

Міністерство освіти і науки України
Житомирський державний університет імені Івана Франка

Сікора Ярослава

***Методичні рекомендації до розробки та
використання адаптивних тестових
завдань***

Житомир
Вид-во ЖДУ імені Івана Франка
Житомир 2024

УДК 378.146 (075.8)

С35

*Рекомендовано до друку науково-методичною радою фізико-математичного факультету Житомирського державного університету імені Івана Франка
17 червня 2024 року, протокол №13.*

Рецензенти:

Ковальчук Іван – доктор педагогічних наук, професор, завідувач відділу освітніх вимірювань Державної установи «Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти»;

Спірін Олег – доктор педагогічних наук, професор, директор Інституту цифровізації НАПН України.

Антонова Олена – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри професійно-педагогічної, спеціальної освіти, андрагогіки та управління Житомирського державного університету імені Івана Франка.

С35 Сікора Я.Б. Методичні рекомендації до розробки та використання адаптивних тестових завдань. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2024. 52 с.

Методичні рекомендації містять опис етапів розробки адаптивного тесту для контролю знань. Визначено загальні принципи розробки тестових завдань та наведено технологію підготовки тестових завдань у різній формі з урахуванням пізнавальних цілей за Б. Блумом. Запропоновано алгоритм адаптивного тестування та приклади його реалізації в LMS Moodle, Google Forms. Подано приклади тестових завдань різної форми та рівня складності.

Дані методичні рекомендації можуть бути корисні викладачам закладів освіти.

УДК 378.146 (075.8)

© Сікора Я.Б., 2024

© Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ПРИНЦИПИ РОЗРОБКИ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ	7
2. ЕТАПИ РОЗРОБКИ АДАПТИВНОГО ТЕСТУ	9
2.1. Аналіз змісту навчальної дисципліни, опис цілей навчання за її модулями (темами)	9
2.2. Розробка тестових завдань	13
2.3. Тестування та аналіз його результатів	23
3. ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ АДАПТИВНИХ ТЕСТІВ	26
3.1. Моделі навчальних курсів з позиції організації тестування	26
3.2. Проектування адаптивних тестових систем у LMS Moodle	31
3.3. Google Forms як інструмент адаптивного тестування	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	42
ДОДАТОК	45
Приклад різнорівневих тестових завдань з теми «Нелінійне програмування»	45

ВСТУП

Актуальність методу тестування пояснюється його використанням у сучасному освітньому процесі. Науково-обґрунтований тестовий контроль дозволяє отримати об'єктивні оцінки рівня знань, умінь, навичок, перевірити підготовку здобувачів освіти. У поєднанні з інформаційними технологіями тести допомагають створенню сучасних систем адаптивного навчання та адаптивного контролю.

Педагогічний тест – це інструмент, призначений для вимірювання навченості здобувача, що складається з системи тестових завдань, стандартизованої процедури проведення, обробки та аналізу результатів. Тестування нині є найбільш популярним способом діагностики знань. Виділяють два основних види тесту: адаптивний і традиційний. Традиційний тест – це фіксована кількість завдань з деякою кількістю відповідей, підсумкова оцінка формується виходячи з числа правильних відповідей з урахуванням вагових коефіцієнтів. Недоліком такого тестування може бути ситуація, коли слабкому здобувачеві з одного розділу тесту надається завдання, можливо й декілька завдань високої складності, які він не виконує. З іншого боку, сильний здобувач може отримати легкий тест і не реалізувати свої здібності. Для забезпечення максимальної інформативності результатів контролю діагностики знань необхідно, щоб середня складність тесту відповідала гіпотетичному рівню знань здобувача.

Адаптивне тестування – це широкий клас методик тестування, які передбачають зміну послідовності, змісту і складності пропонованих завдань під час тестування з урахуванням наданих відповідей. Основним змістом адаптивного тестування є пристосування складності тестових завдань до рівня знань тестованого. Практично це можна здійснити за допомогою методів адаптивного тестування. Процес такого тестування дозволяє адаптувати тестовий контроль до рівня знань тестованого, що знижує час, витрачений на проходження контрольних заходів.

Завдання адаптивного тестування: визначити поріг або рівень навченості (отриманих знань та вмінь) тестованого, при використанні мінімальної кількості завдань різної складності. Це дасть можливість визначити, чи правильно відповідає здобувач на наступне завдання, яке відрізняється складністю від попереднього. У результаті кожен здобувач освіти формує свій «індивідуальний» тест зі своїм унікальним набором завдань, який залежить від підготовленості і рівня навченості конкретного здобувача.

До суттєвих характеристик тестування відносяться спрямованість на розвиток особистості та суспільства, покращення освітньої діяльності, загалом, на персоналізацію навчання. Ознаками функціонування процесу тестування є науковість, ефективність, об'єктивність та якість отриманих тестових результатів.

Основні переваги технологій адаптивного тестування:

- можливість за короткий час виявити реальний рівень знань здобувачів освіти;
- переважно реалізується зворотний зв'язок здобувача та викладача;
- можливість реалізації принципу диференціації навчання, знання рівня підготовленості здобувачів дає змогу викладачу здійснити індивідуальний підхід.

Адаптація у тестуванні заснована на формуванні індивідуальної стратегії тестування: послідовність видів тестів та завдань залежить від поточних знань та індивідуальних особливостей сприйняття навчального матеріалу.

У педагогічній практиці адаптивне тестування розглядається з кількох точок зору, залежно від:

- змісту, тобто це частково адаптивні методи, за яких послідовність та кількість контрольних завдань, кількість перевірочних завдань залежить від рівня підготовленості здобувачів освіти;
- організації контролю, тобто адаптивні методи, у яких організується контроль індивідуально для кожного здобувача: оптимальний рівень складності, індивідуальна стратегія контролю.

Нами запропоновано модель розробки та використання адаптивних тестів в системі контролю та управління навчальною діяльністю здобувачів вищої освіти (рис. 1).

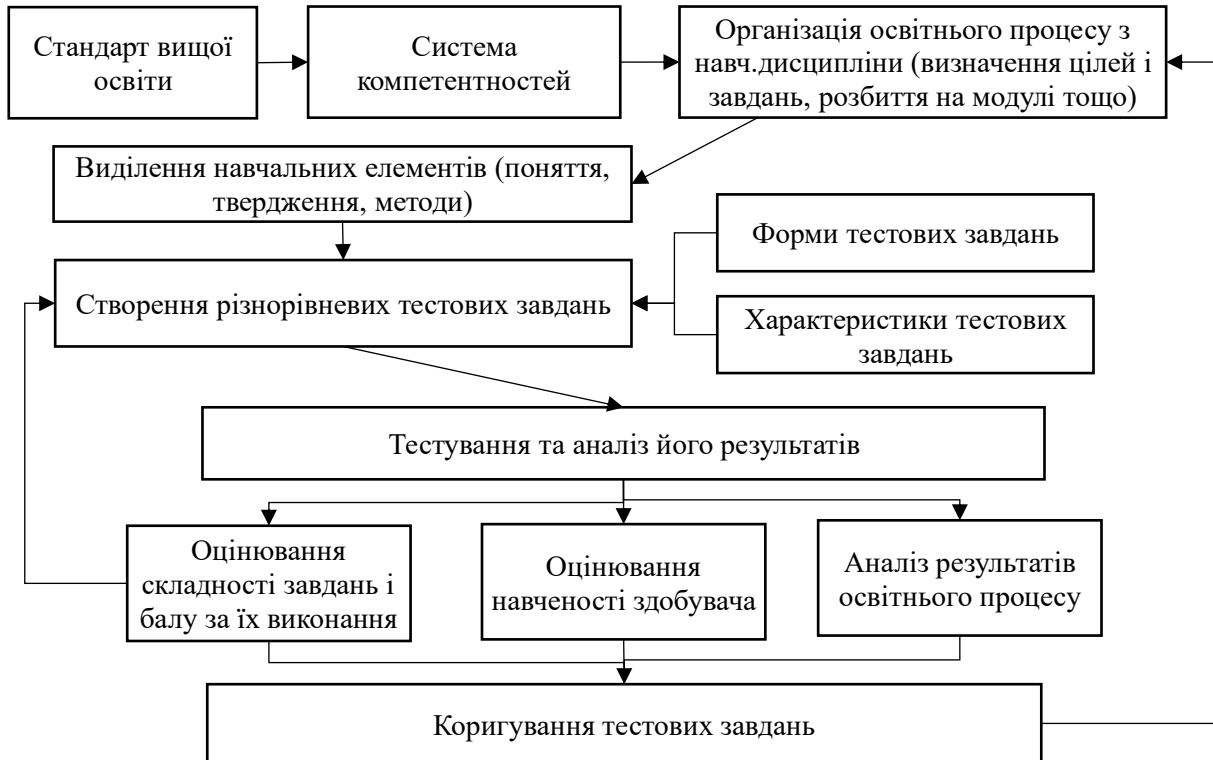


Рис. 1. Модель розробки та використання адаптивних тестів в освітньому процесі

Розглянемо детальніше її складові та аспекти технічної підтримки здійснення адаптивного тестування

1. ПРИНЦИПИ РОЗРОБКИ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ

В основу технології розробки тестів покладено наступні принципи:

- 1) відповідність змісту тесту цілям тестування;
- 2) значимість знань, що перевіряються в загальній системі знань;
- 3) взаємозв'язок змісту та форми;
- 4) змістовна правильність тестових завдань;
- 5) репрезентативність змісту навчальної дисципліни у змісті тесту;
- 6) відповідність змісту тесту до рівня сучасного стану науки;
- 7) комплексність та збалансованість змісту тесту;
- 8) системність змісту;
- 9) варіативність змісту;
- 10) відповідність рівня складності змісту мети тестування [10].

Деталізуємо зміст цих принципів.

Перший принцип – відповідність змісту тесту цілям тестування.

Якщо проводиться перевірка підсумкових знань за певний період, то не можна додавати до тесту завдання, не пов'язані з темами, що вивчаються.

Другий принцип – визначення значущості знань, що перевіряються. До тесту варто включати лише ті завдання, у яких відображені найважливіші питання з теми тестування.

Третій принцип – взаємозв'язок змісту та форми. Не завжди вдається завдання подати у формі тесту, наприклад доведення, великі обчислення, складні описи, тобто тестову форму не можна приймати як універсальну, зручну для будь-яких перевірок знань.

Четвертий принцип – змістовна правильність тестових завдань. У тест включається лише зміст навчальної дисципліни, що є об'єктивно істинним і піддається аргументації.

П'ятий принцип – репрезентативність змісту навчальної дисципліни у змісті тесту, тобто завдань у тесті має бути стільки, скільки їх необхідно для аргументованого висновку про повноту або достатність знань з конкретної теми.

Шостий принцип – відповідність змісту тесту рівню сучасного стану науки. Рекомендується включати до змісту тестових завдань лише науково обґрунтовані положення на даний момент часу.

Сьомий принцип – комплексність та збалансованість змісту тесту.

Тест не може бути громіздким і незбалансованим, оскільки це знижує його функціональність. У той самий час він має показати певний зріз знань випробуваних. Якщо взяти першоджерело слів комплексний (лат. *complexus* – зв'язок; поєднання) і збалансований (фр. *balance* – ваги), то можна цей принцип подати як вимогу виваженості завдань (нічого зайвого) та взаємозв'язку завдань між собою.

Восьмий принцип – системність змісту, тобто тестові завдання мають бути сформульовані так, щоб відповіді на них показали систему знань тестованих, а не її фрагменти.

Дев'ятий принцип – варіативність змісту, тобто має бути передбачено кілька варіантів одного і того ж завдання, що допоможе при тестуванні різних груп пропонувати різні за викладом, але однакові за змістом завдання.

Десятий принцип – зростаюча складність тестових завдань. У тесті завдання повинні розташовуватися у певній послідовності: від найлегшого до найскладнішого. Це дасть випробуваному можливість поступово зосередитися та показати свої знання.

2. ЕТАПИ РОЗРОБКИ АДАПТИВНОГО ТЕСТУ

2.1. Аналіз змісту навчальної дисципліни, опис цілей навчання за її модулями (темами)

Важливим етапом розробки тестових завдань є встановлення того, що підлягає тестуванню, тобто опис цілей навчання. Зазвичай, цілі формулюються через компетентності та програмні результати навчання, визначені стандартом вищої освіти (за наявності) та/або навчальною програмою навчальної дисципліни, виражені в діях здобувачів, які можуть бути однозначно і об'єктивно оцінені.

Зміст тестових завдань з дисципліни має повністю відповідати навчальній та робочій програмі цієї навчальної дисципліни. Важливо під час визначення змісту враховувати наступні характеристики робочої програми навчальної дисципліни:

- одна чи декілька компетентностей, якими повинен оволодіти здобувач в результаті вивчення дисципліни (фактично – мета вивчення дисципліни);
- програмні результати її вивчення (що саме, згідно з вимогами відповідної освітньо-професійної програми здобувачі освіти повинні вміти та знати);
- ієрархічна система розподілу годин, що відводяться на забезпечення всіх видів навчальної діяльності за модулями/темами дисципліни [4].

Модуль – це навчальна базова одиниця логічно структурованої програми з певного освітнього компонента. Вона включає в себе логічно та дидактично завершені самостійні розділи лекційного та лабораторно-практичного матеріалу, рекомендовану літературу, проміжний та модульний контроль.

Модуль, зазвичай, складається з декількох тем, які подані у певній послідовності, що розкривають зміст і суть навчальної дисципліни. Кожна тема містить навчальні елементи, тобто закінчений фрагмент теоретичного матеріалу (явище, інформація, гіпотеза, доведення, теорема, аксіома, експеримент, факт, знання, теорія, принцип, метод дослідження тощо) або

самостійне навчальне вміння (уміння, навичка, компетентність, спосіб діяльності тощо).

Викладач добирає або конструює для конкретного модуля унікальний набір тем, виокремлює навчальні елементи.

Мета тестового контролю визначається викладачем залежно від рівня та ролі навчального завдання, результати виконання якого здобувачем має оцінити відповідний тест. Він може запропонувати здобувачам множину тестів на рівні теми, модуля та дисципліни у цілому.

Для навчальних елементів (з урахуванням необхідного рівня їх засвоєння), які не перевіряються існуючими на сьогоднішній день типами тестових завдань, повинні розроблятися інші методи діагностики (письмова робота, есе, проект, комплексне кваліфікаційне завдання тощо). Однак, за можливості, необхідно намагатися розділити ці навчальні елементи (складні знання, вміння, навички, компетентності) на прості складові, засвоєння яких може бути діагностовано за допомогою існуючих типів тестових завдань.

Оскільки продуктивна творча діяльність не містить еталонного зразка вирішення, то діагностика цього рівня засвоєння практично неможлива в тестовій формі. Принаймні можна запропонувати наступне – всім здобувачам дається за стандартною формою проблема, яка на сьогоднішній день не має еталонного розв'язку. Використовується завдання відкритої форми, викладач аналізує запропоновані рішення щодо коректного використання у тих чи інших навчальних елементах.

Для набору всіх діагностованих навчальних елементів за певним модулем розробляється план їх діагностики – специфікація тесту, яка є приблизним розподілом відсоткового співвідношення різних тем модуля (або дисципліни в цілому) у змісті всього модуля (або дисципліни в цілому) та схемою визначення необхідної кількості завдань з кожної теми, виходячи з важливості теми та кількості годин, відведених на її вивчення у програмі (відносна вага кожного навчального елемента, теми тощо). Таким чином специфікація тесту – це детальне визначення структури змісту модуля

(дисципліни в цілому) та складу всіх навчальних елементів, цілей навчання в аспекті рівня засвоєння кожного навчального елемента, кількості тестових завдань з кожного навчального елемента та тесту в цілому (довжина тесту). У таблиці – на перетині горизонтальних рядків (зміст) і вертикальних стовпців (цілеутворення за рівнем засвоєння) – позначається кількість намічених тестових завдань і ставиться прочерк якщо за навчальним елементом, темою не планується даний рівень засвоєння (число завдань дорівнює 0).

Існують два найпоширеніші підходи щодо формування специфікації (матриці) тесту:

1. За пізнавальними цілями (таксономія Б. Блума).
2. За рівнями складності або за рівнями засвоєння знань [3].

Зупинимося на першому підході. Ієрархія розумових операцій, запропонована Б. Блумом, побудована від простого до складного та від конкретного до абстрактного [19]:

- знання (запам'ятовування інформації);
- розуміння (розуміння цієї інформації);
- застосування (застосування отриманих знань у конкретній ситуації);
- аналіз (розуміння цілого через розкладання на складові, виділення його структури);
- синтез (розуміння через з'єднання частин, відкриття нових знань на основі набутих раніше);
- оцінювання (уміння робити висновок на основі отриманих знань, здатність до критичних міркувань на їх основі).

Визначені розумові операції поділяються на два рівні: розумові операції високого рівня – це аналіз, синтез, оцінювання та розумові операції низького рівня – знання, розуміння, застосування.

IEA TIMMS (Міжнародна асоціація з оцінювання навчальних досягнень) [22] при розробленні матриці змісту рекомендує застосовувати таке співвідношення між завданнями, що відповідають різними категоріям навчальних цілей (табл. 1).

Таблиця 1

Співвідношення між завданнями, що відповідають різними категоріям навчальних цілей

Когнітивний рівень	Відсотки
Знання (знання, розуміння)	40
Застосування	40
Обґрунтування (аналіз, синтез, оцінювання)	20

Приклад специфікації (матриці) тесту за модулем 1 навчальної дисципліни «Методи оптимізації та дослідження операцій» наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Специфікація тесту за модулем 1 навчальної дисципліни «Методи оптимізації та дослідження операцій»

Складові частини (теми) модуля	Відносна вага кожної теми у %	Навчальні елементи теми	Когнітивний рівень						Кількість завдань
			Знання	Розуміння	Застосування	Аналіз	Синтез	Оцінювання	
Тема 1	20%	HE – 1.1				2			2
		HE – 1.2	1	2					3
		HE – 1.3	1		2				3
		HE – 1.4	1						1
Тема 2	40%	HE – 2.1	1	1	1	2			5
		HE – 2.2	1	1	1	1			4
		HE – 2.3	1		2				3
		HE – 2.4		1	2	1			4
		HE – 2.5					1		1
Тема 3	20%	HE – 3.1	1	1	3				5
		HE – 3.2	1			2	1		4
Тема 4	20%	HE – 4.1	1		3	1			5
		HE – 4.2	2			1			3
		HE – 4.3					2		2
Разом	100%	14	11	6	14	10	4	0	45

2.2. Розробка тестових завдань

Вибір форми тестового завдання залежить від змісту тесту та від мети тестування. Є форми тестових завдань, які зручно використовувати для прискореної перевірки знань, наприклад завдання із вибором однієї чи кількох правильних відповідей. Якщо в тест включаються завдання відкритої форми, це вимагає вже більше часу на вибір відповіді й глибших знань. Різні форми тестових завдань дозволяють зробити сам тест різноманітнішим.

Розглянемо можливість вибору потрібної форми для тестового завдання. У літературі з тестології розглядаються, зазвичай, чотири основні форми тестових завдань [1, 2, 5, 7]:

1) завдання з вибором однієї або кількох правильних відповідей із числа запропонованих (закритої форми). Чим менша кількість відповідей до завдання, тим вища ймовірність вгадування;

2) завдання відкритої форми, де відповідь здобувач дописує сам у відведеному на це місці. Відповіддю є слово, знак, формула тощо. Зазвичай використовується двобальна шкала для оцінювання відповідей (0 та 1).

3) завдання на встановлення відповідності між різними запропонованими елементами. Бажано, щоб при конструюванні завдань на встановлення відповідності кількість елементів першого стовпця не перевищувала 5-6 тверджень, оскільки більша кількість елементів ускладнює сприйняття;

4) завдання на встановлення правильної послідовності дій.

Оцінка за виконання кожного завдання може змінюватись в залежності від його важливості та складності. Найчастіше використовується дихотомічна оцінка 1/0, коли один бал дається за правильну розстановку всіх рангів у завданні, нуль – при помилці у відповіді. Можливим є використання наступного правила: безпомилкова відповідь оцінюється, наприклад, 3 балами; помилка наприкінці завдання – 2 балами; помилка в середині – 1 балом; помилка на початку – 0 балів.

Спираючись на аналіз вітчизняних та зарубіжних джерел з психології, тестології та педагогіки, ми дійшли висновку, що для грамотного складання адаптивного тесту необхідно виключити:

- 1) нерівномірне відображення у тестах навчального матеріалу;
- 2) необ'єктивність кількості балів, які здобувачі отримують за правильну відповідь;
- 3) одноваріантність тесту та одноманітність тестових питань, які передбачають здатність запам'ятовувати правильні варіанти відповідей;
- 4) відсутність урахування людського фактору (темперамент, втома, настрій) при складанні завдань;
- 5) послідовні завдання, коли, щоб відповісти на запитання, здобувач змушений скористатися інформацією попереднього завдання.

Завдання у тестовій формі повинно відповідати вимогам:

- мета (для: слабких або сильних здобувачів; навчання або контролю; діагностики того чи іншого виду знань, що впливає на правильність вибору типу завдання тощо);
- стислість забезпечується ретельним підбором лексем, необхідно виключати повтори, не вживати малозрозумілу термінологію чи іноземні слова, здатні утруднити смислове сприйняття завдання. Приблизна кількість слів у формулюванні питання має бути від п'яти до дев'яти. Ідеальний час виконання, що витрачається на кожне тестове завдання – 1-2 хвилини (час залежить від складності питання);
- технологічність (можливість використання в системах комп'ютерного навчання та контролю, цьому сприяє зрозумілість форми та змісту завдання, дихотомічна система оцінювання 1/0 тощо);
- відповідність певному типу (неприпустимо змішувати типи в одному завданні);
- однакові правила оцінки відповідей (всі відповідають на одні й ті самі завдання, всім дається однаковий час, правила оцінювання визначаються заздалегідь і абсолютно однаково застосовуються до всіх здобувачів);

- логічна форма висловлювання;
- адекватність інструкції формі та змісту завдання (взаємна відповідність всіх цих трьох компонентів, що необхідно для виконання завданнями своєї функції; невідповідність форми змісту і, навпаки, викликає помилку розуміння сенсу завдання та може призводити до неправильної відповіді).

При складанні тестових завдань необхідно враховувати не тільки грамотне формулювання питання, а й правильний вибір дистракторів (від англ. to distract – відволікати) – неправильної, але правдоподібної відповіді, яка використовується в тестових завданнях. Щоб знизити ймовірність відповіді навімання, питання має містити не менше чотирьох дистракторів, а один варіант тесту повинен містити не менше 25 і не більше 60-80 завдань.

Для кожного навчального модуля необхідно розробити близько 100-150 завдань у тестовій формі для того, щоб на наступному етапі можна було б відібрати з них тестові завдання до модулю.

При розробці завдань у тестовій формі важливе значення має визначення рівня складності завдань, що є головною характеристикою завдань адаптивного тесту. Складність тестових завдань залежить від тієї сукупності мисленнєвої діяльності здобувача освіти, яка знадобиться для його виконання. Визначено три варіанти адаптивного тестування [23, 26]:

1. Пірамідальне тестування. За відсутності попередніх оцінок всім дається завдання середньої тяжкості і потім, залежно від відповіді, кожному здобувачеві дається завдання легше чи важче.

2. Другий варіант – початок контролю з будь-якого відповідного рівня складності, з поступовим наближенням до реального рівня знань.

3. Третій варіант – тестування проводиться у вигляді банку завдань, розділених за рівнями складності. За правильної відповіді наступне завдання береться з верхнього рівня, при неправильній відповіді – з нижнього.

Виділення різної складності дій формує загальновизнаний трирівневий підхід до розгляду складності матеріалу.

Перший рівень передбачає роботу здобувача за зразком та виконання дій за алгоритмом. При цьому розпізнавання, простий вибір об'єкта чи операції, доповнення об'єктів та операцій виступають як види розумових операцій та дій. Цей рівень має репродуктивний характер розумової діяльності. Здобувачам потрібно відтворити основні поняття, окремі важливі положення навчального матеріалу, деякі алгоритми розв'язання тощо. Запропоновані тестові завдання можна було подати у формі питання чи формі логічного висловлювання з необхідністю введення твердження; відносяться до завдань закритого або відкритого типу.

Завдання другого рівня передбачають діяльність із виконання простих дій, використання алгоритму в інших ситуаціях. Такі завдання можна використовувати при побудові послідовності об'єктів та операцій; у встановленні зв'язків між подіями чи об'єктами; у виконанні математичних і логічних задач. Цей рівень характеризується продуктивною розумовою та практичною діяльністю. Від здобувача вимагається знання змісту поняття, вміння аналізувати, порівнювати, узагальнювати та систематизувати при виконанні дій у знайомих, але змінених від зразка ситуаціях.

Завдання третього рівня характеризуються складною послідовністю дій, орієнтовані на самостійну побудову елементів діяльності та їх обґрунтування. Ці завдання повинні мати творчі елементи і включати діяльність складного рівня. Вони вимагають застосування знань та умінь у нових, іноді й у несподіваних ситуаціях. Крім цього, до системи тестових завдань включаються завдання проблемного характеру, покликані розкрити перелічені проблемно-пізнавальні дії здобувачів.

Під час створення тестів можна скористатися таксономією Б. Блума. Кожна група відповідає конкретному рівню таксономії. Наприклад, спочатку ми перевіряємо, наскільки добре здобувач запам'ятав матеріал. Потім, що він зрозумів. Після того, які знання здобувач може застосовувати на практиці і так далі. В таблиці 3 представлено характеристики можливих тестових завдань за таксономією Б. Блума.

Характеристики тестових завдань за таксономією Б. Блума

Когнітивний рівень	Рекомендовані дієслова	Форма тестових завдань	Рівень складності	Приклад
Знання	«визначте», «опишіть», «назвіть», «виберіть», «покажіть», «дайте визначення» або «вказіть правильну відповідь»	завдання з вибором однієї або кількох правильних відповідей із числа запропонованих; завдання відкритої форми	I, II	Визначте головну властивість методів дискретного програмування: а) функція мети є адитивною відносно змінних; б) функція мети представлена її математичними сподіваннями; в) функція мети задана квадратичним рівнянням; г) на змінні накладаються умови цілочисельності; д) функція мети є мультиплікативною відносно змінних.
Розуміння	«повторіть», «знайдіть», «визначте», «порівняйте», «поясніть», «перепарфразуйте» або «узагальніть»	завдання з вибором однієї або кількох правильних відповідей із числа запропонованих; завдання відкритої форми; завдання на встановлення відповідності	I, II	Поясніть, чим супроводжується заміна знаку « \leq » на « $=$ » в обмеженнях математичної моделі: а) віднімається додаткова змінна; б) додається додаткова змінна; в) обмеження залишається без зміни; г) віднімається додаткова змінна і додається штучна;

Когнітивний рівень	Рекомендовані дієслова	Форма тестових завдань	Рівень складності	Приклад
				д) додається додаткова змінна і віднімається штучна.
Застосування	«застосуйте», «розв'яжіть», «обчисліть», «використайте», «перетворіть» «змініть» або «складіть»	завдання з вибором однієї або кількох правильних відповідей із числа запропонованих; завдання відкритої форми; завдання на встановлення відповідності	II	Обчисліть загальну кількість комірок, кількість заповнених та вільних комірок за умови, що кількість постачальників – 5, а кількість споживачів – 4. а) всього комірок – 9, заповнених – 4, вільних – 5; б) всього комірок – 20, заповнених – 8, вільних – 12; в) всього комірок – 20, заповнених – 12, вільних – 8; г) всього комірок – 9, заповнених – 5, вільних – 4; д) правильної відповіді немає.
Аналіз	«порівняйте», «зіставте», «виділіть», «відсортуйте», «знайдіть», «резюмуйте» та «згрупуйте»	завдання з вибором однієї або кількох правильних відповідей із числа запропонованих; завдання на встановлення відповідності; завдання на встановлення правильної	III	Знайдіть мінімальне значення функції $F=3x_1+3x_2$, якщо $4x_1+5x_2\leq 20$, $x_1+2x_2\geq 2$, $2x_1+x_2\geq 2$, $x_1, x_2\geq 0$.

Когнітивний рівень	Рекомендовані дієслова	Форма тестових завдань	Рівень складності	Приклад
		послідовності дій		
Синтез	«порівняйте», «зіставте», «виділіть», «відсортуйте», «знайдіть», «резюмуйте» та «згрупуйте»	завдання з вибором однієї або кількох правильних відповідей із числа запропонованих; завдання на встановлення відповідності; завдання на встановлення правильної послідовності дій	III	<p>Приведіть у відповідність назви та структури звітів, які можна отримати в середовищі Excel за допомогою діалогового вікна «Результати пошуку рішення»:</p> <p>а) звіт за результатами; б) звіт за стійкістю; в) звіт по граничних умовах.</p> <p>1) У таблиці 1 наводяться такі значення для змінних: -результат розв'язання задачі; -нормована вартість. У таблиці 2 наводяться аналогічні значення для обмежень: -розмір використаних ресурсів; -тіньова ціна.</p> <p>2) У таблиці 1 наведені дані про цільову функцію. У таблиці 2 наведені значення вихідних змінних, отримані в результаті розв'язання задачі. Таблиця 3 показує результати оптимального розв'язання для</p>

Когнітивний рівень	Рекомендовані дієслова	Форма тестових завдань	Рівень складності	Приклад
				обмежень і граничних умов. 3) наводяться значення x_j в оптимальному розв'язку; наводяться нижні межі зміни значень x_j
Оцінювання	«зробіть висновок», «доведіть», «проаналізуйте», «обґрунтуйте», «перевірте», «оцініть» і «порекомендуйте»	завдання відкритої форми; завдання на встановлення правильної послідовності дій	III	Впорядкуйте етапи розв'язання задачі лінійного програмування графічним методом: а) побудувати множину точок, що відповідає множині розв'язків системи обмежень; б) розглянути обмеження невід'ємності; в) відшукати на множині точку, у якій цільова функція набуває екстремального значення; г) зобразити на площині систему координат.

Можна виділити два підходи до створення адаптивних тестів. При першому підході прийняття рішення про зміну порядку подання тестових завдань здійснюється на кожному етапі тестування (постійна адаптація). У другому підході прийняття рішення про зміну порядку слідування завдань здійснюється після аналізу результатів звітів випробуваного на спеціальний блок завдань (блочна адаптація).

З погляду порядку проходження тестових завдань існують два підходи до створення адаптивних тестів. По-перше, існують адаптивні тести з постійною адаптацією (детерміновано розгалужений), коли ухвалення рішення про зміну порядку проходження тестових питань проводиться на кожному кроці тестування (рис.1).

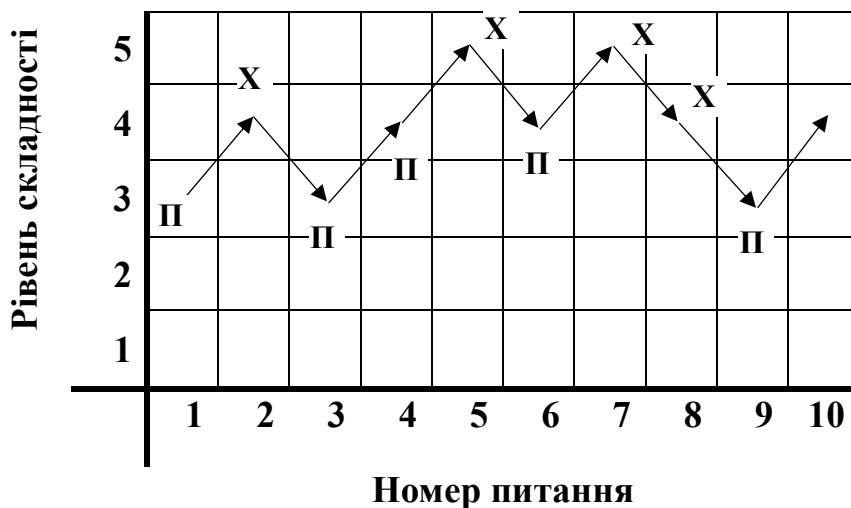


Рис. 1. Схема проходження завдань при постійній адаптації (X – хибна відповідь, П – правильна відповідь)

По-друге, існують адаптивні тести з блочною адаптацією (варіативною розгалуженою стратегією), коли прийняття рішення про зміну порядку слідування завдань здійснюється після аналізу результатів обробки деякого спеціального блоку завдань (рис. 2) [9].

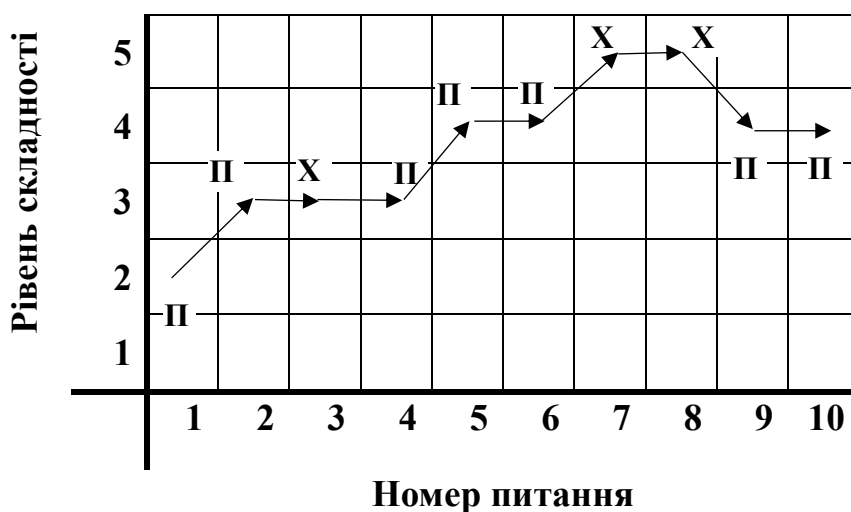


Рис. 2. Схема проходження завдань при блоковій адаптації (X – хибна відповідь, П – правильна відповідь)

Алгоритм адаптивного тестування може бути таким. Спочатку задається питання середньої складності, яке вже впливатиме на майбутню оцінку. Якщо була правильна відповідь, то оцінка рівня знань здобувача підвищується і задається складніше питання. Зниження оцінки рівня знань відбувається у випадку неправильної відповіді, і тоді наступне питання буде легшим. При відповіді на нові запитання оцінка рівня знань стає точнішою. Якщо здобувач надає правильну відповідь на завдання високого рівня, він отримує наступне завдання з цього ж блоку. При неправильній відповіді – перехід до наступного завдання середнього рівня складності.

Правильна відповідь на завдання легкого рівня складності також призводить до подання здобувачу наступного питання середнього рівня. Неправильна відповідь – залишає випробуваного працювати на легкому рівні.

Кількість балів, набраних за тест, залежатиме від рівня складності запитань, на які дано правильні відповіді.

При створенні тестів навчальних досягнень час є одним із фундаментальних за значущістю факторів, який визначає якість всього інструментарію та якість результатів, отриманих під час тестування. Кожен тест повинен мати оптимальний час тестування. Зменшення чи перевищення оптимального часу знижує якісні показники тесту [24].

Рекомендований час для виконання одного тестового завдання – не більше 1,5-2 хв.

Рекомендований час та кількість завдань для проведення тестування:

- з теми – 5-10 завдань (10-15 хв.);
- проміжного за модулем – 15-25 (30-40 хв.);
- підсумкового – 30-40 (60 хв.).

Оптимальний час виконання тесту – 40-60 хв.

Оптимальна кількість завдань у тесті – приблизно 30 завдань.

2.3. Тестування та аналіз його результатів

Даний етап (його можна назвати умовно «апробацією тесту») є обов'язковим при складанні тестових завдань та конструюванні тестів.

Перш ніж використовувати тест для підсумкового контролю, варто його складові апробувати як тренувальні тести під час вивчення навчальної дисципліни. Це дасть змогу оцінити якість формулювання питань, правильність зазначених відповідей, час і бали за відповіді. Також здобувачі можуть повідомити про проблемні для розуміння питання, їх однозначність.

Авторами [4] запропоновано критерії правильно створеного тесту.

1. Рівномірний розподіл середніх оцінок відповідей на всі питання електронного тесту. Хорошими питаннями вважаються такі, які мають середні оцінки 3-4 бали. Поганими питаннями є такі, у яких середні оцінки наближуються або до 5 або до 0. Останні треба доопрацювати і повторно дослідити на тестуваннях.

2. Відсутність сильної розбіжності оцінок і точність результатів діагностування здобувача. Наприклад, якщо при проходженнях здобувач одержує оцінки 5, 3, 4, 2, 5, то такий тест **створений неправильно** і не може адекватно надати інформацію щодо знань здобувача. **Хорошим тестом** можна вважати такий, в якому здобувач при проходженні одержує відносно повторювані оцінки, наприклад 4, 4, 3, 4, 3, при чому проблемне місце у знаннях цього здобувача діагностується практично однаково.

Відповідно до теорії моделювання педагогічних тестів якісний рівень тесту повинен відповідати наступним характеристикам: валідність, надійність, ефективність.

Характеристика валідності тесту визначається здатністю тесту до отримання результатів, які відповідають його цілям. Ця характеристика передбачає повноту і всебічність перевірки. Для визначення валідності потрібен незалежний зовнішній критерій, тобто оцінка експерта (викладача). За коефіцієнт валідності приймають коефіцієнт кореляції результатів тестових вимірів та критерію.

Валідність перевіряється порівнянням результатів тестування випробуваного з експертними – незалежними від цих результатів оцінками рівня засвоєння ним матеріалу іншими методами: усним опитуванням, традиційною контрольною роботою, іспитом чи зіставленням цих результатів з оцінками поточної успішності.

Надійність – один із критеріїв якості тесту, який забезпечує точність вимірювань, а також стійкість результатів тесту до дії сторонніх випадкових факторів.

Надійність тесту тим вища, чим більш узгоджені результати однієї й тієї самої людини при повторній перевірці знань за допомогою того ж тесту або еквівалентної його форми (паралельного тесту).

Для оцінки надійності тестів використовуються ретестовий метод, метод паралельних форм, метод розщеплення. Оцінка надійності будується на підрахунку кореляції між двома наборами результатів виконання одного і того ж тесту або двох його паралельних форм. Чим вища кореляція, тим надійніший тест.

Найважливішим показником процесу тестування є ефективність тесту. Ефективним можна назвати тест, якщо він краще, ніж інші тести, вимірює знання здобувачів певного рівня підготовленості, з меншою кількістю завдань, якісніше, швидше. Крім цього, ефективність тесту можна оцінити з точки зору відповідності рівня його складності рівню підготовленості здобувачів, що проходять тестування в даний момент. Він може бути ефективнішим на одному рівні знань, і менш ефективним – на іншому. Відповідність рівня складності тесту рівню підготовленості здобувачів можна спробувати оцінити показником кількості інформації, розробленим А. Вірнбаум [18].

Таким чином, тест вважається ефективним, якщо він являє собою не одну систему завдань, а множину систем завдань, кожна з яких є найбільш прийнятною для перевірки отриманих знань здобувачів на певному рівні.

Під час аналізу результатів тестування доцільно відібрати працюючі дистрактори в кожному тесті. Для відбраковування непрацюючих дистракторів

варто поррахувати: скільки відсотків тестованих вибирають 1-й дистрактор, 2-ий і т.д. У тестовому завданні не повинно бути жодного непрацюючого дистрактора (відповіді, яку ніхто не обирає). Усі дистрактори всіх завдань повинні пройти перевірку емпіричним шляхом. Якщо відповідь ніхто не вибирає, її просто викреслюють та шукають заміну.

Шанси потрапити до тесту мають лише ті завдання у тестовій формі, у яких правильна форма, точно сформульований та коректно відібраний зміст, а також є математично-статистичні характеристики, необхідні для створення тесту як педагогічної системи. З цього випливає обов'язковість емпіричної перевірки властивостей завдань на вибірковій сукупності випробуваних, і необхідність застосування статистичних методів обробки даних.

Під час проведення тестування повинні бути створені однакові умови для всіх здобувачів освіти, що передбачає:

- загальну інструкцію;
- однакові умови для тестування (місце, обстановка, якість комп'ютерної техніки тощо);
- однаковий час виконання окремих завдань або всього тесту для всіх здобувачів;
- однаковий зміст завдань та рівень їхньої складності для всіх здобувачів (паралельні варіанти тесту повинні пройти попередню емпіричну та статистичну перевірку, яка має підтвердити їхню паралельність).

3. ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ АДАПТИВНИХ ТЕСТІВ

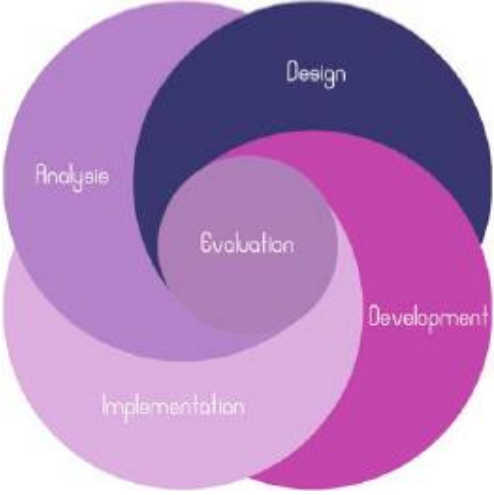
3.1. Моделі навчальних курсів з позиції організації тестування


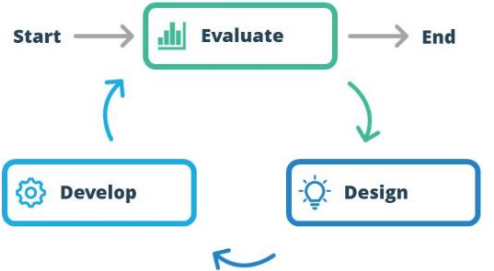
Впровадження цифрових технологій та цифрових інструментів, їх використання в організації освітнього процесу вимагає розгляду питання про перехід до нових моделей організації освітнього процесу. Зокрема такої моделі педагогічного дизайну навчання у вищій школі, яка дозволить створювати інформаційно-освітнє середовище, комфортне для співпраці та взаємодії всіх суб'єктів освітнього процесу й здатне надавати інформаційно-освітні ресурси та інструменти, що забезпечують успішну реалізацію процесу навчання.

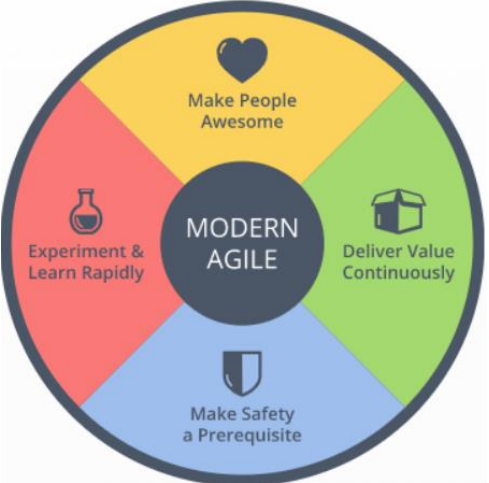
На сьогоднішній день існує низка моделей розробки навчальних рішень, наприклад, ADDIE, ASSURE, SAM-1, SAM-2, ALD, Backward Design, 4C/ID та інші. Їх особливості наведено в таблиці 4.



Таблиця 4

Моделі педагогічного дизайну

Модель	Особливості	Можливість використання тестування
<p>Модель ADDIE</p> 	<p>Дана модель найбільш поширена в порівнянні з іншими моделями. Вона складається з п'яти етапів [12]:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Analysis (Аналіз); – Design (Проектування); – Development (Розробка); – Implementation (Впровадження, Реалізація); – Evaluation (Оцінка). <p>Варто зазначити, що етап оцінки пов'язаний безпосередньо з усіма іншими етапами</p>	<p>Розробка тестової системи здійснюється на етапі проектування.</p>
<p>Модель ASSURE</p>	<p>Ця модель складається з шести етапів [15]:</p> <p>А – Analyze learner characteristics (Аналіз здобувачів);</p>	<p>Розробка тестової системи здійснюється на третьому етапі (вибір стратегій,</p>

Модель	Особливості	Можливість використання тестування
	<p>S – State Objectives (Постановка цілей); S – Select Technology, Media, and Materials Strategies (Вибір стратегій, методів, матеріалів); U – Utilize Technology, Media, and Materials (Застосування вибраних стратегій, методів, матеріалів); R – Require Learner Participation (Залучення аудиторії); E – Evaluate and Revise (Оцінка та рев'ю).</p> <p>Варто зазначити, що на кожному з етапів приділяється увага цілям навчання</p>	<p>методів, матеріалів)</p>
<p>Модель SAM (Successive Approximation Model)</p> 	<p>SAM – це модель послідовного наближення до мети шляхом неодноразового повторення будь-яких етапів із циклу розробки. Весь процес розробки поділяється на маленькі частини (ітерації), під час яких відбувається доповнення продукту, що проектується [14].</p> <p>Важливо відзначити, що результатом кожної такої частини є версія готового результату з напрацьованими елементами.</p> <p>Для реалізації невеликих цілей та завдань можна використовувати спрощену схему даної моделі. Дана схема описує одну ітерацію [14]: Аналіз; Проектування; Розробка.</p> <p>Розширеним варіантом моделі SAM 1 є модель SAM 2. Вона поділена на три основні стадії [14]: підготовки; циклічної розробки; циклічного розвитку.</p>	<p>Розробка тестової системи в SAM 1 здійснюється на етапі проектування, в SAM 2 на стадії циклічної розробки. Так як модель передбачає поділ на маленькі ітерації, то тут досить важливо використовувати систему тестування. За рахунок циклічності моделі можлива організація повторного тестування.</p>

Модель	Особливості	Можливість використання тестування
	Дана методика більше орієнтована не на академічне середовище, а на середовище, в якому можна з деякими труднощами виявити мету і вибудувати шляхи її досягнення [14].	
<p>Модель ALD (Agile Learning Design)</p> 	<p>Головними відмінними рисами моделі «гнучкий дизайн навчання» є швидкість і гнучкість. Концепція моделі полягає у збільшенні концентрації на певних задачах. Дана модель застосовна для дистанційних курсів, де відбувається насичена подача навчального та задачного матеріалу [17]. Модель ALD підходить для створення курсів з вузькою спрямованістю. Варто відзначити, що дана модель є найбільш гнучкою, так як при виникненні проблем в навчанні курс, побудований за моделлю ALD, можна переконструювати і тим самим направити на вирішенні проблем, що виникли.</p>	<p>Модель є адаптивною, дозволяє проводити достатню кількість тестів.</p>
<p>Модель Backward Design</p>	<p>Модель зворотного дизайну передбачає розробку освітнього продукту «з кінця». Якщо в більшості інших моделей першим етапом у проектуванні є етап аналізу, а останнім – етап оцінки, то в даній моделі етапи розташовуються інакше [16, 21]:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Визначення бажаних результатів. 2. Визначення відповідних критеріїв досягнення бажаних результатів, тобто результатів оцінки успішності. 	<p>Оскільки модель проектується від бажаних результатів, вона передбачає проектування системи тестів. Розробка тестів відбувається на етапі визначення відповідних критеріїв досягнення бажаних результатів.</p>

Модель	Особливості	Можливість використання тестування
	<p>3. Планування методології навчання.</p> <p>Ця модель приділяє основну увагу під час розробки курсу саме бажаним результатам навчання здобувачів. Вона застосовується для нетривалих і практично орієнтованих курсів. Модель дозволяє не перевантажувати курс теоретичним матеріалом, а надавати тільки необхідну інформацію, крім цього, пропонує гнучкість структурування [16, 21].</p>	
<p>Модель 4C/ID (four-component instructional design)</p> 	<p>Дана модель застосовується в тих випадках, коли завданням є створення освітнього досвіду, максимально наближеного до реального життя. Модель вирішує проблему фрагментації знань. Автори даної моделі пропонують комплексне навчання, яке передбачає, що навички не розбиваються на окремі складові. Для створення умов, в яких здобувачі формують систему знань і навичок, необхідно визначити автентичні проблемні завдання [20, 25].</p> <p>Модель складається з чотирьох компонентів [20, 25]:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Навчальні завдання (Learning task); 2. Допоміжна інформація (Supportive information); 	<p>Дана система передбачає вибудовування за рівнем складності не тільки самих тестових завдань, але і класів завдань (варіювання їх комплексності).</p> <p>Дана структура може слугувати рекомендацією зі складання тестової системи будь-якого електронного курсу</p>

Модель	Особливості	Можливість використання тестування
	3. Своєчасна інформація (Procedural information); 4. Часткова практика (Part-task practice).	

Аналіз моделей педагогічного дизайну засвідчив, що в кожній моделі можлива організація системи тестування здобувачів, проте її проектування залишається на розсуд автора, так як чіткі рекомендації відсутні.

Зазначимо, щоб забезпечити високу ефективність процесу створення електронних навчальних матеріалів, необхідне виконання наступної умови: розробка повинна вестись відповідно до принципів системного підходу за обраною моделлю, яка має бути реалізована за допомогою спеціалізованого програмного засобу.

3.2. Проектування адаптивних тестових систем у LMS Moodle

В LMS Moodle для організації тестування з навчальної дисципліни можуть бути використані елементи курсу: «Лекція», «Adaptive Quiz», «Тест».

Елемент курсу «Лекція» дозволяє організовувати тестування за лінійною та розгалуженою структурою. Саме у розгалуженій структурі перехід до наступного питання здійснюється залежно від відповідей, що дозволяє реалізувати персоналізовану траєкторію руху по питаннях, тобто, є елементом адаптивного тестування.

У разі правильної відповіді на запитання з основного переліку питань, система пропонує наступне питання з цього ж переліку, в іншому випадку, пропонується аналогічне питання, що перевіряє ті самі вміння та навички (рис. 3).

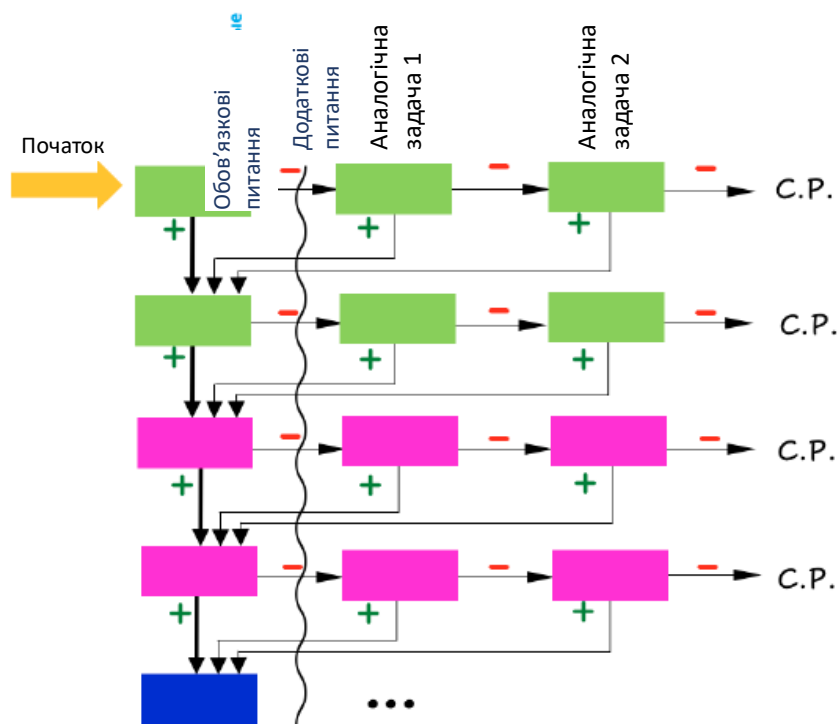


Рис. 3. Схема тестування розгалуженої структури

Якщо завдання з аналогічним питанням буде виконано правильно, то система повертає здобувача до основного переліку питань. При неправильному виконанні завдання система пропонує ще одне додаткове питання. При правильній відповіді на це питання система також повертає здобувача до основних питань даного тренувального тестування. В іншому випадку,

тестованому рекомендується ще раз вивчити теорію і повторно пройти тестування.

Кількість питань, що містяться в даному тестуванні, залежатиме від відповідей здобувачів. Мінімальна кількість завдань буде відповідати кількості основних питань тесту. Максимальну кількість питань можна встановити в налаштуваннях елемента.

Елемент курсу «Adaptive Quiz» також дозволяє створювати тести, що вимірюють рівень знань здобувачів освіти. Тести, сконструйовані за допомогою даного елемента, повинні відрізнятися рівнем складності. Рівень складності встановлюється за допомогою тегів певного формату (adpq_n де n – рівень складності питання). Він може змінюватись у довільному діапазоні (1-10, 0-99). Наприклад, у курсі є три рівні складності питань. Причому кожен рівень може містити питання в межах певного діапазону (Рівень 1 (1-5), Рівень 2 (6-10), Рівень 3 (11-15)). В даному елементі можуть бути використані всі типи тестових питань, запропоновані LMS Moodle [11].

Траєкторія руху по завданнях даного тесту у кожного здобувача буде індивідуальною. У разі правильної відповіді на тестове питання система пропонує питання складнішого рівня, в протилежному випадку – питання легшого рівня складності.

Тестування закінчується:

1) після мінімальної кількості питань система зупинить процес тестування, якщо буде здійснено допустиму кількість помилок або запропоновано максимальну кількість питань у тесті;

2) після відповіді тестованим на максимальну кількість питань рівень досягнення не досягатиме певної точності. Дане значення можна налаштувати самостійно (за замовчуванням 5%).

Елементом курсу «Adaptive Quiz» можна реалізувати різні схеми тестування. Перша з них представлена на рис. 4. Тестування починається з найлегшого рівня складності. Подальша траєкторія руху по схемі залежить від правильності виконання тестових питань. У разі правильної відповіді

тестованому буде запропоновано питання вищого рівня складності, в іншому випадку – нижчого.

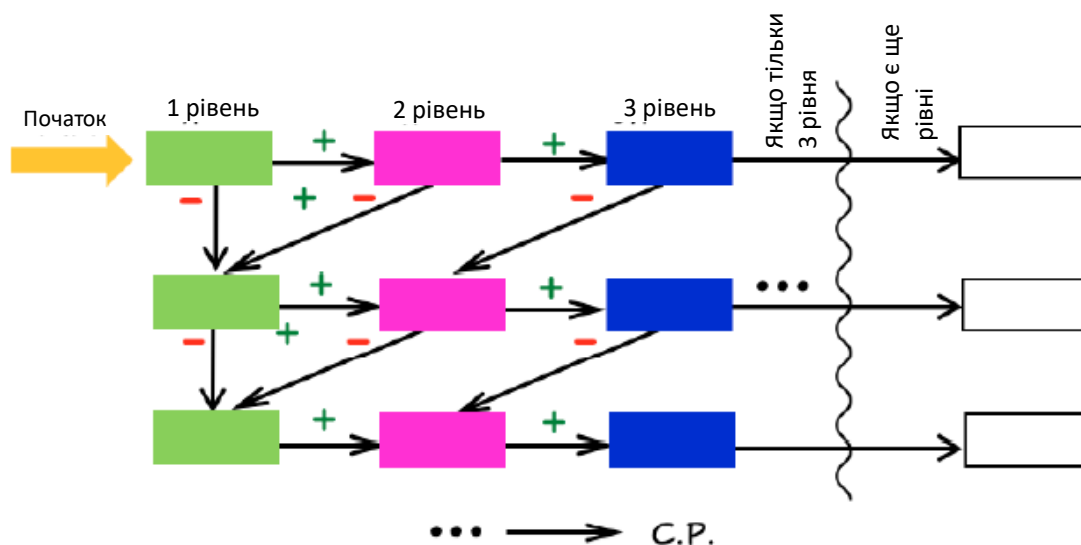


Рис. 4. Можлива схема адаптивного тестування

Інший варіант організації тестування полягає в тому, що першим питанням, запропонованим здобувачу, буде питання другого рівня складності (за умови, що всього рівнів складності 3, тобто належати середньому рівню) (рис. 5). Це дозволить скоротити пошук «відповідного» рівня складності для здобувача. У разі правильної відповіді на перше питання система запропонує завдання з питань третього рівня складності, в іншому випадку – з першого. Далі йде той же принцип тестування, що й у попередній схемі.

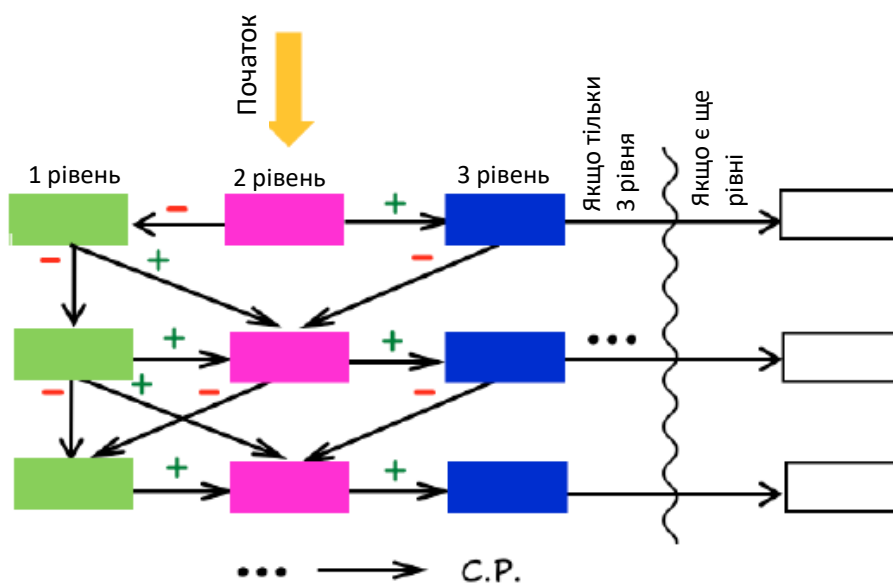


Рис. 5. Можлива схема адаптивного тестування

Кількість питань при будь-якій траєкторії руху буде фіксованою, тобто не залежатиме від складності заданих питань.

Елемент курсу «Тест» дозволяє створювати тести з різними типами тестових питань (32 типи). Однак немає можливості організувати персоналізовану траєкторію. Проте можна реалізувати «штучний» спосіб, який відповідатиме принципам адаптивного тестування (рис. 6).

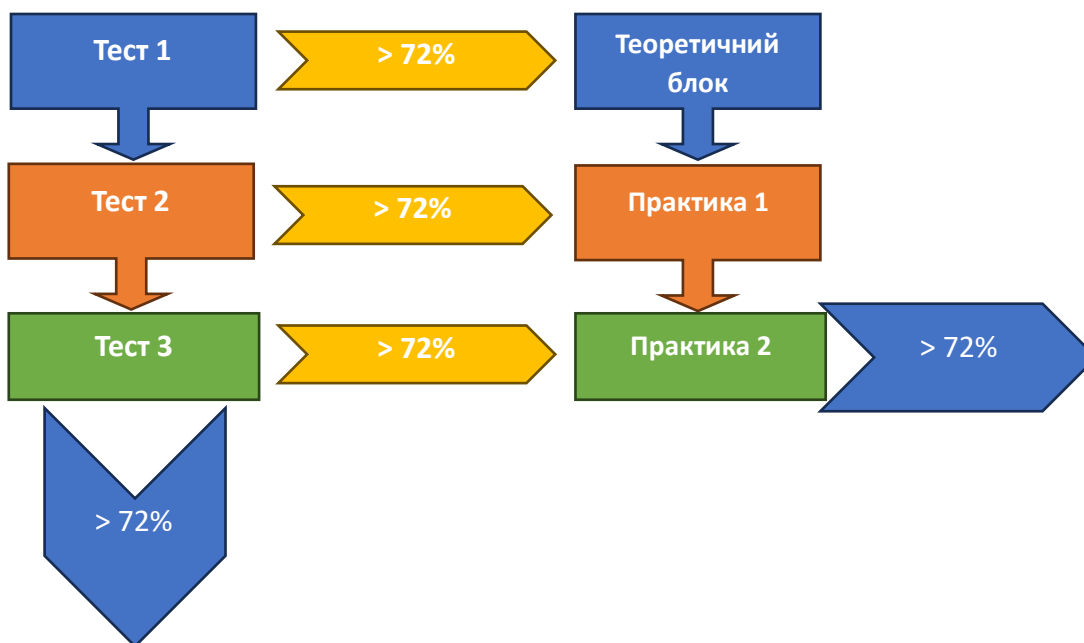


Рис. 6. Схема тестування

Для кожної з тем пропонується 3 тести, спрямовані на різні освітні цілі та відповідні рівні засвоєння:

Тест 1 – знання, розуміння (початковий рівень);

Тест 2 – застосування (середній рівень);

Тест 3 – аналіз та синтез (високий рівень).

Тест вважається успішно пройденим, якщо результат його проходження вищий за 72%. Тобто, якщо результат проходження Тесту 1 вище 72%, то здобувачу стане доступним для проходження Тест 2. Аналогічно і для Тесту 3. Отже, якщо всі три тести (Тест 1, Тест 2, Тест 3) з певної теми будуть пройдені з результатом вище 72%, то цей здобувач може перейти до іншої теми.

В іншому випадку, якщо результат проходження Тесту 1 нижче 72%, то система дасть рекомендації, спрямовані на повторне вивчення теоретичного

блоку, що містить питання початкового рівня, для заповнення прогалин. Після чого буде запропоновано пройти блок практичних завдань спочатку середнього рівня (Практика 1), потім високого рівня (Практика 2). У результаті здобувач може заново пройти тест, який не зміг пройти раніше, тобто кожен здобувач має індивідуальний маршрут проходження тестування з рекомендаціями для заповнення прогалин у його системі знань.

За допомогою розглянутих елементів курсу можна організувати різноманітні схеми адаптивного оцінювання.

3.3. Google Forms як інструмент адаптивного тестування

Google Workspace як частина надійного набору рішень та технологій Google Cloud надає викладачам інструменти для створення ефективних онлайн-курсів. За допомогою Google Forms можна легко та швидко створювати тести з автоматичним оцінюванням. Сервіс забезпечує збирання відповідей, формує статистичний аналіз відповідей, а також створює електронну таблицю, за допомогою якої можна провести обробку вихідних даних самостійно.

Хмарний сервіс Google Workspace надає можливість безкоштовного завантаження своїх сервісів та програм та дозволяє користувачам користуватися зручними пристроями, особливо смартфонами.

Перевагами Google Forms є: безкоштовність сервісу; інтуїтивно зрозумілий інтерфейс; відсутність потреби встановлення додаткового програмного забезпечення; автоматичне створення таблиці з відповідями здобувачів; формування статистики відповідей; автоматичне та ручне оцінювання відповідей, нарахування балів, написання коментарів до відповіді; доступне індивідуальне налаштування – показ питань на основі відповідей здобувачів.

Адаптивний тест у Google Forms передбачає створення окремих розділів у формі та перехід до заданого розділу на наступному кроці з урахуванням наданої відповіді на поточне завдання [8].

Тестування розпочинається із запитання середнього рівня складності, обраного після вступного розділу (рис. 7).

У кожному розділі розміщуються питання різного рівня складності. Передбачено можливість переходу між розділами, спираючись на відповіді здобувача. Для цього варто обрати питання, яке викладач хоче використовувати як перехідне, натиснувши три крапки та обрати пункт «Переходити до розділу на основі відповіді» (рис. 8). Для унеможливлення списування під час тестування можна також обрати пункт «Перемішати варіанти».

Тест. Модуль 1. Основні поняття та принципи математичних методів оптимізації

Шановні здобувачі! Пропонуємо пройти підсумковий модульний контроль у вигляді адаптивного тесту. Будьте уважними!

Після розділу 1 Перейти до розділу 2 (Початкове питання (середній рівень))

Рис. 7. Перехід до початкового питання середнього рівня складності

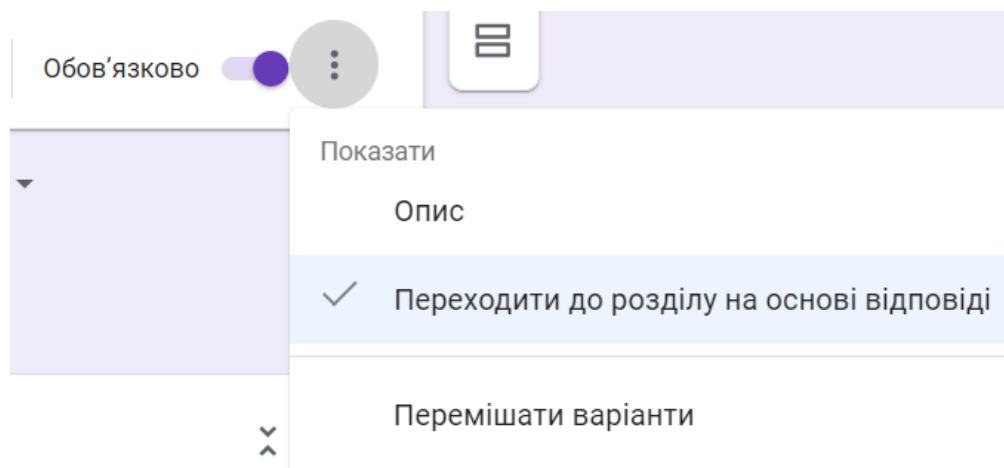


Рис. 8. Налаштування переходу до розділу на основі відповіді

Тобто, якщо здобувач правильно відповів на питання в одному розділі, можна перенаправити його до наступного розділу зі складнішими питаннями. Якщо відповідь неправильна, здобувача перенаправить до розділу з менш складними питаннями або можуть бути надані додаткові матеріали для вивчення [13]. Тому варто використовувати в назві чи опису розділу поточний номер завдання та рівень складності.

Для встановлення автоматичного оцінювання необхідно насамперед увімкнути в налаштуваннях форми опцію «Увімкнути/вимкнути оцінки» (рис. 9).

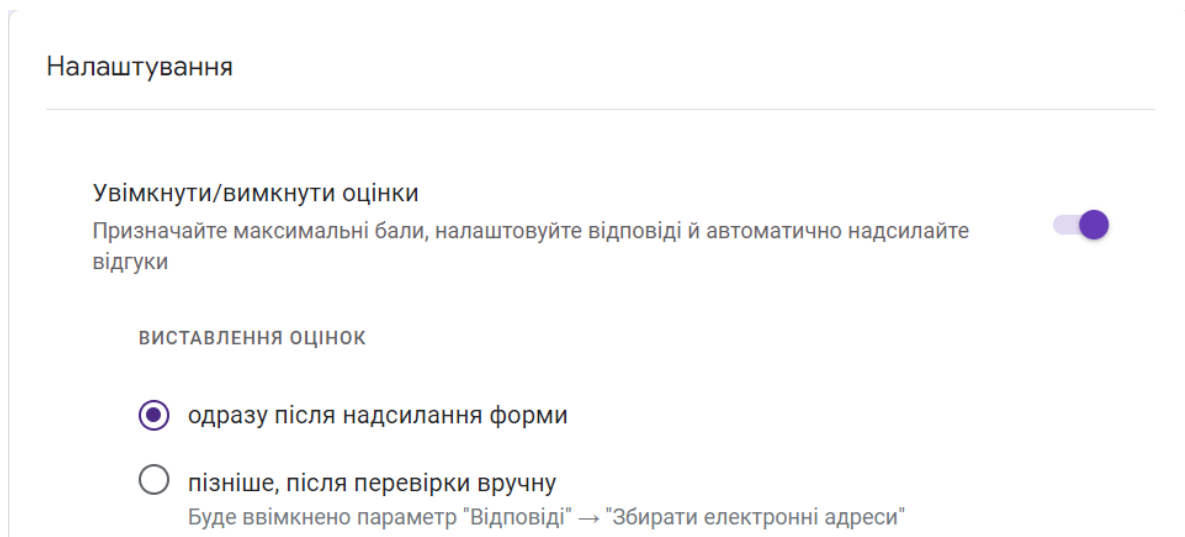


Рис. 9. Налаштування оцінювання

Можна створювати будь-яку кількість питань, виставляти бали за правильну відповідь. За допомогою пункту меню Google Forms «Ключ опитування» (нижній лівій кут тестового завдання) вказується еталон правильної відповіді, встановлюється необхідна кількість балів за правильно виконане завдання та, за необхідності, додається відгук викладача до відповіді (рис. 10).

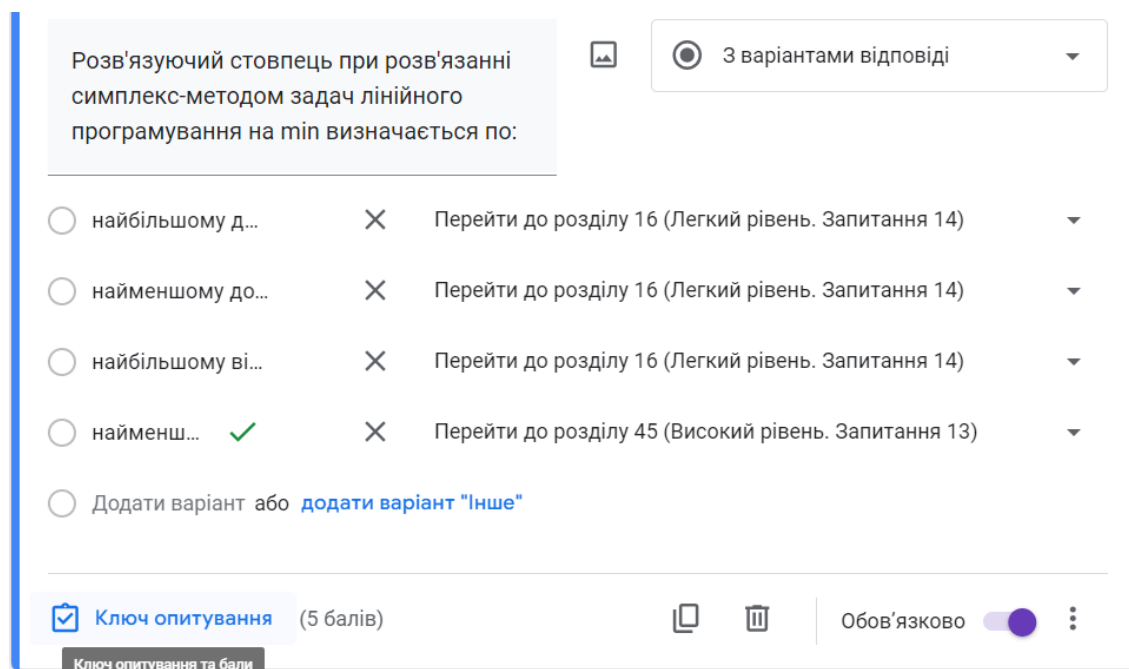


Рис. 10. Налаштування відповіді та кількості балів

Зауважимо, що відповідно до складності має змінюватись і кількість балів за правильну відповідь. У цьому контексті актуальним є чіткий розподіл

балів за кожне запитання. Так, якщо здійснюється оцінювання по 100 бальній шкалі, можливо розділити їх на 30+1 запитання, на три рівні складності: легкий, середній та високий. Зауважимо, що перше запитання має бути формувальним (середнього рівня складності), і бажано, щоб воно було на логіку здобувача освіти, з огляду на це буде не 10 питань, а 11.

Для інших питань, можна призначити 2 бали за легкі, 3 бали за середнього рівня складності та 5 балів за запитання високого рівня складності. Як результат це дасть 100 балів. Зауважимо, що це лише один із можливих варіантів розподілу балів. Інші відповіді будуть вважатися неправильними та зменшувати рівень складності питань, а відтак і кількість балів. Також можна ввести відгуки для правильних чи неправильних відповідей [6].

У правому нижньому куті завдання міститься кнопка «Більше варіантів», яка має вигляд трьох вертикальних точок – «:» і яка розкриває спадне меню. Обираємо пункт «Переходити до розділу на основі відповіді» та налаштовуємо перехід до наступного тестового завдання вищого чи такого ж рівня складності (у випадку високого рівня) для правильної відповіді та до тестового завдання нижчої чи такої ж складності (випадок легкого рівня) для дистракторів (рис. 11-12).

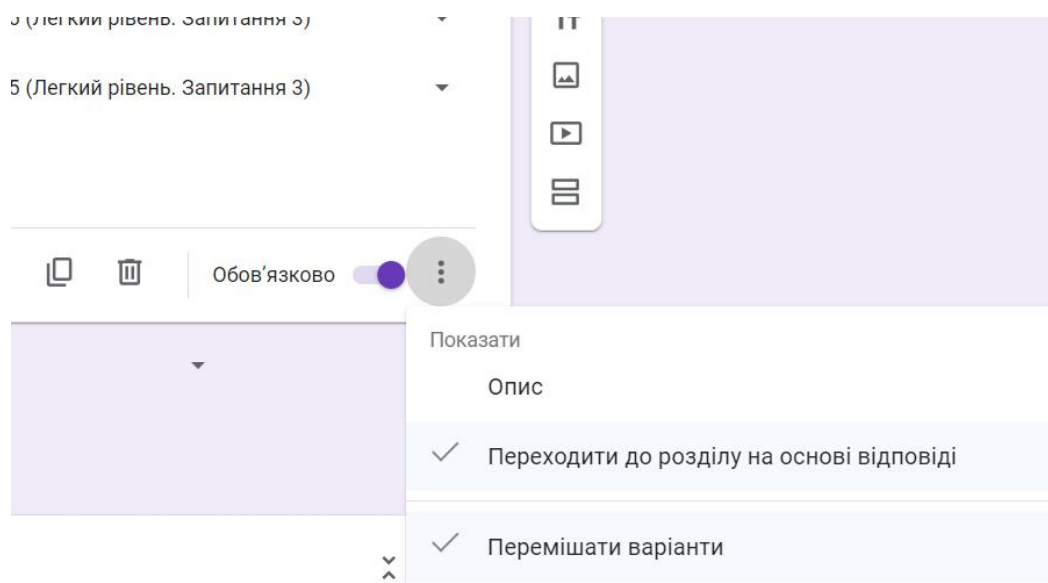


Рис. 11. Налаштування переходу до наступного розділу в Google Forms

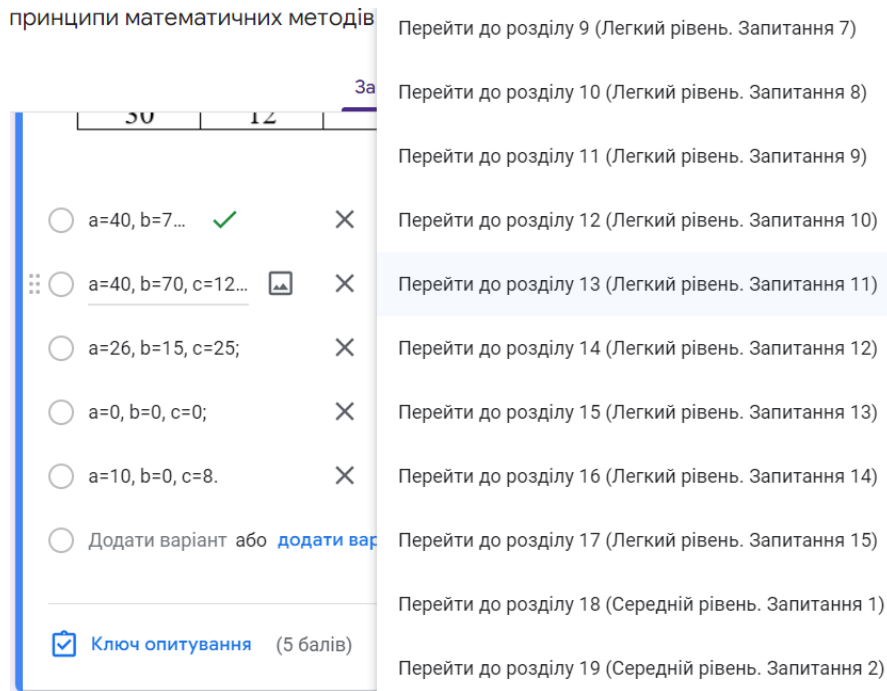


Рис. 12. Налаштування переходу до наступного розділу (адаптивний тест)

Завершення адаптивного тестування відбувається після того, як здобувачу буде пред'явлено останнє тестове завдання з будь якого рівня складності. Для цього в налаштуваннях розділу Google Forms, який відповідає останньому завданню кожного блоку обираємо дію «Після розділу N – Надіслати Форму» (рис. 13).

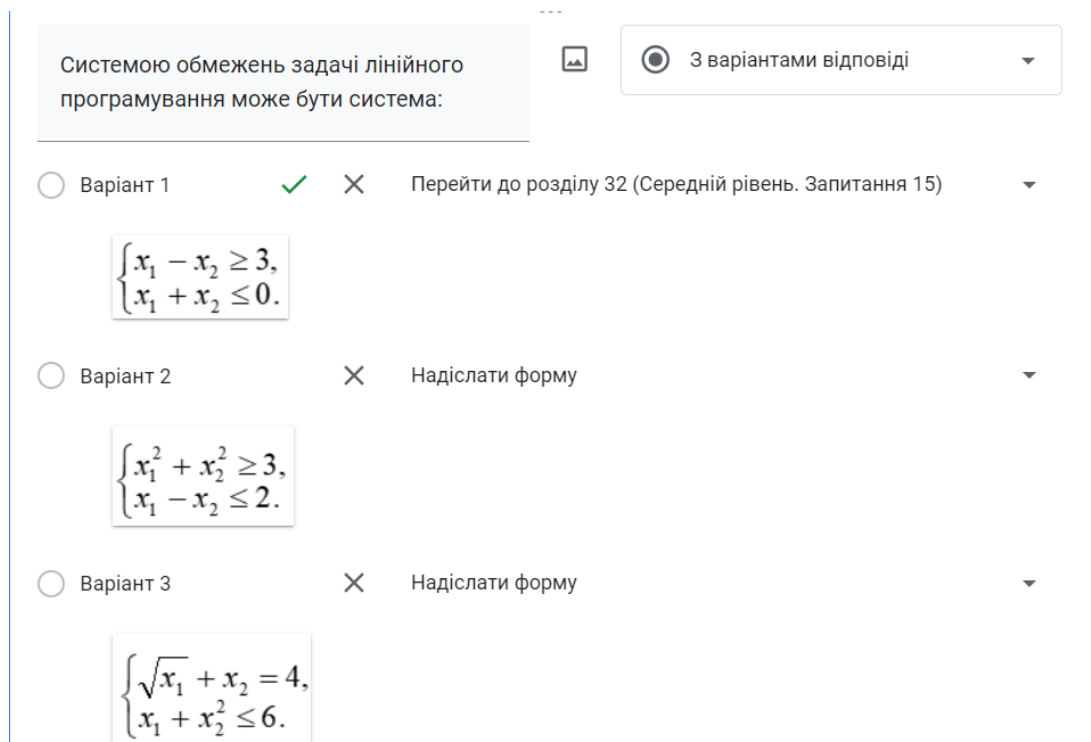


Рис. 13. Налаштування закінчення тестування

Нижче (рис. 14) наведено схему адаптивного тесту, який містить 5 завдань кожного рівня складності та одне початкове завдання середнього рівня. Суцільною стрілкою позначено перехід до наступного завдання у випадку правильної відповіді, уривчаста вказує на вибір завдання у випадку хибної відповіді.

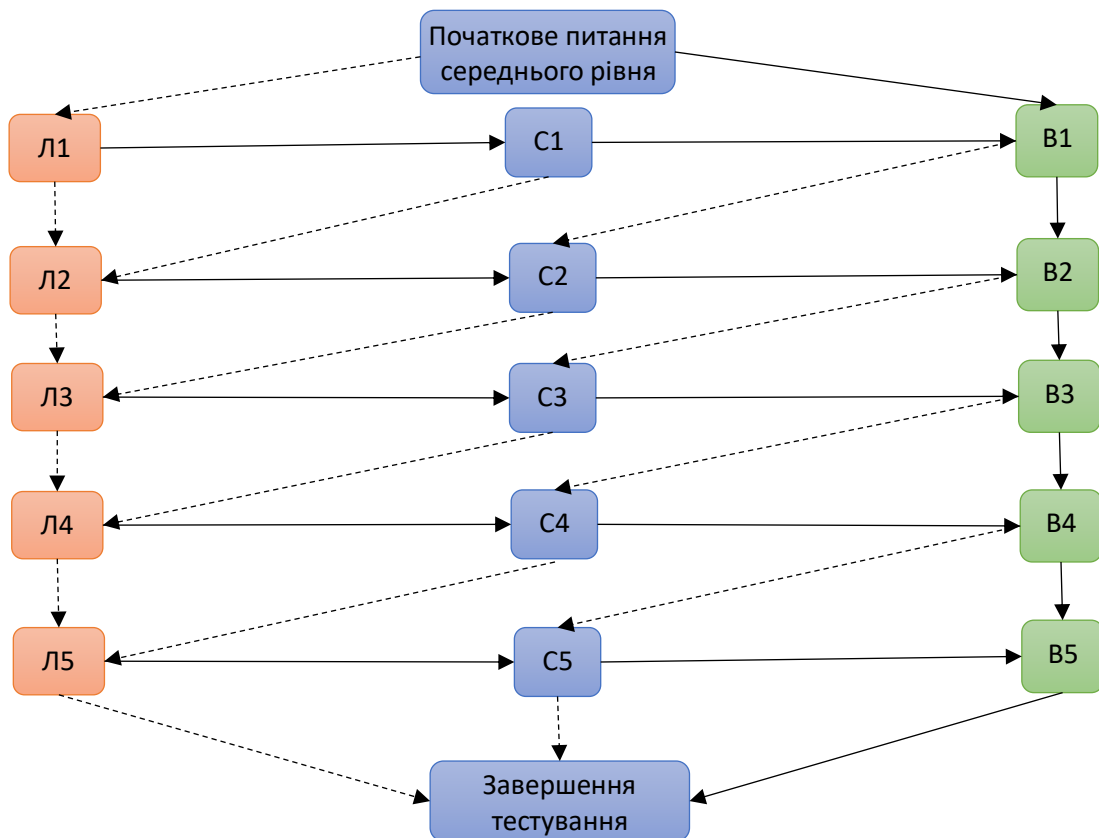


Рис. 14. Алгоритм адаптивного тесту

На наш погляд, використання Google Forms дозволить здійснити адаптивне тестування з розгалуженою стратегією, яка передбачає, що прийняття рішення про зміну порядку подання запитань відбувається на кожному кроці тестування. Тому адаптивне тестування здатне забезпечити розвиток та саморозвиток здобувача освіти, виходячи з його персональних особливостей як суб'єкта пізнання та діяльності, спираючись на його здібності, схильності, інтереси, ціннісні орієнтації та суб'єктний досвід.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Булах І. Є. Історія розвитку та сучасний стан педагогічної тестології. К.: ЦМК МОЗ України, 1994. 21 с.
2. Булах І. Є., Мруга М. Р. Створюємо якісний тест: навч. посіб. К.: Майстер;клас, 2006. 160 с.
3. Бушак Г. А. Тест як інструмент вимірювання навчальних досягнень студентів. Вісник національного університету «Львівська політехніка» : Інформатизація вищого навчального закладу. 2011. №703. С. 60-64.
4. Методичні рекомендації щодо підготовки та використання тестових завдань в процесі поточного та підсумкового контролю знань студентів / уклад.: О. В. Бісікало та ін. Вінниця : ВНТУ, 2019. 46 с. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/23945>.
5. Методичні рекомендації щодо розроблення валідних тестів у закладах фахової передвищої освіти / П. Г. Лузан та ін.; за ред. П.Г.Лузана. Київ: ПО НАПН України, 2022. 173 с.
6. Радкевич О. П. Адаптивне тестування в закладах загальної середньої освіти на основі використання Google Forms: методичні рекомендації. *Загальна середня освіта України в умовах воєнного стану та відбудови: реалії, досвід, перспективи* / методичний порадник науковців Інституту педагогіки НАПН України до початку нового 2023–2024 навчального року : методичні рекомендації / за заг. ред. Олега Топузова, Тетяни Засекіної : Ін-т педагогіки НАПН України. Київ : Педагогічна думка, 2023. С. 180-191. URL: <https://undip.org.ua/to-scientists/events/metodychni-rekomendatsii-2/>.
7. Сергієнко В.П., Кухар Л.О. Методичні рекомендації зі складання тестових завдань. К., НПУ, 2011. 41 с.
8. Сілін Є.С., Йожиков К.І. Використання Google Форм для адаптивного тестування. *Технології електронного навчання*, 2023. Т. 7. С. 54-62. DOI: <https://doi.org/10.31865/2709-840072023292880>.

9. Сметанюк Л.В., Кравцов Г.М. К теории и практике использования адаптивных тестов. *Інформаційні технології в освіті*. 2008. Вип. 3. С. 148-155. URL: <https://www.ite.kspu.edu/index.php/ite/article/view/641/650>.
10. Хоменко І. Тестовий контроль в системі моніторингу термінологічної компетентності студентів. Матеріали XVI Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку». ПереяславХмельницький, 2015. С. 87-89.
11. Adaptive Quiz: CAT (Computer-Adaptive Testing) implementation for Moodle. URL: https://moodle.org/plugins/mod_adaptivequiz.
12. ADDIE Model: Instructional Design. Educational Technology. URL: <https://educationaltechnology.net/the-addie-model-instructional-design/>.
13. Almond R.G., Mislevy R.J., Steinberg L.S., Yan D., Williamson D.M. Bayesian networks in educational assessment. Springer, 2015. 662 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2125-6>.
14. An Introduction to SAM for Instructional Designers. E-Learning Heroes URL: <https://community.articulate.com/articles/an-introduction-to-sam-for-instructional-designers>.
15. ASSURE: Instructional Design Model. Educational Technology. URL: <https://educationaltechnology.net/assure-instructional-design-model/>.
16. Backward Design. Educational Technology URL: <https://educationaltechnology.net/backward-design-understanding-by-design/>.
17. Bertram J. Agile Learning Design for Beginners. URL: <https://tier1performance.com/wp-content/uploads/2020/01/agile-white-paper.pdf>.
18. Birnbaum A. Some Latent Trait Models and Their Use in Inferring an Examinee's Ability. In F. M. Lord & M. R. Novick (Eds.), *Statistical Theories of Mental Test Scores*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1968. Pp. 397-424.
19. Bloom, B.S. Taxonomy of Educational Objectives. Handbook 1: Cognitive Domain. Longmans, 1956. URL: <https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/PPP242/Benjamin%20S.%20Bloom%20->

[%20Taxonomy%20of%20Educational%20Objectives%2C%20Handbook%201%20Cognitive%20Domain-Addison%20Wesley%20Publishing%20Company%20%281956%29.pdf](#)

20. Four component instructional design model. URL: <https://www.4cid.org/>.
21. Gonzalez J. Backward Design: The Basics. Cult of pedagogy. URL: <https://www.cultofpedagogy.com/backward-design-basics/>.
22. International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). URL: <https://www.iea.nl/>.
23. Lord F. M. Application of Item Response Theory to Practical Testing Problems. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1980. 266 p.
24. Vale C. D., Weiss D. J. A Study of Computer Administered Stradaptive Ability Testing. Research Report 75-4, 1975. URL: www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/recordDetail?accno=ED118602.
25. Van Merriënboer J., Kester L. The Four-Component Instructional Design Model: Multimedia Principles in Environments for Complex Learning. In R. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (Cambridge Handbooks in Psychology)*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. Pp. 104-148. DOI:10.1017/CBO9781139547369.007.
26. Weiss D. J. New Horizons in Testing: Latent Trait Test Theory and Computerised Adaptive Testing. N-Y., Academic Press, 1983. 345 p.

ДОДАТОК

Приклад різнорівневих тестових завдань з теми «Нелінійне програмування»

Легкий рівень складності

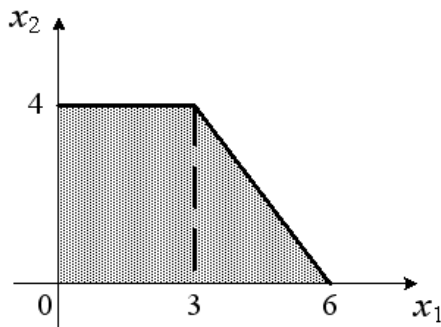
1. Дайте визначення «Глобальний мінімум це...
 - а) найменший із мінімумів в області допустимих значень;
 - б) один із мінімумів функції в області допустимих значень;
 - в) найменше значення функції в деякому околі;
 - г) найбільший із мінімумів в області допустимих значень;
 - д) правильної відповіді немає.
2. Визначте, який з методів не відноситься до методів нелінійного програмування:
 - а) метод Монте-Карло;
 - б) метод Куна-Таккера;
 - в) метод штрафних функцій;
 - г) метод множників Лагранжа;
 - д) метод Ньютона.
3. Назвіть, як називаються необхідні та достатні умови оптимальності для задач нелінійного програмування, при яких цільова функція і рівняння-обмеження диференціюються:
 - а) умовами нормалізації;
 - б) умовами Куна-Таккера;
 - в) умовами диференціації;
 - г) умовами Жордана-Гаусса;
 - д) умовами Лагранжа.
4. Виберіть, якими повинні бути множники Лагранжа λ_i в умовах теореми Куна-Таккера?
 - а) $\lambda_i \geq 0$;
 - б) $\lambda_i \leq 0$;
 - в) $\lambda_i = 0$;
 - г) $\lambda_i > 0$;
 - д) $\lambda_i < 0$.
5. Знайдіть число множників Лагранжа:
 - а) $N + 1$ (де N число обмежень);
 - б) дорівнює числу обмежень;
 - в) $N - 1$ (де N число обмежень);
 - г) дорівнює числу незалежних змінних;
 - д) $N - 2$ (де N число обмежень).
6. Визначте, методи Фібоначчі і золотого перетину є:
 - а) методами відшукування екстремумів багатоекстремальних функцій;

- б) методами відшукування тільки мінімумів багатоекстремальних функцій;
 в) методами відшукування екстремумів унімодальних функцій;
 г) методами відшукування тільки максимумів багатоекстремальних функцій;
 д) методами відшукування тільки мінімумів унімодальних функцій.
7. Вкажіть правильну відповідь: «Оптимізаційну задачу відносять до опуклого програмування, якщо ...»:
- а) цільова функція і функції обмеження лінійні;
 б) цільова функція увігнута, а функції обмежень утворюють опуклу множину;
 в) цільова функція лінійна, а функції обмежень утворюють опуклу множину;
 г) цільова функція увігнута, а функції обмежень лінійні;
 д) цільова функція увігнута і немає обмежень.
8. Поясніть, як в методі золотого перетину відрізок ділиться на дві частини:
- а) відношення всього відрізка до більшої його частини дорівнює відношенню меншої частини до всього відрізка;
 б) відношення всього відрізка до більшої його частини дорівнює відношенню меншої частини до більшої;
 в) відношення всього відрізка до меншої його частини дорівнює відношенню більшої частини до меншої;
 г) відношення всього відрізка до більшої його частини дорівнює відношенню більшої частини до меншої.
9. Виберіть, функція на відрізку унімодальна, якщо...
- а) на вибраному відрізку функція має один екстремум;
 б) на вибраному відрізку функція не має жодного мінімуму;
 в) на вибраному відрізку функція має два мінімуми;
 г) на вибраному відрізку функція має два максимуми;
 д) правильної відповіді немає.
10. Дайте визначення «Гradientні методи – це методи, в яких рух до точки мінімуму збігається з напрямком ...
- а) вектора антиградієнта функції;
 б) вектора градієнта функції;
 в) однією з координат осей;
 г) правильної відповіді немає.

Середній рівень складності

1. Визначте, якщо $x_1+x_2=4$, $3x_1+5x_2=18$, то за методом множників Лагранжа:
- а) $\lambda_1=x_1+x_2-4$, $\lambda_2=3x_1+5x_2-18$;
 б) $\lambda_1=-x_1-x_2-4$, $\lambda_2=-3x_1-5x_2+18$;
 в) $\lambda_1=-x_1-x_2+4$, $\lambda_2=-3x_1-5x_2+18$;
 г) $\lambda_1=-x_1-x_2-4$, $\lambda_2=-3x_1-5x_2-18$;
 д) правильної відповіді немає.

2. Область допустимих розв'язків задачі нелінійного програмування має вигляд:



Знайдіть чому дорівнює максимальне значення функції $F(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2$:

- а) 36;
 - б) 72;
 - в) 25;
 - г) 12;
 - д) 24.
3. Визначте, що вважають розв'язком задачі одновимірної оптимізації під час виконання умови $b_i - a_i < \epsilon$
- а) середину відрізка $[a_i; b_i]$;
 - б) будь-яку точку відрізка $[a_i; b_i]$;
 - в) кінець відрізка $[a_i; b_i]$;
 - г) початок відрізка $[a_i; b_i]$;
 - д) правильної відповіді немає.
4. Поясніть, у методах одновимірної оптимізації при переході до наступної ітерації частину відрізка $[a; b]$ можна відкинути, тому що...
- а) на відрізку $[a; b]$ цільова функція унімодальна;
 - б) у відкинутій частині функція зростає;
 - в) відкидається частина відрізка, що містить великі значення функції;
 - г) у відкинутій частині функція спадає;
 - д) тому що похідна монотонно зростає.
5. Знайдіть, як у градієнтному методі з подрібненням кроку змінюється крок на кожній ітерації:
- а) зменшується 2 рази;
 - б) збільшується у 2 рази;
 - в) зменшується у 3 рази;
 - г) збільшується у 3 рази;
 - д) залишається без змін.
6. Визначте, щоб підвищити точність визначення точки мінімуму в методах багатовимірної оптимізації, треба ...
- а) зменшити допустиму похибку;
 - б) вибрати початкове наближення якомога ближче до точки мінімуму;
 - в) збільшити кількість ітерацій з пошуку мінімуму;
 - г) збільшити допустиму похибку;

д) зменшити кількість ітерацій з пошуку мінімуму.

$$f(x) = x_1 x_2 + \frac{50}{x_1} + \frac{20}{x_2} \rightarrow \text{extr}$$

7. Дано задачу на безумовний екстремум . Складіть

систему рівнянь похідних першого порядку для даної задачі:

$$\text{а)} \begin{cases} f'_{x_1} = x_2 - \frac{50}{x_1^2} = 0 \\ f'_{x_2} = x_1 - \frac{20}{x_2^2} = 0 \end{cases}$$

$$\text{б)} \begin{cases} f'_{x_1} = x_1 x_2 - \frac{50}{x_1^2} = 0 \\ f'_{x_2} = x_1 x_2 - \frac{20}{x_2^2} = 0 \end{cases}$$

$$\text{в)} \begin{cases} f'_{x_1} = -\frac{50}{x_1^2} = 0 \\ f'_{x_2} = -\frac{20}{x_2^2} = 0 \end{cases}$$

$$\text{г)} \begin{cases} f'_{x_1} = x_1 x_2 = 0 \\ f'_{x_2} = x_1 x_2 = 0 \end{cases}$$

8. Дано задачу на безумовний екстремум

$$f(x) = x_1^2 + 4x_1 x_2 + x_2^2 + 2x_1 \rightarrow \text{extr}$$

. Складіть матрицю Гессе з похідних другого порядку для даної задачі:

$$\text{а)} \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 4 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\text{б)} \begin{vmatrix} 2 & 4x_1 \\ 4x_2 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\text{в)} \begin{vmatrix} 2 & 4x_2 \\ 4x_1 & 2 \end{vmatrix}$$

$$\text{г)} \begin{vmatrix} 0 & 4x_1 \\ 4x_2 & 0 \end{vmatrix}$$

9. Виберіть функцію Лагранжа для цієї задачі:

$$f(x) = \frac{1}{2}ax_1^2 + \frac{1}{2}bx_2^2 \Rightarrow \text{extr} (a>0, b>0),$$

$$\varphi(x) = x_1^3 + x_2^3 - 1 = 0$$

$$\text{а)} \Phi(x, \psi) = \frac{1}{2}ax_1^2 + \frac{1}{2}bx_2^2 + \psi(x_1^3 + x_2^3 - 1),$$

$$\text{б)} \Phi(x, \psi) = x_1^3 + x_2^3 - 1 + \psi\left(\frac{1}{2}ax_1^2 + \frac{1}{2}bx_2^2\right),$$

$$\text{в) } \Phi(x, \psi) = x_1^3 + \frac{1}{2}bx_2^2 + \psi\left(\frac{1}{2}ax_1^2 + x_2^3 - 1\right);$$

$$\text{г) } \Phi(x, \psi) = \frac{1}{2}ax_1^2 + x_2^3 + \psi\left(x_1^3 + \frac{1}{2}bx_2^2 - 1\right);$$

$$\text{д) } \Phi(x, \psi) = \frac{1}{2}ax_1^2 + \frac{1}{2}bx_2^2 - 1 + \psi(x_1^3 + x_2^3)$$

10. Функція $f(x)$ п змінних $\|x_1 \dots, x_n\| = x \subset G$ називається опуклою функцією в опуклій області G , якщо для будь-яких двох точок із G виконується співвідношення:

$$\text{а) } f\{\lambda x^1 + (1 - \lambda)x^2\} \leq \lambda f(x^1) - \lambda f(x^2);$$

$$\text{б) } f\{\lambda x^1 - (1 - \lambda)x^2\} \leq \lambda f(x^2) - (1 - \lambda) f(x^2);$$

$$\text{в) } f\{\lambda x^1 + \lambda x^2\} \leq \lambda f|x^1| + (1 - \lambda) f|x^2| ;$$

$$\text{г) } f\{\lambda x^1 + (1 - \lambda)x^2\} \leq \lambda f(x^1) + (1 - \lambda) f(x^2) .$$

Високий рівень складності

1. Виділіть характерні ознаки критерію унімодальності функції на заданому відрізку:

а) функція диференційована, і перша похідна не спадає на цьому відрізку;

б) функція двічі диференційована, і друга похідна не спадає на цьому відрізку;

в) функція диференційована, і перша похідна не від'ємна на цьому відрізку;

г) функція двічі диференційована, і перша похідна не зменшується на цьому відрізку;

д) функція диференційована, і друга похідна не від'ємна на цьому відрізку.

2. Застосовуючи необхідні та достатні умови оптимальності, було розв'язано

$$f(x) = x_1 x_2 + \frac{50}{x_1} + \frac{20}{x_2} \rightarrow \text{extr}$$

задачу

. Знайдіть відповідно точку екстремуму:

а) (0;2);

б) (5;2);

в) (3;2);

г) (4;5);

д) (1;2).

3. Застосовуючи необхідні та достатні умови оптимальності, було розв'язано

$$\text{задачу } f(x) = 3x_1 x_2 - x_1^2 x_2 - x_1 x_2^2 \rightarrow \text{extr} \text{ , тоді точка } (1;1) \text{ є точкою:}$$

а) максимуму;

б) мінімуму;

в) обидва варіанти правильні;

г) обидва варіанти не правильні.

4. У задачі $F(x, y) = x^2 + y^2 \rightarrow \text{extr}$ за умови $\varphi(x, y) = x + y = 1$ знайдіть методом Лагранжа глобальний екстремум:

а) $(-1; 1)$

б) $(\frac{1}{2}; \frac{1}{2})$

в) $(\frac{1}{2}; -\frac{1}{2})$

г) $(1; 1)$

5. Знайдіть значення точок x_1 і x_2 , обчислені методом дихотомії на першій ітерації при пошуку мінімуму функції на відрізку невизначеності $[1; 1,5]$ ($\delta = 0,01$):

а) $x_1 = 1,26; x_2 = 1,24;$

б) $x_1 = 1,31; x_2 = 1,19;$

в) $x_1 = 1,34; x_2 = 1,16;$

г) $x_1 = 1,27; x_2 = 1,23;$

д) $x_1 = 1,31; x_2 = 1,23.$

6. Знайдіть як зменшується довжина відрізка невизначеності $[a; b]$ на кожній ітерації методу золотого перерізу:

а) у 1,618 разів;

б) на $0,618(b - a)$;

в) на $0,5(b - a)$;

г) у 0,618 разів;

д) у 2 рази.

7. Впорядкуйте етапи розв'язання задачі нелінійного програмування методом дихотомії:

а) поділ відрізка навпіл і побудова двох точок;

б) порівняння значень функції за властивістю унімодальної функції;

в) вибір відрізка пошуку екстремуму;

г) знаходження інтервалу, який містить x^* .

8. Дано функцію Лагранжа: $F(x_1, x_2, x_3, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = 2x_1 + x_2 + 5x_3^2 + \lambda_1 [20 - (x_1 + x_2 + x_3)] + \lambda_2 [30 - (7x_1 + 2x_2 - x_3)] + \lambda_3 [100 - (5x_1 + 3x_2)]$

Порівняйте та визначте на основі якої задачі нелінійного програмування побудована дана функція:

$$f(x_1, x_2, x_3) = 2x_1 + x_2 + 5x_3^2 \rightarrow \text{ext}$$

$$\text{а) } \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \leq 20 \\ 7x_1 + 2x_2 - x_3 \leq 30 \\ 5x_1 + 3x_2 \leq 100 \end{cases}$$

$$f(x_1, x_2, x_3) = 2x_1 + x_2 + 5x_3^2 \rightarrow \text{ext}$$

$$\text{б) } \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \geq 20 \\ 7x_1 + 2x_2 - x_3 \geq 30 \\ 5x_1 + 3x_2 \geq 100 \end{cases}$$

$$f(x_1, x_2, x_3) = 2x_1 + x_2 + 5x_3^2 \rightarrow \text{ext}$$

$$\text{в) } \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 20 \\ 7x_1 + 2x_2 - x_3 = 30 \\ 5x_1 + 3x_2 = 100 \end{cases}$$

$$f(x_1, x_2, x_3) = \lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 + \lambda_3 x_3 \rightarrow \text{ext}$$

$$\text{г) } \begin{cases} 2x_1 + x_2 + 5x_3 \geq 0 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 \geq 20 \\ 7x_1 + 2x_2 - x_3 \geq 30 \\ 5x_1 + 3x_2 \geq 100 \end{cases}$$

$$f(x_1, x_2, x_3) = \lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 + \lambda_3 x_3 \rightarrow \text{ext}$$

$$\text{д) } \begin{cases} 2x_1 + x_2 + 5x_3 = 0 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 = 20 \\ 7x_1 + 2x_2 - x_3 = 30 \\ 5x_1 + 3x_2 = 100 \end{cases}$$

9. Знайдіть точку екстремуму функції $f = 3x_1^2 + 5x_1x_2 + 3x_2^2 + x_1 - x_2 + 5$.

10. Впорядкуйте етапи розв'язання задачі нелінійного програмування методом множників Лагранжа:

- а) знайти частинні похідні і записати необхідні умови умовного екстремуму;
- б) знайти змінні x_1, x_2, λ ;
- в) скласти функцію Лагранжа;
- г) розрахувати оптимальну функцію мети;
- д) дослідити на \min і \max .

Навчально-методичне видання

СІКОРА ЯРОСЛАВА БОГДАНІВНА

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО РОЗРОБКИ ТА ВИКОРИСТАННЯ
АДАПТИВНИХ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ**

Надруковано з оригінал-макета автора

Підписано до друку __. __.24. Формат 60x90/16. Ум. друк. арк. 0.95.

Обл. вид. арк. __. Друк різнографічний.

Гарнітура Times New Roman. Зам. __. Наклад 100.

Видавництво Житомирського державного університету імені Івана Франка

Свідоцтво про державну реєстрацію:

серія ЖТ №10 від 07.12.04 р.

вул. Велика Бердичівська, 40, м. Житомир, 10008