

Богачков Юрій Миколайович, к.т.н., НМК ІПО ІППК НТУУ «КПІ», директор,
066-0498334, ebogun@gmail.com

Полобюк Тетяна Анатоліївна, НТУУ «КПІ», інженер I категорії,
Фігурська Любов Володимирівна, аспірант ТНПУ імені В.Гнатюка, Технічний
коледж ТНТУ імені І.Пулюя, викладач, 0982654041, figyrski@mail.ru.

Ухань Павло Станіславович, к.п.н, ІТЗН НАПНУ, с.н.с

МЕТОД АНАЛІЗУ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ДОМЕНІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЕДАГОГІЧНОГО ТЕСТУ

Abstract. The problem of improving the diagnostic properties of pedagogical test has been considered. For this purpose, the notion of an elementary domain (operation) has been introduced. Each test item is analyzed in the terms of elementary operations used in it. Based on the analysis of answer correctness, a table of probability of correct execution of operations from their elementary domains is built. These data allow to estimate the probability of correct execution of the actual test items from the entire domain, even if they have not been included in the performed test.

Одна з основних та найважливіших функцій педагогічного тесту – *діагностична*. Тест повинен максимально точно та детально відобразити, який матеріал учень засвоїв, а який ні. При цьому давати не лише кількісну інформацію, а й якісну. Автори тесту завжди знаходяться перед дилемою – чи збільшувати довжину тесту і покращувати його діагностичні якості, чи навпаки зменшувати довжину і погіршувати якість тесту. Тому проблема покращення діагностичної властивості тесту є актуальною.

Класичними методами обробки даних тестування передбачається виділення *фрагментів тесту* (субтестів) та підрахунок результату тестування (відсотків правильних відповідей) за кожним субтестом. Ці результати

відображають структуру підготовленості учня за тим фрагментом предметної області, що перевіряється. До недоліків такого підходу можна віднести наступні.

- Для коротких тематичних тестів дуже важко адекватно виділити обґрунтовані домени предметної області (субтести).
- Зазвичай одне тестове завдання можна віднести до декількох доменів. У цьому випадку класичний підхід підрахунку результатів не дає чіткої відповіді, що і як рахувати, та як інтерпретувати результати.

Пропонується метод обробки даних тестування що базується на *поопераційній декомпозиції* процедури виконання тестових завдань. Виконання кожного тестового завдання вимагає здійснення певної послідовності операцій, що базуються на сукупності знань, вмінь та навичок тестуємого (які ми називатимемо елементарними на даному рівні розгляду). Для різних тестових завдань елементарні знання та уміння проявляються багаторазово у різних комбінаціях. Для кожного варіанту відповіді до кожного тестового завдання можна визначити перелік елементарних операцій, які виконані правильно. У такому випадку замість підрахунку відсотків правильних відповідей на тестові завдання обчислюється відсоток правильно виконаних *елементарних операцій*. Після того, як визначено рівень засвоєння елементарних операцій, потрібно розрахувати ступінь засвоєння «складених» операцій за їх структурою, скомпонованою з елементарних операцій. У результаті ми отримаємо структуру підготовленості як на рівні *елементарних*, так і на рівні *складених* (комплексних) операцій. Важливо, що у такому випадку ми можемо робити висновки з тих комплексних операцій, які у даному тесті не були задіяні. Це суттєво розширює діагностичні властивості тесту.

Інший напрямок аналізу – *кореляційний*. Пропонується на репрезентативній вибірці учнів та тестових завдань визначити коефіцієнти кореляції між засвоєнням різних елементарних операцій. Якщо значення цих коефіцієнтів статистично стійке для контингенту учнів що підлягають

тестуванню, то можна робити висновки (прогнози) про засвоєння тих елементарних операцій, які фактично не перевірялися. Це теж суттєво розширює діагностичні властивості тесту.

Дослідження проводилось за такими етапами.

1. Вибір тесту для аналізу. У даному випадку розглядався тест з математики зовнішнього незалежного оцінювання (ЗНО) 2007 р. [1].

2. Аналіз програми навчання, згідно з якої був складений тест, тобто задекларованого обсягу матеріалу, що перевіряється і за яким здійснюється декомпозиція задекларованих у програмі елементів що вивчаються на елементарні операції та знання відповідно до класифікатора знань та вмінь.

3. Кодування усіх елементарних операцій. Кожна елементарна операція чи знання мають свій унікальний номер у класифікаторі навчальних елементів (програма навчання).

4. Аналіз усіх завдань тесту, декомпозиція їх на елементарні операції та знання й кодування у відповідності до класифікатора.

5. Формування матриці відповідей, яка відображає відповіді учнів на кожне тестове завдання. Для кожного учня вказується, яку відповідь він дав на кожне тестове завдання та її правильність.

6. Формування деталізованої матриці правильності відповідей. Кожній відповіді на кожне тестове завдання ставиться у відповідність «правильність» відповідних *елементарних операцій та знань*. Можливо декілька підходів до декомпозиції, що відрізняються точністю та складністю. *Перший*: правильно виконане тестове завдання відповідає повному засвоєнню усіх необхідних елементарних операцій (знань), а неправильне – відповідає повному незасвоєнню усіх елементарних операцій, що входять у тестове завдання. *Другий*: кожному варіанту відповіді на тестове завдання (і неправильним у тому числі) відповідає свій перелік елементарних операцій, які вважаються засвоєними (вони визначаються експертно). *Третій*: для набору «комплексних» тестових завдань створюється апробаційний тест, у який входять «комплексні»

завдання та одночасно всі елементарні операції, як окремі тестові завдання. За результатами апробації визначається статистичний зв'язок між правильністю відповідей на комплексні тестові завдання та правильністю виконання конкретних елементарних операцій. Цей статистичний зв'язок у подальшому і використовується при інтерпретації результатів тестування.

Для кожного тестового завдання для кожної пронумерованої елементарної операції на основі «реальної» матриці відповідей одним із трьох вище вказаних методів визначається, які елементарні операції учень виконав правильно.

7. Обробка результатів класичним методом. Вважатимемо, що кожна елементарна операція – це окреме тестове завдання з варіантами відповідей «правильно-неправильно». Всі однакові елементарні операції об'єднуються у відповідний домен, по якому визначається інтегральний показник рівня підготовленості, характеристична крива даної операції та рівень надійності висновку.

8. Для конкретного учня:

- обчислюється ймовірність правильного виконання конкретної елементарної операції
- на основі ймовірностей правильного виконання конкретних елементарних операцій, визначається ймовірність правильного виконання (рівень засвоєння) комплексних дій (програмних елементів).

9. Кореляція рівня засвоєння операцій. Для кожної пари елементарних операцій обчислюється коефіцієнт кореляції правильності відповіді.

10. На основі значень *коефіцієнту кореляції* між елементарними операціями в інших тестах, де задіяні лише деякі елементарні операції, робиться оцінка ймовірності правильного виконання і тих елементарних операцій які фактично не перевірялись.

У таблиці 1 наведено фрагмент розробленого класифікатора знань та вмінь з математики. Графа «Клас» відображає ієрархічну класифікацію

відповідно до основних змістовних ліній та згідно з рекомендованою програмою навчання. Ці номери можуть мінятися при змінах у класифікаторі.

Графа «Номер класу» задає абсолютний та незмінний номер рядка, за яким можна посилатись на будь-який клас і який позначає одне елементарне знання чи вміння.

У рамках кожного рядка (поле «Назва») можна вносити будь-які виправлення. Видаляти класи не можна, а додавати нові – можна.

Таблиця 1

Клас	Номер класу	Назва
1	1	Числові вирази і дії над ними
1.1	2	<i>Закони дій</i>
1.1.1	3	Переставний та сполучний закони додавання
1.1.2	4	Переставний та сполучний закони множення
1.1.3	5	Розподільний закон множення відносно додавання
1.2	6	<i>Натуральні числа</i>
1.2.1	7	Додавання натуральних чисел
1.2.2	8	Віднімання натуральних чисел
1.2.3	9	Множення натуральних чисел

Розглянемо запропонований метод на прикладі даних тестування ЗНО з математики 2007 року. Дані надані Українським центром оцінювання якості освіти (УЦОЯО) [2], по відношенню до конкретного учня в анонімній формі. Всього 52000 відповідей учнів, з них відібрано відповіді перших 1200 чоловік, які виконували перший варіант тесту.

Нижче наведені завдання 23, 24, 26, 27, на яких продемонструємо метод.

23. Укажіть найменше ціле число, яке є розв'язком нерівності

$$\frac{(x-3)(x+10)(x^2+8x-9)}{x^2+8x-9} < 0 \quad \text{Правильна відповідь: } -8.$$

*Компоненти програмових вимог, що перевіряються завданням:
Розв'язування раціональних нерівностей методом інтервалів.*

24. На перегоні, довжина якого дорівнює 240 км, поїзд рухався зі швидкістю на 10 км/год менше, ніж мала бути за розкладом, і запізнився на 48 хв. З якою швидкістю мав рухатися поїзд за розкладом? Правильна відповідь: 60 км/год.

*Компоненти програмових вимог, що перевіряються завданням:
Розв'язування текстових задач за допомогою рівняння або системи рівнянь.*

26. Розв'яжіть рівняння $(x^2 - 9)\sqrt{-15 + 8x - x^2} = 0$. У відповідь запишіть суму коренів. Правильна відповідь: 11 (або 8).

*Компоненти програмових вимог, що перевіряються завданням:
Розв'язування ірраціональних рівнянь.*

$$27. \text{Розв'яжіть систему рівнянь} \begin{cases} 2^{2y-x} = 32 \\ \log_{\frac{1}{2}}(y-x) = -2. \end{cases}$$

Запишіть у відповідь добуток $x_0 \cdot y_0$, якщо пара (x_0, y_0) є розв'язком вказаної системи рівнянь. Правильна відповідь: -3 .

*Компоненти програмових вимог, що перевіряються завданням:
Розв'язування систем рівнянь, у яких одне рівняння показникове, а інше — логарифмічне.*

У таблиці 2 наведені відповіді учнів № 1–4 на кожне тестове завдання.

Таблиця 2

Номер учня	Номери тестових завдань				
	23	24	25	26	27
0	-8	60	0,5	8	-3
1	0	202	0	0	0
2	-8	60	0,5	8	-3
3	13	0	0	0	0
4	-10	62	1,5	2	6

Тут у графах № 23–27 – відповіді, відскановані з бланків відповідей. Рядку з номером учня 0 відповідає ключовий запис, тобто запис з усіма правильними відповідями.

Перетворена матриця відповідей наведена в таблиці 3. У полях відповідей реальні значення відповідей замінено за ознакою правильно-неправильно. Неправильна відповідь позначена 0, правильна – 1.

Таблиця 3

Номер учня	№ 23	№ 24	№ 25	№ 26	№ 27
0	-8	60	0,50	8	-3
1	0	0	0	0	0
2	1	1	1	1	1
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0

На основі класифікатора знань та вмінь проводимо декомпозицію кожного тестового завдання на елементарні навчальні операції. Наприклад, для того, щоб виконати правильно тестове завдання № 23, необхідно володіти такими елементарними знаннями, які у класифікаторі позначені номерами 136, 248, 95, 36, 38, 39, 225, 41. Результати декомпозиції представлені у таблиці 4.

Таблиця 4

Номер тестового завдання	Номер класу	Опис класу
23	136	розв'язування дробових нерівностей методом інтервалів
23	248	розклад квадратного многочлена на множники
23	95	розв'язування квадратного рівняння
23	36	додавання раціональних чисел
23	38	множення раціональних чисел
23	39	ділення раціональних чисел
23	225	обчислення квадратного кореня

1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0

У розширеній матриці (таблиця 5), в якій зазначені всі елементарні операції, що є у складі тесту, виконується підрахунок кількості однакових елементарних операцій для кожного коду операції окремо. Одночасно підраховується кількість *правильно виконаних операцій* для кожного коду.

У результаті отримуємо таблицю 6.

Таблиця 6

Номер учня	Кількість входжень (правильного застосування) елементів даного класу в тесті						
	2	7	8	9	10	11	18
0	1	10	4	9	5	1	1
1	1			1	1		1
2	1	<u>9</u>	4	<u>8</u>	5	1	1
3		3		3	1		
4		2		2	1		1
5		4	2	4	1		1

З таблиці 6 випливає, що елемент під номером 7 (7-й клас) у тесті зустрічався 10 раз, а 9-й клас – 9 раз. При цьому учень під номером 2 у дев'яти випадках застосовував правильно 7-й клас, а у восьми – 9-й. За цими даними ми можемо визначити значення показника рівня засвоєння кожного елемента. Наприклад, для другого учня для 7-го елемента це буде $9/10$, а для дев'ятого елемента – $8/9$. Цей показник означає ймовірність правильного застосування конкретного знання у реальній практичній ситуації виконання тестового завдання.

У таблиці 7 зведені всі відібрані навчальні елементи, які зустрічаються у тесті п'ять разів (для прикладу). Для кожного учня визначено, скільки разів він правильно застосовував кожен навчальний елемент. Наприклад, третій учень

застосував 7-й елемент правильно два рази з п'яти. Отже рівень засвоєння цього елемента становить 0,4.

Таблиця 7

Номер учня	Номер класу	Кількість правильних застосувань	Частка правильних застосувань
0	7	5	1
0	9	5	1
0	36	5	1
2	7	5	1
2	9	5	1
2	36	5	1
3	7	2	0,4
3	9	2	0,4
4	7	1	0,2
4	9	1	0,2
5	7	2	0,4
5	9	2	0,4
6	7	2	0,4
6	9	1	0,2

Таблиця 8 отримана простими перетвореннями з таблиці 7. Вона може бути кінцевою формою видачі результатів тестування учневі та вчителю. З неї добре видно рівень засвоєння окремих навчальних елементів для кожного учня.

Таблиця 8

Номер учня	Номера класів/ частки правильного застосування		
	7	9	36
	0	1	1
2	1	1	1
3	0,4	0,4	0
4	0,2	0,2	0
5	0,4	0,4	0

Номер учня	Номера класів/ частки правильного застосування		
	7	9	36
6	0,4	0,2	0,2
7	0,6	0,4	0,6
8	0	0	0,4
9	0,4	0,2	0,2

Висновки. Показана ідея методу, та його принципова спроможність для вирішення задачі підвищення діагностичних якостей тесту. Але практичне підтвердження методу можливе лише після апробації його на великих масивах даних за умов стандартизованого тестування. Наприклад це може бути проведено на даних моніторингових досліджень, або на даних ЗНО що проводить УЦОЯО [2].

Література

1. Тексти тестів ЗНО з правильними відповідями. – <http://www.osvita.org.ua/ukrtest/docs/>
2. УЦОЯО <http://www.testportal.gov.ua/>