assimilation of the educational material; procedures for solving typical differential equations and their systems; computer simulators to form students' skills to solve differential equations; software data visualization tools; dynamic models of the most common physical, chemical, economic processes; electron library; links to cloud computing resources; educational and methodical recommendations) involve the use of computer-based support through the development and application of materials of the educational site, which through the initiated concept provide theoretical and practical auditorial mastering of discipline, management of independent educational and professional activities of students.

The experimental verification of the effectiveness of the developed components of the computer-oriented methodical teaching system of differential equations has confirmed the conclusions about the effectiveness of its introduction into the educational process of future IT specialists.

Keywords: *computer-based methods, differential equations, bachelor students, information technology, computer science, stages of formation of materialized, speech, mental activities, educational site, procedure for solving differential equations, mathematical modeling, computer competence.*

УДК 371.315.6:51
DOI 10.5281/zenodo.2107988

О. М. Гулєша
ORCID ID 0000-0002-7512-5671,
В. В. Багрій
ORCID ID 0000-0001-8817-9217,
М. А. Пишний
ORCID ID 0000-0003-1740-7950,
В. О. Устименко
ORCID ID 0000-0002-8476-1602
Дніпровський державний технічний університет

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЗНАНЬ ПРИ ПОТОЧНОМУ КОНТРОЛІ

Показано роль поточного контролю знань в навчальному процесі. Розглянута така форма поточного контролю, як комп'ютерне тестування, виділені її переваги і недоліки. Важливою тенденцією цього напрямку є пошук інноваційних методів контролю знань, які відповідають вимогам об'єктивності, надійності, технологічності при невеликих витратах. Мета контролю – визначення якості засвоєння навчального матеріалу, міри відповідності сформованих умінь і навичок цілям та завданням навчання по тому або іншому навчальному предмету. Важлива складова ефективного тестування – об'єктивний аналіз отриманих даних, в основі якого лежить певна модель оцінювання результатів. Оптимальним рішенням проблеми є використання сучасної теорії Item Response Theory (IRT), яка призначена для оцінки латентних параметрів учасників тестування і параметрів завдань тесту за допомогою застосування математико-статистичних моделей виміру. Усі моделі IRT розрізняються по кількості використовуваних в них змінних. Найбільш відомі – це однопараметрична модель Раша, двохпараметрична і трьохпараметрична моделі Бірнбаума. Запропоновано метод оцінки знань студента з урахуванням часу, витраченого на рішення конкретного завдання.Методику оцінки якості знань студентів пропонується побудувати з використанням методів і засобів штучного інтелекту, реалізованих в пакеті Fuzzy Logic Toolbox системи MatLab у вигляді адаптивної системи нейро-нечіткого виведення ANFIS (Adaptive Neuro – Fuzzy Inference System). Гібридна система ANFIS є поєднанням нейро-нечіткого методу виведення Сугено з можливістю навчання штучної нейронної мережі прямого поширення з одним виходом і декількома входами, які є нечіткими лінгвістичними змінними. Проведені дослідження

дозволяють зробити висновок про те, що комп'ютерне моделювання на основі нечіткої логіки дає можливість кількісно описати якісну оцінку результатів діяльності, що свідчить про наявність значного потенціалу нечіткого моделювання в області рішення завдань сучасної освіти. Впровадження нової системи тестування в навчальний процес створює умови для розширення можливостей викладачів і студентів.

Ключові слова: *поточний контроль, нечітка модель, комп'ютерні тести, інформаційні технології, інтелектуальна система, модель Раша, алгоритм нечіткого логічного висновку, логіти, латентні параметри.*

Постановка проблеми. Сучасні зміни в системі освіти України вимагають глибокої і усебічної модернізації освіти та підвищення її якості на основі інформаційних технологій навчання. Введення в практику кредитово-модульної системи організації учбового процесу робить необхідним та пріоритетним напрямом розвитку освіти – розробку ефективних засобів контролю знань студентів. Вирішення цієї проблеми залежить від вибору показників якості та способів їх оцінки. Процес оцінки є важливим компонентом діагностики і моніторингу навчання, що дозволяє отримувати прогноз та визначити рівень забезпечення підвищення успішності і якості знань студентів.

Аналіз актуальних досліджень. Контроль знань треба розглядати, як комплекс усвідомлених дій, спрямованих на отримання даних про рівень оволодіння окремими студентами програмного матеріалу, теоретичних й практичних знань, навичок і вмінь, які необхідні в процесі виконання задач професійної діяльності. Тому контроль знань є невід'ємною частиною процесу засвоєння знань і дозволяє судити про якість навчання, вчасно вносити відповідні корективи в цей процес. У зв'язку із збільшенням об'ємів оброблюваної інформації та складністю матеріалу використання традиційних методів навчання і контролю знань не може забезпечити підвищення ефективності навчального процесу. На сьогодні, основною технологією перевірки якості знань є тестування [4]. Тест як система завдань специфічної форми і відповідного змісту є науково обґрунтованим інструментом оцінювання знань, умінь і навичок студентів, допомагає здійснювати індивідуальний контроль результатів навчання кожного з них, мобільно керувати навчально-виховним процесом. Аналіз публікацій показує, що на сучасному етапі розвитку системи освіти України створені матеріально-технічні умови для широкого і активного застосування засобів інформатизації в навчальних цілях, що забезпечило передумови до використання автоматизованих засобів тестового контролю знань на усіх етапах навчального процесу [3].

Мета статті. Введення нових технологій навчання, таких як модульні технології, дистанційні технології безумовно торкається і методів контролю. Тому важливою тенденцією цього напрямку є пошук інноваційних методів контролю знань, які відповідають вимогам об'єктивності, надійності, технологічності при невеликих витратах. Мета контролю – визначення якості засвоєння навчального матеріалу, міри відповідності сформованих умінь і навичок цілям та завданням навчання по тому або іншому навчальному предмету.

Виклад основного матеріалу. За місцем, яке посідає контроль у навчальному процесі, розрізняють попередній (вхідний), поточний, рубіжний та підсумковий контроль. Попередній контроль дозволяє визначити початковий рівень знань і служить необхідною передумовою для успішного планування і керівництва навчальним процесом. Поточний контроль проводять в процесі засвоєння нового навчального матеріалу (теми, лекції), рубіжний застосовують для перевірки засвоєння більш значного об'єму вивченого матеріалу (модуля), за допомогою підсумкового контролю виявляють міру оволодіння системою знань, умінь і навичок, отриманих в процесі вивчення окремого предмету у відповідності до моделі спеціаліста. Таким чином, усі ці види повторюють логіку навчального процесу. В процесі навчання поточний контроль знань студентів відіграє дуже важливу роль в регулярному управлінні навчальною діяльністю студентів та її коригуванні. Завдання поточного контролю зводяться до наступного:

– безперервне отримання інформації про обсяг, глибину і якість свідомого сприйняття (засвоєння) матеріалу кожним студентом по дисципліні, яка вивчається;

– визначити недоліки у знаннях студента, намітити шляхи їх усунення і на основі цього оперативно вносити зміни в навчальний процес;

– виявити ступінь відповідальності студентів і ставлення їх до роботи, встановивши причини, які перешкоджають їх роботі;

– допомогти студентам організувати свою роботу та стимулювати до регулярної і цілеспрямованої роботи.

– виявити рівень опанування навиків самостійної роботи і намітити шляхи створення умов для їх формування.

– стимулювати інтерес студентів до предмета та їх активність у пізнанні упродовж усього семестру.

Процес перевірки і оцінки знань студентів і його результати дуже важливі для самого викладача, оскільки у процесі контролю викладач одночасно оцінює свою методику викладання і зміст лекцій, семінарів і практичних занять. У цьому разі показники поточної успішності можуть бути сигналом про недоліки та порушення навчального процесу. Таким чином, поточний контроль забезпечує зовнішній зворотний зв’язок (контроль педагога) та внутрішній (самоконтроль студента) і спрямований на отримання інформації, аналізуючи які педагог вносить необхідні корективи протягом всього навчального процесу. Здійснення принципу зворотного зв’язку є важливою умовою підвищення якості підготовки спеціалістів. Поточний контроль також є показником і роботи самого викладача. При реалізації цієї форми контролю в умовах забезпечення індивідуального підходу до кожного студента важливо, з одного боку, коректно провести якісний аналіз їх знань та забезпечити повноту і об’єктивність оцінки знань, а з іншого – раціонально використовувати час навчального процесу. Поточний контроль повинен займати невелику частину навчального заняття, щоб не призводити до поспіху при викладі нового матеріалу і закріпленні отриманої інформації. Для мотивації регулярності в роботі не можна допускати великих інтервалів в контролі кожного студента. В противному випадку студенти перестають регулярно готуватися до занять, а отже, і систематично закріплювати пройдений матеріал.

Для оптимізації вирішення поставлених задач раціонально застосовувати сучасні інформаційні технології. Зростання ролі автоматизованого тестування як форми контрольних заходів обумовлено оперативністю і масовістю цього виду педагогічного контролю, а також зниженням його трудомісткості в порівнянні з іншими методами педагогічної діагностики. Комп’ютерний автоматизований контроль знань підвищує об’єктивність оцінки знань виключаючи наявність помилок при перевірці та претензії окремих студентів в упередженому відношенні, так як немає залежності від суб’єктивної думки викладачів. При цьому суттєво економляться ресурси часу за рахунок проведення контролю знань в паралельному режимі для групи студентів, що дозволяє вивільнити робочий час викладача, позбавляючи його від рутинної роботи. Комп’ютерний контроль може проводити не лише викладач, але і студент може перевіряти себе сам, виконуючи завдання комп’ютерної навчальної програми. Тому, тестування є мало не єдиним способом перевірки знань при дистанційному навчанні. Поточний контроль повинен забезпечити кількісну оцінку знань, навичок і умінь студентів. Основою для оцінювання успішності студентів являються результати контролю. Оцінка знань може проводиться з використанням різних моделей оцінки знань і підходів, які визначають ефективність тестування. Для реалізації моделей оцінки якості знань застосовуються лінійні алгоритми, теорія імовірності і математична статистика, теорія графів, теорія нечітких множин і нечітка логіка, теорія латентно-структурного аналізу, теорія ухвалення рішень і дослідження операцій і багато що інше [2; 3; 5; 8]. Важлива складова ефективного тестування – об’єктивний аналіз отриманих даних, в основі якого лежить певна модель оцінювання результатів. Традиційна система оцінювання у рамках двопозиційної логіки припускає вибір з кожного питання однієї єдиної правильної відповіді з пропонованого списку. В результаті накопичення балів по кожній правильній відповіді йде звіряння

кількості набраних балів з відповідним діапазоном і виведенням загального балу за тестування. Перевагою цієї моделі є простота її реалізації, але вона не дозволяє об'єктивно оцінити знання студента, так як залежить тільки від кількості вірних відповідей. Більш оптимальним рішенням проблеми є використання сучасної теорії Item Response Theory (IRT), яка призначена для оцінки латентних параметрів учасників тестування і параметрів завдань тесту за допомогою застосування математико-статистичних моделей виміру. Усі моделі IRT розрізняються по кількості використовуваних в них змінних. Найбільш відомі – це однопараметрична модель Раша, двохпараметрична і трьохпараметрична моделі Бірнбаума.

Модель Раша [8] заснована на припущенні про наявність імовірнісного зв'язку між спостережуваними результатами тестування та латентними характеристиками учасника тестування і завдань тесту. Для цього відповідно вводяться поняття «рівень підготовленості» кожного учасника тестування θ_i та «складність завдання» – β_j . Так, одне завдання вважається важчим, ніж інше, якщо ймовірність правильної відповіді на перше завдання менша, ніж на друге, незалежно від того, хто їх виконує. Аналогічно, більш підготовлений студент має велику ймовірність правильно відповісти на усі завдання, чим менш підготовлений. Початковими даними є матриця, яка складається після збору емпіричних даних за результатами тестування n – учасників тестування системою m – тестових завдань:

$$A = \left\| a_{ij} \right\|_{n\times m} \quad , \qquad (1)$$

де $$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо відповідь i-го учасника на j-те завдання вірна ;} \\ 0, & \text{якщо відповідь i-го учасника на j-те завдання невірна} \end{cases}$$

В матриці А кожний рядок відповідає ідентифікаційному номеру кожного учасника тестування i =1…n , а кожен стовпчик номеру тестового завдання j =1…m. Подальша статистична обробка результатів тестування дає можливість методом послідовних ітерацій отримати дві множини кількісних оцінок вказаних параметрів θ_i та β_j із заданою мірою точності. Одиницею виміру латентних змінних є логіти – безрозмірні величини, які можна перевести в будь-яку іншу шкалу. Шкала виміру латентних змінних на основі моделі Раша є лінійною і інтервальною, що дозволяє використовувати широкий клас процедур статистичного аналізу. Крім того, в інтервальній шкалі початок відліку (точка «0») не фіксований, і за допомогою лінійних перетворень легко перевести оцінки вимірів в логітах в інші оцінки, наприклад, в бали. Найчастіше за нуль логітів береться середнє значення оцінок індикаторних змінних. Модель Раша перетворює виміри, зроблені в дихотомічних і порядкових шкалах в лінійні виміри, в результаті якісні дані аналізуються за допомогою кількісних методів. Це дозволяє використовувати широкий спектр статистичних процедур. Згідно моделі Раша ймовірність P_{ij} правильної відповіді i-го студента на j-е завдання визначається логістичною функцією

$$p_{ij} = \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1+e^{\theta_i - \beta_j}} \qquad (2)$$

де θ_i – рівень підготовленості (знань) i -го студента;

β_j – складність j -го завдання.

З приведеної формули (2) виходить, що при $\theta_i = \beta_j$, тобто коли рівень знань студента дорівнює складності завдання, ймовірність правильної відповіді P_{ij} = 0,5. Якщо рівень знань студента значно перевищує складність завдання, тобто $\theta_i \gg \beta_j$, то ймовірність правильної відповіді прагнутиме до 1, але ніколи не дорівнюватиме 1. Таким чином, ця ймовірнісна модель допускає, що навіть відмінник може відповісти неправильно на дуже легке завдання (правда, ймовірність неправильної відповіді дуже мала). З іншого боку, якщо складність завдання значно перевершує рівень знання студента, тобто $\theta_i \ll \beta_j$, то ймовірність правильної відповіді прагнутиме до 0, але ніколи не дорівнюватиме 0. Таким чином, модель є досить гнучкою і дозволяє описувати широкий круг ситуацій. Наведена математична модель зв'язує успіх учасника тестування з рівнем його підготовки і

складністю завдання. Аргументом наведеної функції успіху є різниця $\theta_i - \beta_j$. Якщо ця різниця позитивна і велика, то відповідно висока ймовірність досягнення успіху і-го випробовуваного в j-му завданні тесту. Якщо ж ця різниця негативна і велика по модулю, то ймовірність досягнення успіху і-го випробовуваного в j-му завданні буде низькою. Початкові значення логітів за допомогою ряду спеціальних перетворень переводять в єдину інтервальну шкалу стандартних оцінок. Кінцеві оцінки латентних параметрів в єдиній інтервальній шкалі знаходяться по формулам:

$$\theta k_i = \bar{\beta} + \gamma\theta_i^0, \tag{3}$$

$$\beta k_j = \bar{\theta} + \delta\beta_j^0, \tag{4}$$

де θ_i^0, β_j^0 – відповідно попередні значення рівня підготовки і-учасника тестування та попереднє значення складності j-завдання;

$\bar{\theta}$ – середнє значення для множини θ_i^0 (i=1,2,…,n);

$\bar{\beta}$ – середнє значення для множини β_j^0 (j=1,2,…,m);

γ , δ – поправочні коефіцієнти

Формули (3) і (4) забезпечують об'єктивність| параметрів учасників тестування і завдань та незалежність один від одного оцінок рівня підготовки і складності завдання. Аналіз практичного використання показує, що модель Раша не завжди адекватно описує емпіричні данні тестування [4]. Невідповідність емпіричних даних моделі Раша може означати, що були порушення в процедурі тестування або при аналізі емпіричних даних. Такі проблеми виникають і при поточному контролі знань, який проводиться після кожного розділу (теми) дисципліни, в окремій академічній групі за допомогою тематичних тестів, що складаються з 20 – 30 завдань. Для кращої згоди тестування необхідно проводити, строго виконуючи вимоги теорії. Відповідно до цього педагогічний тест утворюють тільки ті завдання, які відповідають цій моделі виміру, а усі інші в тест не включаються. Важливим моментом при оцінюванні результатів виконання тестових завдань є можливість вгадування правильних відповідей. Можлива ситуація, коли слабкий студент справляється із складнішим завданням, а не може виконати більше просте. В даному випадку йдеться не про погану якість простого питання, а про те, що на складніше питання відповідь була вгадана. Підвищенню надійності тесту сприяє його простота, суворе дотримання умов тестування, виключення можливості впливу сторонніх чинників (підказки, списування і тому подібне), єдність методів виміру, спеціальна підготовка розробників тестів і тих, хто його проводить. При контролі знань виникає необхідність врахування імовірнісної складової вгадування правильних відповідей та інших факторів порушень в процедурі тестування, які можуть призводити до спотворення отримуваних результатів.

Одним з важливих факторів в процесі тестування є час, що дається на відповідь та час який витрачає на відповідь кожен учасник тестування [2]. Перевищення часу на відповідь тестового завдання можна розглядати як не зовсім чітке засвоєння студентом матеріалу,що викладався, або як використання студентом сторонніх джерел знань. Занадто маленький інтервал часу, витрачений студентом на рішення тестового завдання, повинен сигналізувати системі або про невідповідний рівень складності питань цього типу для конкретного студента, або про знання студентом правильної відповіді на це питання заздалегідь, або про вгадування правильної відповіді. Наявність витрат маленького інтервалу часу на відповідь також вказує на необхідність переглянути відповідне тестове завдання, яке може бути некоректно побудоване і в самому питанні наявна вірна відповідь. У будь-якому випадку всі ці випадки дають погрішність в оцінці дійсних знань студента і це потребує введення системою штрафних санкцій, тобто оцінка повинна знижуватися. У пропонованій моделі при визначенні результату тестування враховується час відповіді на кожне завдання. Відносні витрати часу кожного учасника тестування на кожне питання тесту заноситься в матрицю:

$$T = \left\|\tau_{ij}\right\|_{n\times m} \tag{5}$$

Кожний елемент матриці τ_{ij} розраховано за формулою:

$$\tau_{ij}=\begin{cases}\frac{t_{вит\ ij}-t_{зад\ j}}{t_{зад\ j}}, \text{ якщо відповідь i-го учасника на j-те завдання вірна;}\\ 0, \text{ якщо відповідь i-го учасника на j-те завдання невірна.}\end{cases} \quad (6)$$

де $t_{зад\ j}$ – час, який відводиться на виконання j-того завдання тесту;

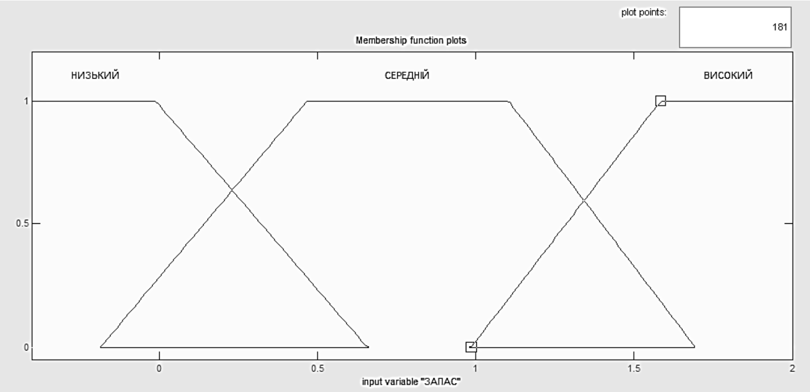
$t_{вит\ ij}$ – час витрачений i-учасником тестування на j-те завдання тесту.

Параметр $t_{зад\ j}$ задається, як константа для кожного окремо взятого завдання тесту в залежності від його складності. При цьому логічно припустити, що для відповіді на складне завдання потрібно більше часу, ніж на просте завдання. Також доцільно буде обмежити час виконання завдання, так щоб було неможливо встигнути скористатися додатковою інформацією повною мірою. В результаті проблема «шпаргалки» буде виключена і можна дозволити використання будь-яких паперових носіїв під час тестування, що ще і створює стимул в додатковому вивченню матеріалу саме тієї допомоги. В процесі апробації тесту цей параметр можна коректувати враховуючі реальні затрати часу. Необхідно також обмежити час сеансу тестування в цілому і не враховувати відповіді по його завершенню. При вимірі латентних якостей студента як початкових даних викладач часто має невизначені значення параметрів. Тому важливим стає створення комп’ютерних систем підтримки ухвалення рішень, що функціонують на основі нечіткої інформації, яка є судженнями і знаннями людини – експерта (викладача) і носить якісний характер. З урахуванням того, що спроби виміру латентних якостей закінчуються словесними або чисельними оцінками, які містять в собі чималі помилки, пропонується підхід, що полягає в створенні імітаційних моделей з елементами теорії нечітких множин. Прогресивним напрямків в області автоматизованого контролю знань студентів є подання системи контролю знань як системи управління, яка формує керуючі впливи з метою оптимізації процесу навчання й контролю. Процес навчання можна розглядати як процес керування складним об’єктом, де студент виступає об’єктом керування, а викладач або автоматизована навчальна система – як керуючий елемент. Для достовірнішого оцінювання процесу і результатів навчання, а також достовірної конкретизації знань окремого студента стає обумовлено необхідно в даному випадку застосовувати моделі нечіткого логічного висновку. Ці моделі дозволяють більш повно оцінювати результат за рахунок ефективного застосування знань експертів.

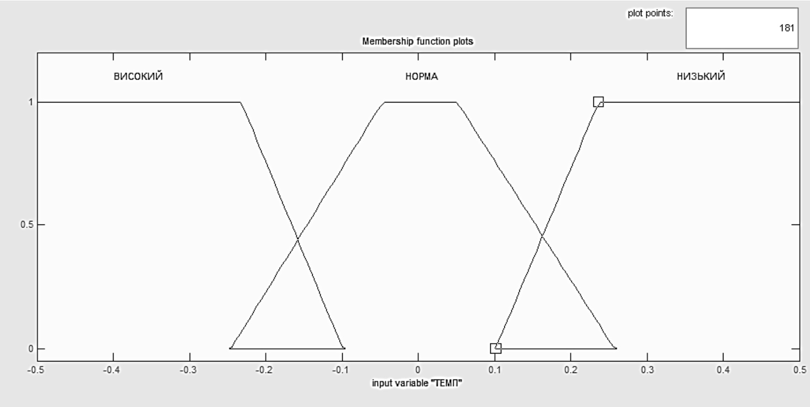
Методику оцінки якості знань студентів пропонується побудувати з використанням методів і засобів штучного інтелекту, реалізованих в пакеті Fuzzy Logic Toolbox системи MatLab у вигляді адаптивної системи нейро- нечіткого виведення ANFIS (Adaptive Neuro – Fuzzy Inference System) [1; 6; 7]. Гібридна система ANFIS є поєднанням нейро-нечіткого методу виведення Сугено з можливістю навчання штучної нейронної мережі прямого поширення з одним виходом і декількома входами, які є нечіткими лінгвістичними змінними. У загальному випадку механізм нечіткого логічного висновку включає три етапи: введення нечіткості (фазифікація), нечіткий вивід і приведення до чіткості (дефазифікація). На вхід системи нечіткого логічного висновку поступає множина чітких величин, відповідних вхідним лінгвістичним змінним, а на виході отримуємо множину чітких величин, відповідних вихідним лінгвістичним змінним. Як вхідні параметри системи розглядатимемо дві нечіткі лінгвістичні змінні: «запас успішності виконання» і «темп виконання», а як вихідний параметр – нечітку лінгвістичну змінну – «коефіцієнт довіри виконання». Як терм-множину першої лінгвістичної змінної «запас успішності виконання» використовуватимемо множину M1 = {«низький», «середній», «високий»}; як терм-множину другої лінгвістичної змінної «темп виконання» використовуватимемо множину M2 = {«високий», «норма», «низький»}. Для кожного терму лінгвістичної змінної визначимо діапазон числових значень, що якнайкраще характеризує цей терм, і виберемо функції з числа стандартних функцій приналежності. Першу вихідну змінну «Запас успіху виконання») оцінюватимемо по різниці $(\theta_i - \beta_j)$ в інтервалі від -0,4 до 2 (рис. 1а). Другу змінну «Темп виконання» оцінюватимемо за змінною τ_{ij} в інтервалі від -0,5 до 0.5 (рис. 1б). Як вихідну змінна візьмемо k_s – «коефіцієнт довіри», який визначимо в діапазоні від 0 до 1.

Коефіцієнти характеризують зменшення оцінки при різних порушеннях процедури тестування, наприклад при перевищенні i-учасником припустимого часу відведеного на виконання j-завдання.

Центральне місце в нечіткому моделюванні займає база правил нечітких висновків, які відбивають досвід експерта і його розуміння причинно-слідчих зв'язків в даному завданні ухвалення рішення. Правило-висновок складається з двох частин: умови і виводу. Умова складається з висловлювань, сполучених зв'язками «І». В даному випадку правило-висновок має вид: якщо (запас – низький) і (темп – високий) то (коефіцієнт довіри – K_1) і т. п. (рис.2). Коефіцієнти k_1, k_2, …,k_9 $\in[0,1]$ – характеризують зменшення оцінки при наявності відповідних порушень процедури тестування.



а



б

Рис. 1. Вид функцій приналежності для термів лінгвістичної змінної а – «запас успішності виконання», б – «темп виконання»

1. If (ЗАПАС is НИЗЬКИЙ) and (ТЕМП is ВИСОКИЙ) then (КОЕФІЦІЄНТ is K1) (1)
2. If (ЗАПАС is НИЗЬКИЙ) and (ТЕМП is НОРМА) then (КОЕФІЦІЄНТ is K2) (1)
3. If (ЗАПАС is НИЗЬКИЙ) and (ТЕМП is НИЗЬКИЙ) then (КОЕФІЦІЄНТ is K3) (1)
4. If (ЗАПАС is СЕРЕДНІЙ) and (ТЕМП is ВИСОКИЙ) then (КОЕФІЦІЄНТ is K4) (1)
5. If (ЗАПАС is СЕРЕДНІЙ) and (ТЕМП is НОРМА) then (КОЕФІЦІЄНТ is K5) (1)
6. If (ЗАПАС is СЕРЕДНІЙ) and (ТЕМП is НИЗЬКИЙ) then (КОЕФІЦІЄНТ is K6) (1)
7. If (ЗАПАС is ВИСОКИЙ) and (ТЕМП is ВИСОКИЙ) then (КОЕФІЦІЄНТ is K7) (1)
8. If (ЗАПАС is ВИСОКИЙ) and (ТЕМП is НОРМА) then (КОЕФІЦІЄНТ is K8) (1)
9. If (ЗАПАС is ВИСОКИЙ) and (ТЕМП is НИЗЬКИЙ) then (КОЕФІЦІЄНТ is K9) (1)

Рис. 2. База правил нечітких висновків

Поверхня нечіткого виводу, отримана на основі розробленої моделі оцінювання знань студентів в середовищі MATLAB, показана на рис. 3.

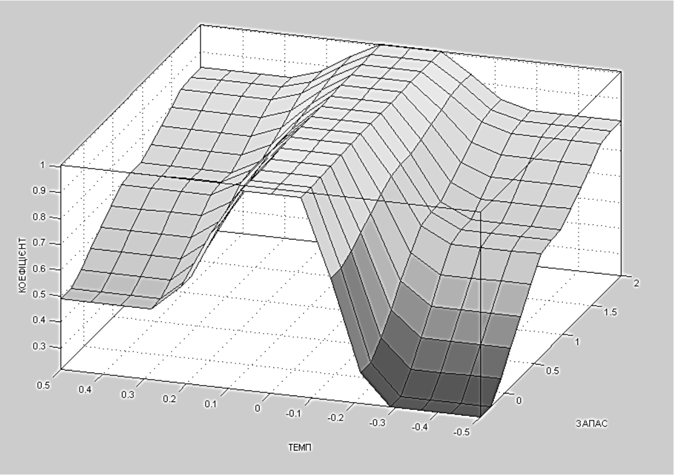


Рис. 3. Поверхня нечіткого виводу

Процедура кількісного оцінювання знань, виявлених в ході тестування відбувається, в наступній послідовності. Спочатку для кожного учасника тестування розраховується відносна сумарна оцінка, яка враховує бали набрані за вірні відповіді у рамках виконання всього тесту:

$$S_{i\Sigma} = \frac{\sum_{j=1}^{m} K_{ij} a_{ij}}{a_{\Sigma\, max}} , \qquad (7)$$

де $a_{\Sigma\, max}$ – максимальна сума балів за виконання всіх завдань тесту;

K_{ij} – коефіцієнт довіри, отриманий на основі системи нечітких предикативних правил і-тим учасником тестування за виконання кожного j-го завдання тесту. На наступному етапі визначається підсумкова оцінка знань кожного учасника тестування. Для цього набраний їм сумарний бал $S_{i\Sigma}$ проектується на оцінну шкалу, що має вигляд:

$$[0; I_1; I_2; I_3; 1] ,$$

де: $0< I_1< I_2< I_3< 1$ – межі інтервальних діапазонів оцінок, що задаються викладачем при організації тестування.

Підсумкова оцінка за тест O_i виводиться за наступними правилами:

$$\exists\, S_\Sigma \in [0; I_1] \rightarrow O_i = \text{"незадовільно"}$$

$$\exists\, S_\Sigma \in (I_1; I_2] \rightarrow O_i = \text{"задовільно"}$$

$$\exists\, S_\Sigma \in (I_2; I_3] \rightarrow O_i = \text{"добре"}$$

$$\exists\, S_\Sigma \in (I_3; 1] \rightarrow O_i = \text{"відмінно"}$$

Використання запропонованого методу дозволяє одержати уточнену підсумкову оцінку, з урахуванням витраченого часу на виконання тестового завдання.

Висновки та перспективи подальших наукових розвідок. Результати роботи впроваджені в навчальний процес кафедри «Електроніка» для поточного контролю знань студентів по ряду дисципліні, які викладаються. Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про те, що комп’ютерне моделювання на основі нечіткої логіки дає можливість кількісно описати якісну оцінку результатів діяльності, що свідчить про наявність значного потенціалу нечіткого моделювання в області рішення завдань сучасної освіти. Ефективність запропонованого підходу і алгоритму нечіткого логічного висновку, обумовлена тим, що він дозволяє гнучко настроювати параметри системи контролю знань керуючись вибором базових терм-множин лінгвістичної змінної та системою нечітких предикативних правил. Впровадження нової системи тестування в навчальний процес створює умови для розширення можливостей викладачів і студентів:

– система тестування дозволяє підвищити ефективність виконання контролю знань студентів та забезпечити об’єктивність оцінки виконання тесту як по рівнях засвоєння знань тестових завдань, так і по тесту в цілому;

– проведення поточного контролю дозволяє виявити проблеми і неточності в засвоєнні знань, внести відповідне коригування в повноту, рівень і якість їх засвоєння, попередити можливі помилки і нерозуміння певних питань, що базуються на поточному навчальному матеріалі, при вивченні наступних тем;

– обмежений час для відповідей на питання не залишає можливості списувати;.

– проведення такого поточного контролю знань мотивує студентів на самостійне навчання, виконання домашніх завдань і відвідування лекцій, на яких регулярно проходитиме оцінювання знань;

– система тестування дозволяє зменшити міру суб'єктивізму при визначенні рівня знань кожного учня.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аванесов В.С. (2005). Применение тестовых форм в Rasch Measurement // Педагогические измерения, №4. – С. 3 – 20. (Avanesov, V.S. (2005). Application of test forms in Rasch Measurement. Pedagogical Measurements, №4, pp. 3 – 20).
2. Бабий М. С., Чекалов А. П. (2011). Применение элементов нечеткой логики для рейтинговой системы оценки знаний. Вісник Сумського державного університету. – Суми: СумДУ. – № 3. – С. 116 – 122. (Babiy, M.S., Chekalov, A.P. (2011). Application of elements of fuzzy logic for the rating system of knowledge assessment. Sumy State University Herald. Sumy: SumDU, № 3, pp. 116 – 122).
3. Вимірювання в освіті (2011): Підручник / За редакцією О.В. Авраменко. – Кіровоград: В.Ф. Лисенко. – 360 с. (Assessment in education (2011): Manual / Ed. by O.V. Avramenko. Kirovograd: V.F. Lysenko, 360 p.).
4. Ким В.С. (2017). Тестирование учебных достижений [Текст]: монографія / В.С. Ким. – М.: Уссурийск: Изд. УГПИ. – 214 с. (Kim, V.S. (2017). Testing educational achievements [Text]: monograph. M.; Ussuriysk: Ed. UGPI, 214 p.).
5. Лебединский И.Л., Ноздренков В.С., Романовский В.И. (2015). Информационная модель оценки знаний обучаемого, учитывающая время, затраченное на выполнение конкретного задания. Вісник Сумського державного університету. – Суми: СумДУ. – № 9. (81). – С. 76 – 82. (Lebedinsky, I.L., Nozdrenkov, V.S., Romanovsky, V.I. (2005). Information model for assessing the knowledge of the student, taking into account the time spent on the implementation of a specific task. Sumy State University Herald, Sumi: SumDU, № 9 (81), pp. 76 – 82).
6. Леоненков А. (2005). Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – Спб.: БХВ-Петербург. (Leonenkov, A. (2005). Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH. SPb.: BHV-Petersburg).
7. Мазорчук М.С., Добряк В.С., Емельянов П. С. (2016). Методы и модели анализа качества тестовых заданий и моделирование компьютерного адаптивного тестирования в системах дистанционного обучения // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологи, № 73. – С. 103 – 117. (Mazorchuk, M.S., Dobryak, V.S., Yemelyanov, P.S. (2016). Methods and models for analyzing the quality of test tasks and modeling computer adaptive testing in distance learning systems. Open information and computer integrated technologies, № 73, pp. 103 – 117).
8. Rasch, G. (2010). Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests. Copenhagen, Denmark: Danish Institute for Educational Research [Text].

Гулеша Е. М, Багрий В. В., Устименко В. О., Пышный М. А. Нечеткая модель оценки знаний при текущем контроле.

Показана роль текущего контроля знаний в учебном процессе. Рассмотрена такая форма текущего контроля, как компьютерное тестирование. Цель контроля – определение качества усвоенного учебного материала, степени соответствия сформированных умений и навыков целям и задачам обучения по тому или иному учебному предмету. Важная составляющая эффективного тестирования – объективный анализ

полученных данных, в основе которого лежит определенная модель оценивания результатов. Оптимальным решением является использование современной теории Item Response Theory (IRT), которая предназначена для оценки латентных параметров участников тестирования и параметров заданий теста с помощью применения математико-статистических моделей измерения. Все модели IRT различаются по количеству используемых в них переменных. Наиболее известные – это однопараметричная модель Раша, двухпараметричная и трьохпараметричная модели Бирнбаума. Предложен метод оценки знаний студента с учетом времени, затраченного на решение конкретного завдання. Методику оценки качества знаний студентов предлагается построить с использованием методов и средств искусственного интеллекта, реализованных в пакете Fuzzy Logic Toolbox системы MatLab в виде адаптивной системы нейро- нечеткого вывода ANFIS (Adaptive Neuro–Fuzzy Inference System). Гибридная система ANFIS является сочетанием нейро-нечеткого метода вывода Сугено с возможностью обучения искусственной нейронной сети прямого распространения с одним выходом и несколькими входами, которые являются нечеткими лингвистическими переменными. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что компьютерное моделирование на основе нечеткой логики дает возможность количественно описать качественную оценку результатов деятельности, что свидетельствует о наличии значительного потенциала нечеткого моделирования в области решения задач современного обучения. Внедрение новой системы тестирования в учебный процесс создает условия для расширения возможностей преподавателей и студентов.

Ключевые слова: *текущий контроль, нечеткая модель, компьютерные тесты, информационные технологии, интеллектуальная система, модель Раша, алгоритм нечеткого логического вывода, логит, латентные параметры.*

Guliesha O.M., Bagriy V.V., Pyshnyy M.A., Ustimenko V.O. Fuzzy model of knowledge assessment under current control.

The paper discusses the role of formative assessment of knowledge in the educational process. The authors consider such form of assessment as computer testing. The objective of assessment is to determine the quality of the knowledge absorbed, the degree of compliance of the formed skills and abilities with the goals and objectives of training in a particular subject. An important component of effective testing is an objective analysis of the data obtained, which is based on a certain model for evaluating results. The optimal solution is to apply modern Item Response Theory (IRT), which is designed to estimate the latent parameters of test participants and the parameters of test tasks using the mathematical-statistical measurement models. All IRT models differ in the number of variables used in them. The best known are the one-parameter Rasch model, the two-parameter and three-parameter Birnbaum models. The authors suggest a method for assessing students' knowledge, which takes into account the time spent on solving a particular task. They argue that the methodology for assessing the quality of students' knowledge should be designed using the methods and tools of artificial intelligence implemented in the MatLab Fuzzy Logic Toolbox as an adaptive neural-fuzzy inference system ANFIS (Adaptive Neuro – Fuzzy Inference System). The hybrid system ANFIS is a combination of Sugeno neuro-fuzzy inference method with an option of teaching artificial neural network of direct propagation with one output and several inputs that are fuzzy linguistic variables. The conducted studies allow us to conclude that computer simulation based on fuzzy logic makes it possible to quantitatively describe a qualitative assessment of the results of activities, which indicates significant potential of fuzzy modeling in the field of solving problems of modern education. The introduction of a new system of testing in the educational process stipulates the empowerment of teachers and students.

Keywords: *formative assessment, fuzzy model, computer tests, information technologies, intelligent system, Rasch model, fuzzy inference algorithm, logit, latent parameters.*