УДК 004.855.5; 004.416.3

М.В. ПІКУЛЯК
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», м. Івано-Франківськ

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ АДАПТИВНОГО ТЕСТУВАННЯ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Розглянуто стан, проблеми і перспективи розробки адаптивних систем дистанційної освіти. Запропонована інформаційна технологія побудови моделі адаптивного тестування із застосуванням методу дихотомії, яка дозволяє підвищити точність обрахунку оцінки рівня знань студента та мінімізувати кількість проведених тестувань. Розроблена математична модель методу дихотомії, на основі якої побудовано алгоритм встановлення рівня знань студента. Виконано експериментальну перевірку та досліджено ефективність застосування розробленого методу в навчальному процесі.

Ключові слова: система дистанційного навчання, адаптивне тестування, метод дихотомії, рівень знань.

M.V. PIKULIAK
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University

INFORMATION TECHNOLOGY OF ADAPTIVE TESTING MODEL CONSTRUCTION IN DISTANCE LEARNING SYSTEMS

The article focuses on the problems of knowledge test control in modern educational systems. An analysis of common methods and test control models was provided. The advantages of applying the theory of latent-structural method for the test determination of current assessment of student's skills and abilities are determined. The mathematical model of the dichotomy method is developed, and the information technology of adaptive testing based on it was proposed. Such technology allows to use sets of test tasks of different complexity arranged in accordance to a student's skills under study. The advantage of such technology is providing the accuracy raising of student's skills assessment and minimization of the number of required tests. The logistic model of knowledge control was studied, and its practicability for successful assessment of the results of students' tests was substantiated. The constructed dichotomy method enables to determine the current level of leaners' achievements based on analysis of a successfully passed test of a certain complexity. The sufficient number of different complexity tests to determine the level of acquired skills was analyzed. Based on the proposed algorithm the program implementation of the designed information technology was built and experimental verification of its application in the educational process was conducted. The results of the research proved the efficiency of the application of the designed software module in the educational process both for providing knowledge test control and conducting distance adaptive training.

Keywords: adaptive learning method of classification, cluster analysis, case rule.

Вступ

Проблема достовірного та об'єктивного визначення рівня знань студентів є однією з найважливіших задач побудови навчальних траєкторій у сучасних адаптивних навчальних системах. Особливу увагу при цьому приділяють розробці нових інформаційних технологій для комп'ютерного тестування знань студентів, в основі яких лежать різного роду математичні методи збору й обробки результатів тестування, а також сучасні технології обробки інформації.

У даний час існує безліч найрізноманітніших математичних моделей і підходів, що використовуються для дослідження процесу контролю знань. Вони спираються на різні розділи математики, зокрема теорію ймовірностей, математичну статистику, теорію графів, теорію нечітких множин і нечітку логіку, теорію прийняття рішень і дослідження операцій, комбінаторну топологія та теорію фракталів і багато іншого [1].

Метою даної роботи є розробка інформаційної технології побудови моделі адаптивного тестування на основі методу дихотомії [2], застосування якої дозволяє мінімізувати кількість проведених тестувань та забезпечити визначення достатньої точності оцінки рівня знань студента.

Постановка задачі

Основною проблемою під час використання відомих математичних методів адаптивного тестування є досить трудомісткі операції математичних та алгоритмічних розрахунків, що призводить до складнощів при подальшій програмній реалізації.

Оскільки різні студенти підходять до початку процесу вивчення нової порції інформації з різним початковим рівнем знань, то використання адаптивних технологій під час автоматизованого навчання дозволяє індивідуалізувати навчальний процес як за рахунок врахування особистих характеристик студента, відношенням його до сприйняття нових знань так і врахуванням поточних навчальних успіхів [3].

Тому актуальною є задача подальшого дослідження методик комп'ютерного адаптивного тестування та розробки інструментальних засобів, що дозволяють якісно реалізувати навчальний процес із використанням сучасних інформаційних технологій.

Аналіз методів визначення оцінки рівня знань

В сучасних автоматизованих навчальних системах використовуються різні методи для визначення оцінки отриманих студентом знань: від найпростіших, що враховують тільки процент правильно-виконаних завдань – до найскладніших, що беруть до уваги різні параметри контролю з можливістю врахування поточних результатів, отриманих студентом під час засвоєння нових знань.

Залежно від обраного методу оцінки знань розрізняють дві моделі тестування: класичну теорію тестування (Classical Response Theory – CRT) та сучасну теорію тестування (Item Response Theory – IRT) (рис. 1) [4].

Рис. 1. Класифікація методів тестового контролю

В модель CRT відносяться методи тестування, що побудовані на основі кількісних критеріїв. Такі методи з метою оцінки рівня знань використовують кількісну складову, яка являє собою суму балів, отриманих студентом за правильні відповіді на тестові завдання або сформована з урахуванням типів та характеристик тестових завдань.

До переваг CRT відносять потужний математичний апарат, простоту та наочність отриманих результатів.

На відміну від класичної теорії тестів, де результуючий бал розглядається як стале число, в IRT підсумковий бал – це результат сукупної взаємодії скритих параметрів, а саме справжнього рівня підготовки студента та складності розглянутих завдань.

Сучасна теорія тестів IRT заснована на теорії латентно-структурного аналізу – одного з основних методів, застосування якого дозволяє визначити латентну ознаку, тобто оцінити рівень здібностей студента на основі розроблених тестових завдань, різних за рівнем складності, що визначається емпіричним шляхом в ході тестування [5].

У IRT встановлюється зв'язок між двома множинами значень латентних параметрів. Першу множину складають значення латентного параметра θ_i, що визначає рівень знань n учасників тестування, де $i = 1,...,n$ – номер студента. Другу множину утворюють значення латентного параметра δ_j, що характеризує складність j-го завдання, де $j = 1,...,m$, які відповідають рівням складності m завдань у тесті.

В рамках IRT датським математиком Джорджем Рашем у 1957 році була запропонована модель контролю знань, яку часто називають простою логістичною моделлю [6]. Г. Раш припустив, що рівень підготовленості i-го студента і рівень складності j-го завдання розміщені на одній шкалі та вимірюються в одних і тих же одиницях – логітах. В якості математичної моделі, що пов'язує успіх студента з рівнем його підготовки та рівнем складності завдання, була вибрана логістична функція (функція успіху). Аргументом функції успіху є різниця $\theta_i - \delta_j$. Якщо ця різниця позитивна і велика, то відповідно висока ймовірність досягнення успіху i-м студентом в j-му завданні. Якщо ж ця різниця негативна і велика по модулю, то ймовірність досягнення успіху i-м студентом в j-му завданні буде низькою. Вигляд функції успіху залежить від математичної моделі IRT (однопараметрична модель Г. Раша; двопараметрична модель А. Бірнбаума, трьохпараметрична модель А. Бірнбаума) – рис. 1.

Введення однієї шкали для елементів двох множин θ і δ дозволяє коректно порівняти результати студентів, отримані за допомогою різних тестів та оцінити рівень складності завдань.

Оскільки, згідно із теорією Г. Раша рівень знань студента та складність тестових завдань, можна розмістити на одній шкалі, то для визначення оцінки засвоєння матеріалу, є достатнім визначити номер тесту, за результатами якого студент отримав позитивну (наперед обумовлену) кількість балів.

Саме ця гіпотеза покладена в основу побудови математичної моделі встановлення рівня знань студента із застосуванням методу дихотомії.

Побудова математичної моделі встановлення рівня знань студента

Метод дихотомії відомий в першу чергу як метод пошуку і широко використовується в аналізі (при знаходженні значення функції, яке задовольняє певні критерії) [7], в криптографії (при кодуванні інформації) [8], при одновимірних оптимізаціях тощо.

У тестовому контролі він застосовується до тих випадків, коли число рівнів складності наборів тестових завдань задається формулою $2^p - 1$, де p – натуральне число.

Будемо вважати, що в навчальній системі використовується сукупність добре прокаліброваних тестів [9], які пронумеровані в порядку зростання їх ваги (складності). При цьому вага $(N+1)$-го тесту настільки більша від ваги N-го тесту, наскільки вага N-го тесту більша за вагу $(N-1)$-го тесту, тобто задана система тестів утворює рівномірну шкалу ваг.

Тоді алгоритм застосування методу дихотомії буде складатись із наступних процедур:

1) У занумерованій множині тестів потужності $2^p - 1$ вибирають тест із номером $N = 2^{p-1}$ середнього рівня складності. Цей тест розбиває всю множину тестів на дві різні групи: множину тестів меншої ваги (із номерами меншими за $N = 2^{p-1}$), яку назвемо лівою множиною тестів та групу тестів більшої ваги (із номерами більшими за $N = 2^{p-1}$), яку назвемо правою множиною тестів (рис. 2).

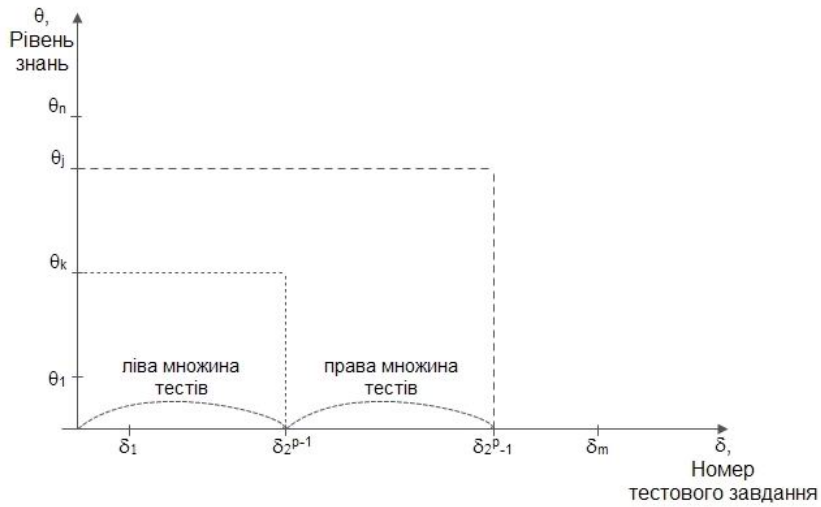

Рис. 2. Модель методу дихотомії

2) Проводиться тестування за тестом середньої ваги із номером 2^{p-1}. Якщо стовідсоткове успішне проходження тесту оцінюється параметром c, то розглядають три інтервали: $\left[0, \frac{c}{2} - \varepsilon(c)\right)$, $\left[\frac{c}{2} - \varepsilon(c), \frac{c}{2} + \varepsilon(c)\right]$, $\left(\frac{c}{2} + \varepsilon(c), c\right]$, де $\varepsilon(c)$ – деяке достатньо мале значення параметра (похибка), що залежить від c.

3) У випадку, коли оцінка s проходження тесту середньої ваги належить до першого інтервалу (лівого), переходять до розгляду лівої множини тестів меншої ваги, тобто до множини потужності $2^{p-1} - 1$. Якщо ж оцінка проходження тесту середньої ваги належить до третього інтервалу (правого), то переходять до розгляду правої множини тестів більшої ваги, яка має таку саму потужність що й ліва множина. Таким чином, в обох випадках переходять до тестування за тестом середнього рівня ваги, який у випадку лівої множини матиме номер $N - 2^{p-2}$, а у випадку правої множини – номер $N + 2^{p-2}$, тобто по суті переходять до п.1). Якщо ж оцінка s належить до другого (середнього інтервалу), то переходять до п. 4.

4) Вважають, що рівень засвоєння знань θ відповідає тесту із знайденим номером (ваги) δ, відповідно до шкали логітів (рис. 2) і зупиняють роботу алгоритму.

Зауваження 1. Стала c, як і довільна наперед задана стала $\varepsilon(c)$ вибирається довільно. Якщо, наприклад, вибрана стобальна шкала оцінювання, то $\varepsilon(100)$ може дорівнювати 5. Взагалі $\varepsilon(c)$ можна задати формулою $\varepsilon(c) = \frac{c}{20}$.

Зауваження 2. Очевидно, що для встановлення рівня засвоєння знань за побудованим у п.1 алгоритмом достатньо провести лише $l - 1$ тестувань. Так, при семирівневій системі тестів достатньо лише двох тестувань, а для 15-рівневої системи – 3-х тестувань.

Зауваження 3. При побудові алгоритму вважається, що якщо при проходженні тестування за рівнем складності N студентом набрано s балів, причому $s \in \left[0, \frac{c}{2} - \varepsilon(c)\right)$, то рівень складності потрібно знизити. Якщо ж $s \in \left(\frac{c}{2} + \varepsilon(c), c\right]$, то рівень складності необхідно підвищити. Під рівнем засвоєння знань студентом мається на увазі той рівень складності N, за якого студентом правильно розв'язана приблизно половина завдань тесту.

Блок-схема запропонованого алгоритму наведена на рис. 3.

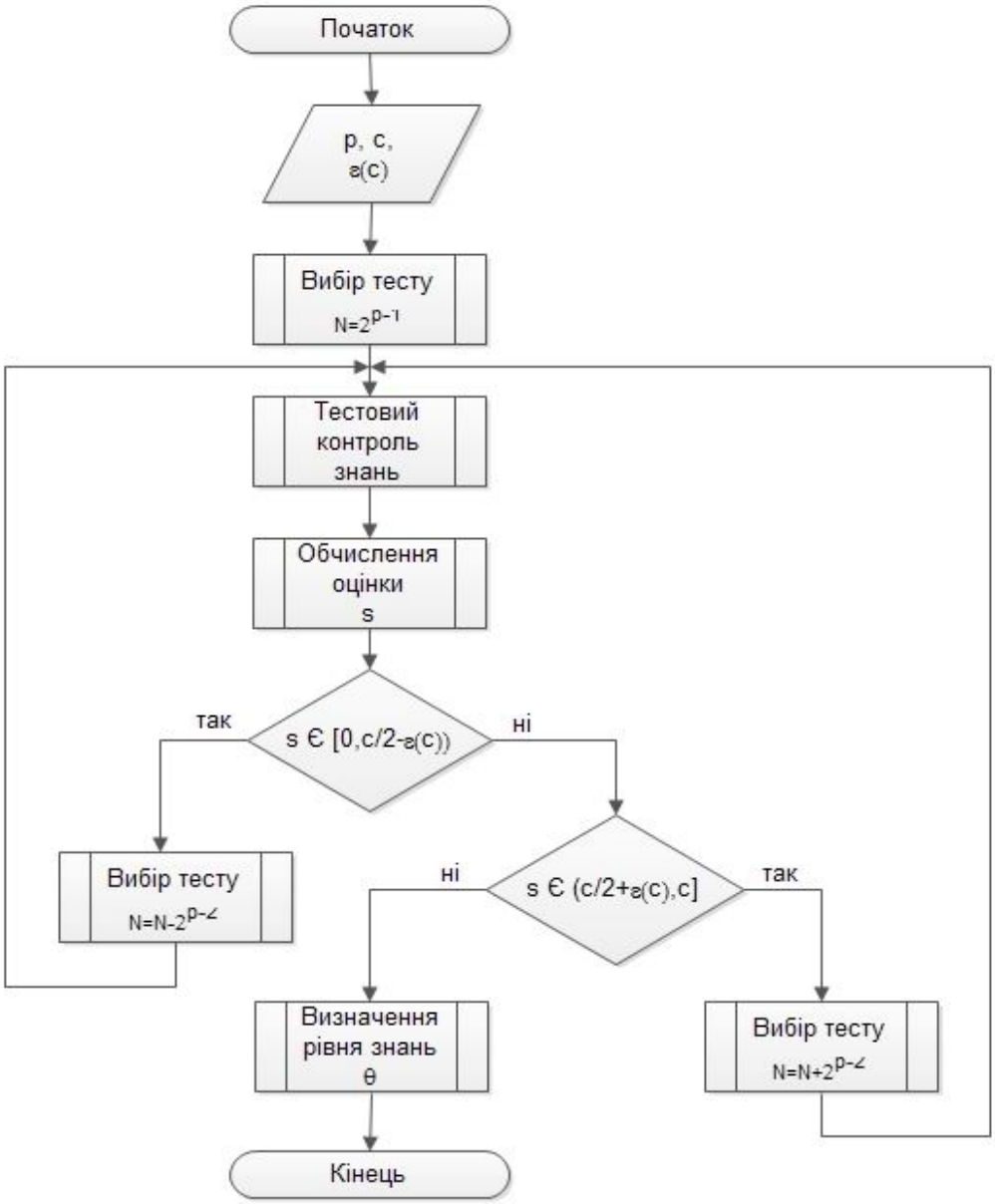

Рис. 3. Блок-схема алгоритму методу дихотомії

Експериментальна перевірка

Практична реалізація описаної технології виконана у вигляді програмного модуля, розробленого на мові програмування PHP та адаптованого в систему дистанційного навчання OWL2 (рис. 4), що впроваджена в навчальний процес ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені В. Стефаника».

Ефективність застосування запропонованої технології в системі дистанційного навчання OWL2 підтверджена експериментом, в якому приймали участь дві групи (контрольна, яка навчалась у системі OWL2 та експериментальна, результати оцінювання якої обраховувались шляхом використання побудованого програмного модуля) під час вивчення дисципліни «Бази даних та інформаційні системи».

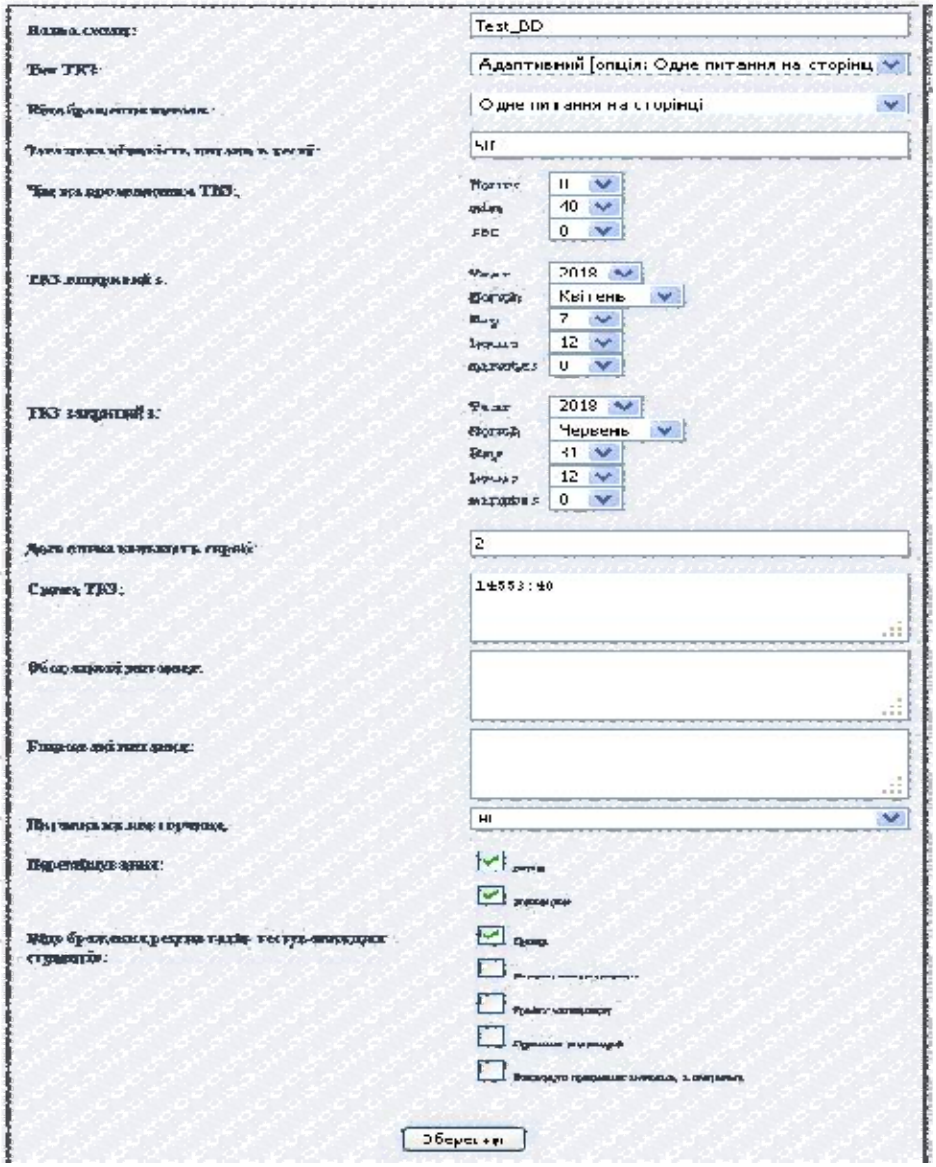

Рис. 4. Вікно налаштування схеми тестового контролю знань

За результатами підсумкового тестового контролю знань встановлено, що під час навчання студентів із використанням розробленого модуля, їх якість знань у експериментальній групі підвищилась на 8–12 % (рис. 5), що підтверджує важливість точного та своєчасного визначення поточного рівня знань для успішного подальшого продовження навчального процесу.

Рис. 5. Рівень знань студентів в контрольній та експериментальній групах після експерименту

Висновки

Використання розробленої інформаційної технології дозволяє:

- мінімізувати кількість проведених тестувань для визначення поточної оцінки рівня вмінь та навичок студента;

– підвищити точність оцінки рівня знань сильних і слабких студентів завдяки використанню більшого банку запитань різного рівня складності;

– забезпечити визначення моменту готовності студента для переходу на етап вивчення більш складного рівня матеріалу;

− підвищити якість знань студентів за рахунок подачі на повторне вивчення тих інформаційних одиниць, які найбільш повно відповідають прогалинам у його знаннях з обраної тематики.

Результати проведених досліджень доказали ефективність застосування розробленого програмного модуля в навчальному процесі як для організації тестового контролю знань так і для проведення дистанційного адаптивного навчання.

Література

1. Загребельний С. Методи адаптивного тестування знань студентів / С. Загребельний, О. Загребельна, О. Костіков // Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. – 2016. – № 3 (57). – С. 376–384.

2. Левитин А.В. Глава 11. Преодоление ограничений: Метод деления пополам // Introduction to The Design and Analysis of Aigorithms / Ананий В. Левитин. – М. : Вільямс, 2006. – С. 476–480.

3. Пікуляк М. В. Розробка методу класифікації студентів на основі кластерного аналізу прецедентів в адаптивній навчальній системі / М. В. Пікуляк // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – 2015. – № 5. – С. 226–232.

4. Лобанева А. Р. Разработка программного продукта для оценки качества тестирования в рамках модели Раша / А. Р. Лобаневі // Вестник КемГУ. – Кемерово, 2013. – Т. 2, № 4 (56). – С. 52–57.

5. Мазорчук М. С. Методы и модели анализа качества тестовых заданий и моделирование компьютерного адаптивного тестирования в системах дистанционного обучения / М. С. Мазорчук, В. С. Добряк, П. С. Емельянов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологи. – 2016. – № 73. – С. 103–116.

6. Rasch G. Probabilistic Model for Some Intelligence and Attainment Tests / G. Rasch. – Chicago : Univ. of Chicago Press, 1980.

7. Бахвалов Н.С. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 632 с.

8. Аршинов М. Н. Коды и математика / М. Н. Аршинов, Л. Е. Садовский. – М. : Наука, 1983. – 144 с.

9. Федорук П. І. Адаптивна система дистанційного навчання та контролю знань на базі інтелектуальних Інтернет-технологій : монографія / П. І. Федорук. – Івано-Франківськ : Видавничо-дизайнерський відділ ЦІТ Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2008. – 326 с.

References

1. Zahrebelnyi S. Metody adaptyvnoho testuvannia znan studentiv / S. Zahrebelnyi, O. Zahrebelna, O. Kostikov .– Pedahohichni nauky: teoriia, istoriia, innovatsiini tekhnolohii, 2016. – № 3 (57). – S. 376–384.

2. Ananyi V. Levytyn. Hlava 11. Preodolenye ohranychenyi: Metod delenyia popolam // [= 0-201-74395-7 Algoritmy: vvedeniye v razrabotku i analiz] = Introduction to The Design and Analysis of Aigorithms / Ananyi V. Levytyn. – M.: Vyliams. – 2006. – S. 476–480.

3. Pikuliak M. V. Rozrobka metodu klasyfikatsii studentiv na osnovi klasternoho analizu pretsedentiv v adaptyvnii navchalnii systemi / M. V. Pikuliak // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Seriia : Tekhnichni nauky. – 2015. – № 5. – S. 226–232.

4. Lobaneva A. R. Razrabotka prohrammnoho produkta dlia otsenky kachestva testyrovanyia v ramkakh modely Rasha / A. R. Lobaneva. – Vestnyk KemHU. – Kemerovo, 2013. – T. 2, № 4 (56). – S. 52–57.

5. Mazorchuk M. S. Metody i modeli analiza kachestva testovykh zadaniy i modelirovaniye kompyuternogo adaptivnogo testirovaniya v sistemakh distantsionnogo obucheniya / M. S. Mazorchuk. V. S. Dobryak. P. S. Emelianov // Otkrytyye informatsionnyye i kompyuternyye integrirovannyye tekhnologi.– 2016. – №73. – S. 103–116.

6. Rasch G. Probabilistic Model for Some Intelligence and Attainment Tests / G. Rasch. – Chicago :Univ. of Chicago Press, 1980.

7. Bakhvalov N.S. Chislennyye metody. 3-e izd.. pererab. i dop. / N.S. Bakhvalov. N.P. Zhidkov. G. M. Kobelkov.– M.: BINOM. Laboratoriya znaniy. – 2009. – 632 s.

8. Arshinov M. N. Kody i matematika / M. N. Arshinov. L. E. Sadovskiy. – M.: Nauka. – 1983. – 144 s.

9. Fedoruk P. I. Adaptyvna systema dystantsiinoho navchannia ta kontroliu znan na bazi intelektualnykh Internet-tekhnolohii: Monohrafiia / P. I. Fedoruk. – Ivano-Frankivsk: Vydavnycho-dyzainerskyi viddil TsIT Prykarpatskoho natsionalnoho universytetu imeni Vasylia Stefanyka. – 2008. – 326 s.

Рецензія/Peer review : 02.04.2018 р. Надрукована/Printed :11.07.2018 р.
Стаття рецензована редакційною колегією