

## ПРОФЕСІЙНА ОСВІТА

УДК 378.147

DOI 10.31319/2519-2884.34.2019.33

ДЕРЕЦЬ Є. В., к. ф.-м. н., доцент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

### ВДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМІВ АДАПТИВНИХ НАВЧАЛЬНИХ ТЕСТІВ З ВИЩОЇ ТА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ

**Вступ.** Сучасні інформаційні технології надають якісно нові можливості для реалізації особистісно-орієнтованого підходу у навчанні, побудови навчального процесу, адаптованого до індивідуальних особливостей студента. В умовах реформування освіти, потреби суспільства у висококваліфікованих фахівцях, здатних до самоосвіти впродовж всього життя, зростає актуальність індивідуалізації навчання шляхом впровадження адаптивних навчальних технологій. Загальна теорія комп'ютерного адаптивного навчання та тестування, його теоретичні та практичні аспекти вивчалися у багатьох роботах [1-10]. В першу чергу адаптивне тестування досліджується як інструмент дистанційної освіти або як засіб контролю знань, проте на нашу думку перспективним також є використання невеликих за обсягом адаптивних навчальних тестів, які є логічним продовженням аудиторних занять або пов'язані з окремою темою, винесеною на самостійне опрацювання.

**Постановка задачі.** Дана робота є продовженням роботи [11] і присвячена аналізу алгоритму адаптивного тесту. Особливості реалізації алгоритму тестування пов'язані з тим, що тест використовується, в першу чергу, як навчальний, а не контролюючий засіб, тому метою проведення адаптивного тестування є закріплення навчального матеріалу одразу після його вивчення, актуалізація опорних знань, реалізація оберненого зв'язку та індивідуального підходу при вивченні математичних дисциплін студентами нематематичних спеціальностей.

**Результати роботи.** Перейдемо до загального опису алгоритму адаптивного тесту, який дозволяє реалізувати індивідуальний відбір навчального матеріалу. В залежності від змісту заняття будемо розглядати тести послідовної або паралельної структури. Тест послідовної структури проводить опитування за чітко визначеним порядком змістових блоків, у той час як у тесті паралельної структури послідовність опрацювання блоків є випадковою. Тест послідовної структури доцільно використовувати як продовження практичного заняття, присвяченого окремому типу задач, у такому тесті частина завдань може представляти собою покрокові тести [12-14] або ж мати структуру так званих інтегрованих «тестлет» («integrated testlet») [15]. Як покрокові тести, так і «тестлети» представляють собою послідовність взаємопов'язаних питань, ланцюжок таких питань або покроково перевіряє хід розв'язання однієї конкретної задачі, або аналізує, наскільки свідомо використовується теоретичний навчальний матеріал (наприклад, спочатку перевіряється, наскільки студент правильно розуміє та інтерпретує поняття і факти, пов'язані з постановкою задачі та аналізом умови, потім програма перевіряє правильність вибору методу розв'язання конкретної задачі, а далі контролює результати реалізації цього методу на декількох послідовних етапах). Адаптивний характер тестування полягає в складанні різнорівневих «тестлет» і індивідуальному виборі складності завдання. При цьому просування до наступного питання в такому зв'язаному ланцюжку відбувається лише після правильної відповіді на попереднє, студент має декілька спроб (відповідь до правильної) [15]. Тести паралельної структури переважно пов'язані

з лекційним матеріалом і використовуються або на початку вивчення теми, коли відбувається оволодіння понятійним апаратом та основними теоретичними відомостями, або наприкінці певного розділу, при узагальненні та систематизації навчального матеріалу або розгляданні професійно-орієнтованих задач. Наприклад, тест паралельної структури може перевіряти засвоєння методів інтегрування або прикладів застосування визначеного інтеграла в економіці. При цьому, якщо у тесті паралельної структури змістових частин багато, і в рамках одного проходження тесту будуть розглянуті не всі, викладач може вказати окремі блоки як обов'язкові для опрацювання. Перший блок у тестах обох типів – повторення, він може містити питання з попередніх тем та/або зі шкільної програми, подальші блоки стосуються змісту поточного аудиторного заняття. У кожному блоці питання, які мають однаковий рівень складності та об'єднані за змістом навчального матеріалу, об'єднуються у групи, нумерація груп надається за зростаючим рівнем складності, наприклад,

$$\underbrace{A_1, A_2, \dots, A_k}_{\text{низький рівень}}, \underbrace{B_1, B_2, \dots, B_m}_{\text{середній рівень}}, \underbrace{C_1, C_2, \dots, C_l}_{\text{високий рівень}},$$

при цьому кожна наступна група в цій послідовності має рівень складності не нижчий за попередню. Кожна група може складатись або з одиночних питань, або з окремих описаних вище «ланцюжків», приблизно однакових за об'ємом та рівнем складності, надалі в обох випадках домовимося без окремого уточнення використовувати термін «питання». На початку розробки тесту складність питань може визначатися викладачем на основі власного досвіду (нагадаємо, що головне призначення тесту – навчальне), надалі з накопиченням статистичних даних проводиться уточнення складності тестових питань за існуючими методиками [2, 8 та ін.]. В середині групи можуть знаходитися як одиночні питання, так і кластери питань [11]. Наприклад, завдання визначити похідну

$(\sin^2(3x^2 - x))'$ ,  $(\cos(7x^3 + 3))^3$  – це питання однієї групи, а завдання знайти

$((3x - 7)\cos 4x)'$ ,  $((-5x + 4)\cos 2x)'$  – питання одного кластера, оскільки вони відрізняються лише числовими коефіцієнтами; як зазначено в [11], при реалізації випадкового вибору тестових питань заборонено вибирати для одного студента два питання з одного кластера підряд. В залежності від конкретного змісту матеріалу деякі блоки можуть складатися не з усіх трьох рівнів складності (низький, середній, високий), а з двох або навіть одного рівня. Викладач може вносити додаткові налаштування, а саме:

- 1 – зазначити дистрактори [16], статистика вибору яких має бути зафіксована;
- 2 – створити облік кількості або відсоток відповідей, які були надані конкретним студентом за рекордно короткий час, без роздумів, а отже, навмання (це інформація для викладача про тих студентів, які проходять тестування «для галочки», щоб лише зафіксувати факт своєї «роботи»);
- 3 – внести часові обмеження на роздумування та можливість за бажанням студента додавати час з невеликим кроком (таким способом накопичуються необхідні для подальшої розробки контрольного тесту дані про час, необхідний для опрацювання завдань).

Зазначимо, що хронометричний та дистракторний аналіз вмикається тільки для тих питань, які конкретний студент бачить вперше, оскільки не виключене багаторазове проходження тестування однією і тією ж людиною і відповідне запам'ятовування правильних відповідей. Рівень студента, з якого він починає роботу з адаптивним алгоритмом, залежить від результатів його попередньої роботи впродовж вивчення курсу і може

змінюватися по мірі проходження тесту. На початку першого семестру можна використувати для рівневої диференціації студентів результати зовнішнього незалежного оцінювання або нульової контрольної роботи. Пропонується розрізняти чотири рівні, які приблизно відповідають вимогам для оцінок «незадовільно», «задовільно», «добре» та «відмінно». Викладач для кожного блоку і рівня підготовки студента вибирає параметри налаштування для роботи алгоритму тесту, ці дані визначають скільки питань з цього блоку має бути задано, яка мінімальна кількість правильних відповідей характеризує кожен рівень підготовки, за яких умов потрібне опрацювання додаткових матеріалів за цим блоком і яких саме. З метою повторення і закріплення матеріалу у кожному блоці пропонується проводити тестування за питаннями усіх наявних рівнів складності, хоча, наприклад, для студентів-відмінників кількість простих питань має бути зовсім невеликою. Пояснимо послідовність роботи алгоритму на конкретному прикладі, для зручності нижче виділені курсивом ті числові дані, які визначаються викладачем і є змінними параметрами тесту (вони обов'язково залежать від рівня підготовки студента та можуть також відрізнятися для різних блоків). Нехай проводиться опрацювання чергового блоку питань, який містить завдання усіх трьох рівнів складності, попередньо визначений рівень студента, який тестується, є «добре». Опитування починається з *трьох* питань низького рівня складності. Якщо допущено *не більше однієї* помилки, рівень складності питань підвищується до середнього, статус студента при цьому не змінюється, якщо маємо *дві помилки*, стан рівня студента змінюється на «задовільно», якщо *всі три* відповіді неправильні, студент переходить до режиму «незадовільно». Якщо рівень статусу студента було знижено, він продовжує працювати з простими питаннями, але вже у іншому режимі. Наприклад, статус знижено до «задовільно», а для таких студентів у цьому блоці викладачем визначено *сім* питань низького рівня. У такому випадку система тестування враховує *три* питання, вже опрацьованих раніше, і видає ще *чотири* ( $7-3=4$ ) додаткових питання, тепер маємо статистику результатів вже за сьома питаннями. За наявною кількістю помилок (в залежності від введених викладачем параметрів тесту) можливі такі варіанти подальших дій адаптивного алгоритму:

- статус студента знижено до «незадовільно», роботу з тестом припинено та індивідуально рекомендовано до опрацювання методичні матеріали;
- рівень студента визначений як «задовільно», за необхідності за змістом поточного блоку індивідуально рекомендовано до опрацювання конкретні методичні матеріали (визначається за заданими керуючими параметрами тесту в залежності від наявних помилок студента), роботу з тестом продовжено за питаннями наступного блоку завдань, починаючи з найбільш простого рівня складності;
- рівень студента визначений як «добре», роботу з тестом продовжено у тому ж блоці за питаннями середнього рівня складності (нагадаємо – мова йде про приклад дій адаптивного алгоритму щодо студента, який почав опрацювання блоку питань на рівні «добре», далі в результаті помилок рівень студента було знижено, продовжена робота з простими питаннями, а потім знову змінено на «добре»);
- роботу з тестом зупинено за бажанням студента.

Зауважимо, що статус студента по мірі проходження тесту може також підвищуватися, у наведеному вище прикладі цього не відбувалося, бо не можна підвищувати рівень з «добре» до «відмінно» за результатами відповідей лише на найпростіші питання блоку. Як бачимо, робота тесту припиняється у наступних випадках:

- тест опрацьовано повністю, рівень студента при цьому підтверджено або змінено, за результатами проходження адаптивного тесту рекомендовано до вивчення методичні матеріали;
- весь тест успішно пройдено в режимі «відмінно»;

- статус студента знижено до «незадовільно», роботу з тестом припинено на одному з блоків та індивідуально рекомендовано до опрацювання методичні матеріали;
- за бажанням студента роботу з тестом перервано.

Якщо студент самостійно зупинив опрацювання тесту, програма запам'ятовує його наявний статус, вже опрацьовані блоки питань та той блок, на якому роботу було зупинено, при наступному вході до програми робота алгоритму продовжується з того блоку, на якому її було зупинено, попередня статистика відповідей студента на питання цього блоку не враховується, оскільки процес було перервано. Теж саме відбувається, якщо вихід з роботи алгоритму відбувся зі статусом «незадовільно». При самостійному перериванні роботи з тестом автоматична генерація рекомендованих методичних матеріалів відбувається виключно за бажанням студента, оскільки причиною зупинки могла бути втома або брак часу, і роботу згодом буде продовжено.

Після накопичення достатнього банку завдань, апробації описаного тестування, проведення дистракторного аналізу проводиться корегування змісту дистракторів та оцінки складності завдань, уточнюється зміст блоку повторення в залежності від наявних труднощів, які виникають у студентів.

Алгоритм адаптивного тесту має також наступні додаткові можливості:

- проходження тесту у режимі «спілкування з вимогливим викладачем», коли на правильну відповідь дається лише одна спроба, а у випадку помилки при роботі з покроковим тестом або «integrated testlet» всі подальші питання «ланцюжка» не пропонуються студенту взагалі і автоматично зараховуються як помилки;
- можливість повторного проходження адаптивного тесту у невеликих групах, які складаються зі студентів одного рівня.

Застосовувати ці режими тесту доцільно лише за наявності великої кількості завдань, більше того, якщо дозволяє банк завдань, бажано частину питань кластеру застосовувати лише для цих двох режимів, таким чином буде зменшене механічне відтворення вже знайомих відповідей. Загальні методичні особливості та переваги повторного спільного тестування досліджено в багатьох роботах (наприклад, [17-18]). В адаптивному алгоритмі, який представлено в даній роботі, параметри налаштування тесту при груповому використанні залишаються такими ж, як при роботі з окремим студентом, при формуванні групи рівень студентів попередньо визначається при індивідуальній роботі з адаптивним алгоритмом (один і той самий студент за різними темами може мати різний рівень), загальний рівень групи вводиться в програму вручну на початку роботи тесту.

**Висновки.** У даній роботі представлено загальний опис алгоритму адаптивного тестування, при цьому зміст тесту узгоджений зі змістом аудиторного заняття чи теми для самостійного опрацювання. Перевагою запропонованого алгоритму є такі його можливості, як тимчасова пауза в роботі з тестом за бажанням студента, налаштування параметрів роботи адаптивного алгоритму в залежності від змісту контенту кожного блоку питань, дистракторний аналіз та додаткові режими, такі як групове використання та більш жорсткі умови тестування. Недоліком описаної методики є значні витрати часу на розробку змісту завдань адаптивного тесту та їх подальше коригування.

### Література

1. Федорук П.І. Адаптивні тести: загальні положення. *Математичні машини і системи*. 2008. № 1. С.115-127.
2. Федорук П.І. Адаптивні тести: статистичні методи аналізу результатів тестового контролю знань. *Математичні машини і системи*. 2007. № 3-4. С.122-138.

3. Федорук П.І. Адаптація інтелектуальних систем дистанційного навчання та контролю знань до індивідуальних особливостей студентів на основі аналізу якості засвоєних *Штучний інтелект*. Донецьк, 2006. № 3. С.480-486.
4. Федорук П.І. Адаптивна система дистанційного навчання та контролю знань на базі інтелектуальних Internet-технологій. Івано-Франківськ: Видавничо-дизайнерський відділ ЦІТ Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2008. 326с.
5. Лендюк Т.В. Моделювання комп'ютерного адаптивного навчання і тестування. *Праці Одеського політехнічного університету*. 2013. Вип. 1 (40). С.110-115.
6. Белоус Н.В., Куцевич И.В. Модель адаптивного контролю знань. *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. 2010. № 1. С.39-45.
7. Weiss D.J. Computerized Adaptive Testing for Effective and Efficient Measurement in Counseling and Education. *Measurement and Evaluation in Counseling and Development*. July, 2004. Vol. 37. P.70-84.
8. Rash G. Probabilistic Models For Some Intelligence and Attainment Tests. Copenhagen: Danish Institute for Educational Research, 1960. 184p.
9. Кравченко О.В., Плакасова Ж.М. Аспекти формування тестів для контролю знань в системі адаптивного навчання. *Штучний інтелект*. 2010. № 4. С.576-583.
10. Артамонов Є.Б., Кашкевич І.Ф. Методика розробки адаптивних електронних навчальних курсів. *Проблеми інформатизації та управління*. 2016. 1 (53). С.14-17.
11. Дерещ Є.В. Методика розробки адаптивних навчальних тестів з вищої та прикладної математики. *Збірник наукових праць Дніпровського технічного університету: (технічні науки)*. Кам'янське: ДДТУ. 2018. Вип. 2 (33). С.127-132.
12. Застосування математичних моделей тестів у комплекті дистанційної освіти «Вища математика» / І.В.Алексєєва та ін. *Математичні машини та системи*. 2010. № 4. С.89-98.
13. Про досвід застосування тестових контрольних робіт з вищої математики / І.В.Алексєєва та ін. *Математика в сучасному технічному університеті: міжнар. наук.-практ. конф.: матеріали, м. Київ, 19-20 квітня 2013 р.* К.: НТУУ «КПІ», 2013. С.442-445.
14. Алексєєва І.В. Про розробку тестових контрольних робіт з курсу «Методи математичної економіки». *Математика у технічному університеті XXI сторіччя: дистанційна всеукр. наук. конф.: матеріали, м. Краматорськ, 15-16 травня 2017 р.*, Краматорськ, 2017. С.284-287.
15. Shiell R.C., Slepkov A.D. Integrated Testlets: A New Form of Expert-Student Collaborative Testing. *Collected Essays in Teaching and Learning (CELT)*. 2015. 8. P.201-210.
16. Аванесов В.С. Применение тестовых форм в e-learning с проведением дистракторного анализа. *Образовательные технологии*. 2013. № 3. С.125-135.
17. Gilley B.H., Clarkston B. Collaborative testing: Evidence of learning in a controlled in-class study of undergraduate students. *Journal of College Science Teaching*. 2014. 43(3). P.83-91. [http://learningcenter.nsta.org/browse\\_journals.aspx?journal=jcst](http://learningcenter.nsta.org/browse_journals.aspx?journal=jcst).
18. Student retention of course content is improved by collaborative-group testing / R.N.Cortright, H.L.Collins, D.W.Rodenbaugh, S.E.DiCarlo. *Advanced Physiological Education*. 2003. 27(3). P.102-108.

Надійшла до редколегії 17.12.2018.