

УДК 004:37.0

Т.В. Лендюк, інженер, Тернопільський  
національний економічний університет

## МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО АДАПТИВНОГО НАВЧАННЯ І ТЕСТУВАННЯ

*Т.В. Лендюк. Моделювання комп'ютерного адаптивного навчання і тестування.* В даній статті розглядається проведення комп'ютерного адаптивного тестування з використанням математично-статистичного апарату Item Response Theory, котре спрямоване на пришвидшене визначення рівня знань студентів денної форми навчання і слухачів дистанційного навчання, а також на виявлення прогалин у їх знаннях. Метою комп'ютерного адаптивного тестування слухача є не оцінювання знань, а підготовка рекомендацій для системи адаптивного навчання із побудови індивідуальної траєкторії навчання. Подібна система може використовуватися як у складі СДН, так і для самопідготовки слухачів.

*Ключові слова:* комп'ютерне адаптивне тестування, Item Response Theory, адаптивне навчання, індивідуальна траєкторія навчання, СДН.

*Т.В. Лендюк. Моделирование компьютерного адаптивного обучения и тестирования.* В данной статье рассматривается проведение компьютерного адаптивного тестирования с использованием математически-статистического аппарата Item Response Theory, направленного на ускоренное определение уровня знаний студентов дневной формы обучения и слушателей дистанционного обучения, а также на выявление пробелов в их знаниях. Целью компьютерного адаптивного тестирования слушателя является не оценивание знаний, а подготовка рекомендаций для системы адаптивного обучения по построению индивидуальной траектории обучения. Подобная система может использоваться как в составе СДО, так и для самоподготовки слушателей.

*Ключевые слова:* компьютерное адаптивное тестирование, Item Response Theory, адаптивное обучение, индивидуальная траектории обучения, СДО.

*T.V. Lendyuk. Simulation of computer adaptive learning and testing.* In this paper is considered the conduction of computer adaptive testing using mathematical-statistical tools of Item Response Theory, which aims to determine quickly the level of full-time students and distance educations students learning knowledge, and to identify gaps in their knowledge. The goal of listener computer adaptive testing is not knowledge assessment, but mainly makes recommendations for adaptive learning system about individual learning path construction. Such system can be used in LMS as well as for listeners self training.

*Keywords:* computer adaptive testing, item response theory, adaptive learning, individual learning path, LMS.

Сьогодні освітні технології активно використовують Інтернет з різноманітними ресурсами освітнього характеру. На жаль, це в основному, статична наукова та освітня література, і слухач змушений вивчати навчальний матеріал у тій послідовності, котру задав його автор. Тому, актуальним є персоналізація навчального матеріалу, тобто його адаптація до потреб слухача спрямування на підвищення рівня знань слухача [7].

Потрібно зауважити, що підтримка адаптивних методів у навчальних системах є необхідною в тих випадках, коли система обслуговує слухачів з різними цілями, мотивацією, рівнем знань і досвідом, і коли вона є розподіленою у гіперпросторі. Галузь застосування такої системи, може бути ширшою, ніж у простої навчальній системі, а дистанційний посібник може використовуватися набагато більшою спільнотою студентів, ніж звичайний навчальний додаток. Метою створення адаптивної навчальної системи є розширення її можливостей за рахунок індивідуалізації та моделі слухача, з використанням адаптивного навчання, адаптивного тестування та адаптивної навігації у навчальному матеріалі, формуючи взаємодію з конкретним слухачем для адаптації навчального матеріалу відповідно до його потреб.

В [1, 3, 5, 7] обговорюються питання організації тестування, аспекти, що впливають на

результати, принципи складання завдань, методики розробки тестів. В них відзначається, що тестування — одна з найбільш технологічних та об'єктивних форм контролю знань.

Основним недоліком класичного тестування є те, що слухач повинен відповісти на всі питання. Адаптивне тестування пристосовується до рівня знань слухачів [7]. Комп'ютерне адаптивне тестування (КАТ) визначається як послідовна форма тестування, при якій наступні питання тесту вибираються залежно від відповідей на попередні питання [2]. В КАТ спочатку дається питання середньої складності. Якщо відповідь правильна, то дається складніше питання. Якщо ж відповідь — неправильна, то комп'ютер пропонує простіше питання. Найголовніша характеристика завдань адаптивного тесту — це рівень їх складності, котра отримується дослідним шляхом, при апробації на певній вибірці слухачів [1]. На даний час виділяють три варіанти адаптивного контролю: пірамідальне тестування; flexilevel-тестування; stradaptive (stratified adaptive) тестування.

Пірамідальні моделі були першими адаптивними моделями тестування і найповніше досліджені в наукових публікаціях. Запропоновано багато видів пірамідальних моделей, що відрізняються використанням постійного або змінного розміру кроку, усічені піраміди і піраміди з використанням диференціальних варіантів розгалуження. У 1971 році був запропонований flexilevel-тест з гнучким початком для адаптації тестових завдань до рівня здатності випробуваного. Тут на кожному рівні складності є тільки один пункт, тому наступне питання має вищу складність, а за неправильну відповідь, випробуваний отримує наступне питання нижчої складності, якого раніше не давали. Стратифіковано-адаптивні комп'ютерні тести мають набір питань поділених на рівні, відповідно до складності. Кожен рівень можна розглядати як пірамідальний тест, де елементи групуються навколо середнього рівня складності [7].

Можна виділити два підходи до створення адаптивних тестів. У першому підході ухвалення рішення про зміну порядку пред'явлення тестових завдань виробляється на кожному кроці тестування (постійна адаптація). В другому підході прийняття рішення про зміну порядку проходження завдань здійснюється після аналізу результатів звітів слухача на блок завдань (блочна адаптація) [4]. У [2] описано вид блочної адаптації із зміною складності за двома останніми відповідями. На нашу думку це не зовсім вірно, у випадку коли слухач почергово відповідає правильно і неправильно, потрібно багато питань, а комп'ютер так і не прийме рішення про перехід слухача на інший рівень.

Популярна в провідних Європейських університетах Item Response Theory (IRT) призначена для оцінки латентних параметрів слухачів і параметрів завдань тесту за допомогою застосування математико-статистичних моделей вимірювання [3]. На відміну від класичної теорії, де індивідуальний бал випробуваного розглядається як постійне число, в IRT латентний параметр трактується як змінна [5]. Початкове значення параметра отримується безпосередньо з емпіричних даних тестування. Змінний характер вимірюваної величини вказує на можливість послідовного наближення до об'єктивних оцінок параметра за допомогою ітераційних методів.

Можливість об'єднати в одній шкалі вимірювання рівня підготовленості і складності завдань — серйозна перевага IRT перед класичною теорією [5]. IRT дає змогу виміряти рівень досягнень слухача в спеціальних одиницях — логітах. Особливо слід відзначити, що IRT дає числові значення рівня досягнень слухача в логітах на інтервальній шкалі. Елементи першої множини — це значення латентного параметра, що визначає рівень підготовки  $\theta_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ), де  $N$  — кількість протестованих слухачів. Другу множину складають значення латентного параметра  $\beta_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ), що описує рівень складності  $n$  завдань тесту [1]. Однак на практиці завжди ставиться зворотна задача: за відповідями слухачів на завдання тесту оцінити значення латентних параметрів  $\theta$  і  $\beta$ . Існуючі методи адаптивного тестування спрямовані на пришвидшення тестування. Найбільш наглядним є метод пірамідального тестування, але й різні

модифікації такого виду тестування мають певні часові затримки у визначенні рівня знань слухача, і є резерви для підвищення швидкості тестування.

Підготовка тестів для адаптивного тестування — трудомісткий процес. Для надійної роботи системи потрібно підготувати навчальний матеріал, визначити рівень складності навчальних фрагментів, зв'язки між ними, розподілити матеріал на базовий та додатковий, визначити рівень знань слухачів для видачі їм навчального матеріалу, а адаптивне тестування використовується для пришвидшення визначення рівня знань і підвищення мотивації слухачів.

На початку роботи краще зробити декомпозицію [6] навчальних елементів на простіші складові і перевірити їх вивчення та засвоєння за допомогою КАТ. А викладач після завершення курсу навчання може уточнити оцінку під час особистого спілкування, оскільки складні питання творчої діяльності важко оцінити за допомогою тестування. Тому, для завершення оцінювання знань слухачів потрібно результати тестування доповнювати оцінками викладача у режимі спілкування.

Для визначення рівня складності навчальних об'єктів потрібно провести початкове тестування і занести результати тестування в матрицю тестування. Після цього буде видно, котрі завдання слід викинути з обробки результатів тестування (дуже складні або дуже прості). Потім викидаються завдання, котрі мають слабку кореляцію із отриманими балами (менше 0,2).

Автором запропоновано об'єднувати питання в тематичні блоки з непарною кількістю питань, наприклад три або п'ять, щоб визначити переважну кількість правильних чи невірних відповідей. При більшості невірних відповідей, слухач переходить на нижчий рівень складності запитань, при всіх невірних відповідях — на два рівні нижче. При переважній кількості правильних запитань, слухач переходить на вищий рівень складності, а при усіх правильних відповідях — на два рівні вище. Це покращує мотивацію слухачів з високим рівнем знань, оскільки вони бачать, що комп'ютер оцінюючи їх рівень знань видає їм складні запитання. Для слабких слухачів, теж підвищується мотивація у випадку правильних відповідей на питання, хоча й нескладні. Вдосконалений алгоритм пірамідального тестування наведено на рис. 1.

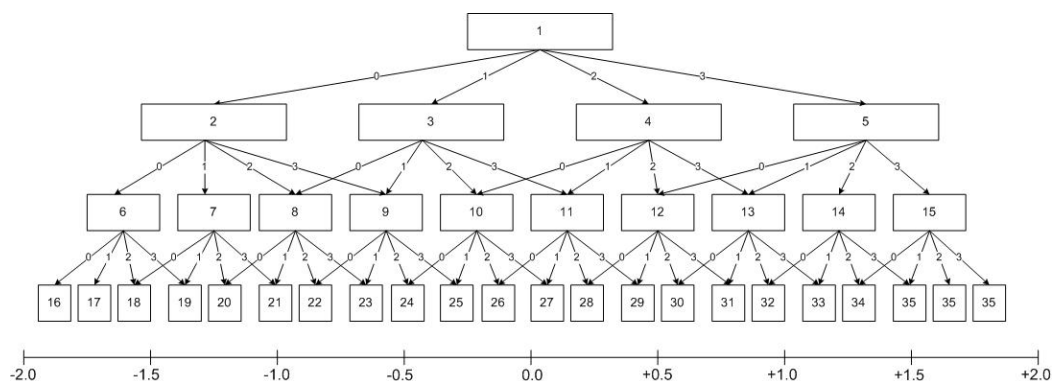


Рис. 1. Вдосконалений алгоритм пірамідального тестування

Як видно з рис. 1, наприклад, з тестового блоку № 3, слухач може перейти на блоки від № 8 до № 11 залежно від відповідей. Цифри на стрілках показують кількість правильних відповідей. При трьох правильних відповідях, слухач переходить на блок питань № 11, а слухач, який відповів на всі питання невірно — переходить на блок питань № 8. На блоки № 9 або № 10 слухач переходить при одній або двох правильних відповідях відповідно.

Проходячи тестування слухач отримує оцінки за проміжні та завершальні тести по кожній темі. Таким чином, під час адаптивного навчання формується і постійно заповнюється модель слухача, тобто дані про нього, де вказуються вивчені теми, здані тести, складність питань, фіксуються відповіді та затрачений час на них, отримані оцінки. Іншими словами, модель слухача, це його профіль в СДН. На початку навчання, коли модель слухача ще не заповнена,

потрібно зареєструвати слухача, провести початкове тестування і заповнити його модель. Таким чином, точка входу слухача в систему адаптивного навчання залежить від його попередніх оцінок, а у разі відсутності записів — від оцінки за попереднє тестування.

За даними моделі слухача формується індивідуальна траєкторія навчання із навчальних фрагментів заданого рівня складності. Потім слухач вивчає підготований навчальний матеріал, проходить навчальні тести, розв'язує задачі, дає відповідь на контрольні питання. Після завершення навчання йому даються тестові запитання. СДН перевіряє рівень знань слухача, і, у випадку, коли слухач має низький бал і претендує на отримання базового рівня знань, спрямовує його на повторне вивчення, додаючи до індивідуальної траєкторії навчання довідковий матеріал та нові задачі.

Коли ж слухач після тестування отримує мінімально-необхідний або вищий бал, йому пропонується вивчення матеріалу на вищому рівні складності. Якщо слухач погоджується, то навчання продовжується, а до навчального матеріалу додаються навчальні фрагменти вищого рівня складності. Коли слухач не погоджується, то він завершує навчання. Тобто навчальна система контролює, щоб слухач отримав відповідний навчальний матеріал і здав тести із гарантованим мінімальним балом, а отримання вищого балу залежить вже від його слухача. Циклічну діаграму адаптивного тестування наведено на рис. 2.

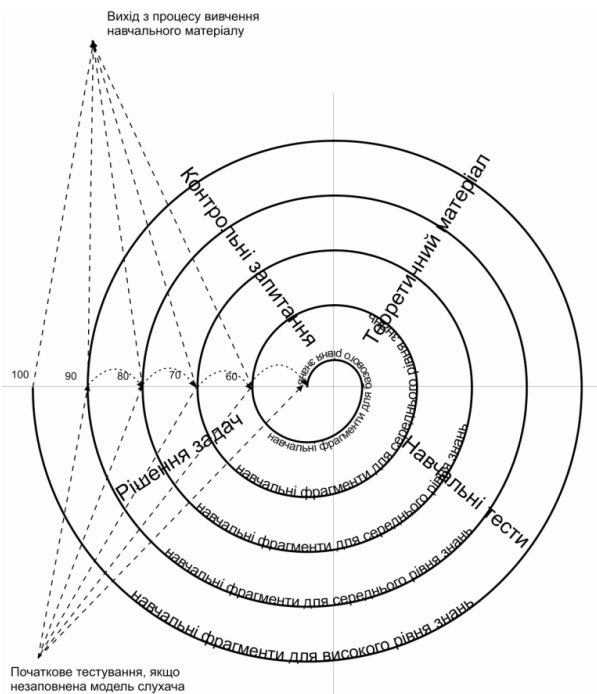


Рис. 2. Циклічна діаграма адаптивного тестування

в системі відсутні дані по його рівень знань (блоки 7...9). Потім, відповідно до рівня знань слухача (блоки 10...13), проводиться формування навчального матеріалу для вивчення, по заданій семантичній мережі будується індивідуальна траєкторія навчання для слухача. Після вивчення підготованого навчального матеріалу, слухач проходить проміжне тестування, і за результатами цього тестування, при необхідності, спрямовується на додаткове вивчення навчального матеріалу, а остаточне оцінювання відбувається вже за участю викладача (блоки 14...20). Такий підхід дає змогу, на відміну від відомого адаптивного тестування, зменшити час тестування і підвищити мотивацію слухачів.

Нижче наведено результати тестування з дисципліни «Алгоритмізація та програмування», котрі були використані для визначення складності тестових питань за допомогою IRT.

Автором модифіковано алгоритм адаптивного навчання (рис. 3), в котрому реалізовано адаптування до рівня знань слухача та складності навчального матеріалу.

Як видно із блок-схеми, спочатку потрібно зробити семантичну розмітку навчального контенту, тобто визначити семантичні зв'язки між частинами навчального матеріалу і правильно оформити блок метаданих усіх навчальних фрагментів. Оформлені навчальні фрагменти зберігаються у сховищі навчальних об'єктів, а їх метадані — в сховищі метаданих навчальних об'єктів (блоки 2...5). Головним і найскладнішим завданням викладача є правильне визначення: складності навчальних об'єктів, співвідношення даної складності з рівнем знань слухачів, визначення ймовірності правильних відповідей, послідовності їх вивчення. Після цього проводиться попереднє тестування слухача, якщо у

Відповіді на питання, в процесі обробки для зручності були відсортовані за складністю, а результати — відсортовані за отриманими оцінками. Під час експерименту використовувались пірамідальне тестування, класичне тестування і вдосконалений алгоритм пірамідального тестування. Час проходження класичного тесту склав 1052 с, пірамідального тесту — 438 с, а за вдосконалим алгоритмом пірамідального тестування — 332 с.

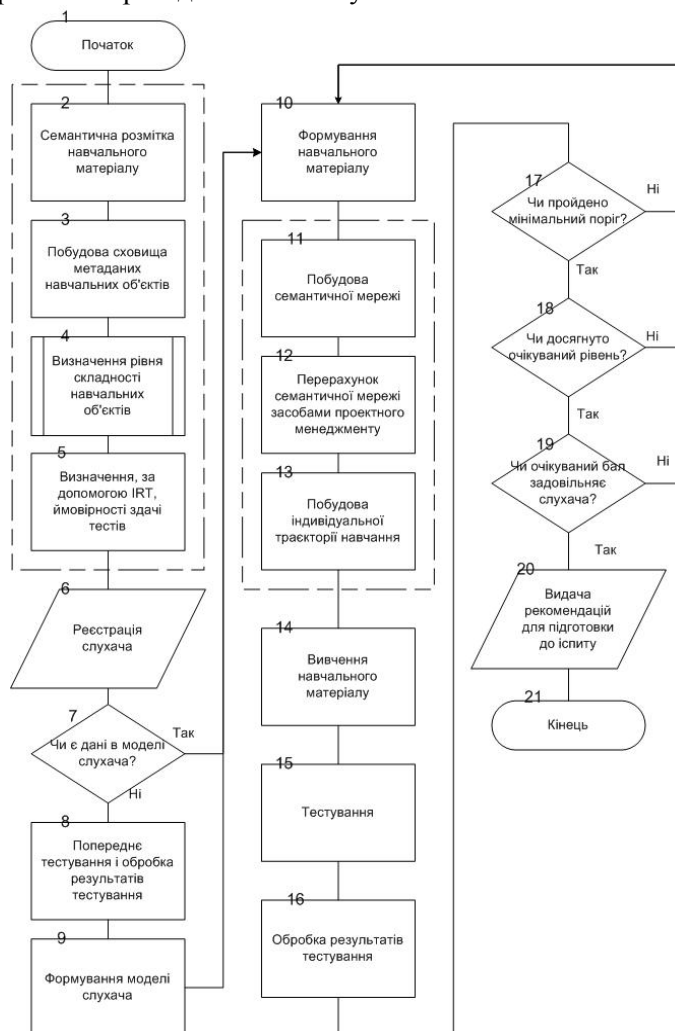


Рис. 3. Алгоритм адаптивного навчання

Як видно, вдосконалений алгоритм пірамідального тестування забезпечує вищу швидкість проходження тесту слухачами. Під час проведення дослідження було виявлено, що класичну теорію тестів не слід відкидати. Гнучкіший підхід базується на взаємодії класичного і пірамідального тестування. Звичайно, апарат IRT досить складний, і тому простіше спочатку використати апарат класичної теорії тестів, щоб усунути з тесту найпростіші і найскладніші запитання, а також питання, що погано корелюють із отриманими результатами. У наведеному тесті лише три запитання погано корелювали з результатами.

Розроблений алгоритм адаптивного навчання реалізовано у вигляді плагіну для системи дистанційного навчання Moodle, котрий забезпечує реєстрацію слухача перед проходженням вивчення навчального матеріалу, потім перевіряє чи слухач записаний на вибраний курс, а його дані заносяться у модель слухача. При проходженні адаптивного тесту в модель слухача записується результат тесту, перелік, складність питань і час затрачений на кожну відповідь. Для кожного слухача формується індивідуальна траєкторія навчання.

Розроблено вдосконалений алгоритм пірамідального тестування, котрий реалізовано у вигляді плагіну для системи дистанційного навчання Moodle. В розробленому алгоритмі адаптивного тестування враховується складність завдань, тести адаптуються до потреб слухача, підвищується мотивація слухачів та скорочується час виконання адаптивних тестів приблизно на 25 %.

### Література

1. Ким, В.С. Тестирование учебных достижений. Монография / В.С. Ким. — Уссурийск: Издательство УГПИ, 2007. — 214 с.
2. Федорук, П.І. Методологія організації процесу індивідуалізованого навчання із використанням адаптивної системи дистанційного навчання та контролю знань EDUPRO / П. І. Федорук // Медична інформатика та інженерія. — 2010. — № 2. — С. 28 — 34.
3. Чельшкова, М.Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов: Учебное пособие / М.Б. Чельшкова. — М.: Логос, 2002. — 432 с.
4. Юрков, Н.К. Интеллектуальные компьютерные обучающие системы: моногр. / Н.К. Юрков. — Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. — 304 с.
5. Hambleton, R.K. An NCME Instructional Module on Comparison of Classical Test Theory and Item Response Theory and Their Applications to Test Development / R.K. Hambleton, R.W. Jones // Educational Measurement: Issues and Practice. — Fall 1993. — P. 38 — 47.
6. Lendyuk, T. Information Portal of E-Learning System in Semantic Web Environment / T. Lendyuk, S. Rippa // Proceedings of 6th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, Prague, Czech Republic, 15 — 17 September 2011. — P. 637 — 641.
7. Weiss, D.J. Computerized Adaptive Testing for Effective and Efficient Measurement in Counseling and Education / D.J. Weiss // Measurement and Evaluation in Counseling and Development. — July 2004. — Vol. 37. — P. 70 — 84.

### References

1. Kim, V.S. Testirovanie uchebnyh dostizhenij. Monografija [Testing educational achievements. Monography] / V.S. Kim. — Ussuriysk, 2007. — 214 p.
2. Fedoruk, P.I. Metodolohiya orhanizaciyi procesu indyvidualizovanoho navchannya iz vykorystannyam adaptyvnoyi systemy dystancijnoho navchannya ta kontrolyu znan" EDUPRO [Methodology of Organizing Process of Individualized Learning with Using Adaptive System of Distance Education and Knowledge Control EDUPRO] / P.I. Fedoruk // Medychna informatyka ta inzheneriya [Medical Informatics and Engineering]. — 2010. — # 2. — pp. 28 — 34.
3. Chelyshkova, M.B. Teorija i praktika konstruirovaniya pedagogicheskikh testov [The theory and Practice of Educational Tests Constructing] / M.B. Chelyshkova. — Moscow, 2002. — 432 p.
4. Yurkov, N.K. Intellektual'nye komp'yuternye obuchajushhie sistemy: monogr Intelligent Computer Education Systems: Monograph / N.K. Yurkov. — Penza, 2010. — 304 p.
5. Hambleton, R.K. An NCME Instructional Module on Comparison of Classical Test Theory and Item Response Theory and Their Applications to Test Development / R.K. Hambleton, R.W. Jones // Educational Measurement: Issues and Practice. — Fall 1993. — pp. 38 — 47.
6. Lendyuk, T. Information Portal of E-Learning System in Semantic Web Environment / T. Lendyuk, S. Rippa // Proceedings of 6th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, Prague, Czech Republic, 15 — 17 September 2011. — pp. 637 — 641.
7. Weiss, D.J. Computerized Adaptive Testing for Effective and Efficient Measurement in Counseling and Education / D.J. Weiss // Measurement and Evaluation in Counseling and Development. — July, 2004. — Vol. 37. — pp. 70 — 84.

Рецензент канд. техн. наук, доц. Одес. нац. політехн. ун-ту Блажко О.А.

Надійшла до редакції 20 грудня 2012 р.