квадратичним відхиленням (σ):

Таблиця 1.8 - Вираження шкали оцінювання через параметри нормального розподілу (п'ятибальна система оцінювання) [48]

Діапазон оцінок	кількісних	$[X_{\text{ср}} + 2\sigma, X_{\text{ср}} + 3\sigma]$	$[X_{\text{ср}} + \sigma, X_{\text{ср}} + 2\sigma]$	$[X_{\text{ср}}, X_{\text{ср}}]$	$[X_{\text{ср}} - \sigma, X_{\text{ср}} - 2\sigma]$	$[X_{\text{ср}} - 2\sigma, X_{\text{ср}} - 3\sigma]$
Оцінка успішності		A	B	C	D	F

За аналогією з наведеною таблицею можна для чотирьохбальної шкали запропонувати наступну градацію оцінок (табл. 1.9):

Таблиця 1.9 - Вираження шкали оцінювання через параметри нормального розподілу (чотирьохбальна система оцінювання)

Діапазон оцінок	кількісних	оці-	більше	$[X_{\text{ср}}, X_{\text{ср}} + 3\sigma]$	$[X_{\text{ср}}, X_{\text{ср}} - 3\sigma]$	менше
Оцінка успішності			Відмінно	Добре	Задовільно	Незадовільно

Відповідно за табл. 1.9 приймається, що студенти, які набрали кількість балів більше, ніж абсолютна більшість інших студентів (у відповідності із властивостями нормального розподілу діапазон $[X_{cp}-3(\sigma), X_{cp} +3(\sigma)]$ включає 99,7% всіх відповідей) заслуговують оцінки відмінно, тобто визнання їхньої відмінності в здатності до навчання. І, дзеркально, успішність навчання студентів балів, що набрав при тестуванні суму, менше інших повинна бути визнана незадовільною. Навчання студентів, що одержали кількісну оцінку знань, таку ж, як і більшість студентів тестуємої групи, але, все-таки вище, ніж середній показник по групі, вважається гарним. У студентів, за тих самих умов балів, що набрали, менше, ніж у середньому по групі, успішність навчання оцінюється на «задовільно». При необхідності оцінки успішності «добре» і «задовільно» можна диференціювати, уводячи проміжні інтервали, кратні (σ).

Припустимі й інші варіанти побудови шкали переходу від кількісної міри рівня знань до якісних показників успішності, однак загальний підхід для встановлення градації оцінок шкали повинен бути єдиним і полягати у визнанні того що, студенти, здатні в загальні для всіх умовах, досягти кращого рівня знань заслуговують більше високої оцінки успішності навчання. При цьому, з огляду на, що зміна змісту занять або їхнього методичного забезпечення робить приблизно однаковий вплив на всіх студентів, є можливість при підведенні підсумків навчання в нових умовах переходити до показників успішності без виконання яких-небудь додаткових експертиз - на основі вибірових характеристик параметрів розподілу кількісних оцінок.

1.3.9 Проблема якості тестів

Імітаційна модель тестування максимально приблизно моделює взаємини, які існують між екзаменатором і студентом у процесі традиційного усного контролю знань. Пропоноване нею математичне обґрунтування прийнятих екзаменатором рішень значною мірою зм'якшує недоліки неминучої при

комп'ютеризованому тестуванні формалізації цих взаємин і дозволяє запропонувати ефективні алгоритми прийняття рішень на етапі розробки тестових завдань і в процесі тестування. Одночасно із цим модель необхідно доповнити процедурами визначення якості тесту, що у цьому випадку використовується як інструмент педагогічних вимірів. Очевидно, що неточність або недостатня чутливість вимірювального інструмента може спотворити отримані з його допомогою результати й тоді навіть при самій зробленій методиці підготовки й проведення тестового контролю оцінка знань студентів буде недостовірною.

При аналізі якості тестів можливо два підходи. Перший з них полягає в тому, що вихідні дані для знаходження характеристик якості визначаються експертними методами. У їхній основі лежить співвіднесення змісту тесту з вимогами, викладеними в специфікації [24]. Незважаючи на те, у більшості випадків експертиза доповнюється статистичним аналізом отриманих експертних оцінок, ці методи не завжди застосовні, тому що неможливо повністю виключити суб'єктивність інтерпретації викладених у специфікаціях рекомендацій, і як наслідок зробити оцінки якості тесту об'єктивними й незалежними від людського фактора.

Так однією з найважливіших характеристик тесту є його здатність визначати саме ті характеристики, для виміру яких він був розроблений. У теорії тестування таку характеристику прийнято називати валідністю [24, 66]. Однак, дати точну й повну інструкцію з формального опису співвідношення обумовлених параметрів тесту й цілей тестування для практичного застосування досить складно. І хоч останнім часом проблемі встановлення валідності тією чи іншою мірою приділяли увагу багато дослідників [24, 35, 40, 42, 44, 45, 50, 53, 56, 50, 52, 65 та інші.], а праця [35] повністю присвячена її розгляду, створити прикладну методіку виміру валідності втім розумінні, як вона позначена в теорії, дотепер не вдалося. Запропоновано кілька приватних показників валідності (по обсягу, зовнішня, оцінна та інше), що тією чи іншою мірою відображають здатність тесту відповідати поставленим цілям,

однак у більшості випадків вони опираються на результати експертного оцінювання, не повною мірою об'єктивне й тому їхнє використання в імітаційній моделі не надається доцільним.

Інший підхід в оцінці якості тесту полягає в застосуванні математичних методів для обчислення статистично обумовлених характеристик окремих тестових завдань і тестів у цілому для того, щоб виявити можливі приховані дефекти, які не вдається визначити за допомогою експертних методів і як результат конструювати тести з найкращими статистичними властивостями. На основі цього підходу в імітаційній моделі пропонується з набору прототипів тестових завдань виключити ті з них, які не задовольняють сукупності вимог до якості, сформулювати тест із завдань, що відповідають установленим критеріям і провести перевірку якості тесту в цілому.

Для оцінки якості прототипів тестових завдань пропонується визначати їхню розпізнавальну здатність, імовірнісні характеристики неприпустимості крайніх оцінок і аномально витраченого на виконання завдання часу.

Розпізнавальна здатність тестового завдання дозволяє розпізнавати студентів, що опанували й не опанували навчальним матеріалом. Це характеристика чутливості тестового завдання, що показує наскільки ефективно тестове завдання може відокремлювати тестованих з високим загальним балом від тих, хто одержав низький бал. У науково-педагогічній літературі приводиться кілька способів визначення цієї характеристики, які трохи по-різному підходять до обчисленню її числового еквівалента [29, 44]. Найбільше технологічною для комп'ютерного тестування, на наш погляд, є оцінювання розпізнавальної здатності за величиною бисеріального коефіцієнта кореляції (індексу дискримінації) [44]:

$$R_{b_j} = \frac{\sum_{i=1}^{m_{c_j}} (b_i \cdot B_{i,j}) - \frac{\sum_{i=1}^{m_{c_j}} b_i \cdot \sum_{i=1}^{m_{c_j}} B_{i,j}}{m_{c_j}}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{m_{c_j}} b_j^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{m_{c_j}} b_j \right)^2}{m_{c_j}} \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^{m_{c_j}} B_{i,j}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{m_{c_j}} B_{i,j} \right)^2}{m_{c_j}} \right)}}$$

де b_i - сумарна кількість балів, отримана i -м студентом при відповіді на всі питання тестового завдання

Чим ближче значення R_{b_j} до одиниці, тим кращою розпізнавальною здатністю володіє прототип завдання й тем більше підстав включити його в тест.

Для виявлення прототипів тестових завдань із незадовільною вимірювальною здатністю в імітаційній моделі пропонується використати характеристики неприпустимої ймовірності одержання за результатами виконання завдання тільки найвищих або тільки незадовільних оцінок.

Для цього розраховується ймовірність правильних

$$PA_j = \frac{\sum_{i=1}^{m_{c_j}} Q_{i,j}^A}{m_{c_j}} \cdot 100\% \quad , \quad Q_{i,j}^A = \begin{cases} 1 \text{ при } B_{i,j} \geq A \\ 0 \text{ при } B_{i,j} < A \end{cases}$$

і неправильних відповідей

$$PF_j = \frac{\sum_{i=1}^{m_{c_j}} Q_{i,j}^F}{m_{c_j}} \cdot 100\% \quad , \quad Q_{i,j}^F = \begin{cases} 1 \text{ при } B_{i,j} \leq F \\ 0 \text{ при } B_{i,j} > F \end{cases}$$

де A, F - критерії шкали оцінювання, що відповідають вищій (A) і ниж-

чої (F) оцінкам знань.

Якщо $PA_i \geq 95\%$ (статистично всі відповіді правильні) або $PF_i \geq 95\%$ (статистично всі відповіді неправильні) прототип завдання варто виключити з тесту.

Очевидно, що завдання, при виконанні яких студенти одержують тільки погані оцінки, не засновані на змісті контрольованого навчального матеріалу, неточно сформульовані або включають невірну еталонну відповідь. Такі прототипи завдань варто переформулювати або виключити з тесту. Також неприпустимі й завдання, при виконанні яких студенти одержують тільки максимально можливі оцінки. Найімовірніше вони тривіальні і їхнє виконання не представляє складності. Однак, якщо таких завдань виявляється занадто багато й при цьому критерії шкали оцінювання успішності навчання призначені експертами, те не виключено, що причина не як окремі завдання, а у свідомо занадто м'яких критеріях оцінювання.

Додатковим критерієм якості прототипу тестового завдання служить характеристика неприпустимої ймовірності аномально витраченого часу. По ній судять наскільки порівняні час, витрачене студентами на виконання завдання. Аналіз здійснюється виходячи із часу фактично витраченого студентами для виконання завдань тесту ($T_{i,j}$). Для цього розраховується середній час виконання одного тестового завдання

$$T_{cp} = \frac{\sum_{j=1}^{n_z} \sum_{i=1}^{m_{c_j}} T_{i,j}}{m_c},$$

середньоквадратичне відхилення витрат часу

$$S_t = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_z} \sum_{i=1}^{m_{c_j}} (T_{i,j} - T_{cp})^2}{n}}$$

і розрахункове значення $h1_p$, що порівнюється із критеріальним $h1_{кр}$

$$\frac{|T_{i,j} - T_{cp}|}{S_t} = h1_{i,j} \leq h1_{кр}.$$

Якщо умова задовольняється, то вважається, що час виконання аналізованого тестового завдання порівнянно з генеральними середніми оцінками витрат часу й таке завдання не вимагає модифікації або видалення. У протилежному випадку тестове завдання рекомендується перефразувати або виключити зі списку завдань тесту.

Остаточні рекомендації про необхідність зміни або видалення аналізованого тестового завдання даються на основі статистичної обробки результатів виконання всіма студентами всіх завдань тесту.

Для цього розраховується величина

$$U_j = \frac{\sum_{j=1}^{m_{c_j}} Qa_{i,j}}{m_{c_j}} \cdot 100\% , \quad Qa_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{при } h1_{i,j} > h1_{кр} \\ 0 & \text{при } h1_{i,j} \leq h1_{кр} \end{cases} ,$$

що виражає відношення кількості виконаних завдань, що задовольняють критерію $h1$, до загального числа завдань тесту. По її значенню, вираженому у відсотках, роблять висновок про необхідність внесення змін у формулювання тестового завдання або про виключення прототипу завдання з тесту.

Неприпустимо більша ймовірність аномальних витрат часу (більше 5%) свідчить про те, що не витримана конструкція завдання, недостатньо чітко й зрозуміло сформульована інструкція для виконання або ж є інші причини, по яких частини студентів потрібно зайво багато або невиправдано часу на з'ясування змісту завдання і його виконання.

Слід зазначити, що, жодна із цих характеристик не може в повному обсязі охарактеризувати якість прототипу тестового завдання й по кожній з них

узятій окремо не можна апіорі встановити інші характеристики. Тільки сполучення перерахованих характеристик може дати інформацію для прийняття рішень про можливість використання прототипу для формування тестового завдання й включенні його в тест.

Найважливішою властивістю тесту як вимірювального інструмента є його стійкість до впливу сторонніх випадкових факторів, що характеризується надійністю результатів тестування. При цьому надійним вважається тест, що при однотипних способах організації й проведення контрольних заходів дає повторювані результати для студентів з однаковим рівнем знань.

Усе різноманіття існуючих методів визначення надійності тестів можна звести до двох основного. Перший полягає в порівнянні результатів тестування проведеного неодноразово через певний проміжок часу з однієї й тією же вибіркою студентів або одночасно зі студентами декількох однотипних по складі груп [22, 26]. Про надійність тесту в цьому випадку судять по кореляції оцінок, отриманих студентами при послідовно або паралельно проведеному тестуванні. При всіх достоїнствах методу його не можна рекомендувати для використання в імітаційній моделі тестування тому що на практиці складно створити такі умови, щоб студенти при повторному тестуванні перебували в однаковому розумовому й фізичному стані, не запам'ятовували відповіді й не могли скористатися придбаною навичкою роботи з тим самим тестом. Ще більш складно сформувані для одночасного тестування статистично однорідні студентські групи.

Відповідно до іншого методу тест розбивається на дві порівнянні частини й проводиться однократне тестування з фіксуванням результатів, досягнутих студентами окремо по кожній із частин тесту. Тоді про ступінь надійності судять по кореляції оцінок, отриманих за результатами виконання завдань, що становлять розділені частини тесту (формула Спірмена-Брауна [32]):

$$R_{yy} = \frac{2 \cdot R_b}{1 + R_b},$$

де R_b - кореляція між половинами тесту.

Істотним у цьому методі є вибір способу поділу тесту на дві частини, тому що залежно від состава кожної із частин тесту міняються й обчислені значення коефіцієнта R_{yy} . Оскільки в найпоширенішій процедурі поділу тесту по парних і непарних номерах тестових завдань однорідність обох частин тесту гарантується тільки при досить великій кількості прототипів завдань у тесті, в імітаційній моделі пропонуються тести обмеженої довжини ділити на частині таким чином, щоб складові їхні прототипи завдань мали однакову сумарну складність. Для цього рекомендується використати алгоритм формування тесту, викладений у п. 1.3.5.2

У висновку відзначимо, що рівень знань і успішність навчання є інтегруючим проявом великої кількості факторів, що діють у процесі навчання. Те, наскільки добре студенти здадуть іспит, залежить і від самих студентів і від викладачів і від методичного, організаційного забезпечення навчального процесу й т.д. Будь-які зміни в навчальному процесі, у тому числі й у процедурах контролю, можуть привести до перекручування статистичної картини тестування. В імітаційній моделі більшість рішень приймається на основі статистичного аналізу сумарних оцінок, набраних студентами при тестуванні, і тому перед підведенням підсумків контролю необхідно оцінити статистичну істотність внесених протягом семестру змін. Зробити це можна по величині коефіцієнта вірогідності статистичних відмінностей [51, 57], що стосовно до вірогідності відмінності в результатах тестування можна виразити залежністю

$$K_o = \frac{|B_{cp} - B_{cp}^*|}{\sqrt{\frac{\Delta sum + \Delta sum^*}{n + n^* - 2} \cdot \frac{n + n^*}{n \cdot n^*}}}$$

де $B_{cp}, B_{cp}^*, \Delta sum, \Delta sum^*$ - статистичні характеристики, що розраховують по всіх балах ($B_{i,j}$), отриманим всіма студентами при виконанні всіх завдань до й після (*) внесення змін у навчальний процес

$$\Delta sum = \sum_{j=1}^{n_z} \sum_{i=1}^{m_{c_j}} B_{i,j}^2 - \frac{\left(\sum_{j=1}^{n_z} \sum_{i=1}^{m_{c_j}} B_{i,j} \right)^2}{m_c}$$

Вірогідність відмінностей перевіряється за критерієм Стюдента (S_k). Якщо $K_0 < S_k$, то робиться вивід про відсутність статистично значимих змін у навчальному процесі за час минуле після останнього із проведених тестових контролів і підведення підсумків тестування варто робити по узагальненій вибірці. Якщо $K_0 \geq S_k$, те варто вважати, що такий вплив установлений і рекомендується в статистичних оцінках не враховувати результати, отримані на попередніх сесіях тестування.

1.3.10 Комп'ютерна реалізація

Усі пропонувані нововведення реалізовані в комп'ютерному програмному комплексі SSUquestionnaire, що призначений для комп'ютеризованого й безмашинного тестового контролю знань. Програмний комплекс складається з WWW-модуля, серверної й клієнтської частин. WWW-сервер Microsoft Internet Information Services 5.1 і вище.

Браузером при здачі тесту може бути Internet Explorer версії 5.5 і вище.

Виконуючим середовищем є платформа Microsoft .NET 3.5.

База даних реалізована на SQL Server 2008 (можливе використання SQL Server Express).

Коректність роботи гарантується на платформі Microsoft Windows 2000/XP/2003/Vista.

Комп'ютеризований контроль може здійснюватися з використанням мережних технологій або генеруванням тестових завдань із наступним контролем на локальній машині. При безмашинному контролі формуються бланки тестових завдань для студентів і картки відповідей по варіантах завдань.

Для підвищення вірогідності оцінки знань у версії 4.9 реалізовано:

- автоматизоване проектування типових питань "Зіставлення", "Класифікація", "Позиціювання", "Уведення символів", "Підтвердження", "Вибір відповіді", "Підстановка", "Упорядкованість", "По ключових словах", "Виправлення", "Послідовний вибір", "Послідовність дій";

- алгоритми нечіткої логіки, що дозволяє при відповіді оперувати не тільки класичними значеннями логічних змінних "неправда" і "істина", але й уживати їхні проміжні значення;

- проектний (на етапі розробки тестових питань) і коректувальний (за результатами тестування) розрахунки індексів складності, що визначають ступінь труднощів питання стосовно інших питань;

- розрахунок кількості питань у тестовому завданні; - оптимізація тестових завдань із використанням генетичних алгоритмів;

- дворівневий контроль і розрахунок чисельних значень критеріїв, при яких варто організовувати додаткові сесії контролю;

- переклад наведеної суми набраних балів по відповідях на всі питання до показників успішності навчання;

- облік результатів тестування та розрахунок імовірнісних характеристик, що визначають необхідність внесення змін у формулювання або видалення некоректно сформульованих питань;

- технологія тонкого клієнта для дистанційного контролю знань, що підвищує захищеність мережних сесій тестування від втручання ззовні;

- ведення текстового перелогу-файлу, аудіо, фото й відео протоколів, що дозволяє документувати процес тестування й ідентифікувати студентів.

Основні діалогові вікна програми показано на рисунках 1.14 і 1.15.

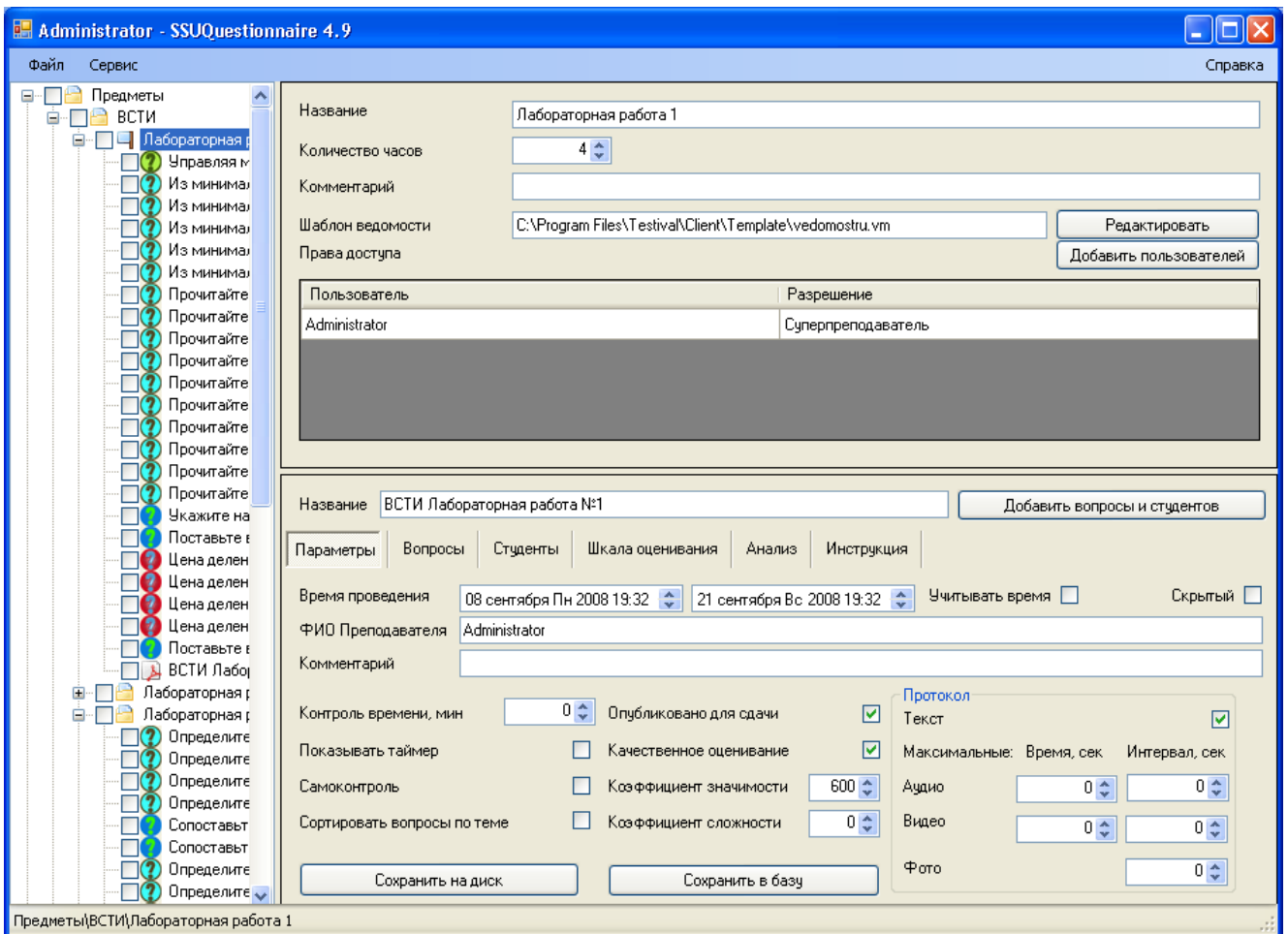


Рисунок 1.14 - Приклад діалогового вікна програми SSUquestionnaire у режимі конструювання тестів

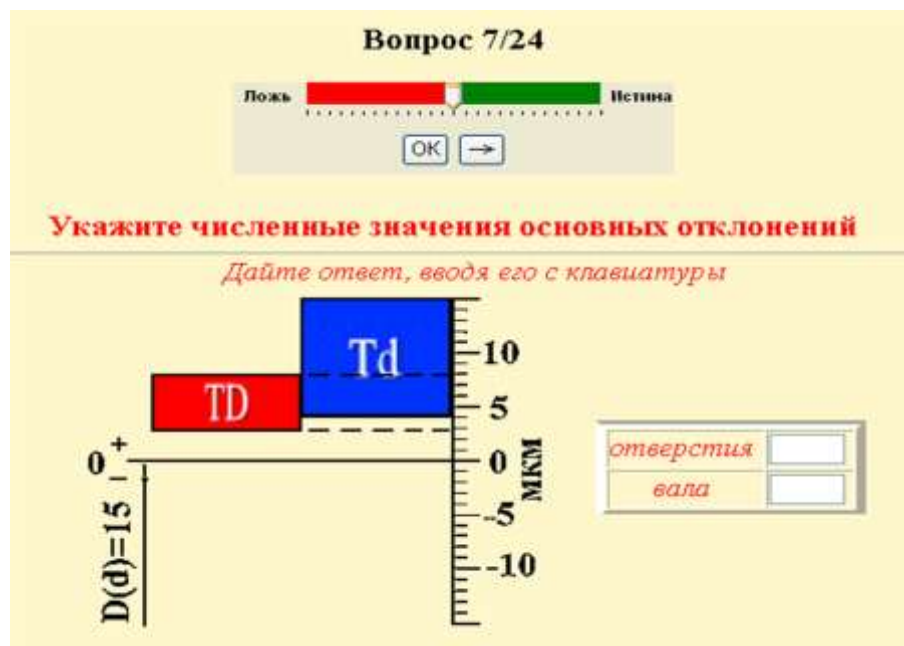


Рисунок 1.15 - Приклад діалогового вікна студента

Програма має російський, український, і англomовний інтерфейси й файли допомоги з докладним описом методики й технології роботи.

Більш докладна інформація про програму наведена на сайті програми за адресою www.test.sumdu.edu.ua

2. АНАЛІЗ І СИНТЕЗ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНИМ НАВЧАННЯМ

2.1 Формування класів еквівалентності в просторі ознак розпізнавання

Розглянемо поняття класів еквівалентності.

Нехай дано множину X , на якій задано бінарне відношення \sim . Тоді \sim називається відношенням еквівалентності якщо воно

- рефлексивне, тобто $\forall a \in X a \sim a$;
- симетричне, тобто $\forall a, b \in X (a \sim b) \Rightarrow (b \sim a)$;
- транзитивне, тобто $\forall a, b, c \in X (a \sim b) \wedge (b \sim c) \Rightarrow (a \sim c)$.

Підмножина елементів, еквівалентних даному елементу, називається класом еквівалентності, тобто $[a] = \{b \in X \mid a \sim b\}$.

Нехай $a, b \in X$. Тоді або $[a] \cap [b] = \emptyset$, або $[a] = [b]$. Таким чином відношення еквівалентності породжує розбиття множини на класи еквівалентності, що не перетинаються. Сукупність таких класів створює множину, що називається фактор-множиною та позначається X / \sim .

Класифікація ознак розпізнавання (ОР) за еквівалентними класами має важливе значення з точки зору їх використання у СКДН.

Викладач складає множину тестів, яка має багато запитань, але студентам, що їх здають потрапляє лише частина, і за ними викладач оцінює рівень знань студента. Розбиття ознак на еквівалентні класи є актуальним в адаптивній СКДН, так як дозволяє отримувати декілька наборів тестів, які гарантують однакою рівень оцінювання, при різних наборах запитань в тесті. Це дозволяє:

1. Уникнути проблеми із «несправедливим» оцінюванням, коли в одному наборі запитання виявляються важчими ніж у іншому.
2. Створювати декілька комбінацій тестових запитань, які мають однакою складність, а отже і оцінюються системою однаково.

Розбиття на класи еквівалентності ознак базується на методах визначенні інформативності окремих ознак, та їх груп.

Оцінка інформативності визначає ефективність використання певної ознаки розпізнавання або групи таких ознак – словника ОР. Методи оцінки інформативності поділяють на фільтри (методи попередньої обробки) та вкладені методи. Фільтри використовують елементи теорії інформації, що робить їх найбільш універсальними методами оцінки. Недоліком фільтрів можна вважати те, що вони безпосередньо не використовують інформацію про класифікаційні особливості ОР [77]. Вкладені методи навпаки базуються на оцінці того, наскільки ефективно проводиться класифікація з використанням даної ознаки або словника ОР, що вказує на наявність певних симбіотичних відносин між ними та системою класифікації. Завдяки цьому вкладені методи характеризуються більш якісними, ніж фільтри, результатами, але втрачають в оперативності та універсальності. Крім того застосування вкладених методів може бути проблематичним для деяких особливо специфічних класифікаторів.

Таким чином, на базі проведеного огляду можна зробити висновок, що оцінка інформативності ознак є основною складовою алгоритмів формування класів еквівалентності в просторі ознак розпізнавання. Тому перспективною є розробка таких алгоритмів в рамках сучасних технологій синтезу СК, що навчаються, з використанням ефективних алгоритмів оцінки інформативності.

Розглянемо модифікацію методу синтезу СКДН, що навчається на базі ІЕІ-технологій [69], яка має можливість формування класів еквівалентності, що дозволить підвищити ефективність навчання системи.

Математичну модель розбиття ОР на класи еквівалентності за ІЕІ-технологією можна описати як додатковий контур оптимізації в алгоритмі навчання СКДН. Модифікований алгоритм подамо у вигляді діаграми відображень множин (рис. 2.1)

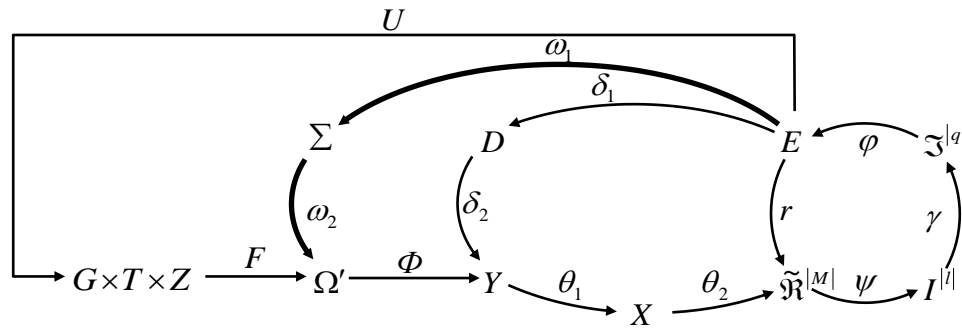


Рисунок 2.1 – Модель визначення еквівалентних ОР за ІЕІ-технологією,

На рис 2.1 прийнято такі позначення: Ω' - словник ознак розпізнавання; Σ - множина класів еквівалентності класів розпізнавання; ω_1 - оператор формування класів еквівалентності; ω_2 - оператор формування словника ОР.

Введений контур оптимізації $\boxed{\Phi \rightarrow \theta \rightarrow \psi \rightarrow \gamma \rightarrow \varphi \rightarrow \omega}$, що виділено на діаграмі, за допомогою оператора $\omega: E \rightarrow \Omega$ на базі критерію еквівалентності ОР формує класи еквівалентності для кожної з ознак базового словника. При оцінці еквівалентності проводиться заміна ОР з базового словника на ОР з альтернативного словника. Таким чином, на кожному кроці оцінки еквівалентності формується новий варіант словника ОР. Для такого варіанту словника проводиться етап навчання СКДН за алгоритмом, який подано у праці []. При цьому оптимізуються в інформаційному розумінні геометричні параметри контейнерів класів розпізнавання. Ця процедура включає обчислення точнісних характеристик і критерію функціональної ефективності (КФЕ) як для кожного класу розпізнавання, так і для системи в цілому на кожному кроці оптимізації.

На ефективність навчання СКДН значно впливає використання контуру оптимізації системи контрольних допусків (СКД) на ОР. Алгоритм оптимізації контрольних допусків за ІЕІ-технологією, полягає у наближенні глобального максимуму інформаційного критерію оптимізації до його грайичного значення в робочій області визначення функції. Введемо такі позначення:

$$x = \langle x_1, \dots, x_i, \dots, x_N \rangle \quad \text{– структурований вектор ознак розпізнавання;}$$

$\delta_K = \langle \delta_{K,1}, \dots, \delta_{K,i}, \dots, \delta_{K,N} \rangle$ – структурований вектор стартових параметрів контрольних допусків на ознаки розпізнавання;

l – кількість прогонів ітераційної процедури послідовної оптимізації контрольних допусків;

$E_{1\max}^{(l)}(x, \delta)$ – максимальне значення КФЕ в робочій області його визначення при l -му прогоні ітераційної процедури;

E_1^* – найбільший глобальний максимум функції КФЕ в області її значень;

$\delta_{K,i}^{(l)}$ – значення параметра поля контрольних допусків для i -ї ознаки, яке отримано при l -му прогоні ітераційної процедури та дорівнює половині інтервалу $[y_{1,i}^{(j)} \pm \delta_{K,i}^{(l)}]$;

$\delta_{K,i}^*$ – оптимальне значення поля контрольних допусків для i -ї ознаки:

$$\delta_{K,i}^* = \arg \max_{G_E} E_1^*$$

З урахуванням введених позначень алгоритм послідовної оптимізації поля контрольних допусків на ознаки розпізнавання приймає вигляд

$$\{\delta_{K,i}^*\} = \langle \arg \{ \max_{G_{\delta_i}} \{ \max_{G_E} \left[\bigotimes_{l=1}^L \max_{G_{d_1}} E_1^{(l)} \right] \} \} \rangle, i = \overline{1, N}, \quad (2.1.1)$$

де $G_{\delta_i}, G_E, G_{d_1}$ – області допустимих значень поля контрольних допусків для i -ої ознаки, критерію оптимізації і кодової відстані d_1 відповідно; \otimes – символ операції повторення.

Існує декілька можливих стратегій зміни поля допусків $\delta_{K,i}$, серед яких відзначимо дві основні: симетрична стратегія S_1 , яка є виправданою, наприклад, за умови співпадання номінального значення A_0 з центром розсіювання реалізацій образу і асиметрична стратегія S_2 , яка має місце при неспівпа-

данні значення A_0 з емпіричним центром розсіювання реалізацій. Оптимізація СКД за МФСВ принципово може здійснюватися за трьома алгоритмами:

- послідовний алгоритм TEACHING-1, при якому контрольні допуски оптимізуються послідовно для кожної ОР при фіксованих значеннях інших ознак;
- паралельний алгоритм TEACHING-2, при якому контрольні допуски оптимізуються для всіх ознак одночасно;
- алгоритм оптимізації за зведеним полем допусків.

Використання послідовного алгоритму доцільно в загальному випадку, коли ОР складають різнофакторні групи. Паралельний алгоритм доцільно використовувати за умови, що ОР відбивають вплив одного фактора. Алгоритм оптимізації СКД за зведеним полем допусків може розглядатися як узагальнення послідовного та паралельного алгоритмів за наявності різних шкал виміру ОР.

Формування критерію еквівалентності є основною проблемою при розбитті ознак розпізнавання на класи еквівалентності. Так при оцінці еквівалентності однієї ознаки альтернативного словника до певної ознаки базового словника, тобто перевірки можливості включення цієї ОР до певного класу еквівалентності, застосовується КФЕ на базі інформаційної міри Кульбака.

Враховуючи те, що така міра визначається при оптимізації контейнера кожного з класів розпізнавання, для оцінки еквівалентності було запропоновано дві міри. Перша міра еквівалентності має такий вигляд:

$$Q = \frac{\sum_k E_{\sigma}^{(k)}}{m} - \frac{\sum_k E_{\text{альт}}^{(k)}}{m}, \quad (2.1.2)$$

де $E_{\sigma}^{(k)}$ – КФЕ k -ого класу розпізнавання базового словника,

$E_{\text{альт}}^{(k)}$ – КФЕ k -ого класу розпізнавання альтернативного словника,

m – кількість класів розпізнавання.

Міра (2.1.2) дозволяє оцінити еквівалентність, використовуючи усереднене значення КФЕ для СКДН в цілому. Друга міра еквівалентності є більш деталізованою й обчислюється за виразом

$$Q' = \sqrt{\sum_k^m (E_{\sigma}^{(k)} - E_{альт}^{(k)})^2}. \quad (2.1.3)$$

Міра (2.1.3) оцінює еквівалентність ОР з альтернативного словника до ознаки з базового словника з урахуванням її впливу на ефективність контейнера кожного з класів розпізнавання окремо. Ця міра дозволяє встановити належність ОР до групи еквівалентних, не еквівалентних, або альтернативних ОР. Нажаль її основним недоліком є те, що ця міра не чутлива до зміни КФЕ окремого класу розпізнавання. Таким чином, при її застосуванні можлива помилка у віднесенні ОР з альтернативного словника до певної групи. Наприклад, при одночасному збільшенні і зменшенні КФЕ на однакове значення у пари класів в процесі оцінки еквівалентності певної ОР, вона буде помилково віднесена до групи еквівалентних.

Таким чином, міра (2.1.2) вказує на скільки змінились значення КФЕ по кожному з класів в процесі оцінки еквівалентності. І хоч вона не може віднести ОР з альтернативного словника до однієї з вищезазначених груп, але здатна уточнити їх склад. Крім того така міра може бути використана для ранжування ОР в кожному класі еквівалентності. Такі упорядковані класи використовуються при формуванні еквівалентних варіантів словників ОР, які відповідають окремим варіантам тестових завдань.

2.2 Формування навчальної матриці

Розв'язання поставленої задачі будемо проводити для чотирьох класів, тобто для оцінки рівня знань студентів на „2”, „3”, „4” і „5” балів. Класи отримані в процесі перевірки знань студентів по дисципліні „Інтелектуальні

системи” . Тестові запитання складаються на базі матеріалу, який вивчався студентами дистанційної форми навчання, і складає основу відповідного дистанційного курсу. При цьому однією з умов є невелика (менше 15) кількість тестів, що має розв’язати кожен студент. Відповідь на кожний з тестів оцінювалася за 100 бальною шкалою.

У нашому випадку початковий словник ознак розпізнавання для оцінки функціонального стану знань кожного студента складався із 28 ознак розпізнавання. Нормоване поле допусків на кожен ознаку однакове: верхній допуск 100 балів, нижній 0 балів. Априорний алфавіт класів розпізнавання складався із чотирьох класів. При цьому базовий клас X_1^0 відповідав функціональному стану знань “2”, X_2^0 - “3”, X_3^0 - “4”, а X_4^0 - “5”. Кількість реалізацій для кожного з класів 35.

Крім того було виділено множину ознак розпізнавання, на базі яких будуть формуватися класи еквівалентності, тобто початковий словник ОР розділяється на дві множини ознак, що не перетинаються. Таким чином, формуються базовий словник і словник альтернативних ОР.

2.3 Алгоритм формування класів еквівалентних ознак розпізнавання

Призначенням алгоритму є оцінка еквівалентності ОР з альтернативного словника до кожної ОР з базового словника і формування класів еквівалентності за її результатами, що реалізується операторами контуру оптимізації згідно діаграми (рис. 2.1) відображення множин, застосованих в процесі навчання СКДН.

Розглянемо кроки реалізації алгоритму розбиття ознак розпізнавання на еквівалентні класи:

1. Вибираємо N_p ознак розпізнавання з початкового словника, тим самим формуючи базовий словник ОР.
2. Вибираємо N ознак, що складають словник альтернативних ознак.

3. Проводимо навчання СКДН за алгоритмом паралельної оптимізації СКД для базового словника.
4. Ініціалізуємо лічильник класів еквівалентності у базовому словнику i .
5. Ініціалізуємо лічильник альтернативних ознак ip .
6. Заміна ознаки i на ip .
7. Проводимо навчання СКДН за алгоритмом паралельної оптимізації СКД для поточного словника.
8. Визначення еквівалентності ОР для i -ї ОР .
9. Збільшуємо значення лічильника ip .
10. Якщо $ip \leq N$, то пункт 6, інакше пункт 11.
11. Розбиття ознак на множини альтернативних , еквівалентних та не еквівалентних ознак за значенням критерія (6)
12. Ранжування альтернативних ОР за критерієм (7).
13. Збільшуємо значення лічильника i .
14. Якщо $i \leq Np$, то пункт 5, інакше пункт 15.
15. Формування результуючої таблиці класів еквівалентності.
16. Зупин. Цей алгоритм розбиває початковий словник ОР на два словники: базовий і альтернативний. Послідовно замінюючи ОР, визначаються міри еквівалентності для кожної ознаки із альтернативного словника.

У результаті виконання цього алгоритму отримаємо таблицю, в якій для кожної ознаки із базового класу у відповідності будуть поставлені еквівалентні та альтернативні ОР із словника альтернативних ознак. Алгоритм дозволить вивести детальну інформацію про кожну ОР та оцінити на скільки альтернативні ознаки є близькими до еквівалентних.

Так, використовуючи в пункті 8 деталізовану оцінку еквівалентності (2.5.1), можна визначити вплив даної ознаки на ефективність відповідного класифікатора.

2.4 Короткий опис програмної реалізації алгоритму формування класів еквівалентних ознак розпізнавання

Алгоритм було реалізовано за допомогою середовища розробки Borland Delphi 7 у вигляді модуля EKVIVAL.PAS.

На рис. 2.2 наведено зовнішній вигляд інтерфейсу програми алгоритму формування класів еквівалентних ОР.

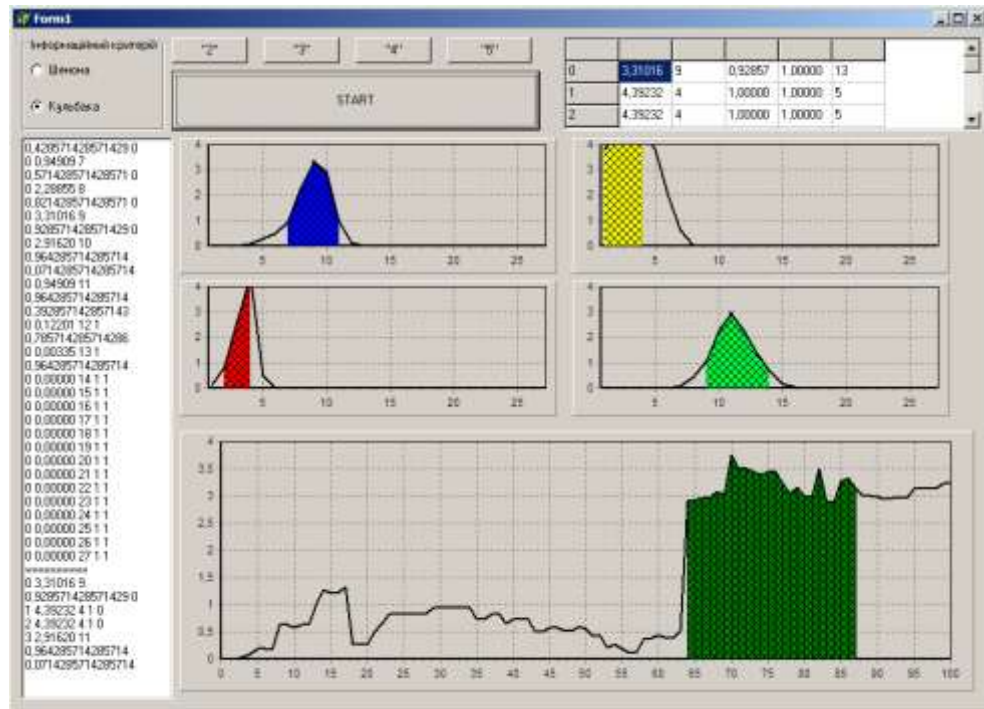


Рисунок 2.2 –Інтерфейс програми

Використання даного модуля дозволяє проводити навчання СКДН в рамках ІЕІТ за базовим алгоритмом, його модифікаціями та проводити розбиття ознак на класи еквівалентності.

Основні процедури даного модуля подано в табл. 2.1.

Керування програмою виконується за допомогою кнопок. Навчальна матриця для кожного з класів завантажується за допомогою відповідних кнопок. Процес навчання разом з паралельною оцінкою інформативності ознак за традиційним підходом та розробленим алгоритмом розпочинається натисненням кнопки „START”.

Таблиця 2.1 – Основні процедури модуля EKVIVAL.PAS.

№	Назва процедури	Короткий опис
1	Function INFK (my_k:integer; INFK_d:integer; var INFK_D1:real; var INFK_betta:real):real;	Обчислення значення інформаційного критерію та точносних характеристик <i>INFK_D1</i> та <i>INFK_betta</i> .
2	Procedure Make_SD (sd:real;my_k:integer);	Завдання системи допусків як відхилення від середнього по реалізаціях класу <i>my_k</i> на кодову відстань <i>sd</i>
3	Procedure Make_BM;	Формування бінарної навчальної матриці
4	Procedure Make_EV;	Формування еталонних векторів
5	Procedure Make_PARA;	Розбиття еталонних векторів на пари сусідніх
6	Procedure Make_DO;	Побудова роздільних гіперповерхонь
7	Procedure Make_SK (my_k:integer);	Заповнення масиву кодкових відстаней від еталонного вектора до кожної реалізації класу <i>my_k</i>
8	Procedure Make_Y (k:integer);	процедура завантаження з файлів навчальної матриці класу X_k° ;
9	Procedure Y_2toY (k:integer);	Процедура розбиття словника ознак на базовий та альтернативний словники

Результати формування класів еквівалентних ознак розпізнавання та оптимальні параметри СКДН записуються в текстові файли, перший рядок яких містить інформацію про їх зміст. Крім того візуалізація процесу навчання проводиться за допомогою графіків, що відображають динаміку зміни КФЕ в залежності від значень геометричних параметрів класів розпізнавання та параметрів СКД. Програмний код розробленої системи наведено в додатку.

2.5 Результати моделювання алгоритму формування класів еквівалентних ознак розпізнавання

На базі початкового словника ОР, який містив 28 ОР, було сформовано базовий словник з 14 ОР, інші 14 ОР увійшли до альтернативного словника. Для зручності всі ознаки із базового словника були пронумеровані від 0 до 13, а ознаки із словника альтернативних ознак від 14 до 27.

Згідно розробленого алгоритму на нульовій ітерації процесу формування класів еквівалентності було проведено оптимізацію параметрів навчання СКДН. На рис. 2.3 подано результати оптимізації СКД за паралельним алгоритмом.

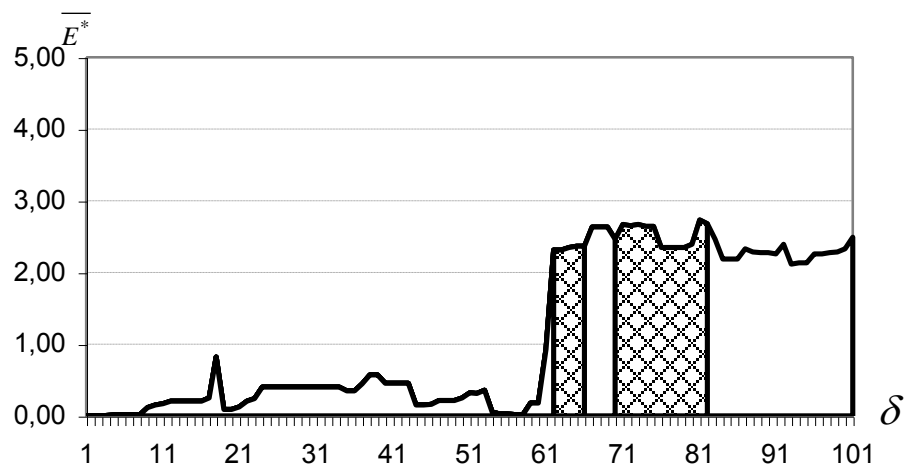


Рисунок 2.3 – Динаміка зміни усередненого КФЕ при паралельній оптимізації СКД

Аналіз рис. 2.3 показує, що максимального значення КФЕ дорівнює $\overline{E}^* = 2,7254$. При цьому оптимальне значення параметра СКД дорівнює $\delta^* = 80$. Процес оптимізації геометричних параметрів контейнерів класів розпізнавання при оптимальному значенні СКД ілюструє рис. 2.4.

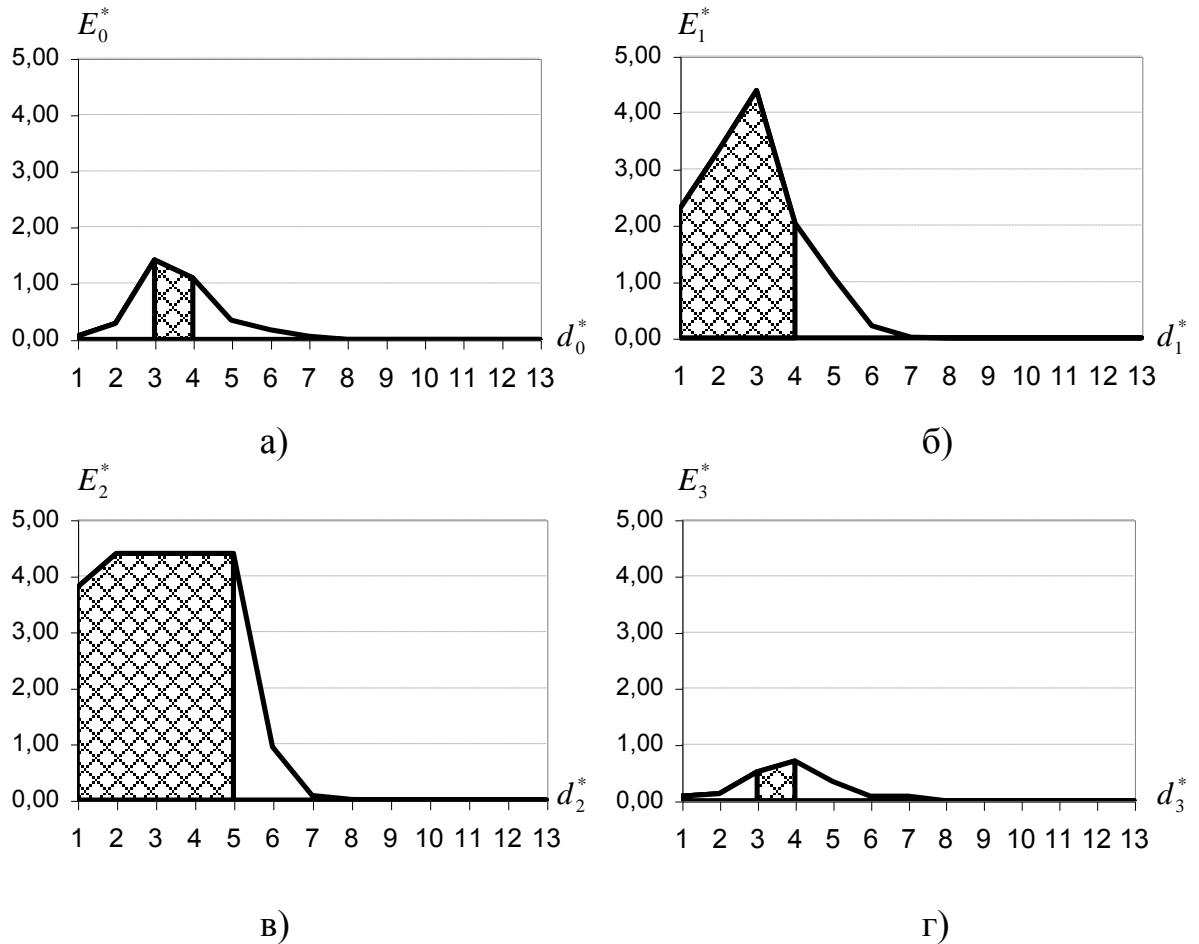


Рисунок 2.4. Графіки КФЕ при оптимізації геометричних параметрів класів розпізнавання: а) контейнер класу X_0^o - ‘‘відмінно’’; б) контейнер класу X_1^o - ‘‘добре’’; в) контейнер класу X_2^o - ‘‘задовільно’’; г) контейнер класу X_3^o - ‘‘незадовільно’’.

Таким чином, оптимальні значення геометричних параметрів дорівнюють для базового класу $d^*_0=3$, для першого $d^*_1=2$, для другого $d^*_2=3$, для третього $d^*_3=4$, відповідно міжцентрова відстань для базового класу– $d^*_c=5$, для першого класу– $d^*_c=5$, для другого класу– $d^*_c=6$, для третього класу – $d^*_c=5$. Враховуючи те, що сусідом для базового класу був третій клас, для першого – базовий клас, для другого – перший, для третього – базовий, то можна зробити висновок, що класи значно перетинаються. Це підтверджують максимальні значення КФЕ та значення точнісних характеристик системи:

- для базового класу $E^*_0 = 1,24096$; $D1_0 = 0,68$; $\beta_0 = 0$,

- для першого – $E^*_1 = 4,39232$; $D1_1 = 1,00$; $\beta_1 = 0$,
- для другого – $E^*_2 = 4,39232$; $D1_2 = 1,00$; $\beta_2 = 0$,
- для третього – $E^*_3 = 0,70751$; $D1_3 = 0,82$; $\beta_3 = 0,32$.

Таким чином, класифікатор, що було побудовано на основі базового словника ОР не є безпомилковим. Ця проблема може бути вирішена за допомогою додаткової оптимізації параметрів функціонування СКДН або повторного формування базового словника ОР. Незважаючи на це, розроблений алгоритм дозволяє розв'язати задачу формування класів еквівалентності і для такого не оптимального з точки зору теорії автоматичної класифікації випадку.

На рис. 2.5 подано процес оцінки еквівалентності ОР при формуванні першого класу еквівалентності, за відповідним алгоритмом.

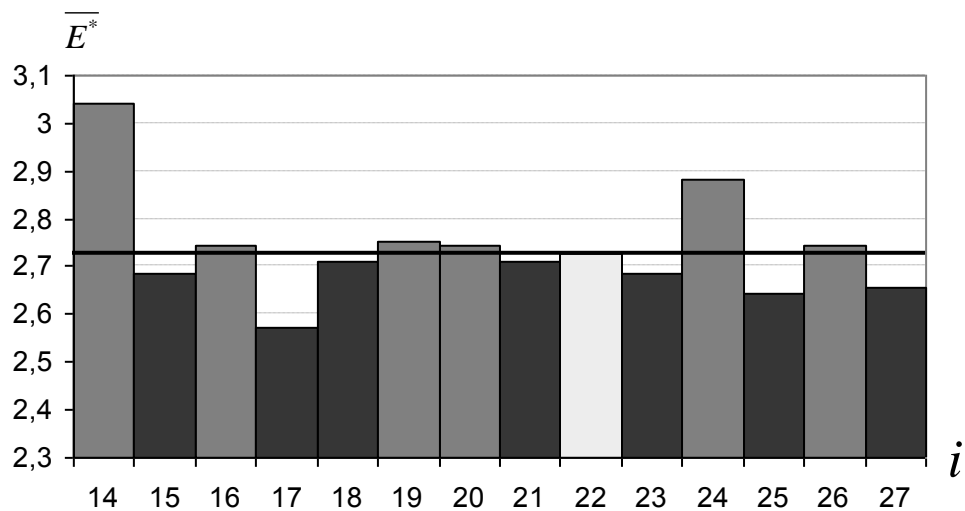


Рисунок 2.5 – Діаграма оцінювання еквівалентності ОР

На рис. 2.5 показана динаміка зміни середнього значення КФЕ в процесі формування першого класу еквівалентності. В процесі розбиття ознак розпізнавання на класи еквівалентності на кожному кроці формувалися варіанти словників ознак розпізнавання з потужністю, що рівна потужності поточного словника ОР, для яких проводилася оптимізація параметрів навчання и обчислювалося максимальне усереднене значення КФЕ. Горизонтальна неперервна

лінія показує усереднене значення КФЕ для базового словника, а різнокольорові прямокутники – усереднене значення КФЕ при таких варіантах базового словника, в яких перша ознака була замінена на ОР з альтернативного словника з номером i . Результати застосування міри еквівалентності (2.1.2) в цьому процесі наведено на рис. 2.6

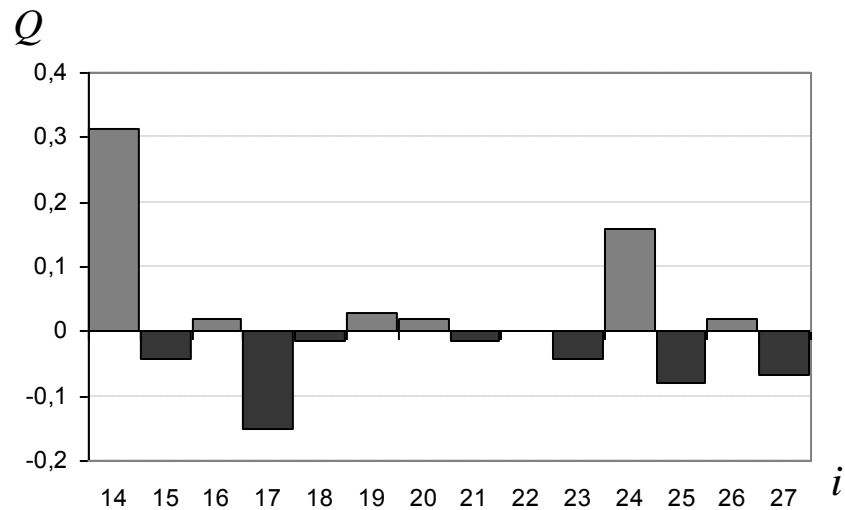


Рисунок 2.6 – Діаграма оцінювання еквівалентності ОР

Аналіз результатів оцінки еквівалентності за мірою (2.1.2) дозволяють розбити альтернативний словник на три групи:

- еквівалентні ОР – {22},
- не еквівалентні ОР – {15, 17, 18, 21, 23, 25, 27},
- альтернативні ОР – {14, 16, 19, 20, 24, 26}.

Відповідно на рис. 2.6 білим кольором помічені ті ознаки, що є еквівалентними, чорним – не еквівалентні, а сірим – альтернативні.

Паралельно з оцінкою еквівалентності за першою мірою еквівалентності (2.1.2), застосовувалась деталізована міра еквівалентності (2.1.3), результати оцінки якої показано на рис. 2.7.

Q'

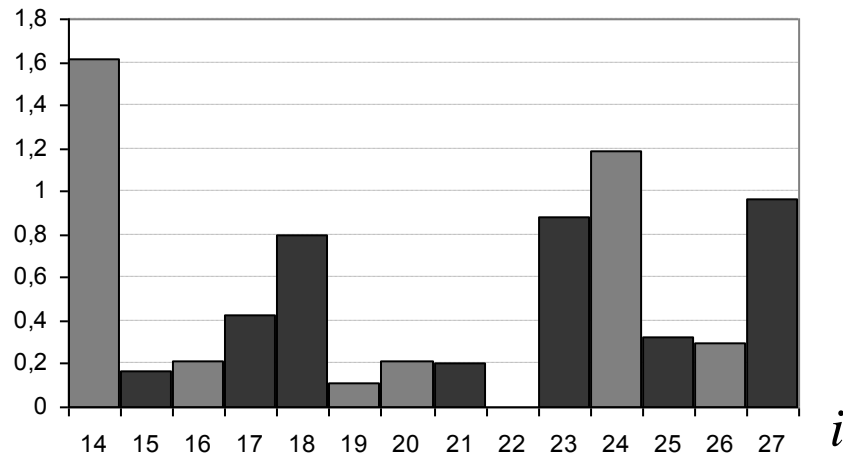


Рисунок 2.7 – Результати оцінювання ОР за деталізованою мірою еквівалентності

Аналіз результатів оцінки еквівалентності за мірою (2.1.3) показує, що ознака під номером 22 альтернативного словника (на рис.2.7 зображена білим кольором) є еквівалентною до нульової ознаки із базового словника, оскільки вона не змінює як ефективність функціонування СКДН в цілому, так і по класифікатору кожного з класів розпізнавання. Ознаки, що позначені чорним кольором, а саме 15, 17, 18, 21, 23, 25, 27 є не еквівалентними, оскільки знижують ефективність функціонування СКДН, а тому їх не бажано використовувати в варіанті завдання, оскільки це може призвести до його ускладнення або спрощення для розв'язання студентом і можливих помилок при оцінюванні його знань. Ознаки показані сірим кольором, а саме 14, 16, 19, 20, 24, 26, збільшують ефективність функціонування СКДН, тому вони є альтернативними. Підвищення функціонування СКДН дозволить краще розрізняти класи один від одного. Питання про заміну цієї ознаки у базовому словнику покладається на думку експерта.

Крім того міра (2.1.3) дозволяє провести ранжування ОР з альтернативного словника за їх еквівалентністю до нульової ознаки базового словника. Таким чином, впорядкований перший клас еквівалентності ОР буде мати такий вигляд: 22, 19, 16, 20, 26, 24, 14.

У результаті виконання аналогічних дій відносно інших ОР базового словника для них також були сформовані класи еквівалентності (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Результат формування класів еквівалентності ОР

№ класу еквівалентності	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
№ ознак із альтернативного словника	22	24	25	14	16	25	26	15	23	23	21	21	14	15
	19	27	26	23	26	20	15	17	14	14	17	26	17	14
	16	15	20	24	20	16	27	14	24	18	15	18	23	18
	20	18	15	20	18	24	25	19	19	17	16	16	21	23
	26	22	16	16	25	15	20		17	20	25	20	24	27
	24	20	17	19	27	18	14		21	22	20	24	20	19
	14	25	19		24	19	17		25	27	22	15	25	17
		16			21	14			20	25	19	17	22	
		21			23				16	26	26	14	16	
		17			19				22	24			15	
		26			14				15	21				
		19							26	15				
										19				
										16				

У першому рядку табл. 2.2 показані 14 ознак із базового словника ОР, для яких формуються класи еквівалентності. У стовпчиках у порядку зменшення еквівалентності подано ознаки, що є еквівалентними або альтернативними. При цьому зафарбовані сірим кольором клітинки таблиці відповідають еквівалентним ОР, усі інші ознаки є альтернативними. Таким чином у другому рядку подані ознаки, що при заміні найменше впливають на процес функціонування СКДН.

Для перевірки результатів було сформовано еквівалентний словник, в якому половина ОР була замінена на еквівалентні до них чи альтернативні.

На рис. 2.8 показано процес оптимізації СКД для еквівалентного словника ОР за паралельним алгоритмом.

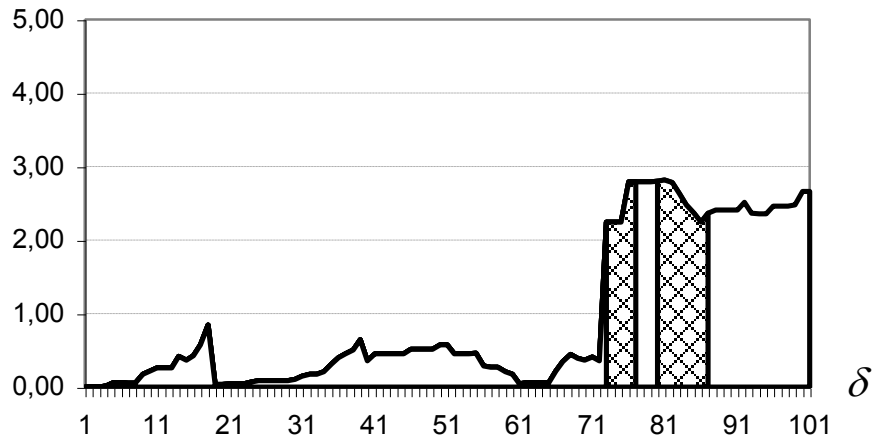


Рисунок 2.8 –Процес оптимізації СКД для еквівалентного словника ОР

Керування програмою виконується за допомогою кнопок. Навчальна матриця для кожного з класів завантажується за допомогою відповідних кнопок. Процес навчання разом з паралельною оцінкою інформативності ознак за традиційним підходом та розробленим алгоритмом розпочинається натисненням кнопки „START”.

На рис.2.8 усереднене значення КФЕ набуло свого максимального значення $\overline{E^*} = 2,81675$. При цьому оптимальним значенням параметра СКД дорівнює $\delta^* = 79$.

Динаміку зміни КФЕ залежно від геометричних параметрів класів розпізнавання подано на рис. 2.9. При цьому оптимальні значення геометричних параметрів дорівнюють для базового класу $d^*_0=4$, для першого $d^*_1=2$, для другого $d^*_2=3$, для третього $d^*_3=3$, відповідно міжцентрова відстань для базового класу – $d^*_c=5$, для першого класу – $d^*_c=4$, для другого класу – $d^*_c=4$, для третього класу – $d^*_c=5$. Враховуючи те, що сусідом для базового класу був третій клас, для першого – другий клас, для другого – перший, для третього – базовий, то можна зробити висновок, що класи перетинаються, але мають кращі точнісні характеристики у порівнянні з мірою (2.1.2).

Підтвердженням наявності перетину класів розпізнавання є значення максимумів КФЕ та точнісних характеристик навчання СКЛН:

- для базового класу $E^*_0 = 0,70751$; $D1_0 = 0,75$; $\beta_0 = 0,11$;
- для першого – $E^*_1 = 4,39232$; $D1_1 = 1,00$; $\beta_1 = 0,00$;
- для другого – $E^*_2 = 4,39232$; $D1_2 = 1,00$; $\beta_2 = 0,00$;
- для третього – $E^*_3 = 1,24119$; $D1_3 = 0,79$; $\beta_3 = 0,14$.

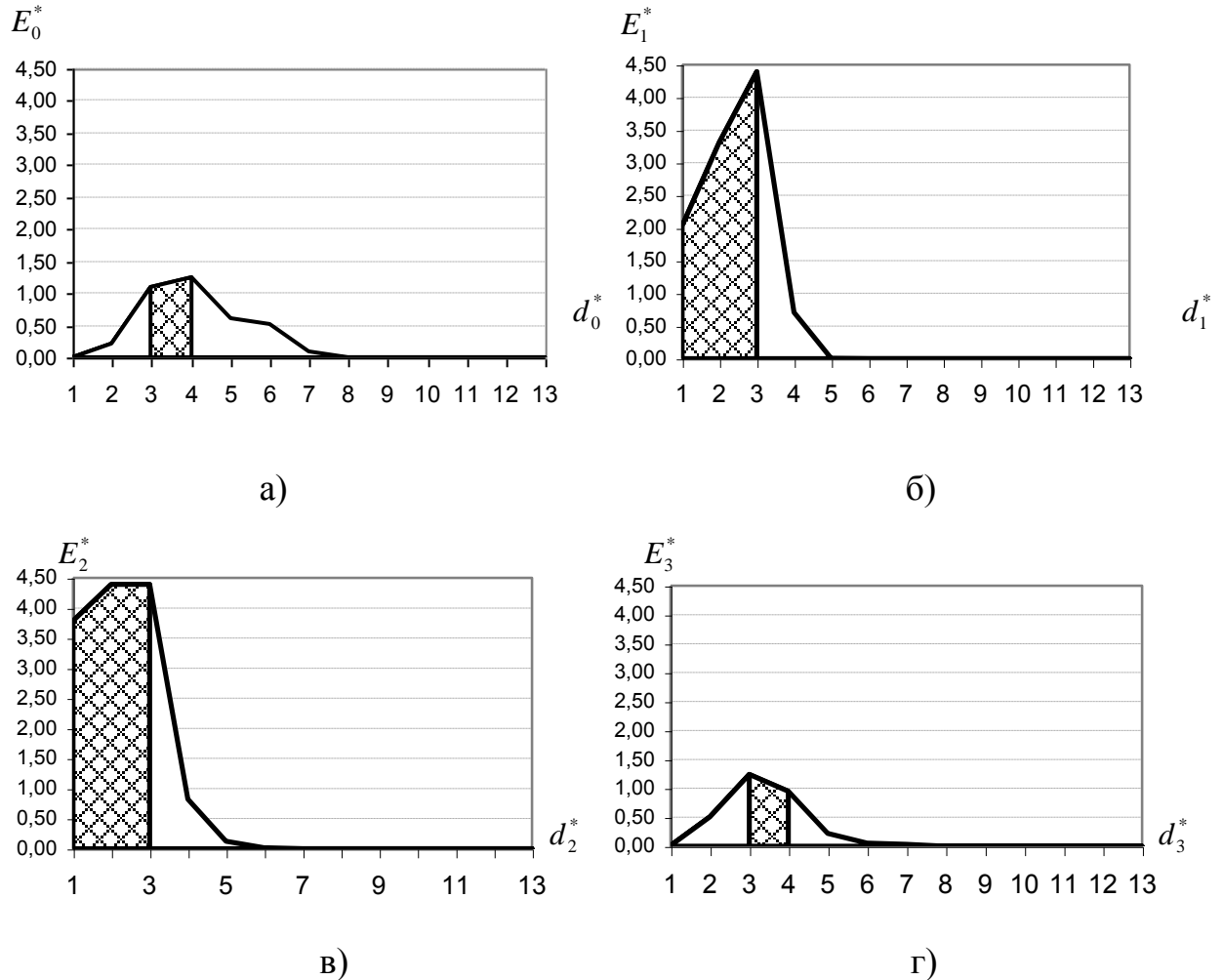


Рисунок 2.9 – Графіки зміни КФЕ при оптимізації геометричних параметрів класів розпізнавання: а) контейнер класу X_0^o - „відмінно”; б) контейнер класу X_1^o - „добре”; в) контейнер класу X_2^o - „задовільно”; г) контейнер класу X_3^o - „незадовільно”.

Таким чином, результати навчання СКДН для еквівалентного словника ОР вказують на доцільність його застосування замість базового словника ОР.

2.6 Математична модель оптимізації геометричних параметрів вкладених контейнерів класів розпізнавання

Розробка структури контейнерів класів розпізнавання для СКДН обумовлюється гіпотезою про наявність еталонного образу знань студента, який засвоїв матеріал дистанційного курсу в повному обсязі та заслуговує на оцінку „відмінно”. Інші образи знань, що відповідають оцінкам „добре”, „задовільно”, „незадовільно”, мають певний рівень відхилення від даного еталонного образу. Оскільки напрям відхилення, тобто частина курсу, яка була не повністю засвоєна студентом може бути будь-яка, то образи знань краще описуються вкладеною структурою. В центрі розміщується образ знань рівня „відмінно”, його обрамляє образ знань рівня „добре”, який в свою чергу обрамляється образом знань рівня „задовільно”. Останній образ „незадовільно” відповідає найвіддаленішим від еталонного рівням знань студентів і обрамляє образ знань рівня „задовільно”. При відтворенні контейнерів класів такої структури образів внесемо певні модифікації в розбиття $\tilde{\mathfrak{R}}^{|\mathcal{M}|}$ простору ознак розпізнавання. Змінимо форму контейнерів класів розпізнавання з гіперсферичної на вкладену гіперсферичну, тобто дозволимо створювати в середині контейнера порожнину гіперсферичної форми. Таким чином, кожен контейнер буде визначатися за допомогою трьох параметрів: центру контейнера x_k , внутрішнього $R_1^{(k)}$ та зовнішнього $R_2^{(k)}$ радіуса гіперсфери. Крім того для задачі оцінювання знань студента з використанням прийнятою раніше гіпотези необхідно ввести додаткове обмеження відносно центрів контейнерів класів розпізнавання:

$$x_5 = x_4 = x_3 = x_2 = \left(\underbrace{11\dots 1}_N \right) = x.$$

де N – потужність простору ознак розпізнавання.

Математичну модель оптимізації геометричних параметрів вкладених контейнерів класів розпізнавання в рамках ІЕІ-технології за базовим алгоритмом навчання СКДН, можна описати як модифікацію відповідного контуру оптимізації (рис. 2.1). Модифіковану математичну модель подамо у вигляді діаграми відображень множин (рис. 2.10).

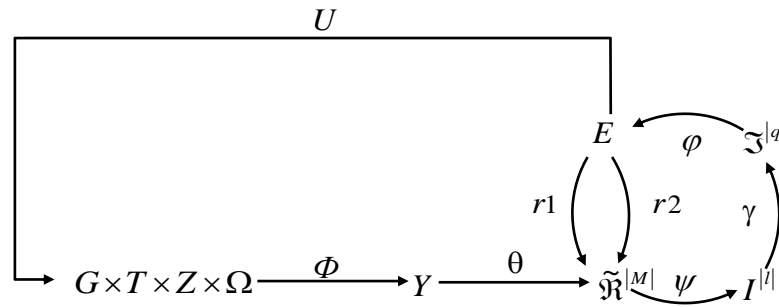


Рисунок 2.10 – Модель оптимізації геометричних параметрів вкладених контейнерів класів розпізнавання

Введені контури оптимізації внутрішнього $\psi \rightarrow \gamma \rightarrow \varphi \rightarrow r_1$ та зовнішнього $\psi \rightarrow \gamma \rightarrow \varphi \rightarrow r_2$ радіусів вкладених контейнерів класів розпізнавання безпосередньо оптимізують геометричні параметри розбиття $\tilde{\mathfrak{R}}^{|M|}$. Порядок оптимізації радіусів контейнера класу розпізнавання може бути довільний. Згідно з концепцією ІЕІ-технології оптимальними вважаються такі значення радіусів, що відповідають максимальному значенню КФЕ в робочій області.

2.7 Алгоритми навчання та екзамену СКДН

Застосування вкладених контейнерів класів розпізнавання вносить певні зміни в базовий алгоритм навчання СКДН в рамках ІЕІТ. Розглянемо кроки реалізації такого алгоритму за математичною моделлю, поданою на рис. 2.1:

1) Формування бінарної навчальної матриці $\|x_{m,i}^{(j)}\|$, елементи якої визначаються за правилом:

$$x_{m,i}^{(j)} = \begin{cases} 1, & \text{if } y_{m,i}^{(j)} \in \delta_{K,i}; \\ 0, & \text{if } y_{m,i}^{(j)} \notin \delta_{K,i}. \end{cases}$$

- 2) Формування одиничного еталонного вектора $x = \left(\underbrace{11\dots1}_N \right)$.
- 3) Ініціалізація лічильника класів $k = 2$.
- 4) Ініціалізація лічильника кроків оптимізації внутрішнього радіуса $R1 = 0$.
- 5) Ініціалізація лічильника кроків оптимізації зовнішнього радіуса $R2 = 0$.
- 6) Побудова вкладеного контейнеру класу з такими параметрами: центр контейнера x , внутрішній $R1$ та зовнішній $R2$ радіус вкладеної гіперсфери.
- 7) Обчислення точнісних характеристик, вибраного відповідного інформаційного КФЕ [59-74] та перевірка на знаходження його в робочій області.
- 8) Якщо $R2 < N$, то $R2 = R2 + 1$ та перехід на пункт 5.
- 9) Якщо $R1 < R2$, то $R1 = R1 + 1$ та перехід на пункт 6.
- 10) Процедура закінчується при знаходженні максимуму КФЕ в робочій області його визначення: $E_m^* = \max_{\{(R1,R2)\}} E_m$, де $\{R1, R2\}$ – множина радіусів вкладених гіперсфер, центр яких визначається вершиною x .

Застосування вкладених контейнерів класів розпізнавання потребує модифікувати стандартний вигляд функції належності. Нова функція належності реалізацій певному класу повинна враховувати вплив двох контейнерів класів: того, що обрамляє контейнер класу, і того, який обрамляється цим

контейнером. Зважаючи на можливість перетину вкладених контейнерів як по зовнішній межі, так і по внутрішній, запропонована трапецієвидна форма функції належності:

$$\mu_k(d) = \begin{cases} 0, & d < R_1^{(k)}; \\ \frac{d - R_1^{(k)}}{R_2^{(k-1)} - R_1^{(k)}}, & R_1^{(k)} \leq d < R_2^{(k-1)}; \\ 1, & R_2^{(k-1)} \leq d < R_1^{(k+1)}; \\ \frac{d - R_1^{(k+1)}}{R_2^{(k)} - R_1^{(k+1)}}, & R_1^{(k+1)} \leq d < R_2^{(k)}; \\ 0, & d \geq R_2^{(k)}; \end{cases}$$

де $R_1^{(k)}$ та $R_2^{(k)}$ - зовнішній і внутрішній радіуси контейнеру класу X_k^o , d - кодова відстань між еталонним вектором x та реалізацією, приналежність якої необхідно визначити в процесі екзамену.

Крім того з урахуванням запропонованого вигляду функції належності простір розбиття $\tilde{\mathfrak{R}}^{|M|}$ має вигляд, показаний на рис. 2.11.

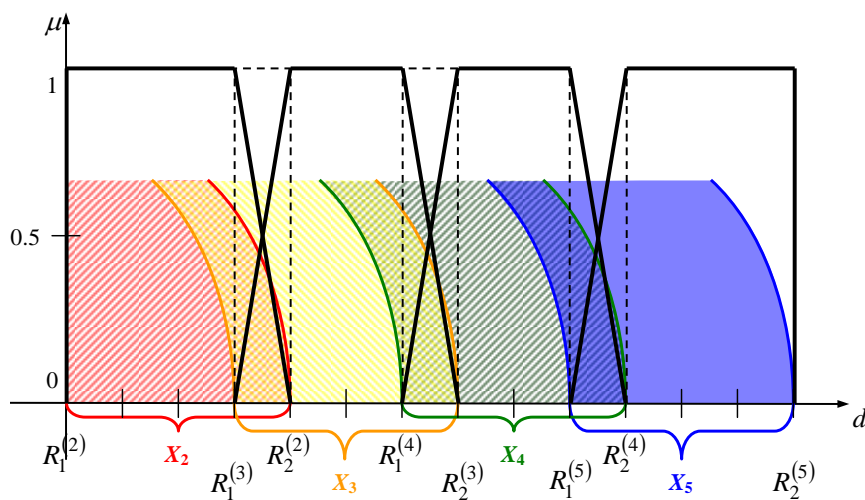


Рисунок 2.11 – Графік функції належності невідомої реалізації від її відстані до еталонного вектора

На рис. 2.11 заштриховані області відповідають структурі вкладених контейнерів, параметри яких були оптимізовані на етапі навчання СКДН. Фігурні дужки, зображені під віссю абсцис, показує границі контейнерів кожного з класів. Функція належності зображена неперервною лінією. Кожний трапецевидний інтервал відповідає функції належності окремого класу. Класи, контейнери яких знаходяться в центрі або зовні даної структури вкладених гіперсфер, характеризуються виродженою формою функції належності.

2.8 Короткий опис програмної реалізації базового алгоритму навчання з вкладеними контейнерами

Базовий алгоритм навчання СКДН з вкладеними контейнерами було реалізовано за допомогою середовища розробки Borland Delphi 7.0 . Створена програма складається із модуля “MainUnit.pas”, у якому реалізований базовий алгоритм навчання та оптимізації геометричних параметрів вкладених контейнерів класів розпізнання.

Реалізація основних алгоритмів виконана у вигляді таких процедур та функцій:

procedure BinMatr(SKD: TSKD); – процедура побудови бінарних матриць для класів розпізнання. Параметр *SKD* – екземпляр класу *TSKD*, що містить систему контрольних допусків на ознаки розпізнавання.

procedure EtVect; – процедура побудови еталонних векторів для класів розпізнання.

function KFE(n,r_min,r_max:integer; var D1,Alpha,D2,Betta: real): real; – функція обчислення критерію функціональної ефективності системи розпізнання в залежності від геометричних параметрів контейнерів класів розпізнання. Параметр *n* – номер класу розпізнавання, *r_min,r_max* – радіуси (внутрішній і зовнішній відповідно) контейнера класу.

function Kr_jakosti: real; – функція, що визначає загальну ефективність навчання системи розпізнання.

procedure LoadFiles; – Процедура читання даних з вхідних файлів.

procedure OPT_R; – Процедура оптимізації геометричних параметрів контейнерів класів розпізнання.

procedure SetSKD; – процедура ініціалізації значень системи контрольних допусків.

procedure ShowRezult(SKD_temp: TSKD; kr_key,sl: string); – процедура виводу результатів оптимізації.

procedure SKD_parallel(kr_key:string); – процедура паралельної оптимізації системи контрольних допусків

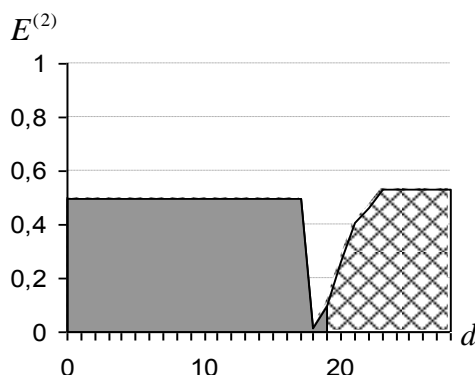
procedure SKD_poslidovno(kr_key:string); – процедура послідовної оптимізації системи контрольних допусків

function Sysid(n,rmin,rmax: integer): integer; – функція визначення сусіднього класу для деякого фіксованого класу

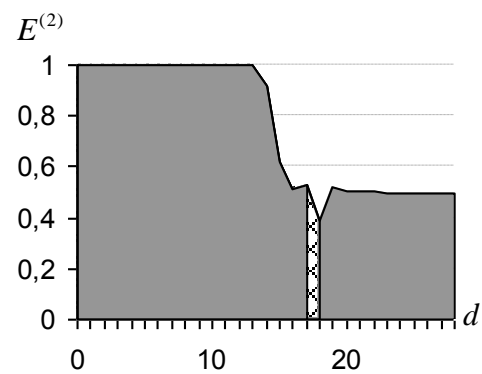
2.9 Результати фізичного моделювання

Процес побудови вкладених контейнерів класів розпізнавання на етапі навчання СКДН проводився для СКД, що була сформована для усередненого значення $\delta = \pm 50$ градацій бальної шкали. Відповідно до алгоритму всі координати еталонних векторів класів розпізнавання дорівнювали одиниці.

На рис.2.12 показано динаміку зміни значення КФЕ при оптимізації зовнішнього та внутрішнього радіусів контейнерів класів.



а)



б)

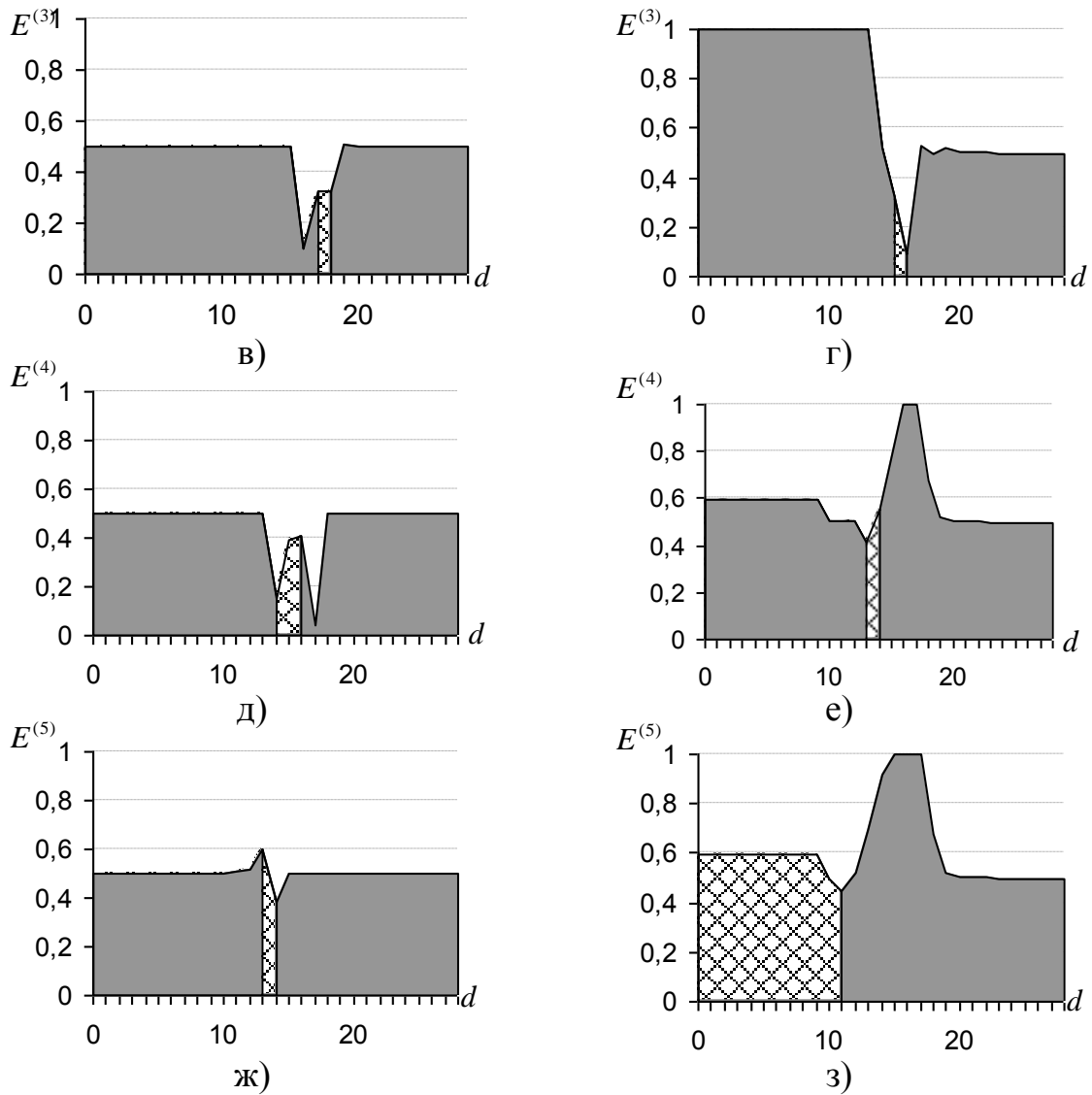


Рисунок 2.12 –Графіки ЕФЕ при оптимізації геометричних параметрів вкладених контейнерів класів розпізнавання при початковій СКД:

- а) зовнішній радіус $R_1^{(5)}$ класу X_5^o ; б) внутрішній радіус $R_2^{(5)}$ класу X_5^o ;
 в) зовнішній радіус $R_1^{(4)}$ класу X_4^o ; г) внутрішній радіус $R_2^{(4)}$ класу X_4^o ;
 д) зовнішній радіус $R_1^{(3)}$ класу X_3^o ; е) внутрішній радіус $R_2^{(3)}$ класу X_3^o ;
 ж) зовнішній радіус $R_1^{(2)}$ класу X_2^o ; з) внутрішній радіус $R_2^{(2)}$ класу X_2^o

Аналіз результатів оптимізації (рис.2.12) показує, що оптимальними параметрами контейнера класу X_5^o є зовнішній радіус $R_1^{(5)}=13$, внутрішній радіус $R_2^{(5)}=0$; контейнера класу X_4^o є зовнішній радіус $R_1^{(4)}=16$, внутрішній

радіус $R_2^{(4)}=13$; контейнера класу X_3^o є зовнішній радіус $R_1^{(3)}=17$, внутрішній радіус $R_2^{(3)}=15$; контейнера класу X_2^o є зовнішній радіус $R_1^{(2)}=22$, внутрішній радіус $R_2^{(2)}=17$. Цим параметрам контейнерів відповідають такі значення КФЕ і точнісних характеристик системи керування: для класу X_5^o $E_{\max}^{(5)}=0,59666$ ($DI = 0,82$; $\beta = 0,03$), для класу X_4^o $E_{\max}^{(4)}=0,4104$ ($DI = 0,97$; $\beta = 0,47$), для класу X_3^o $E_{\max}^{(3)}=0,32206$ ($DI = 0,75$; $\beta = 0,13$), для класу X_2^o $E_{\max}^{(2)}=0,53220$ ($DI = 0,975$; $\beta = 0,25$). Таким чином, відтворений класифікатор рівня знань студентів не є безпомилковим і необхідно провести додаткову оптимізацію інших параметрів СКДН. Одним з основних параметрів функціонування системи керування, що навчається за ІЕІ-технологією, вважається СКД. Результати оптимізації даного параметру за паралельним алгоритмом наведено на рис. 2.13:

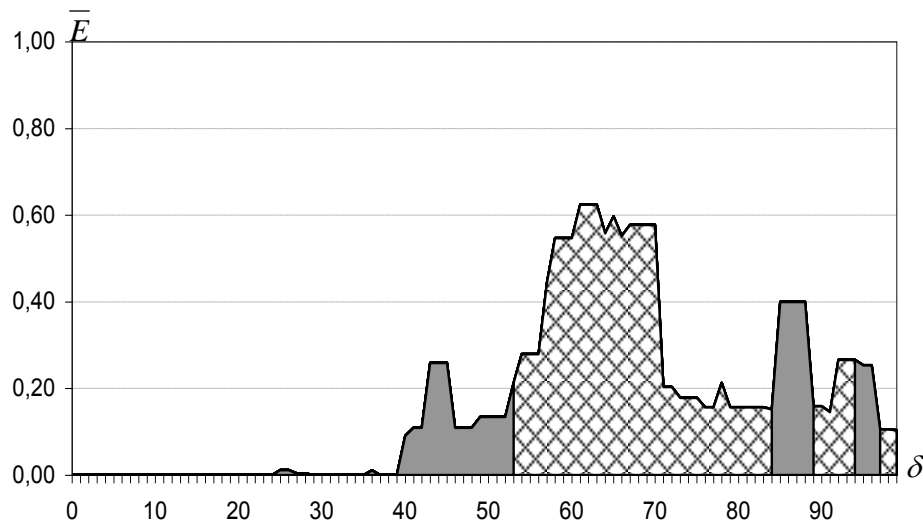


Рисунок 2.13 – Динаміка зміни усередненого КФЕ при оптимізації СКД

При оптимальному значенні параметра СКД $\delta^* = \pm 61$, якому відповідає максимальне значення усередненого КФЕ $\bar{E}_{\max}=0,62441$ в робочій області визначення його функції, проводилася оптимізація геометричних параметрів контейнерів відповідних класів розпізнавання (рис. 2.14).

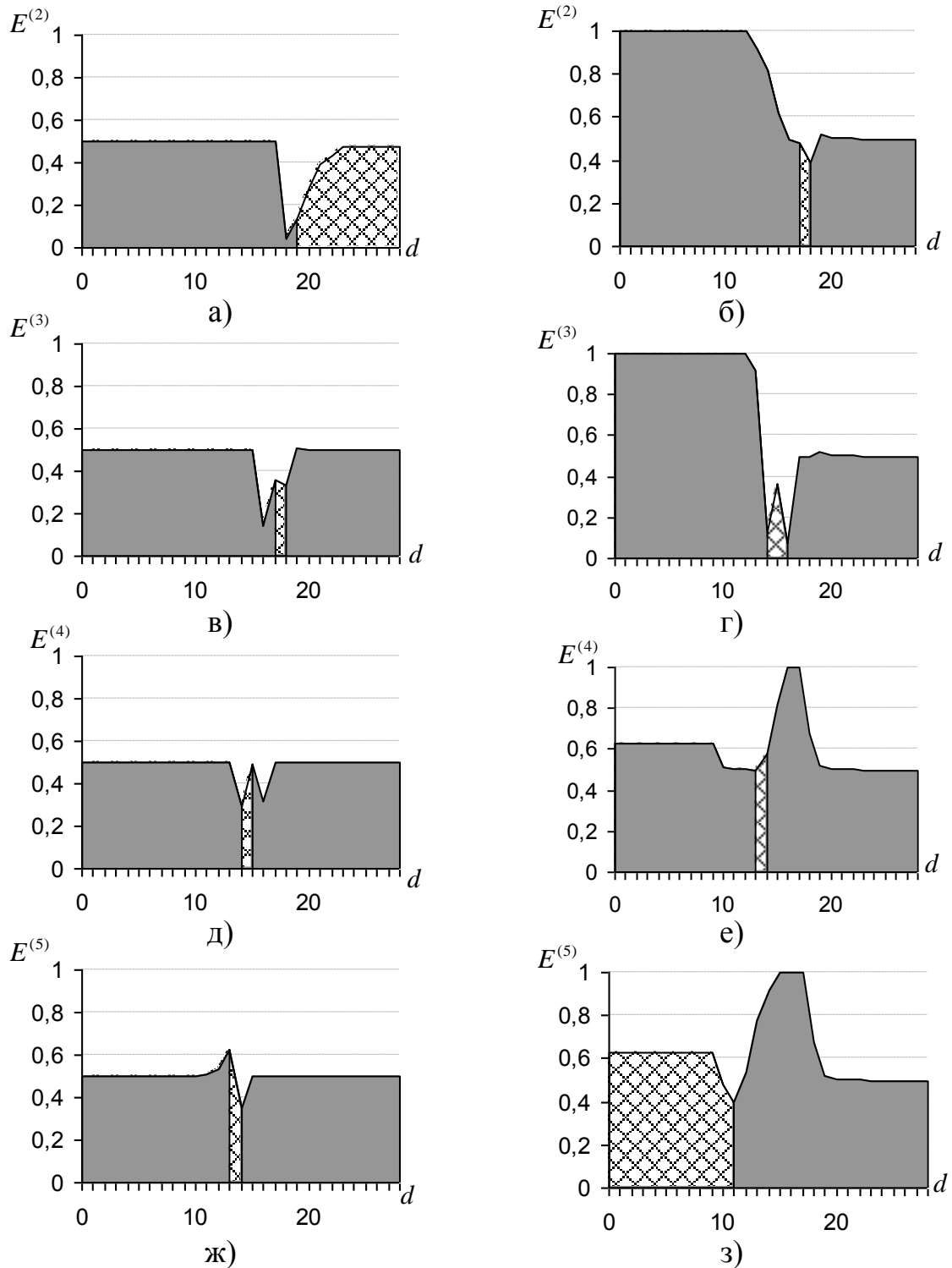


Рисунок 2.14 –Графіки КФЕ при оптимізації геометричних параметрів вкладених контейнерів класів після паралельної оптимізації СКД:

дених контейнерів класів після паралельної оптимізації СКД:

- а) зовнішній радіус $R_1^{(5)}$ класу X_5^o ; б) внутрішній радіус $R_2^{(5)}$ класу X_5^o ;
- в) зовнішній радіус $R_1^{(4)}$ класу X_4^o ; г) внутрішній радіус $R_2^{(4)}$ класу X_4^o ;
- д) зовнішній радіус $R_1^{(3)}$ класу X_3^o ; е) внутрішній радіус $R_2^{(3)}$ класу X_3^o ;
- ж) зовнішній радіус $R_1^{(2)}$ класу X_2^o ; з) внутрішній радіус $R_2^{(2)}$ класу X_2^o

Аналіз результатів оптимізації (рис. 2.14) показує, що оптимальними параметрами контейнера класу X_5^o є зовнішній радіус $R_1^{(5)}=13$, внутрішній радіус $R_2^{(5)}=0$; контейнера класу X_4^o є зовнішній радіус $R_1^{(4)}=15$, внутрішній радіус $R_2^{(4)}=13$; контейнера класу X_3^o є зовнішній радіус $R_1^{(3)}=17$, внутрішній радіус $R_2^{(3)}=15$; контейнера класу X_2^o є зовнішній радіус $R_1^{(2)}=23$, внутрішній радіус $R_2^{(2)}=17$. Цим параметрам контейнерів відповідають такі значення КФЕ і точносних характеристик системи керування: для класу X_5^o $E_{\max}^{(5)} = 0,62441$ ($DI = 0,9$; $\beta = 0,05$), для класу X_4^o $E_{\max}^{(4)} = 0,49399$ ($DI = 0,88$; $\beta = 0,1$), для класу X_3^o $E_{\max}^{(3)} = 0,36062$ ($DI = 0,82$; $\beta = 0,15$), для класу X_2^o $E_{\max}^{(2)} = 0,47703$ ($DI = 0,93$; $\beta = 0,17$). Таким чином, відтворений класифікатор рівня знань студентів не є безпомилковим і для підвищення його ефективності необхідно застосувати послідовну оптимізацію СКД.

Результати оптимізації контрольних допусків за послідовним алгоритмом наведено на рис. 2.15:

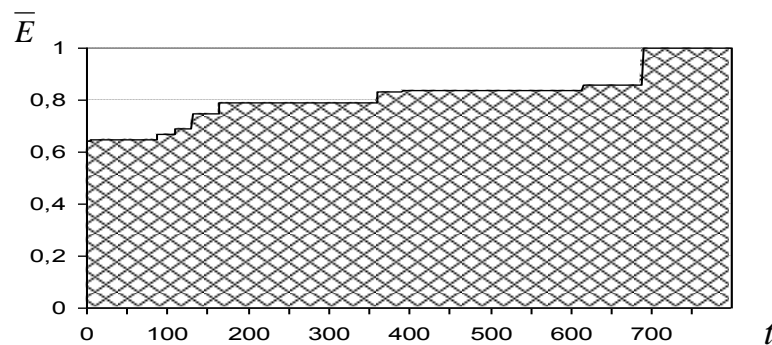


Рисунок 2.15 –Графік зміни усередненого КФЕ при послідовній оптимізації СКД

При значенні параметра СКД, якому відповідає максимальне значення усередненого КФЕ $\bar{E}_{\max}=1$ в робочій області, послідовна оптимізація завершилася і визначалися відповідні оптимальні радіуси контейнерів класів розпізнавання (рис. 2.16):

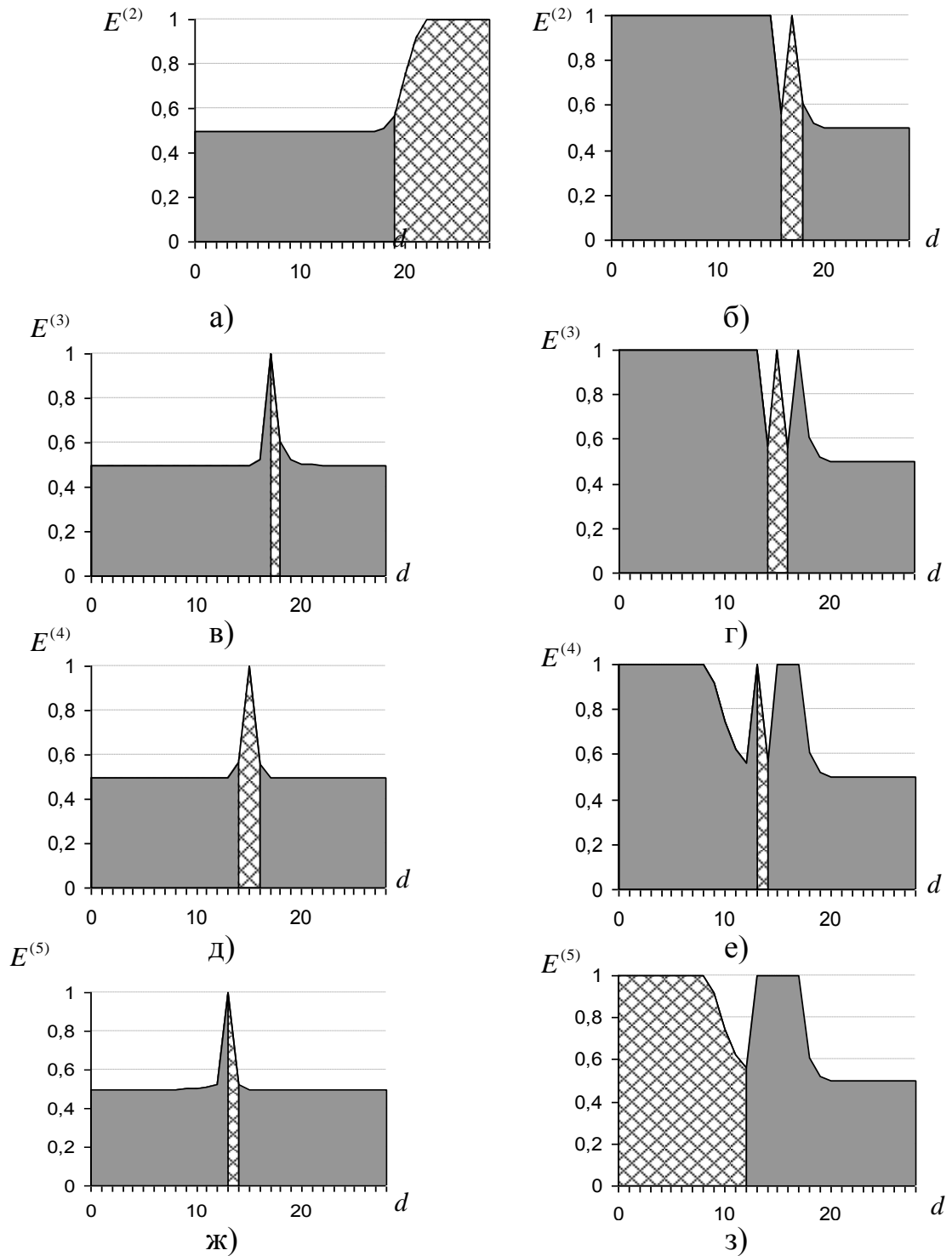


Рисунок 2.16 – Процес оптимізації геометричних параметрів вкладених контейнерів класів розпізнавання після послідовної оптимізації СКД:

- а) зовнішній радіус $R_1^{(5)}$ класу X_5^o ; б) внутрішній радіус $R_2^{(5)}$ класу X_5^o ;
 в) зовнішній радіус $R_1^{(4)}$ класу X_4^o ; г) внутрішній радіус $R_2^{(4)}$ класу X_4^o ;
 д) зовнішній радіус $R_1^{(3)}$ класу X_3^o ; е) внутрішній радіус $R_2^{(3)}$ класу X_3^o ;
 ж) зовнішній радіус $R_1^{(2)}$ класу X_2^o ; з) внутрішній радіус $R_2^{(2)}$ класу X_2^o

Аналіз результатів оптимізації (рис.2.16) показує, що оптимальними параметрами контейнера класу X_5^o є зовнішній радіус $R_1^{(5)}=13$, внутрішній радіус $R_2^{(5)}=0$; контейнера класу X_4^o є зовнішній радіус $R_1^{(4)}=15$, внутрішній радіус $R_2^{(4)}=13$; контейнера класу X_3^o є зовнішній радіус $R_1^{(3)}=17$, внутрішній радіус $R_2^{(3)}=15$; контейнера класу X_2^o є зовнішній радіус $R_1^{(2)}=23$, внутрішній радіус $R_2^{(2)}=17$. Цим параметрам контейнерів відповідають такі значення КФЕ і точнісних характеристик системи керування: для класу X_5^o $E_{\max}^{(5)} = 1$ ($DI = 1; \beta = 0$), для класу X_4^o $E_{\max}^{(4)} = 1$ ($DI = 1, \beta = 0$), для класу X_3^o $E_{\max}^{(3)} = 1$ ($DI = 1; \beta = 0$), для класу X_2^o $E_{\max}^{(2)} = 1$ ($DI = 1; \beta = 0$).

Таким чином, в процесі оптимізації параметрів функціонування СКДН було побудовано безпомилковий класифікатор. Вкладені контейнери класів розпізнавання не перетинаються, хоча у класів, контейнери яких межують один з одним, співпадають внутрішні та зовнішні границі. У випадку коли результати оцінювання знань студентів відповідають таким граничним значенням, наприклад, оцінка може бути і чотири и п'ять, то рекомендується приймати рішення на користь студента.

2.10 Математична модель оптимізації словника ознак розпізнавання

Розглянемо процес оцінки знань з дисципліни „Інтелектуальні системи” з використанням оптимізації словника ознак розпізнавання у рамках ІЕІ-технології. Тестові запитання складаються на базі матеріалу, який вивчався студентами дистанційної форми навчання, і складає основу відповідного дистанційного курсу. При цьому однією з умов є невелика (менше 30) кількість тестів, які має розв'язати кожен студент. Відповідь на кожний з тестів оцінювалася за 100 бальною шкалою. Структурована реалізація функціонального стану знань кожного студента складалася із значень 28 ознак розпізнавання.

Поле допусків на кожну ознаку однакове: верхній нормований допуск 100 балів, нижній 0 балів. Априорний алфавіт класів розпізнавання складався із двох класів. При цьому базовий клас X_1^0 відповідав функціональному стану знань “зараховано”, а X_2^0 - “не зараховано”. Кількість реалізацій для кожного з класів 40.

Математичну модель селекції ознак у рамках ІЕІ-технології наведено в підрозділі 2.1. При цьому оптимальний словник ОР відповідає максимуму цільової функції:

$$\Omega^* = \arg \max EK(\Omega_i), \quad (2.10.1)$$

де EK – цільова функція, яка включає як інформаційний КФЕ [], так і додаткові умови, які є характерними для відповідного алгоритму селекції ОР (Наприклад, мінімальність розмірності простору ОР).

На ефективність навчання СКДН значно впливає використання контуру оптимізації СКД. Але його додавання до базового алгоритму навчання значно підвищує обчислювальні витрати алгоритму оптимізації словника ОР. Таким чином, виникає необхідність проведення нульової ітерації, яка, використовуючи початковий словник ОР, знаходить оптимальну в інформаційному розумінні СКД. При цьому слід використовувати досить ефективно поєднання паралельного та послідовного алгоритмів оптимізації СКД, що дозволяє підвищити оперативність алгоритму при забезпеченні необхідної точності обчислення інформаційного КФЕ.

2.11 Оптимізації словника ознак за методом випадкового пошуку

Найбільш відомими точнісними статистичними методами з єдиним розв’язком є методи, що базуються на випадковому пошуку та його модифікації. За цими методами випадковим образом відбираються N_l ознак з N

вхідних ознак до тих пір, поки не буде сформовано словник заданої інформативності. Модифікацією цього методу є випадковий пошук з адаптацією. Це послідовно спрямована процедура, яка базується на випадковому пошуку із врахуванням результатів попередніх відборів. На початку процедури шанси всіх вхідних ознак на входження в оптимальний словник Σ^* потужністю $N_l < N$ приймаються рівними. Для випадкового відбору використовується датчик рівномірно розподілених на інтервалі $[0;1]$ випадкових (псевдовипадкових) чисел. Цей інтервал розбивається на N рівних відрізків. Відрізок з номером i ставиться у відповідність ознаці $\sigma_i \in \Sigma_N$, $i = 1..N$. Довжина кожного відрізка дорівнює ймовірності p_i включення ознаки σ_i до оптимального словника Σ^* . Датчиком випадкових чисел відбирається $N_{l,1}$ різних відрізків. Для тих $N_{l,1}$ ознак з N , які відповідають цим відрізкам, встановлюється значення критерію інформативності J . Після створення першої групи з h випадково відібраних словників визначається $J_{\max}^1 = \max_h J_h$ і $J_{\min}^1 = \min_h J_h$. Адаптація полягає в зміні вектора ймовірностей $\bar{p} = \{p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_N\}$ відбору ознак на наступних етапах пошуку в залежності від результатів попередніх етапів: довжина відрізка на інтервалі $[0;1]$, що відповідає ознакам з найменш інформативного словника, зменшується, а ознак з найбільш інформативного словника – збільшується. Після перебору ряду груп ймовірність відбору ознак, які найбільш часто зустрічаються в вдалих сполученнях, стає істотно більше інших, і датчик випадкових чисел починає відбирати одне й те ж сполучення з N_l ознак. Чим більше величина, на яку змінюється довжина відрізків, тим швидша збіжність процедури, але тим нижча ймовірність отримання оптимальну підсистему. Конкретний вибір значення цієї величини повинен бути таким, щоб процедура збігалась при повному числі відборів, а ймовірність знаходження оптимального словника, або наближеного до нього по інформативності, була б близька до одиниці.

Розглянемо кроки реалізації алгоритму оптимізації словника ОР методом випадкового пошуку в рамках ІЕІ-технології:

1. За алгоритмом TEACHING-2 визначаємо оптимальні параметри навчання та максимальне усереднене значення КФЕ для повного словника ознак розпізнавання.
2. Формуємо лічильник варіантів словників, $p=0$.
3. Випадковим чином формуємо множину ОР з початкового словника.
4. За алгоритмо TEACHING-2 визначаємо оптимальні параметри навчання та максимальне усереднене значення КФЕ для такого варіанту словника \bar{E}_{Σ_p}
5. Визначаємо Σ^* , для якого $\bar{E}_{\Sigma^*} = \max_p \bar{E}_{\Sigma_p}$.
6. $p=p+1$.
7. Якщо $p > \max_p$, виконуємо пункт 3, інакше – 8.
8. Зупин.

Якщо застосовується метод випадкового пошуку з адаптацією, то в пункті 2 додатково формується масив ймовірностей відбору ОР, який використовується в пункті 3 при формуванні словника ОР, а також модифікується в пункті 5 за правилами поданими вище.

2.12 Короткий опис програмної реалізації алгоритму оптимізації словника ознак розпізнавання

Алгоритм було реалізовано за допомогою середовища розробки Borland Delphi 7. Створена програма складається із модуля інтерфейсу (main.pas), модуля реалізації базового алгоритму (teach.pas), модуля реалізації алгоритму оптимізації СКД (OSAT.pas) та модуля реалізації алгоритму оптимізації словника ОР (FS.pas), що об'єднані в один проект (RandomSearch.dpr).

Керування програмою здійснюється за допомогою головного меню. Пункт „Клас” надає можливість завантажувати навчальні матриці. Кількість

класів обмежується тільки ресурсами ЕОМ, що використовується. Кількість ознак та реалізацій знаходиться автоматично. Властивість адаптивності при оптимізації словника ОР додається за допомогою відповідного пункту меню. Процес оптимізації словника ознак розпізнавання розпочинається за допомогою пункту меню „Start”. Результати виконання оптимізації словника ознак розпізнавання та проміжні дані записуються в текстові файли, перший рядок яких містить інформацію про їх зміст.

На рис. 2.17 наведено зовнішній вигляд програми.

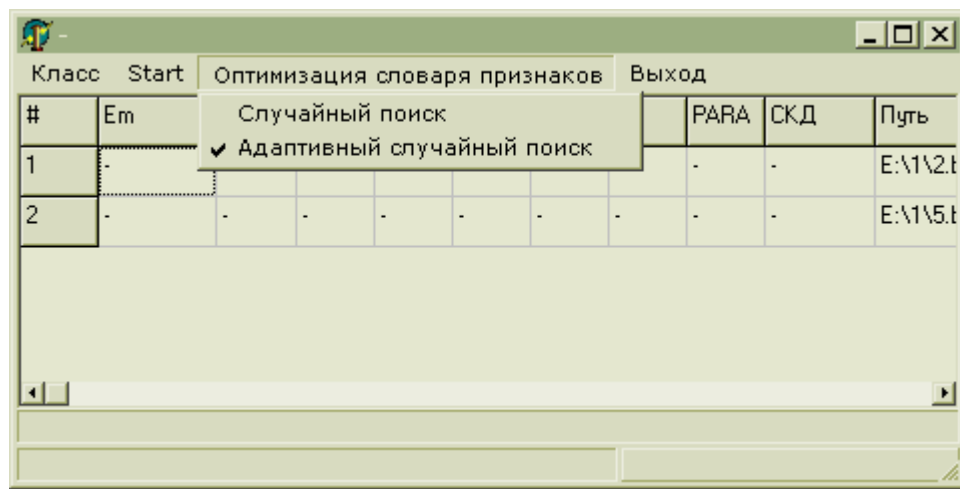


Рисунок 2.17 –Інтерфейс програми оптимізації словника ознак розпізнавання

Реалізація основних алгоритмів виконувалась у вигляді таких функцій та процедур:

Make_Y – процедура загрузки з файлів навчальної матриці;

INFK – обчислення значення КФЕ;

Multi_E – обчислення усередненого значення КФЕ;

teaching_init – ініціалізація параметрів структур, що використовуються в процесі оптимізації;

Make_VM – формування бінарної навчальної матриці;

Make_EV – формування еталонних векторів;

Make_PARA – формування матриці кодових відстаней між класами;

Make_DO – побудова оптимальних РГП;
 Make_SK – формування допоміжної матриці кодових відстаней від еталонного вектору до бінарних реалізацій;
 Make_SD – формування системи нормованих допусків;
 Make_SKD_2 – ініціалізація СКД;
 Make_SKDO – паралельна оптимізація СКД;
 Full – оптимізація словника ОР з використанням методів випадкового пошуку.

2.13 Результати фізичного моделювання алгоритму оптимізації словника ознак

На нульовій ітерації було проведено оптимізацію СКД на ОР за паралельним алгоритмом і радіусів контейнерів класів розпізнавання. Динаміку зміни усередненого КФЕ за Кульбаком [70] в процесі оптимізації СКД показано на рис 2.18. Аналіз рис. 2.18 показує, що оптимальне значення такого параметра СКД як відхилення верхнього та нижнього контрольного допуску від центра розсіювання значень кожної ОР при паралельній оптимізації за симетричною стратегією S_1 дорівнює $\delta^* = 41$.

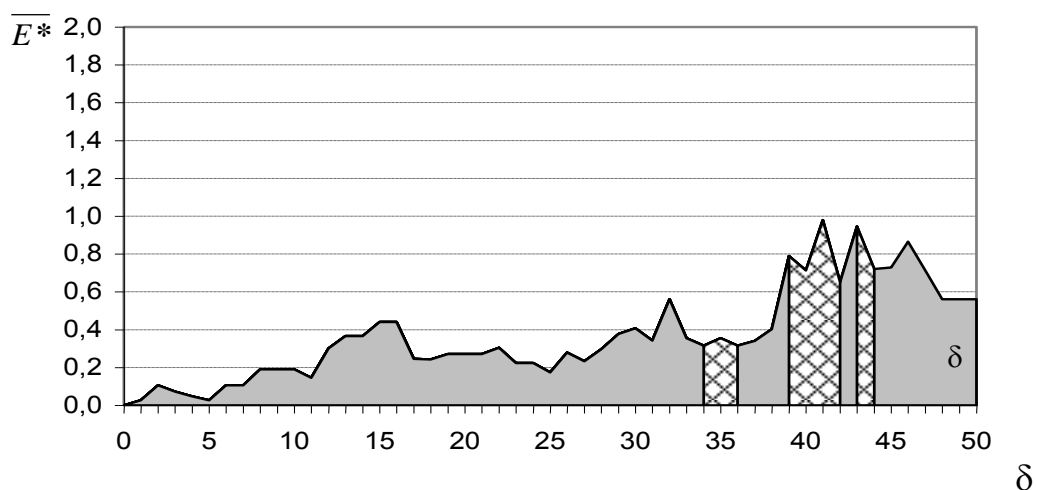


Рисунок 2.18 – Графік зміни КФЕ в процесі паралельної оптимізації СКД

При цьому максимальне значення усередненого КФЕ, знайденого в робочій області, що виділена на рис. 2.18 штриховкою, дорівнює $\overline{E^*} = 0,97938$.

На рис. 2.18 до робочих областей відносяться тільки ті значення параметра поля допусків δ , при яких можна побудувати контейнери з ненульовими радіусами для всіх класів розпізнавання.

Результати оптимізації геометричних параметрів контейнерів класів розпізнавання при оптимальній СКД подано на рис. 2.19.

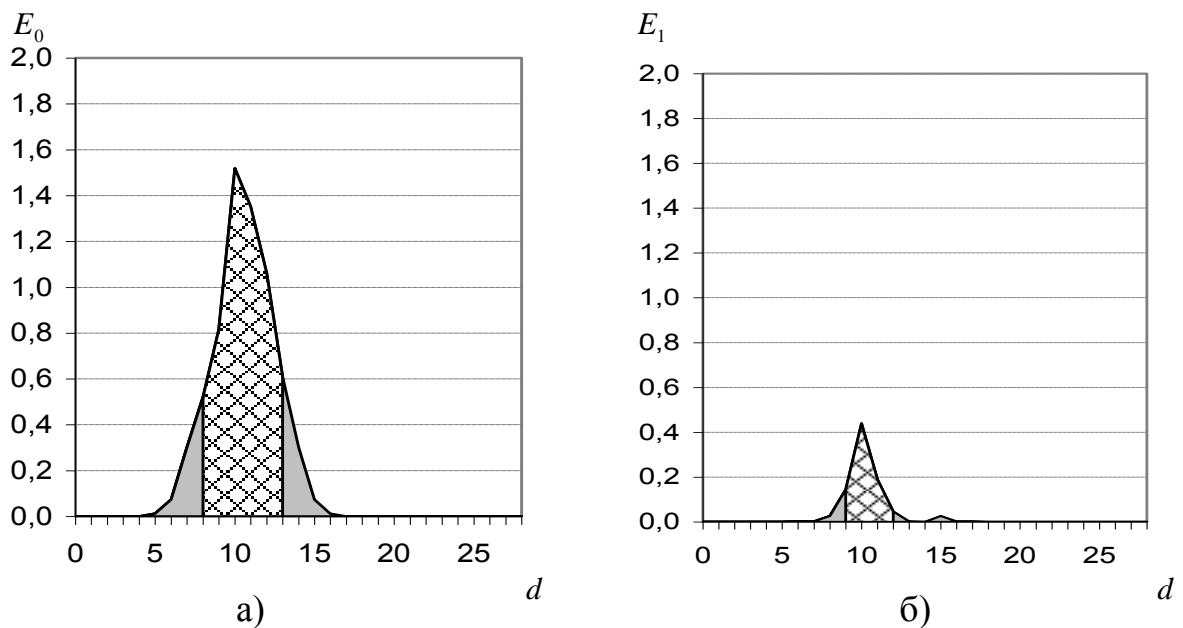


Рисунок 2.19 –Графіки залежності КФЕ від радіусів контейнерів: а) клас X_0^o ;
б) клас X_1^o

На рис. 2.19 оптимальними значеннями радіусів класів розпізнавання є $d_0^* = 10$ для базового класу X_0^o та $d_1^* = 10$ для класу X_1^o при міжцентровій відстані в $d_c = 11$ кодових одиниць. Тобто після такої оптимізації не вдалося побудувати безпомилковий класифікатор, на що вказує значна ступінь перетину контейнерів класів і значення таких точнісних характеристик як перша D_1 та друга D_2 достовірність для всіх класів розпізнавання: $D_{1,0} = 0,87$ та $D_{2,0} = 0,83$, $D_{1,1} = 0,63$ та $D_{2,1} = 0,77$.

Для подальшого підвищення ефективності СКДН застосовувалася оптимізація словника ознак розпізнавання з використанням методів випадково-

го пошуку. Випадковим чином було сформовано 300 варіантів словників, для кожного з яких проводилася оптимізація параметрів функціонування СКДН аналогічна нульовій ітерації, тобто паралельна оптимізація СКД і оптимізація радіусів контейнерів класів розпізнавання.

Результати оптимізації словника ОР методом випадкового пошуку без адаптації подано на рис. 2.20.

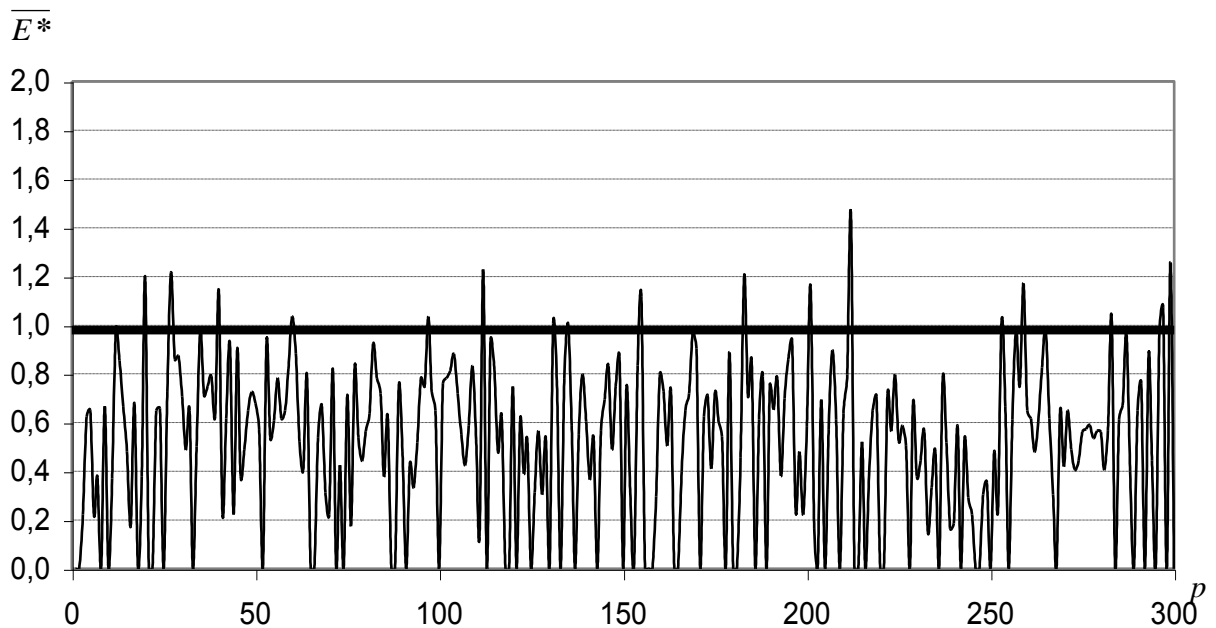


Рисунок 2.20 – Графік зміни КФЕ при оптимізації словника ОР з використанням методу випадкового пошуку без адаптації

Серед всіх варіантів словника ОР оптимальним вважався такий, що характеризувався максимальним значенням усередненого КФЕ. Найбільш ефективним виявився варіант словника № 211, який мав потужність $N=14$ і складався з 1, 2, 6, 7, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 26, 27 ознаки розпізнавання. При цьому значення усередненого КФЕ було більше за значення, отримане на нульовій ітерації і дорівнювало 1,45373. Оптимальні значення геометричних параметрів контейнерів класів розпізнавання дорівнювали $d_0^*=5$ для базового класу X_0^o та $d_1^*=6$ для класу X_1^o при міжцентровій відстані в $d_c=7$ кодових одиниць. Точнісні характеристики класифікатора набували таких значень:

$D_{1,0}=0,93$ та $D_{2,0}=0,93$, $D_{1,1}=0,73$ та $D_{2,1}=0,67$. Таким чином, така оптимізація дозволила значно підвищити ефективність СКДН, що навчається. Аналіз рис. 9 вказує на певну проблему у формуванні варіантів словників ОР, оскільки кількість варіантів словників ОР, для яких середнє значення КФЕ було більше за відповідне значення КФЕ для повного словника ОР (темна горизонтальна лінія), складає приблизно 7,3% від загальної кількості згенерованих.

Для вирішення цієї проблеми було застосовано алгоритм оптимізації словника ОР з використанням адаптивного випадкового пошуку. Аналогічно до оптимізації без адаптації формувалися 300 потенційних словників, для кожного з яких проводилася оптимізація відповідних параметрів функціонування СКДН та визначалося усереднене значення КФЕ. Після чого проводилася модифікація ймовірностей включення кожної ознаки до наступного словника в залежності від того, чи була присутня ця ознака в поточному словнику, а також чи дозволяє словник, що аналізується, підвищити ефективність СКДН у порівнянні з попередніми. Результат такої оптимізації подано на рис. 2.21.

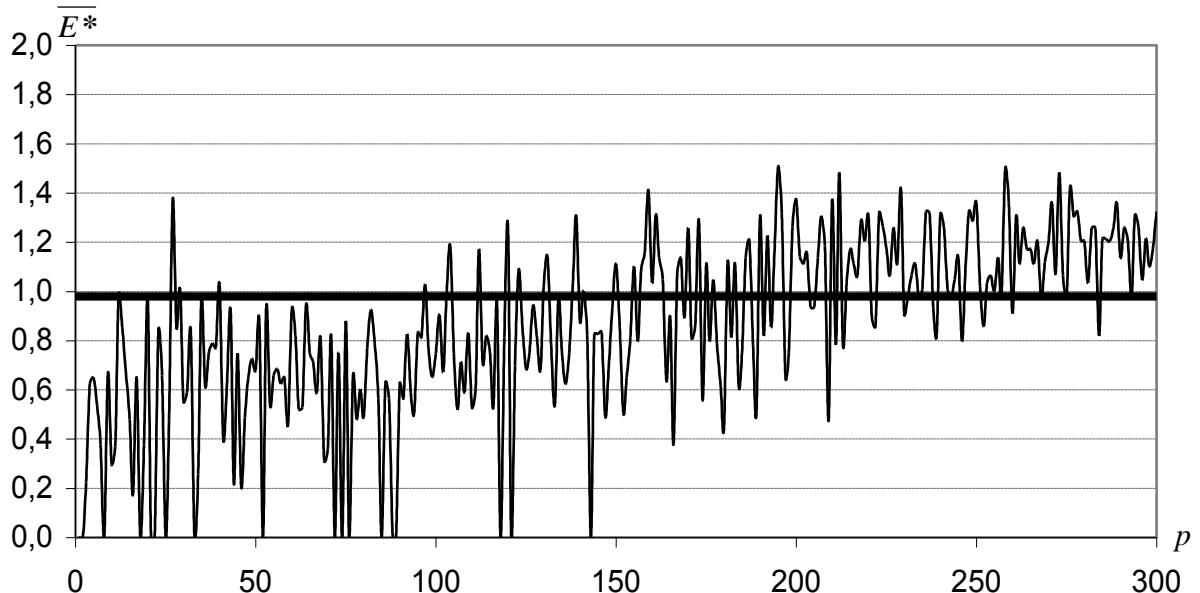


Рисунок 2.21 – Графік зміни КФЕ при оптимізації словника ОР з використанням адаптивного випадкового пошуку

Найбільш ефективним виявився варіант словника № 194, який мав потужність $N=17$ і складався з 1, 2, 3, 5, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 24, 26, 27 ознаки розпізнавання. При цьому значення усередненого КФЕ було більше за значення, отримане при оптимізації без адаптації і дорівнювало 1,50802. Оптимальні значення геометричних параметрів контейнерів класів розпізнавання дорівнювали $d_0^*=6$ для базового класу X_0^o та $d_1^*=6$ для класу X_1^o при міжцентровій відстані в $d_c=8$ кодових одиниць. Точнісні характеристики класифікатора набували таких значень: $D_{1,0}=0,97$ та $D_{2,0}=0,93$, $D_{1,1}=0,77$ та $D_{2,1}=0,67$. З рис. 10 зрозуміло, що кількість варіантів словників ОР, для яких середнє значення КФЕ було більше за відповідне значення КФЕ для повного словника ОР (темна горизонтальна лінія), складало приблизно 42,3% від загальної кількості згенерованих. Таким чином, додавання оптимізація словника ОР за методами випадкового пошуку властивості адаптивності дозволяє не тільки підвищити ефективність СКДН, але й перевірити значно більшу кількість наближених до оптимального вигляду словників ознак розпізнавання.

2.14 Персоналізація освіти. Підхід до побудови адаптивного контенту

До списку з 14-ти глобальних проблем, що стоять перед людством у 21 сторіччі, за версією Національної академії інженерної справи США, серед інших включено пункт про покращення методів персоналізації освіти [121].

Основним підходом до вирішення цього питання є використання адаптивних навчальних систем, які базуються на інформаційних технологіях. Це створює найбільш сприятливе середовище для побудови дидактичної системи розвитку потенціалу, наявного в кожній людині, зокрема враховує вікові й індивідуальні особливості слухачів.

Використання сучасних інформаційних технологій у навчальному процесі дозволяє підвищити якість навчального матеріалу й підсилити освітні ефекти від застосування інноваційних педагогічних програм і методик, оскі-

льки дає викладачам додаткові можливості для побудови індивідуальних освітніх траєкторій учнів. Застосування інформаційних технологій дозволяє реалізувати диференційований підхід до учнів з різним рівнем готовності до навчання [122].

Адаптивна система навчання з використанням інформаційних технологій має ряд переваг:

- дозволяє зменшити непродуктивні витрати живої праці вчителя, який в цьому випадку перетворюється в технолога сучасного навчального процесу, в якому провідна роль приділяється не стільки й не тільки навчальній діяльності педагога, скільки навчанню самих учнів;
- дає слухачам широкі можливості вільного вибору власної траєкторії навчання в процесі набуття знань;
- припускає диференціальний підхід до слухачів, заснований на визнанні того факту, що у них різний попередній досвід і рівень знань у вивчаємій галузі знань, кожний слухач приходить до процесу оволодіння новими знаннями зі своїм власним інтелектуальним багажем, який і визначає ступінь розуміння ним нового матеріалу і його інтерпретацію, тобто здійснюється перехід від оволодіння всіма учнями того самого матеріалу до оволодіння різними учнями різного матеріалу;
- підвищує оперативність і об'єктивність контролю й оцінки результатів навчання;
- гарантує безперервний зв'язок у відносинах "слухач–викладач";
- сприяє індивідуалізації навчальної діяльності (диференціація темпу навчання, складності навчальних завдань і т.п.);
- підвищує мотивацію навчання;
- сприяє розвитку у слухачів продуктивних, творчих функцій мислення, росту інтелектуальних здібностей, формуванню операційного стилю мислення [122].

Проблему адаптації навчального матеріалу можна розглядати з декількох сторін. По-перше, це адаптивна навігація по навчальному курсу, згідно

цілей слухача та самого процесу навчання. Прикладом такого підходу може бути модель даних Tree-Net, де кожен елемент в ієрархічній структурі навчального матеріалу може належати до асоціативних/тематичних груп елементів цього ж матеріалу [123]. Прийоми адаптивної навігації можна розбити на 5 груп: безпосереднє керування, сортування посилань, приховування посилань, анування посилань та адоптація карт [124].

Іншим підходом до принципів функціонування адаптивних навчальних систем є адаптивне подання матеріалу залежно від рівня знань слухача. Подібні комплекси оперують меншими за обсягом фрагментами навчального матеріалу, ніж системи з адаптивною навігацією. Крім того кожен з фрагментів може нести велику кількість додаткової службової інформації. Це дозволяє розкрити всі переваги адаптивного підходу до викладення матеріалу, але набагато збільшує витрати праці експертів по створенню навчальні курсів.

При побудові адаптивних навчальних середовищ виділяють два найважливіші компоненти — модель учня та база знань (БЗ). Модель учня — спосіб подання та зберігання сукупності особистісних властивостей користувача адаптивного курсу, включаючи данні про поточні результати навчання та особистісні характеристики.

Модель БЗ навчального курсу — це спосіб подання та зберігання знань предметної області у комп'ютерному вигляді. Класичним способом представлення БЗ є семантична мережа. На практиці у семантичних мережах, що являють собою БЗ навчальних курсів використовують 2 типи зв'язків - «причина-наслідок» та відношення «сусідства» двох понять.

Побудова БЗ є складною як технічною, так і методичною проблемою. Більшість сучасних навчальних систем являють собою електронні підручники. Проблема переходу від жорсткої ієрархічної побудови курсу, що застосовується у електронних підручниках, до гнучкої системи зв'язків між понятійними елементами, придатної до застосування у адаптивних середовищах, є нетривіальною, дотепер маловивченою. Ускладнюючим моментом у цьому питанні є відсутність чітких стандартів створення БЗ навчальних курсів. Тому

на сучасному етапі важливим є вироблення методологічних засад для подібного перетворення інформації.

Розглянемо типовий електронний підручник. Розіб'ємо його на ряд фрагментів. Нехай $m = \langle m_1..m_k \rangle$ – вектор фрагментів навчального матеріалу, $t = \langle t_1..t_n \rangle$ – вектор засобів контролю знань (тестових питань, практичних завдань, тенажерів тощо). Між навчальним матеріалом та засобами контролю знань існують смислові зв'язки. Нехай $\|M_n^k\|$ матриця зв'язку фрагментів навчального матеріалу і тестових питань. Нехай $t' = \langle t'_\eta..t'_\kappa..t'_\delta \rangle$ – вектор результатів контролю знань. Необхідною умовою для реалізації будь-якої адаптивної системи є наявність зворотного зв'язку. Використовуючи наведені позначення задачу можна звести до необхідності побудувати вагового вектора $\psi(t')$, такого, що $M \times \psi(t')$ – вектор, що відповідає навчальному контенту, який повинен бути наданий слухачу на наступній ітерації освоєння матеріалу.

Розглянемо адаптивне подання учбового матеріалу в аспекті теорії керування. У цьому випадку навчальний процес може бути представлений у вигляді замкнутої системи із зворотним зв'язком, що складається з підсистем "викладач" і "студент". У ролі підсистеми "викладач", що організує і управляє процесом надання контенту, виступає комп'ютерний засіб навчання. Підсистема "студент", що відображає оволодіння користувачем знань, є об'єктом керування.

Метою керування є підвищення значення вибраного критерію якості навчання, зокрема рівня знань користувачів.

У загальному випадку навчальний процес складається з послідовного проходження ряду етапів навчання, на кожному з яких проводиться виконання певних видів завдань. Для дистанційного навчання лекції є джерелом знань, а різні практичні завдання, що виконуються на кожному з етапів навчання, – методом контролю знань. Найбільш оперативним методом контролю залишається тестування.

Розглянемо траєкторію навчання при неадаптивному підході. Для переходу до наступного фрагмента матеріалу від студента вимагається проходження деяких засобів контролю знань, яких ми назвемо блоком контролю знань (БКЗ). При невдалому проходженні БКЗ студент повертається до вивчення попереднього фрагменту матеріалу. Схематично подібний підхід зображений на рис 2.22.

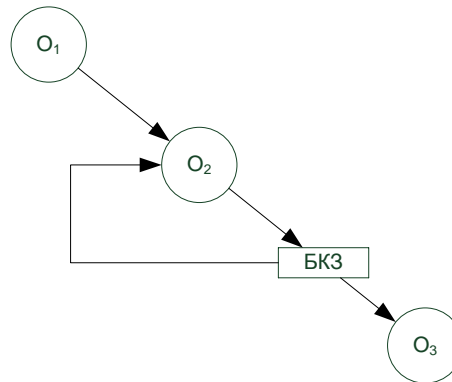


Рисунок 2.22 – Схема навчання при не адаптивному підході

На рис. 2.22 символами $O_1..O_3$ позначені деякі фрагменти навчального матеріалу, в нашому випадку конспект лекції. Блок контролю знань визначає доступність студентові наступної порції навчального матеріалу.

Недоліком в даному випадку є те, що учбовий матеріал не адаптований до особливостей сприйняття студента. Також при повторному вивченні студент вимушений опрацювати повний, досить великий, обсяг матеріалу, а це означає, що процес оволодіння знаннями буде не таким ефективним. Більш вдалим було б при незадовільному проходженні контролю знань особливу увагу приділити тим невеликим фрагментам матеріалу, які студент недостатньо засвоїв, адаптуючи їх до зручної студентові формі подачі. При цьому не можна позбавити студента можливості ознайомитися з повною версією матеріалів. З урахуванням цього, модифікований підхід представлений на рис 2.23.

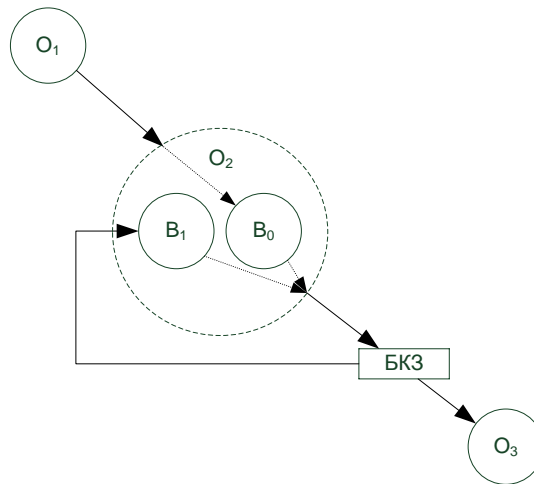


Рисунок 1.23 – Схема навчання при адаптивному підході

На рисунку 2.23 символами B_0 і B_1 позначені різні варіанти учбового навчального на базі матеріалу O_2 .

Подібний підхід можна реалізувати наступним чином: використовуючи той же набір навчального контенту, що і при першому вивченні матеріалу, «згорнути» ті фрагменти матеріалу, які студент освоїв в достатній мірі, і акцентувати його увагу на фрагменти засвоєні недостатньо. «Згорнуті» фрагменти можна представити у вигляді заголовків фрагментів курсу. При цьому користувач може розвернути фрагмент, що зацікавив його, безпосередньо в тексті лекції або в окремому вікні, щоб пізніше повернутися до даного питання.

Якщо для кожного з фрагментів лекційного матеріалу існує зв'язок смисловий з тестовим питанням або іншим елементарним фрагментом засобу контролю знань (сукупність цих зв'язків ми позначали як M), то за результатами контролю можна оцінити, які з фрагментів навчального матеріалу були недостатньо вивчені. При подачі адаптованого контенту безпосередньо видимими фрагментами матеріалу будуть ті, що пов'язані з питаннями, на які були надані неправильні відповіді.

Одним з важливих моментів запропонованого підходу є необхідність представлення навчального матеріалу у вигляді послідовності невеликих його

го фрагментів. У більшості ж випадків лекційний матеріал подається у вигляді досить великого цілісного об'єкту.

Автоматична фрагментація навчального контенту є складною технічною проблемою. Нами пропонується використовувати спрощений її варіант: навчальний контент розбивається на блоки враховуючи семантику тексту (шляхом виділення у ньому заголовків і підзаголовків), а також на основі ряду ключових слів, таких як «приклад», «історична довідка», інше. Також, ґрунтуючись на методах нечіткого порівняння текстів, можна побудувати частину зв'язків між тестовими питаннями та навчальним матеріалом. Таким чином може бути автоматизована велика частина роботи автора електронного курсу.

Після того, як отримана розбиття лекційного матеріалу, ми можемо зв'язати ці фрагменти із питаннями з тестової бази. Якщо така матриця отримана, то проектуючи на неї вектор відповідей слухача на питання контролю знань ми отримуємо вектор який містить позначки, який матеріал був вивчений достатньо, а який потребує доопрацювання.

Виходячи з припущення, що у фрагменті лекційного матеріалу і пов'язаному з ним тестовим питанням використовуються схожі ключові слова, проблему побудови матриці зв'язності фрагментів учбового матеріалу можна звести до проблеми нечіткого повнотекстового пошуку. Лекційний матеріал виступатиме як база для пошуку, а тестове питання — пошуковим запитом. Релевантність результатів і буде шуканим коефіцієнтом зв'язку.

Найбільш поширені в даний час методи повнотекстового пошуку можна розділити на дві групи [126]: пошук за ключовими словами (термінам) і кластерні методи.

Методи з першої групи використовуються у більшості сучасних інформаційно-пошукових систем. В процесі пошуку такі системи, як правило, проводять вибірку всіх документів, що містять хоч би одне ключове слово (граматичну форму даного слова або синоніма), а потім ранжують ці документи за релевантністю пошуковому запиту.

За кластерними методами близькі в сенсі значення функції відповідності документи зазвичай вибираються однаковими пошуковим запитами. Таким чином, розбивши всі документи на групи або кластери і побудувавши в кожній групі характерного представника, центроїда кластера, можна порівнювати запит не з кожним документом окремо, а спочатку тільки з центроїдами. Якщо центроїд релевантний запиту, то потрібно продовжувати пошук усередині кластера, інакше — перейти до розгляду іншого кластера.

Для реалізації поставленої задачі застосуємо пошук з використанням інвертованого індексу. Подібний вибір продиктований тим, що кількість аналізованих фрагментів невелика, що зводить нанівець ефективність кластерних методів.

Побудова матриці зв'язності починається з розбиття лекційного матеріалу на окремі, незалежні за змістом, фрагменти. Отримані фрагменти і вибраний набір тестів поміщається в відповідну таблицю, для яких будується інвертований індекс ключових слів з урахуванням їх морфології. Міра близькості двох вузлів визначається по формулі

$$\frac{\sum \min(1, a_i b_i) (a_i + b_i)}{\sum a_i + \sum b_i}$$

де a_i, b_i – кількість входження i -того ключового слова у вузол теоретичного матеріалу та тестове питання відповідно.

Таким чином міра близькості фрагментів прямо пропорційна кількості спільних застосувань ключових слів та обернено пропорційна їх загальній кількості у вибраних для порівняння фрагментах. Міра є нормованою.

Для фрагментації лекційного матеріалу було використано бібліотеку маніпулювання змістом гіпертекстових файлів `hpricot` на мові програмування Ruby. Розбиття проводилось за заголовками розділів та підрозділів. Аналогічно можна застосовувати бібліотеки `RubyfulSoup`, `BeautifulSoup`, `TagSoup`, `HTML::Parser` або інші бібліотеки розбору гіпертекстових документів.

Весь масив документів і тестова база історично зберігається в БД керуваної СУБД PostgreSQL [127]. Тому для побудови інвертованого індексу з урахуванням морфології використовувалась вбудована бібліотека tsearch2. Цей програмний засіб можна замінити будь-якою іншою програмою морфологічного аналізу.

Для того щоб при обробці врахувати лише ключові, а не загальнозживані, слова застосовуються словники стоп-слів, тобто слів, які ігноруються при побудові інвертованих індексів. Дані словники можна отримати на основі частотного аналізу як всього корпусу текстів що зберігаються в БД, так і корпусів текстів відповідної дисципліни або групи дисциплін (наприклад гуманітарних, технічних, математичних, тощо).

Актуальні за заданим рівнем значення релевантності зв'язки зберігаються у вигляді метаданих документа. Тоді адаптацію контенту до результатів успішності проходження відповідного тесту можна провести засобами які передбачені стандартами SCORM 1.2 та SCORM 2004, а саме вбудованим у сторінку JavaScript сценарієм. Це робить результати загально застосовними для СДН які підтримують вказані стандарти [131].

Аналіз адекватності запропонованих методів можна провести як безпосередньо так і опосередковано. Перше передбачає порівняння побудованої комп'ютером і експертом матриці інцидентності. Результати подібного аналізу на прикладі лекційного матеріалу курсу «Програмування» приведені у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 –Результати побудови матриці зв'язності для фрагменту курсу «Програмування»

Мінімальний рівень релевантності	Кількість зв'язків у матриці експерта	Кількість зв'язків у генерованій матриці	Кількість зв'язків, що збігаються	Відсоток, %
0.10	47	65	26	55
0.25	47	45	15	31

Альтернативним методом перевірки адекватності підходу може стати аналіз модернізації курсу по завершенню учбового семестру. При цьому експертові приводиться список тестових питань, які викликали найбільші складності у слухачів (на основі статистичних даних) і обчислюється відношення збігу найбільш релевантних вибраним тестовим питанням матеріалів і модифікованих експертом матеріалів. На основі даного експерименту, при високій частці збігу може бути реалізована система підтримки прийняття рішень для модернізації та супроводження е-контента.

2.15 Побудова індивідуальних траєкторій навчання із застосуванням індивідуально-орієнтованих електронних освітніх ресурсів і середовищ

Розвиток сучасного суспільства і системи освіти пред'являють все більш високі вимоги до якості підготовки випускників вузів. Особливу роль в підвищенні якості освіти покликана зіграти його інформатизація, що розуміється не як просте представлення навчальної інформації в цифровому вигляді, а як створення телекомунікаційного інформаційно-освітнього середовища (ТІОС) навчального закладу, яке підключене до світового освітнього простору і задовольняє освітні потреби сучасної людини.

Сучасну ситуацію, що склалася у вищій школі, можна охарактеризувати як переломну, при вступі до ХХІ століття, що характеризується пошуками нових парадигм освіти, обумовленими макрозмінами, що відбуваються в світовій спільноті, культурі і сучасних технологіях. А також необхідністю сучасної педагогіки дати відповідь на запит суспільства по виробленню нових засобів та методів навчання і виховання в новому культурно-інформаційному середовищі. За загальним визнанням, провідну роль в змінах, що відбуваються, грають нові інформаційні технології, що стрімко розвиваються, змінили за останні десятиліття цивілізований світ. Освіта, що є одним з найважливіших соціальних інститутів суспільства повинна відображати нові запити суспільства до освіченої людини.

Розглянемо методологію побудови індивідуальних траєкторій навчання із застосуванням особового орієнтованих електронно-освітніх ресурсів (ЕОР) і ТІОС вищого навчального закладу за умов широкомасштабного використання комп'ютерних і інформаційних технологій [131-134].

Проектування ТІОС ВНЗ сприятиме створенню умов для розвитку у студентів особово-професійної компетентності, медіаграмотності та творчої активності, якщо будуть виконані наступні умови:

1. Електронні освітні ресурси будуть спроектовані з урахуванням можливості задоволення різнорівневих особових освітніх потреб і особового розвитку суб'єктів освіти (студентів, педагогів, менеджерів освіти);

2. Навчальна діяльність у рамках ТІОС відповідатиме вимогам учбового процесу у вузі і включена в цілісний учбовий процес;

3. Технічні засоби, що реалізують педагогічну концепцію ТІОС, будуть орієнтовані на розвиток медіакомпетентності суб'єктів освіти і задовольняти сучасним вимогам до інформаційних технологій (швидкодія, пам'ять, гіпермедіа, інтелектуальність інтерфейсу та інше);

4. Навчальний процес у рамках ТІОС буде розумним компромісом між фундаментальністю, систематичністю і евристичністю, між структурованістю і відвертістю;

5. Застосування технічних і програмних засобів в рамках ТІОС буде підпорядковано педагогічним цілям розвитку особи та придбання особових і професійних компетенцій;

6. Учбовий процес в рамках ТІОС буде забезпечений продуманою системою педагогічної підтримки, направленої на особовий розвиток того, хто навчається.

Необхідно визначити нові принципи розвитку ТІОС:

- принцип центрованості на особі, а не на технічних можливостях;
- принцип свободи вибору пізнавальної траєкторії і унікальності індивідуальної пізнавальної діяльності;
- принцип різноманітності ЕОР;

- принцип розвитку ЕОР.

ТІОС повинна бути організована як впорядкована сукупність спроектованих особово-орієнтованих адаптивних гіпермедіа електронних освітніх ресурсів і медіа, що використовуються в педагогічних цілях. Концепція ТІОС дозволяє розширити вже сталі поняття інформаційно-освітнього середовища і розуміти її не тільки як середовище, в якому студент набуває знань і розвиває професійні компетентності, але і як середовище, в якому відбувається його особовий розвиток в процесі організованої взаємодії з медіа. Таке середовище сприятиме розвитку медіакомпетентності як найважливішої компетентності для сучасної людини, що живе і діє в інфосфері, яка все більш ускладнюється.

Найважливішими компонентами ТІОС є особово-орієнтовані гіпермедіа ЕОР. Концепція багаторівневих адаптивних ЕОР дозволить створювати локальні освітні середовища, що задовольняють різнорівневим освітнім запитам. Такі ресурси, окрім учбової інформації, що пред'являється, в різній модальності, забезпечують педагогічну підтримку самостійного навчання і адаптацію до рівня підготовки і індивідуальних особливостей сприйняття і пізнання.

Гнучка модульна структура ЕОР, дозволяє адаптуватися до рівня підготовки і особових запитів суб'єктів освіти за рахунок зміни змісту інформаційно-освітнього простору електронного ресурсу і ТІОС та активізації пізнавальної діяльності суб'єкта освіти. Структура такого освітнього ресурсу складається з модулів, що реалізують конкретні педагогічні цілі. У свою чергу модулі складаються із сторінок, об'єднуючих в логічне ціле групу медіатекстів, керованих діями користувача і медіаресурсів – кінцевих носіїв освітньої інформації різної модальності.

Проектування ЕОР починається з формулювання системної педагогічної мети, яка розбивається на підцілі, що реалізуються модулями ЕОР. Проектування багаторівневих модулів починається з розробки критеріїв рівневого знання. Відповідно до розроблених критеріїв рівня знань визначається

об'єм і зміст учбового матеріалу для кожного рівня знань. Після вивчення певної порції інформації, користувачеві пропонується тест для самоперевірки, у разі сприятливого результату система пропонує підвищити рівень вивчення учбового матеріалу і видає додатковий учбовий матеріал за допомогою показу додаткових гіперпосилань. В результаті для користувача розширюється інформаційне поле освітнього простору і він дістає можливість придбати глибші знання і компетентності.

Найважливішим засобом сучасного навчання є електронний підручник, що став вже традиційним освітнім ресурсом в інформаційно-освітніх середовищах. Л.Х. Зайнутдінова дає наступне визначення:

Електронним освітнім ресурсом (ЕОР) називатимемо частину культурної діяльності, зафіксованої на електронному носіїві у вигляді програми і слугує для задоволення інформаційно-освітніх потреб суб'єктів освітнього процесу (студентів, викладачів, адміністрації).

Особово-орієнтованим електронним освітнім ресурсом називатимемо електронні освітні ресурси, які орієнтовані не тільки на навчання, але і на творчий розвиток особи, здійснюваний в результаті діалогу, що представляється різними медіаресурсами.

Особово-орієнтований електронний освітній ресурс має три аспекти педагогічного проектування.

Когнітивний (змістовний): структура ЕОР; базисні категорії ЕОР; багаторівневність; мультимедійність.

Комунікативний: визначення базисних дій; визначення точок взаємодії (діалогу); визначення місця і форми коментарів системи.

Педагогічної підтримки: способи підвищення мотивації до навчання; способи адаптації повчальної системи до особових особливостей; дружність інтерфейсу та інше.

Початковим моментом педагогічного проектування є педагогічні цілі. Для досягнення поставленої педагогічної мети проектувальник ЕОР розробляє його структуру: тобто здійснює розбиття змісту учбового матеріалу на

окремі самостійні частини – модулі. Модуль – це відносно самостійна частина учбової інформації, по якій можливо здійснити як самоперевірку, так і педагогічне тестування знань. Структура ЕОР представлена на рис. 2.24

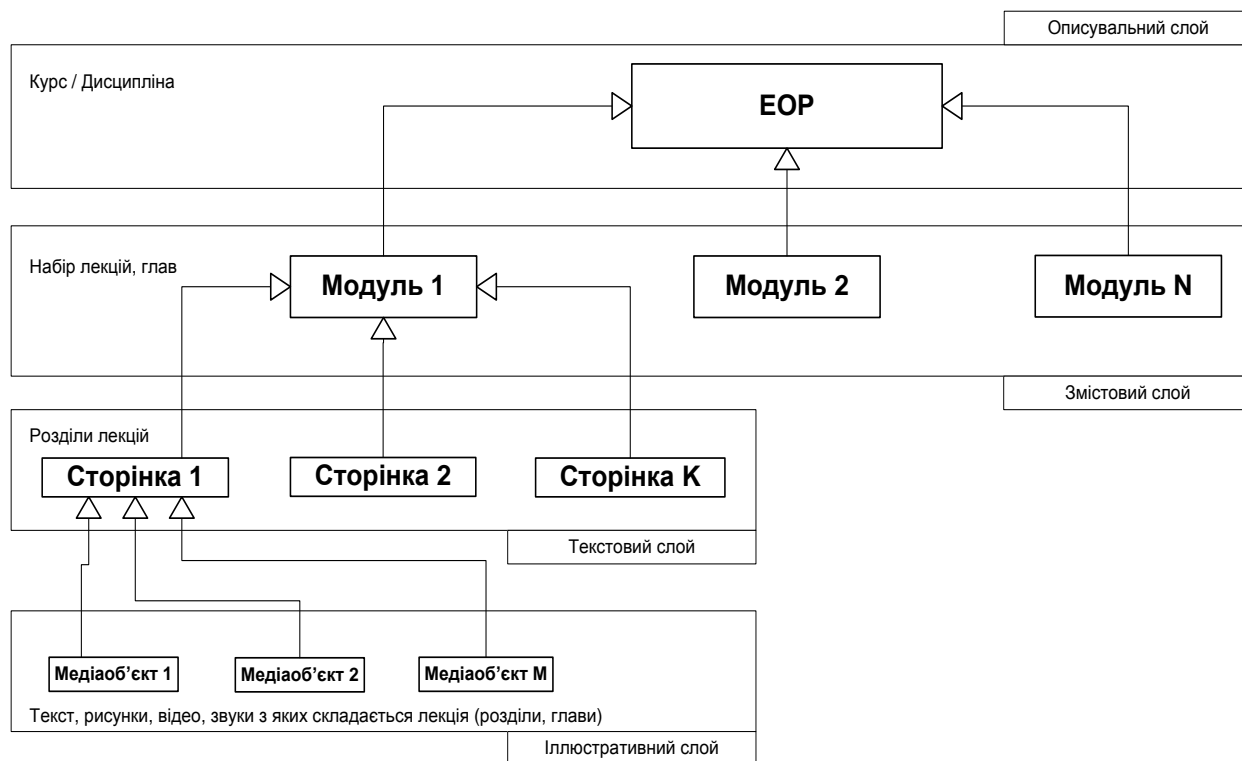


Рисунок 2.24 — Структурна схема електронного освітнього ресурсу

Модуль – це змістовний шар ЕОР, на якому може здійснюватися принцип багаторівневості навчання. Критерії рівнів навчання розробляються педагогом-проектувальником ЕОР. Первинний рівень навчання по конкретному ЕОР вибирає самого учня. Надалі рівні проходження модулів ЕОР обумовлюються успішністю засвоєння учбової інформації і направляються системою навчання.

Сторінка – логічно самостійна частина учбового матеріалу, що входить в модуль. Сторінка складається з медіаресурсів, що розгортають учбовий матеріал в логічній послідовності, передбачуваній автором-проектувальником ЕОР і індивідуально реалізуємою навчаючимися (індивідуальна траєкторія навчання).

Медіаресурси – мінімальна одиниця учбової інформації різної модальності: текст, відео, зображення, звук, тест, гіперпосилання. Медіаресурси є одиницями медіатекста.

Для кожного модуля (у разі його багаторівневості) педагог-проектувальник розробляє окремі рівні змісту модуля і відповідні ним тести самоперевірки і підсумкового тестування. На підставі результатів підсумкового тестування по модулю, система може запропонувати вищий рівень вивчення наступного модуля ЕОР, залишити колишній рівень або вивчити модуль повторно.

У межах модуля користувач може здійснювати довільну подорож по гіперпосиланнях, керуючись тільки своїми пізнавальними інтересами. Проте він повинен при цьому чітко уявляти, на який рівень знань він претендує, оскільки модуль може бути йому зарахований тільки за наслідками тестування знань. Відповідно він може викликати тестову програму по вивченому модулю відповідного рівня.

Педагог-розробник модуля повинен проектувати педагогічні тести оцінювання рівня знань виходячи з того, що для успішного тестування на достатньому рівні необхідне засвоєння учбового матеріалу первинного учбового тексту (без активізації гіперпосилань); для успішного тестування на хорошому рівні необхідне знання учбового тексту з активізацією всіх гіперпосилань першого рівня; для відмінного рівня знань необхідне знання учбового тексту з активізацією як гіперпосилань I-го так і всіх гіперпосилань другого рівня.

Траєкторії навігації по гіперпосиланнях як першого, так і другого рівнів можуть бути двох видів – замкнуті і відкриті. Замкнуті траєкторії вказують на мультитексти, запропоновані педагогом-проектувальником і що містяться в БД ТІОС. Тобто кожен текст (мультитекст) використаний для вирішення конкретних педагогічних цілей (як педагогічних цілей ТІОС в цілому, так і педагогічних цілей ЕОРу та його компонентів). Тому вся сукупність текстів ЕОРу та тих, які завантажуються по гіперпосиланнях медіатекстів повинна бути замкнута щодо педагогічних цілей ТІОС.

Адаптивними гіпермедіа-системами (або системами адаптивної гіпермедіа) ми називатимемо всі гіпертекстові і гіпермедійні системи, які відображають деякі характеристики користувача в моделі користувача і застосовують цю модель для адаптації різних візуальних і змістовних аспектів системи до потреб користувача. На абстрактному рівні архітектуру адаптивної інформаційної системи можна представити у вигляді моделі з трьох складових частин:

- модель предметної області, яка описує, яким чином структуровано зміст ЕОР;
- модель користувача, яка представляє переваги, знання, цілі, історію навігації і інші релевантні аспекти користувача;
- модель адаптації. Ця модель лежить в основі процесу генерації адаптивного уявлення і оновлення моделі користувача.

Моделлю предметної області є структура багаторівневого ЕОР (див. рис. 2.24).

Найважливішим аспектом створення адаптивних ЕОР є модель користувача.

Модель користувача описує призначені для користувача характеристики, переваги, історію відвідуваних сторінок, формує абстрактні стереотипні призначені для користувача профілі. Модель користувача – ключовий елемент в процесі адаптації інформаційного змісту і навігаційного простору терміналу, на основі моделі користувача система за допомогою заданих правил здійснює зміну змісту ресурсів і екранного інтерфейсу.

Модель користувача може описуватися на основі таких початкових даних:

1. Анкетування. Виявлення необхідних початкових даних про користувача, які можуть включати деякі призначені для користувача переваги, інтереси, фактичні дані.

2. Історія відвідуваних сторінок. На основі історії відвідин система може моделювати переважні навігаційні маршрути, визначати коло інтересів і знань користувача (використання е-метрик).

3. Складання семантичного портрета користувача на основі наборів ключових слів відвіданих ресурсів та тем.

4. Переваги інтерфейсу і навігаційних моделей.

5. Рівні засвоєння тем (ступінь засвоєння – відносна кількість ключових слів відвіданих ресурсів в даній темі по відношенню до загальної безлічі ключових слів теми).

6. Рівні огляду тем (ступінь огляду – відношення кількості відвіданих ресурсів в даній темі до загальної кількості ресурсів в темі).

7. Рівень складності ресурсів і тем (може визначатися різними алгоритмами).

Модель адаптації. Набір методів і технічних прийомів формує інструментарій або «арсенал» адаптивною гіпермедіа і може використовуватися як джерело ідей для проектування і розробки адаптивних гіпермедіа-систем.

Приведемо список основних прийомів адаптації візуального ряду і змісту інформаційних ресурсів

1. Зміна порядку проходження інформаційних ресурсів в поточній темі (у поточній наочній області).

2. Зміна навігаційної схеми теми і системи на основі переваг користувача або його адаптивної моделі.

3. Формування релевантних («цікавих» користувачеві) наборів посилань на інші інформаційні ресурси на основі різних схем адаптації:

- виведення списку посилань на релевантні ресурси, визначаючи релевантність на основі безлічі ключових слів в моделі користувача, історії його відвідин, семантичного простору поточної теми;

- виведення списку посилань на ресурси за ключовими словами поточного ресурсу.

4. Підсвічування посилань поточного освітнього рівня або поточного рівня складності ресурсу або посилань поточної наочної області. Підсвічування іншим кольором посилань вищого рівня і нижчого рівня (в межах зсуву). Підсвічування посилань поточного рівня, але ведучих на інші поняття (за ключовими словами).

5. Скриття посилань, що виходять за або вище поточного рівня користувача або складності ресурсу.

6. Скриття інформаційних фрагментів і підсвічування їх по тих же критеріях.

7. Адаптація інтерфейсу. Вибір користувачем стилю. Налаштування користувачем інтерфейсу під себе – вибір модулів, що цікавлять, і інтерфейсних рішень. Динамічна адаптація інтерфейсу.

8. Спливаючі підказки на ключових словах (визначених автором ресурсу) – основні поняття (концепти) ресурсу.

Медіаосвітнім середовищем (МОС) називатимемо освітнє середовище, в якому головним носієм інформації для індивіда є ЕОР різної модальності (текст, зображення, звук, відео) і медіа, доступні користувачеві в даному середовищі.

Педагогічно спроектована МОС є сучасною педагогічною системою, що має на своїй меті організацію умов для цілеспрямованої взаємодії індивідів з електронними інформаційно-освітніми ресурсами і медіа на користь їх особово розвитку і підвищення якості освіти.

Розглядатимемо медіаосвітнє середовище, в широкому сенсі як систему організації освітнього середовища вузу.

Особово-орієнтована МОС – така педагогічна система, в якій реалізовано не тільки змістовне інформаційне забезпечення освітнього процесу, але враховані і особові особливості взаємодії суб'єктів освітнього процесу з електронними освітніми ресурсами (ЕОР), і в якій є можливості для творчого самовизначення особи того, що навчається.

За змістом медіаосвітнє середовище складається з сукупності медіатекстов різної модальності (відео, аудіо, друкарський текст, зображення, анімація); інформації, що зберігається в базах даних (архівні, бібліотечні і картографічні фонди; каталоги; картотеки і досьє; реєстри; кадастри; реєстри і т. д.); поточних відомостей; електронних освітніх ресурсів, що забезпечують вивчення дисциплін за професійною освітньою програмою, організацій і людей, що здійснюють отримання, обробку, передачу, зберігання і використання даних, що забезпечують культурно-освітню діяльність індивіда.

Для можливості якісної побудови індивідуальних траєкторій навчання електронні освітні ресурси повинні бути особово-орієнтованими, багаторівневими і медіаресурсними.

Особова орієнтованість ресурсу повинна мати на увазі орієнтацію його розробника на мотивацію самодіяльності, особової активності навчаючого ся при вивченні учбового матеріалу, при максимальному врахуванню особових інтересів, переваг, особливостей сприйняття та мислення.

Багаторівневність має на увазі різний ступінь складності учбового матеріалу електронного ресурсу, орієнтовану на різний рівень підготовки навчаючогося та різний рівень його мотивації до навчання.

Медіаресурсність має на увазі використання всіх доступних форм представлення учбової інформації: текст, зображення, анімація, відео, аудіо. Формою логічного представлення педагогічного змісту електронних освітніх ресурсів є гіпертекст.

Кожен ЕОР розглядається як проекція частини системи у вигляді сукупності дидактичних одиниць - модулів.

Модуль може містити від однієї до безлічі сторінок. На рівні проектування сторінки здійснюється проектування безпосереднього представлення учбового матеріалу на екрані дисплея комп'ютера. Сторінка є полем управління учбовою діяльністю навчаючогося. На сторінці учень здійснює учбову діяльність шляхом читання і засвоєння смислової інформації, шляхом маніпулювання з об'єктами (медіаресурсами).

Проте учень не може порушити логічну структуру і зміст ЕОРу і його елементів. Медіаресурси вводяться в комп'ютер заздалегідь і складають інформаційну базу ЕОР.

Взаємозв'язок медіаресурсов, в рамках сторінок і модулів визначається сценарієм навчання і його результатом – траєкторією навчання. Підсистема створення тестів дозволяє створювати в інтерактивному режимі тести як для самоконтролю студентами засвоєння учбового матеріалу, так і для проміжного і підсумкового контролів. Створений тест є самостійним медіаресурсом і може бути поміщений в будь-яку точку структури ЕОР. Тест може складатися з одного або безліч питань і виконувати різні функції, окрім своєї основної – контролю якості засвоєння знань. Так тест з одного питання може виконувати роль «перемикача» рівня вивчення ЕОР.

Індивідуальною траєкторією навчання в ЕОР називатимемо послідовність проходження (активізації) рівнів (послідовності сторінок) модулів, складових ЕОР.

Рівнева траєкторія – це така стратегія студента, коли він дотримується вибраного на початку для себе рівня складності вивчення даного ЕОР (і, відповідно, складових його модулів).

Змішана траєкторія – коли студент в процесі навчання змінює рівні складності матеріалу, слідує рекомендаціям системи або власної мотивації. У індивідуальній траєкторії повинні відобразитися всі активізовані медіаресурси (з вказівкою їх модальності – текст, відео, зображення, анімація, аудіо), історія відвідуваних сторінок та інше. Багаторівневий модуль повинен мати механізми адаптації до рівня підготовки користувача. Критерії рівня підготовки (наприклад: достатній, хороший, відмінний) визначаються педагогом-проектувальником ЕОР (модуля) на підставі загальних вимог до якості засвоєння знань, прийнятих в учбовому закладі. Механізмом визначення рівня підготовки користувача є педагогічне тестування за наслідками вивчення модуля ЕОР.

ВИСНОВКИ

1. У системі дидактичних вимірів комп'ютеризований тестовий контроль є одним з найбільш затребуваних педагогічних інструментів, що активно використовуються для встановлення рівня фактичних знань студентів технічних університетів.

2. Поряд з очевидними перевагами тестового контролю його прискорене й невиправдано широке впровадження в навчальну практику часто призводить до негативних результатів, коли в прагнення знизити витрати на навчання в навчальний процес примусово впроваджуються неточні й недостовірні методи контролю. Крім недостатньої розробленості методичного апарата проблемою є й те, що в основі сучасних методів тестування, як правило, лежать закордонні теорії, які багато в чому не враховує традиції й достоїнства вітчизняної системи утворення, пов'язані з домінуючою роллю, що приділяється викладачеві у всій системі навчання. Як наслідок, встає необхідність у розробці математично обґрунтованої моделі тестового контролю, що дозволить імітувати діагностичні можливості викладача й, тим самим, частково компенсувати продиктоване економічною доцільністю усунення особистості викладача із процесів контролю.

3. Теоретико-методична модель імітаційного тестового контролю, розроблена в рамках даного дослідження, надає можливість приймати математично точні проектні рішення для більшості типових процедур розробки, проведення й підведення підсумків контролю, які традиційно покладали на викладача й у силу його відчуженості при комп'ютеризованому тестуванні, найбільш чутливі для внесення погрешностей у результати вимірів. На етапі розробки прототипів тестів це процедури типізації й установа міри складності тестових завдань, розрахунку кількості тестових завдань, оптимізації й формування тестів. У процесі контролю - багаторівневі процедури з визначенням необхідності додаткових сесій контролю й розрахунком кількості додаткових питань, зниження ймовірності вгадування застосуванням елементів

нечіткої логіки, а при підведенні результатів контролю - процедури аналізу однорідності умов, виставлення оцінок і перевірки якості тестів.

4. Конкретизовано поняття відкритої й закритої форм тестових завдань, запропонований критерій для їхнього визначення по величині ймовірності вгадування відповіді. З позиції можливого використання при тестовому контролі знань і вмінь студентів інженерних спеціальностей класифіковані існуючі й запропоновані нові форми типових тестових завдань, що враховують специфіку інженерного утворення й розширюють можливості по формуванню завдань найбільшою мірою відповідному змісту контрольованого навчального матеріалу. Виділено й описані наступні форми тестових завдань: множинний вибір, з альтернативними відповідями, класифікація, упорядкованість, введення символів, доповнення, ключові слова, виправлення. Розроблено форми: на керування, послідовний вибір, позиціонування, послідовність дій.

5. Підкреслено важливість правильного встановлення та призначення міри складності тестових завдань для достовірного визначення результатів контролю знань і вмінь. Розроблено методики проектувального й коректувального розрахунку індексів складності, що встановлюють ступінь труднощів тестового завдання стосовно інших завдань тесту. Розрахункові методики можуть використатися як для прогнозування чисельних значень індексів складності на стадії проектування тестів, так і для коректування з обліком фактично отриманих результатів контролю. Їхнє застосування особливо ефективно у випадку, коли для призначення індексів складності недостатньо особистого досвіду проектувальника завдань, а необґрунтована вказівка рівня складності не забезпечує необхідну вірогідність результатів контролю.

6. Запропоновано розраховувати необхідну кількість тестових завдань в основній сесії контролю, виходячи із критерію сукупної складності, і додаткової сесії - із критерію сукупної значущості контрольованого навчального матеріалу. Основою для вибору критеріїв послужила вимога забезпечити порівнянність результатів тестування по різних дисциплінах в умовах, коли те-

сти створюються незалежними проектувальниками. Для розрахунку критеріальних значень запропоновані методики визначення сукупної складності й значимості навчального матеріалу й визначені раціональні області їхнього застосування.

7. Рекомендовано формувати тести з використанням генетичних алгоритмів, що дозволяє розглядати процес створення тесту як послідовну зміну популяцій з особин, геном яких являє собою випадковий набір тестових завдань різної складності. Закладені в генетичному алгоритмі механізми еволюції забезпечують оптимізацію тесту за критеріями сукупної складності й значущості контрольованого навчального матеріалу.

8. На базі математичного апарата приймального контролю виробів машинобудування розроблений метод статистичного двоступінчастого тестового контролю знань і вмінь за кількісними показниками, Запропонований алгоритм розрахунку чисельних значень критеріїв, при яких варто організувати додаткові сесії контролю, визначені приймальні й бракувальні числа, що встановлюють необхідність другого етапу контролю. Передбачене методом використання генетичних алгоритмів дозволяє при оптимізації тестових завдань на другому етапі контролю вибирати питання саме з тих тем, по яких відповіді студента були найменш удалими.

9. Запропоновано використовувати математичний апарат нечіткої логіки, що дає можливість підвищити вірогідність результатів контролю, тому що студент при відповіді може оперувати не тільки класичними значеннями логічних змінних «неправда» і «істина», але й уживати їхні проміжні значення, що плавно переходять від одного крайнього значення («неправда») до іншого крайнього значення («істина»). При цьому результати тестування оцінюються не в термінах чіткої логіки (якщо еталонна відповідь збігається з відповіддю студента, то вважається, що студент знає матеріал, і, навпаки, якщо відповіді не збігаються, то не знає), а в термінах нечіткої логіки, коли підсумкова оцінка визначається тим, наскільки ці відповіді збігаються.

10. Для чотирьохбальної шкали оцінювання (незадовільно, задовільно, добре, відмінно) розроблений метод розрахунку чисельних значень критеріїв, що дозволяють перевести кількість набраних при тестуванні балів у традиційну оцінку успішності навчання. Відповідно до його приймається що студенти, здатні в загальні для всіх умовах, досягти кращого рівня знань заслуговують більше високої оцінки. З огляду на, що зміна змісту занять або їхнього організаційно-методичного забезпечення робить приблизно однаковий вплив на всіх студентів, метод дає можливість при підведенні підсумків тестового контролю в нових умовах переходити до показників успішності навчання без виконання яких-небудь додаткових експертиз - на основі вибірових характеристик параметрів розподілу кількісних оцінок.

11. В імітаційній моделі більшість рішень приймається на основі статистичного аналізу раніше отриманих і поточних результатів тестування й тому перед підведенням підсумків контролю рекомендовано оцінити статистичну істотність внесених протягом семестру змін по величині уведеного в модель коефіцієнта вірогідності статистичних відмінностей. Це особливо важливо зробити, оскільки рівень знань і успішність навчання є інтегруючим проявом великої кількості факторів, що діють у процесі навчання й будь-які зміни в навчальному процесі, у тому числі й у процедурах контролю, можуть привести до перекручування статистичної картини тестування.

12. Розроблене в рамках імітаційної моделі математичне обґрунтування прийнятих екзаменатором рішень значною мірою зм'якшує недоліки комп'ютеризованого тестування як інструмента педагогічних вимірів. Одночасно із цим модель доповнена процедурами перевірки вимірювальних можливостей тестових завдань і тесту в цілому за допомогою адаптованих показників розпізнавальної здатності й надійності, а також знову запропонованих імовірнісних характеристик неприпустимості крайніх оцінок і аномально витраченого на виконання завдання часу.

13. Розроблено та досліджено алгоритми формування класів еквівалентних ознак розпізнавання на базі ефективних методів оцінки інформатив-

ності. Враховуючи актуальність такої задачі для систем керування дистанційним навчанням, особливу увагу було приділено аналізу особливостей їх функціонування та структури. В результаті сформована перспективна концепція реалізації цих алгоритмів в рамках сучасної інформаційно-екстремальної інтелектуальної технології синтезу систем керування, що навчаються. Ефективність запропонованого алгоритму перевірено на практичній задачі формування класів еквівалентних ознак розпізнавання в системі автоматичного формування тестових завдань з дистанційного курсу „Інтелектуальні системи”.

14. Розроблено в рамках інформаційно-екстремальної інтелектуальної технології інформаційне та програмне забезпечення адаптивної СКДН.

15. Запропоновано в процесі побудови класифікаторів в рамках інформаційно-екстремальної інтелектуальної технології використання модифікованої вкладеної форми контейнерів класів розпізнавання з єдиним центром і відповідно розроблено модифікацію функції належності реалізації, що використовується в процесі екзамену СКДН.

16. Проведено моделювання і оптимізацію в інформаційному розумінні геометричних параметрів вкладених контейнерів класів розпізнавання.

17. У процесі навчання СКДН застосовано паралельний та послідовний алгоритми оптимізації системи контрольних допусків на ознаки розпізнавання і показано, що послідовна оптимізація забезпечує максимальну функціональну ефективність системи керування за умови використання модифікованої вкладеної гіперсферичної форми контейнерів класів розпізнавання.

18. Проведено синтез СКДН в рамках ІЕІ-технології з оптимізацією словників ОР з використанням елементів випадкового пошуку. У результаті було розроблено алгоритм, що синтезує оптимальну в інформаційному сенсі СКДН, що навчається, та формує наблизений до оптимального словник ОР. Такий підхід дозволив значно покращити ефективність функціонування СКДН без значних втрат в оперативності її навчання. Алгоритм було перевірено на реальній задачі керування технологічним процесом тестування

студентів дистанційної форми навчання з дисципліни „Інтелектуальні системи”.

19. Запропоновано підхід до побудови адаптивного курсу на базі електронного підручника із застосуванням результатів контролю знань, який дозволяє організувати зворотній зв'язок для адаптації е-контенту до потреб учня. Наведено алгоритм і перелік програмних засобів для побудови матриці зв'язності навчального контенту. Одержані результати свідчать про адекватність наведеного підходу. Подальша робота буде спрямована на розробку стандартного API для SCORM-сумісних систем керування дистанційним навчанням.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Volkov N.I., Alexeyev A.N., Kochevsky A.N. Composing of test using the software tool SSUQuestionnaire // Symposium “Education Technologies on Electronic Platforms in Engineering Higher Education” (TEPE 2005) – Bucharest, 2005. – P. 297 – 304.

2 Алексеев А.Н. К вопросу о количественном оценивании результатов тестового кон-троля знаний // Открытое образование/ - М., 2006. - №4. – С. 45 – 51.

3 Алексеев О.М. Тестовий контроль знань у дистанційному інженерному навчанні // Теоретичні питання культури, освіти та виховання: Збірник наукових праць - К.: КНЛУ, 2006. - Випуск 31. – С. 256 – 259.

4 Алексеев О.М. Тестовий контроль знань як засіб підвищення ефективності самостійної роботи студентів // Педагогічні науки: Збірник наукових праць – Частина друга: Неперервна освіта: проблеми, пошуки, перспективи. – Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2007 – С. 165 - 168 .

18 Алексеев А.Н. Использование стереографических изображений в электронных учебниках // Открытое образование. - М., 2007 - №6 – С. 39 – 46.

5 Алексеев О.М. Застосування нейронних мереж для прогнозування якості стереографічних зображень в електронних підручниках // Педагогічні науки: Збірник наукових праць. - Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка, 2007 – С.

6 Volkov M.I, Alexeyev A.N., Kochevske A.N. Types of questions for computer-aided testing of students knowledge // Computer modeling and new technologies. – Riga, 2007 – Vol.11, No. 3 – P. 35 – 42.

7 Alexeyev A.N. Multi-level test control of quality of knowledge by quantitative parameters // Computer modeling and new technologies. – Riga, 2007 – Vol.11, No. 3 – P. 43 – 45.

8 Алексеев О.М. До питання про використання стереографії при дистанційному навчанні студентів інженерних спеціальностей // Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання – К: НПУ ім. М.П.Драгоманова, 2008 – С. 111- 115.

9 Алексеев О.М., Алексеева Г.В. Розподілена система вимірювання якості електронних підручників // Теоретичні питання культури, освіти та виховання: Збірник наукових праць - К.: КНЛУ, 2008. - Випуск 35. – С. 14 – 17.

10 Алексеев А.Н. Объемные виртуальные модели в инженерном образовании // Проблемы инженерно-педагогічної освіти: Збірник наукових праць – Харків: УПА, 2008.

11 Алексеев О.М., Ковинев О.Ю., Алексеева М.А., Волков О.М. Нові можливості тестового контролю знань з використанням програми SSUquestionnaire версії 4.5 // Інтелектуальні системи в промисловості і освіті - 2007. Тези доповідей Першої міжнародної науково-технічної конференції – Суми: СумДУ, 2007. - С. 113 – 115.

12 Алексеев О.М. Тестовий контроль знань як засіб підвищення ефективності самостійної роботи студентів // Неперервна освіта: проблеми, пошуки, перспективи. Програма всеукраїнської науково-практичної конференції. 17-18 травня 2007 р. – Суми, 2007.

13 Алексеев О.М. До питання про управління якістю дистанційної інженерної освіти // Сучасний український університет: теорія і практика впровадження інноваційних технологій. Збірник матеріалів VII Міжнародної науково-методичної конференції 22 – 24 квітня 2008 року – Суми: СумДУ, 2008. – Ч. III – С. 4.

14. Довбиш А.С., Шелехов І.В. Оцінка інформативності ознак розпізнавання за методом функціонально-статистичних випробувань // Вісник Сумського державного університету.–2006.–№10(94).– С.51-58.

15. Гриценко В.И, Довбыш А.С., Любчак В.А. Информационный синтез адаптивной мультиагентной системы управления дистанционным обучением // Управляющие системы и машины.– 2006.–№6 – С. 4-6,25.

16. Довбиш А.С. Концептуальні положення та перспективи розвитку інформаційно-екстремальної інтелектуальної технології проектування систем керування, що навчаються // Тези доповідей Третьої міжнародної наукової конференції «Сучасні методи кодування в електронних системах», 24-25 жовтня 2006 р.– Суми, 2006.– С.16-17.

17. Довбиш А.С., Любчак В.О., Петров С.О. Машинна оцінка знань студентів у системах керування дистанційним навчанням // Вісник Сумського державного університету. Серія «Технічні науки», №1, 2007.– С. 122-129.

18. Любчак В.О., Петров С.О., Кузіков Б.О. Аналіз оціночних функцій в рамках інформаційно-екстремальної інтелектуальної технології // Вісник Сумського державного університету. Серія “Технічні науки”. – 2007. – №2.– С. 146-153.

19. Петров С.О., Шелехов І.В. Оцінка інформативності тестів в системах керування дистанційним навчанням // Вісник ХНТУ.–2007.–№4(27).–С. 586-591.

20. Петров С.О. Фазифікація вхідних даних при машинній оцінці знань слухачів в системах керування дистанційним навчанням // Сборник трудов VII международной конференции “Интеллектуальный анализ информации” «ИАИ 2007».–К.: Просвіта, 2007.–С. 266-273.

21. Петров С.А. Идентификация параметров функционирования системы автоматизированного тестирования знаний // Информационные технологии и информационная безопасность в науке, технике и образовании "ИНФОТЕХ-2007". Часть 2: Материалы междунар. науч.-практ. конф. ученых Украины, Беларуси, России, Азербайджана, Израиля, г.Севастополь, 10–16 сентября 2007 г. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007. – 131-133.

22 Аванесов В. С. Методологічні й теоретичні основи тестового педагогічного контролю: Дис... д-ра пед. наук: 13.00.01. - М.. 1994. - 339с.

23. Аванесов В.С. Композиція тестових завдань.- М. :Центр тестування, 2002.- 238 с.
24. Аналіз текстів [WWW документ]. URL <http://www.statsoft.ru/home/portal/exchange/textanalysis.htm> (21 квітня 2007).
25. Афонина Л. И. Критеріально - орієнтоване тестування як ефективний засіб виміру й оцінки навчальних досягнень середніх освітніх установ, що вчатьсЯ: Дис... канд. пед. наук: 13.00.01. - Саратов, 2000. - 207 с.
26. Бази даних. Інтелектуальна обробка інформації / Корнеев В.В., Гареев А.Ф., Васютин С.В., Райх В.В. - М.: «Нолидж», 2000. - 452с.
27. Булах І.Є. Теорія й методика комп'ютерного тестування успішності навчання (на матеріалах медичних навчальних закладів): Дис... д-ра пед. наук: 13.00.01. - К., 1995. - 430с.
28. Бурлачук Л.Ф., Морозов С.М. Словник-довідник по психологічній діагностиці. - Київ: Наук. думка, 1989. - 197 с.
29. Гулюкіна Н.А., Клишина С.В. Педагогічний тест: етапи й особливості конструювання й використання: Учеб. посібник / Новосибірський гос. технічний ун-т. - Новосибірськ : Видавництво НГТУ, 2001. – 132 с.
30. Дідова І. О. Тестові завдання як форма перевірки знань на уроках навколишнього світу [WWW документ]. URL http://festival.1september.ru/2005_2006/index.php?numb_artic=314336 (12 травня 2007).
31. Дружинін В. Н. Експериментальна психологія - Спб: Видавництво «Питер», 2000. - 320 с.
32. Евланов Л.Г., Кутузов В.А. Експертні оцінки в керуванні. - М.: Економіка, 1978. - 133 с.
33. Єфремова Н.Ф. Сучасні тестові технології в утворенні / Дослідницький центр проблем якості підготовки фахівців; Донської гос. технічний ун-т. - М.; Ростов : ИЦ ДГТУ, 2001. - 186с.

34. Караваева И.А. Валидность педагогических тестовых измерителей как способ повышения объективности контролю обученности: Дис... канд. пед. наук: 13.00.01. - Ижевск, 2003. - 173 с.
35. Кириленко Е.Г. Разработка тестовых заданий для компьютерного тестирования: учеб. пособие для преподавателей, аспирантов, магистров вузов по конструированию и стат. обработке тестов. - Х.: ХАИ, 2007. - 129с.
36. Комплекс нормативных документов для разработки составов системы стандартов высшей освіти. Уведено Наказом Міністра освіти України від 31.07.98 р. №285. - ДО, 2001. - 126с.
37. Курдюкова Н. А. Оцінювання успішності навчальної діяльності як психолого-педагогічна проблема: Дис. канд. психол. наук: 13.00.01. - Спб., 1997. - 201с.
38. Лапач С. Н., Бабич П. Н., Чубенко А. В. Статистика в науці й бізнесі: Комплекс прикладних програм на CD для Microsoft Excel. - К. : МОРИОН, 2002. - 640 с.
39. Лебедева Е.Н. Сертифікація тестових вимірників як спосіб підвищення об'єктивізації контролю навченості: Дис...канд, пед. наук: 13.00.01. Іжевськ: Іжгту, 1998.- 151 с.
40. Лейкин М. В. Многокритериальные задания ранцевого типа. Математичні моделі й алгоритми рішення: Дис ... канд.. физ.-мат. наук: 05.13.18. - Нижній Новгород, 2004. - 130 с.
41. Майорів А.Н. Теорія й практика створення тестів для системи утворення. - М.: Народне утворення, 2000. - 352 з,
42. Майорова Н. Л. Тестування як педагогічний засіб виміру успішності навчання: Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01. - Ярославль, 2000. - 216 с.
43. Михайлычев Е.А. Дидактична тестология. - М.: Народне утворення, 2001.-432 с.
44. Нейман Ю.М., Хлебников В.А. Введення в теорію моделювання й параметризації педагогічних тестів. - М.: Прометей, 2000. - 168 с.

45. Новикова Н. М., Поспелова И.И. Многокритериальные задания принятия решений в условиях неопределенности. - М.: ОЦ РАН, 2000. - 62 с.

46. Олійник М.М., Романенко Ю.А. Тест як інструмент кількісної діагностики рівня знань у сучасних технологіях навчання. - Донецьк: Донецький національний університет, 2001. - 83 с.

47. Олійник М.М., Романенко Ю.А., Ігнатова Л.Б. Комп'ютерна програма обробки результатів тестування та визначення якості тестових завдань та тестів. Застосування в процесі створення тестів для контролю знань на уроках хімії в середній школі // Комп'ютерні програми навчального призначення з хімії: Тези доповідей III Української науково-методичної конференції 7-9 жовтня 1997.-Донецьк: Донду,1997.-С.11.

48. Основи криптографії: Навчальний посібник для студентів вузів, що навчаються по групі спеціальностей в області інформаційної безпеки / А. П. Алфьоров А. Ю. Зубов, А. С. Кузьмін, А. В. Черемушкин. - М.: Гелиос, 2002. - 480 с.

49. Петрашук О. П. Теоретичні основи тестового контролю іншомовної комунікативної компетенції учнів середньої загальноосвітньої школи: дис... канд. пед. наук: 13.00.02. - Київ, 2000. - 386 с.

50. Платонов А.Е. Статистичний аналіз у медицині й біології: завдання, термінологія, логіка, комп'ютерні методи.. - М.: РАМН, 2000. - 52 с.

51. Рабинович М. Г. Многокритериальные задания оптимизации и ихне застосування в плануванні виробництва. Л. : ЛИЭИ, 1986. - 73 с.

52. Рабійчук Л. С. Педагогічні умови тестового контролю знань курсантів з іноземної мови: дис... канд. пед. наук: 13.00.04. - Хмельницький , 2003. - 179 с.

53. Сакаева С.Р. Тестування як метод підвищення ефективності й об'єктивності контролю знань у загальноосвітній школі (на прикладі шкільного курсу фізики) школи: дис... канд. пед. наук: 13.00.01. - Іжевськ, 1997. - 121 с.

54. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. Комп'ютерна програма «SSUquestionnaire» / Волков Н. І., Алексеев А.Н., Кочевський А. М.

- № 9856. Міністерство освіти й науки України, Державний департамент інтелектуальної власності, 22.04.2004. - 1с.

55. Солуха Й. В. Тестовий контроль у процесі навчання фізики (на матеріалі теоретичної фізики): Дис. канд. пед. наук: 13.00.02. - К., 1999. - 322с.

56. Урбах В.Ю. Статистичний аналіз у біологічних і медичних дослідженнях. - М.: Медицина, 1975. - 295 с.

57. Ухань П.С. Контроль знань, вмій і навичок учнів на уроках інформатики: Дис... канд. пед. наук: 13.00.02. - К., 2001. - 199 с.

58. Цехмістрова Г.С. Діагностика ефективності навчального процесу у вищих заставах освіти: Дис... канд. пед. наук: 13.00.04. - К., 2002. - 273 с.

59. Чельшкова М. Б. Теорія й практика конструювання педагогічних тестів. - М.: Логос, 2002.- 410 с.

60. Ченисов С.В. Приймальний контроль у машинобудуванні. - М.: Машинобудування, 1971. - 328 с.

61. Чорна Н. В. Оцінювання навчальних досягнень учнів методом тестування в педагогіці США: дис... канд. пед. наук: 13.00.01. - Житомир, 2005. - 214 с.

62. Яглом А.М., Яглом И. М. Імовірність і інформація. - М.: Комкнига, 2006. - 511 с.

63. Airasian P. W. Classroom assessment, 3rd ed. - New York: McGraw-Hill, 1997. - 416 p.

64. Baker, F.B. The Basics of Item Response Theory. 2 ed. Hieneman, Portsmouth, New Hampshire, 2001. p. 7.

65. Bloom B.S., Hastings J. T., Madaus G.F. Handbook on formative and summative evaluation of student learning. - New York: McGraw-Hi, 1971. - 923 p.

66. College Search [WWW документ]. URL <http://www.collegeboard.com> (11 грудня 2004)

67. Linn R. L., Gronlund N. E. Measurement and assessment in teaching, 8th ed. - Upper Saddle River, N.J.: Merrill, 2000. - 574 p.

68. TenBrink T. D. An educator's guide to classroom assessment - Boston: Houghton Mifflin, 2003. - 55 p.

69. Краснопоясовський А.С. Інформаційний синтез інтелектуальних систем керування, що навчаються // Видавництво СумДУ Суми – 2003.

70. Краснопоясовський А. С. Інформаційний синтез інтелектуальних систем контролю та управління, що навчаються //Матеріали Міжнародної конференції з управління “Автоматика – 2002”. 16–20 вересня 2002 р., м.Донецьк, Україна: У 2-х т.– Донецьк, 2002.– Т. 2.–С. 124 – 126.

71. Краснопоясовский А. С., Успенко В. И., Козуб В.Н., Михаленко С. Н. Разработка информационного и программного обеспечения обучающихся бортовых автоматизированных систем контроля самолетов серии АН // Авиационно-космическая техника и технология: Труды Харьковского авиационного института им. Н. Е. Жуковского.– Харьков, 1994, – С. 210 – 215.

72. Краснопоясовський А. С., Черниш А. В. Алгоритм навчання системи розпізнавання за методом функціонально – статистичних випробувань // Вісник Сумського державного університету, 1998. – № 1. – С. 89 – 94

73. Краснопоясовський А. С. Інформаційний синтез системи підтримки прийняття рішень, що навчається // Труды Одес. политехн. ун-та, 2001.–Вып.4 (16).–С. 82–86.

74. Краснопоясовський А. С., Скаковська А. М. Оптимізація параметрів нормалізації образу при класифікаційному настроюванні електронного мікроскопа // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2003. – Вып. 123. – С. 62 – 66.

75. Краснопоясовський А. С., Марченко В. В. Оцінка фокусності зображення для растрового електронного мікроскопа // Вісник Сумського державного університету.–1999.–№2.–С. 112–114.

76. Juzhen Z. Dong, Ning Zhong, and Setsuo Ohsuga. Using rough sets with heuristics to feature selection. In Ning Zhong, Andrzej Skowron, and Setsuo Ohsuga, editors, Proceedings of the 7th International Workshop on New Directions

in Rough Sets, Data Mining, and Granular-Soft Computing (RSFDGrC-99), volume 1711 of Lecture Notes in Artificial Intelligence, pages 178-187, Berlin, November 9-11 1999. Springer.

77. M. Ben-Bassat. Pattern recognition and reduction of dimensionality. In P. R. Krishnaiah and L. N. Kanal, editors. Handbook of Statistics. Pages 773-791, North Holland, 1982.

78. M. Dash and H. Liu. Feature selection for classification. *Intelligent Data Analysis — An International Journal*, 1(3), 1997.
<http://www.public.asu.edu/~huanliu/papers/ida97.ps>.

79. George H. John, Ron Kohavi, and Karl Pfleger. Irrelevant features and the subset selection problem. In *Proceedings of ICML-94, the Eleventh International Conference on Machine Learning*, pages 121–129, New Brunswick, USA, 1994.

80. Краснопоясовський А. С. Оптимізація контейнерів класів розпізнавання за методом функціонально-статистичних випробувань // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики, 2002.— Вып. 119.— С. 69–76.

81. Краснопоясовський А. С., Сластушевський О. Ю. Оцінка інформативності ознак розпізнавання у рамках методу функціонально-статистичних випробувань // Современные технологии машиностроения: Тематический сборник научных статей. Отв. ред. Н. В. Захаров.—Киев: ИСМО, 1997.— Вып.1.— С. 146 – 151.

82. Краснопоясовський А. С. Оптимізація контрольних допусків на ознаки розпізнавання за МФСВ // Штучний інтелект.— 2003. — №1.— С. 53 – 62.

83. Моїсеєв В.Б., Пятирубльовий Л.Г., Таранцева К.Р. Інформаційний підхід до вибору рішень у системах адаптивного тестування.// Матеріали конференції «Аналіз якості освіти й тестування». – М.:МОРФ, МЭСИ, 2001.

84. Моїсеєв В.Б., Пятирубльовий Л.Г., Таранцева К.Р. Розпізнавання образу студентів за рівнями їхніх знань у комп'ютерному тестуванні. // Збір-

ник матеріалів інтернет-конференції «Проблеми переходу класичних університетів у систему відкритого освіти». – М.: МЭСИ, 2001.

85. Сысоева Л. А., Толстоусова В. Г. Предметно-критериальная методика составления тестов – <http://ito.edu.ru/2001/ito/VI/VI-0-19.html>.

86. Пятирублевый Л. Г., Таранцева К. Р., Моисеев В. Б. Методы определения количества образовательной информации в тестах – <http://ito.edu.ru/2001/ito/VI/VI-0-27.html>.

87. Кальней В.А., Шишов С.Е. Технологія моніторингу якості навчання в системі “вчитель-учень”: Методичний посібник для вчителя. – М.: Педагогічне суспільство Росії, 1999.

88. Пятирублевый Л. Г., Моисеев В. Б., Таранцева К. Р. Применение информационно-генетических алгоритмов в процедурах образовательного тестирования – <http://ito.edu.ru/2001/ito/VI/VI-0-12.html>.

89. Маслак А. А., Анисимова Т. С., Осипов С. А. Исследование точности модели Раша на основе имитационного моделирования – <http://ito.edu.ru/2001/ito/VI/VI-0-1.html>.

90. Границкая А.С. Навчити думати й діяти: Адаптивна система навчання в школі: Кн. для вчителя. – К.: Освіта, 2000.

91. Крылов Ю. Н. Абсолютная временная шкала измерения знаний. Динамика результатов тестирования во времени – <http://ito.edu.ru/2001/ito/VI/VI-0-32.html>.

92. Журавлев В. Б. Методика статистического анализа учебного процесса – <http://ito.edu.ru/2001/ito/VI/VI-0-2.html>.

93. Казаринов А. С., Култишева А. Ю., Мирошніченко А. А. Технологія адаптивної валідності тестових завдань: Навчальний посібник. – М.: Видавництво ГГПУ, 1999.

94. Алексахин С. В., Николаев А. Б., Строганов В. Ю. Модели адаптивного тестового контроля в системе дистанционного образования – <http://ito.edu.ru/2001/ito/VI/VI-0-17.html>;

95. Шалимов П. Ю., Попоков В. И. «Технологія рейтингових досліджень якості освіти із застосуванням нейронних мереж» – <http://ito.edu.ru/2001/ito/VI/VI-0-17.html>

96. Рідкокаша А.А., Голдер К.К. Основы систем штучного інтелекту: Навчальний посібник – Черкаси: Відлуння – Плюс, 2002– 240 с.

97. F. Korn, B. Pagel, C. Faloutsos. "On the 'Dimensionality Curse' and the 'Self-Similarity Blessing'", IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering, 1, 13, January, 2001, p. 96-111.

98. S. D. Stearns. On selecting features for pattern classifiers. In Proc. of the 3rd Int. Joint Conf. on Pattern Recognition, pages 71–75, Coronado, CA, USA, 1976.

99. K. Jain and B. Chandrasekaran. Dimensionality and sample size considerations. In P. R. Krishnaiah and L. N. Kanal, editors, Pattern Recognition Practice, volume 2, chapter 39, pages 835-855, NorthHolland, 1982.

100. K. Jain and A. Vailaya. Image retrieval using colour and shape. Pattern Recogniton, 29(8): 1233-1244, August 1996.

101. H. S. Solberg and A. K. Jain. A study of the invariance properties of textural features in SAR images. In Proc. IGARS Conference, pages 670-672, Florence, Italy, July 1995.

102. W. F. Punch, E. D. Goodman, M. Pei, L. ChiaShun, P. Hovland and R. Enbody. Further research on feature selection and classification using genetic algorithms. In Proc. 5th International Conference on Genetic Algorithms, pages 557-564, 1993.

103. T. M. Cover and J. M. Van Campenhout. On the possible orderings in the measurement selection problem. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, SMC 7(9): 657-661, September, 1977.

104. P. M. Narendra and K. Fukunaga. A branch and bound algorithm for feature subsetselection. IEEE Transactions on Computers, C-26(9):917-922, September 1977.

105. A. Pagel, F. Korn, C. Faloutsos. "Deflating the Dimensionality Curse Using Multiple Fractal Dimensions", in : Proc. of the 16th Int. Conf. on Data Engineering, San Diego, California, USA, March, 2000.

106. G. V. Trunk. A problem of dimensionality. A simple example. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, PAMI – 1(3): 306-307, July 1979.

107. Y. Hamamoto, S. Uchimura, Y. Matsuura, T. Kanaoka and S. Tomita. Evaluation of the branch and bound algorithm for feature selection. Pattern Recognition Letters 11: 453-456, July 1990.

108. A. Yu and B. Yuan. A more efficient branch and bound algorithm for feature selection, Pattern Recognition, 26(6):883-889, 1993.

109. F. Ferri, P. Pudil, M. Hatef and J. Kittler. Comparative study of techniques for large-scale feature selection. In E. Gelsema and L. Kanal, editors. Pattern Recognition in Practice IV, pages 403-413, Elsevier Science B.V., 1994.

110. J. Kittler. Feature set search algorithms. In C. H. Chen, editor, Pattern Recognition and Signal Processing, pages 41-60. Sijthoff and Noordhoff Alphen aan den Rijn, Netherlands, 1978.

111. P. Pudil, J. Novovicova, and J. Kittler. Floating search methods in feature selection. Pattern Recognition Letters, 15: 1119-1125, November 1994.

112. A. K. Jain and D. Zongker. Feature selection: Evaluation, application, and small sample performance. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., 19(2):153-158, 1997.

113. M. Kudo and J. Sklansky. Comparison of algorithms that select features for pattern classifiers. Pattern Recognition, 33(1):25-41, 2000.

114. P. Somol, P. Pudil, J. Novovicova, and P. Paclík. Adaptive floating search methods in feature selection. Pattern Recognition Letters, 20(11-13):1157-1163, 1999.

115. P. Somol and P. Pudil. Oscillating search algorithms for feature selection. In Proc. of the 15th Int. Conf. on Pattern Recognition (ICPR'2000), pages 406-409. IEEE Computer Society, 2000.

116. W. Siedlecki and J. Sklansky, On automatic feature selection. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 2(2): 197-220, 1988.
117. W. Siedlecki and J. Sklansky, A note on genetic algorithms for large-scale feature selection. *Pattern Recognition Letters*, 10:335-347, November 1988.
118. J. Mao, K. Mohiuddin and A. K. Jain. Parsimonious network design and feature selection through node pruning. In *Proceedings of 12th ICPR, Jerusalem*, pages 622-624, 1994.
119. A. E. Rumelhart, G. E. Hinton and R. J. Williams. Learning internal representations by error propagation. In D. E. Rumelhart and J. L. McClelland editors. *Parallel Distributed Processing, Explorations in the Microstructure of Cognition*, volume 1, chapter 8, pages 318-362. MIT Press, 1986.
120. Grand Challenges: Advance personalized learning // www.engineeringchallenges.org/cms/8996/9127.aspx
121. Демкин В.П., Можаяева Г.В., Яковлева А.Г. Адаптивное обучение на основе информационных технологий // *Телематика-2003. Труды X Всероссийской научно-методической конференции*. Т. 2. с.400-401.
122. Титенко СВ., Гагарін О.О. Формування навчального контенту на основі моделі даних Tree-Net // *Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції "Комп'ютерна математика в інженерії, науці та освіті" (CMSEE-2007)*, м. Полтава, 28-30 листопада 2007 р. - Полтава: Вид-во ПолНТУ, 2007 — 42с.
123. Буль Е.Е. Сравнительный анализ моделей обучаемого // *Труды X Всероссийской научно-методической конференции "Телематика'2003" -2003.-Т2-С.364-366*.
124. Peter Kazik, Igor Sivy *Intelligent e-learning systems*// *5th International Conference on Emerging e-learning Technologies and Applications*, Stara Lesna, the High Tatras, Slovakia. 2007. p.241-244.

125. Аверчинков В.И. Мониторинг и системный анализ информации в сети интернет: монография/ В.И. Аверчинков, С.М. Рощин. – Брянск: БГТУ, 2006.—160 с.

126. T. Lavryk, N. Lugovoy, V. Lyubchak Peculiarities of distance education at Sumy State University. // International Conference Interactive Computer Aided Blended Learning. -International Association of Online Engineering, Wien, Austria. -2007. -CD-ROM ISBN 978-3-89958-277-2.

127. Зайцева Л.В., Прокофьева Н.О. Проблемы компьютерного контроля знаний // Proceedings. IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2002). 9-12 September 2002. Kazan, Tatrstan, Russia, 2002, - p. 102 – 106.

128. Малиновская О.Л., Горювая Д.О. «Технология разработки адаптивных систем дистанционного обучения с использованием авторского инструментария Vita»// 2005, Санкт-Петербург, <http://conf.infosoc.ru/2005/48.html>.

129. Гладышев П.Е., Сиговцев Г.С. Модель адаптивного учебного интернет- ресурса // http://www.setlab.net/?view=Gladyshev_LModel .

130. SCORM 2004 Sequencing & Navigation // Learning Technology publication of IEEE Computer Society Volume 7 Issue 1 ISSN 1438-0625 http://lttf.ieee.org/learn_tech/issues/january2005.

131. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. М.: Филин, 2003.

132. Гура В.В. Теоретические основы педагогического проектирования личностно-ориентированных электронных образовательных ресурсов и сред / В.В.Гура // – Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2007.

133. Гура В.В. Методологические аспекты педагогического моделирования и проектирования информационно-образовательных сред (Личностно-ориентированный подход) /В.В. Гура// - Педагогика: семья, школа, общество. Книга 4. Под ред. Проф. О.И.Кирикова: коллективная монография, Воронеж, 2005.

134. Гура В.В. Теория педагогического проектирования личностно-ориентированных электронных медиаобразовательных ресурсов / В.В.Гура // Научная мысль Кавказа. Спецвыпуск №1, 2006