

УДК 338.24.01

О.Г. Хмельов, канд. техн. наук, доц., Дон. нац.
ун-т

НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАННОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ

О.Г. Хмельов. Нейромережеві технології в системах автоматизованного контролю знань. У роботі представлена масштабована мультиплатформена захищена інформаційна система тестування знань. Описано базові вимоги до функціонального наповнення такої інформаційної системи. Визначено основні вимоги до тестів. Запропоновано комплекс програм з використанням апарату штучних нейронних мереж для оцінювання знань студентів та результати його впровадження у вищому навчальному закладі.

Ключеві слова: нейромережеві технології, контроль знань, вищий навчальний заклад.

А.Г. Хмельёв. Нейросетевые технологии в системе автоматизированного контроля знаний. В работе представлена масштабируемая мультиплатформенная защищенная информационная система тестирования знаний. Описаны базовые требования к функциональному наполнению такой информационной системы. Определены основные требования, предъявляемые к тестам. Представлен разработанный комплекс программ с использованием аппарата искусственных нейронных сетей для оценки знаний студентов и результаты его внедрения в высшем учебном заведении.

Ключевые слова: нейросетевые технологии, контроль знаний, высшее учебное заведение

A.G. Khmelyov. Neural network technologies in computer-aided knowledge testing system. The paper presents a scalable multi-platform secure information system of testing knowledge. The basic requirements for the functional content of this information system are described. The main requirements for the tests are determined. The developed software package using artificial neural networks to assess students' knowledge is presented, as well as the results of its implementation in higher education.

Keywords: neural network technologies, knowledge control/testing, higher school.

Вступ. Активна інтеграція України до європейської спільноти в даний час ставить перед вищою школою нові завдання. Актуальність тестування знань студентів (ТЗС) визначається тим, що традиційні методи і форми навчання сьогодні вже не можуть повністю задовольнити потребу в послугах навчання для всіх категорій населення. В Україні існує потреба в масовій підготовці та перепідготовці кадрів. Спостерігається нестача кваліфікованих інженерів, менеджерів, а також загальна комп'ютерна неграмотність персоналу різних сфер діяльності. У плані залучення цих молодих людей у процес отримання професійних знань перед дистанційним навчанням (ДН) відчиняються найширші можливості.

Під ТЗС в рамках даної роботи мається на увазі отримання освітніх послуг без участі викладача, за допомогою сучасних інформаційно-освітніх технологій і систем телекомунікації. Без сумніву ТЗС, як складова системі ДН, є розвитком заочного навчання, але має ряд істотних відмінностей у порівнянні з останнім: заочне навчання передбачає отримання будь-якої конкретної спеціальності з цілком визначеним навчальним планом. ТЗС є більш демократичне. Студент може вибрати якийсь один курс або систему курсів, не пов'язуючи це з отриманням конкретної спеціальності. При заочному навчанні звичайно плануються очні заняття, коли студенти збираються разом для прослуховування оглядових лекцій, виконання лабораторних робіт, складання заліків та іспитів. При дистанційному навчанні такі сесії можуть і не плануватися. Заочне навчання орієнтується на друковані матеріали, що пересилаються поштою. ТЗС у своїй основі припускає використання комп'ютерних і телекомунікаційних технологій.

Постановка завдання. Метою дослідження є вдосконалення принципів побудови систем ТЗС, а також створення комплексу програмно-апаратних засобів, що дозволяє організувати процес тестування як для денної форми навчання, так і в рамках системи ДН вищого навчального закладу.

Потреба у фахівцях в країні, та за кордоном багато в чому буде визначатися участю навчальних закладів у Болонському процесі, якому в свою чергу властива максимальна формалізація навчального процесу. Ця обставина передбачає наступні переваги:

— Можливість широкого впровадження інформаційних технологій в навчальний процес (від електронного тестування до електронного документообігу).

— Можливість автоматизованої комплексної оцінки якості роботи викладача з кожного аспекту пройденого матеріалу семестру.

— Можливість контролю коректності кожного з питань в електронному тесті за вибіркою відповідей.

— Скорочення часу на всі види статистичного аналізу навчального процесу.

Виділяють п'ять загальних вимог до тестів: валідність, визначеність, простота, однозначність, надійність. Валідність тесту — це його адекватність. Розрізняють змістовну і функціональну валідність: перша — це відповідність тесту змісту контрольованого матеріалу, друга — адекватність обраної форми тестування.

Виконання вимоги визначеності (загальнодоступності) тесту необхідно не тільки для розуміння кожним студентом того, що він повинен виконати, а й для виключення правильних відповідей, що відрізняються від еталона.

Вимога надійності полягає у забезпеченні стійкості результатів багаторазового тестування одного і того ж випробуваного. Надійність тесту або комплексу тестів зростає із збільшенням кількості суттєвих операцій [1]. При реалізації систем комп'ютерного тестування необхідно дотримуватися саме цих вимог до створюваних тестів. Але проблема комп'ютерного тестування є набагато гостріша.

Реалізація в системах тестування описаних вище вимог до тестів не означає того, що створений комплекс буде відповідати всім вимогам викладача і студента. Що стосується перевірки якості знань, неформальний характер процесу оцінювання знань вимагає застосування викладачем комп'ютерних тестів, що важко піддаються обробці; необхідний активний зворотний зв'язок, що допомагає оцінити правильність засвоєння матеріалу; повинна бути чітко виражена визначеність і результативність [2]. Саме неформальність знань і процесу перевірки знань, спричинило безліч проблем в галузі комп'ютерного тестування, таких як необ'єктивність оцінювання, труднощі розуміння студентами підготовлених питань і т.п.

Проведений аналіз показав, що інженерія знань і методи теорії штучного інтелекту допоможуть створити систему контролю знань, що дозволяє будувати моделі знань викладача та студента та об'єктивно оцінювати знання та вміння останнього. Таким чином, впровадження інформаційних технологій в навчальний процес неминуче призведе до підвищення об'єктивності в оцінюванні знань студентів.

Виклад основного матеріалу. Для досягнення поставленої мети на кафедрах економічної кібернетики ДонНУ та ДонДТУ було розроблено та впроваджено комплекс програм для оцінки знань студентів. Процес контролю знань краще організувати в on-line режимах у формі тестів. Перед отриманням завдання на виконання лабораторної роботи студент повинен відповісти на ряд питань [3], в залежності від результатів яких, він може приступити до виконання роботи або отримати додаткові запитання, або повернутися до вивчення теоретичного матеріалу. У межах дослідницької роботи з теми за рахунок госбюджету розроблено систему тестування для off-line та on-line режимів. Дана система являє собою практичну цінність і може бути використана окремо в процесі навчання різних дисциплін. Ключовими відмінностями від багатьох подібних програм є висока захищеність, мультиплатформеність та масштабованість розробленого рішення. Ці якості досягнуто за рахунок реалізації комплексу у вигляді HTTP-сервера. Таким чином, робочим місцем викладача чи студента може бути локальний (у рамках intranet) або віддалений (у рамках Internet) комп'ютер з будь-якою операційною системою. Єдиною вимогою до робочого місця є наявність браузеру. Крім перерахованих переваг, таке технічне рішення усуває різницю між денною, заочною або дистанційною формами навчання протягом семестру з точки зору контролю знань. Для двох останніх форм актуальним питанням є ідентифікація студента, проте, проведення

екзаменаційних сесій для заочної та дистанційної форм навчання в intranet гарантує об'єктивність виставленої оцінки.

Робоче місце викладача містить такі інструменти:

- модуль аутентифікації, що ідентифікує особу викладача і що обмежує список IP-адресів з яких можливий вхід в систему;
- модуль створення і редагування тестів;
- модуль управління доступу до тестів і вибору режиму роботи тесту (навчання або тестування);
- модуль статистичного контролю (журнал роботи кількості спроб здачі тесту і його результатів);
- модуль статистичного аналізу кожного з питань тесту і всього тесту в цілому.

Робоче місце студента виконує лише дві функції: проходження тесту в режимі навчання і тестування, але масштабованість системи дозволяє легко збільшити кількість цих функцій. Робочими місцями викладача та студента є спеціально розроблені Internet-браузери, проте з мінімальним пониженням зручності роботи може використовуватися будь-який браузер.

Функціональне наповнення інформаційної системи тестування має на увазі наявність цілого ряду ключових особливостей [4], через які була потрібна розробка нової інформаційної системи з одночасною відмовою від використання готового програмного забезпечення для тестування сторонніх виробників. Розглянемо ці особливості більш докладно.

Масштабованість. У багатьох випадках існує необхідність розширення сфери охоплення системи тестування. Зазвичай програмний комплекс розробляється спочатку в рамках підрозділу (кафедри), потім його функції розширюються на рівень факультету, всього навчального закладу і нарешті виходять за його рамки: коли система стає доступною через мережу Інтернет, є можливість використання тестової системи іншими навчальними закладами. Для досягнення такої масштабованості необхідно передбачити заздалегідь подібний розвиток подій.

Існує два аспекти: технічний і організаційний. Оскільки система тестування знань виконана у вигляді HTTP-сервера, то розширення смуги пропускання досягається класичними в даних випадках засобами: перенесення системи на більш продуктивний сервер, оптимізація баз даних і нарешті, кластеризація сервера. Організаційний аспект передбачає собою можливість введення нових підрозділів без зміни програмного наповнення системи. Причому введення цих підрозділів можливе як в кількісному (набір кафедр та груп студентів доволіно розширюється) так і в ієрархічному сенсах (можливим є додавання ієрархічних рівнів факультетів, інститутів, університетів з довільною підпорядкованістю). З іншого боку для широкої масштабованості системи в організаційному сенсі потрібна автоматизація навчання персоналу (викладачів), які будуть використовувати це програмне забезпечення. Це завдання виконується дwoяко: по-перше, система тестування має інтерактивну вбудовану допомогу з flash-відео; по-друге, відповідний модуль стає доступним для викладача тільки після того, як він пройде тест, який контролює знання про функції і можливості модуля. Ці заходи зводять до мінімуму проблеми із застосуванням тестової системи персоналом, який не пов'язаний безпосередньо з інформаційними технологіями (наприклад кафедри історії, правознавства та ін.).

Гнучкість. В даний час система використовує класичний базовий набір тестів, а саме:

- завдання альтернативних відповідей;
- завдання множинного вибору;
- завдання на відновлення відповідності;
- завдання на встановлення правильної послідовності;
- завдання вільного викладу.

Кожен з цих тестів може мати свій рівень складності і відповідну диференціацію у балах.

Однак практика показала, що з плином часу потрібно додавати нові види тестів і нові можливості. Наприклад, в даний час активно розвивається напрямок тестів з відео. Реалізація системи тестування у вигляді сервера дозволяє досить просто впроваджувати подібні нововведення аналогічно тому, як це робиться на звичайних web-сайтах. Важливим моментом є

також і той факт, що впровадження нововведень відбувається лише на одному комп'ютері — сервері, що різко спрощує обслуговування, а також знижує вартість володіння і модифікації системи тестування знань. Таким чином забезпечується необхідна гнучкість.

Адаптивність. Широке застосування цієї та інших подібних тестових систем в минулому стримував той факт, що основним принципам використання тієї чи іншої системи обслуговуючий персонал доводилося навчати. При цьому кожне наступне нововведення або модифікація викликали чергову хвилю перенавчання. Даний процес доволі часто буває тяжким навіть в рамках однієї кафедри.

Здатність до навчання у викладачів по тих напрямках, де вони не є фахівцями, як правило, трохи нижче ніж аналогічна здатність у студентів. Тому успіх впровадження інформаційних технологій має на увазі розуміння даної особливості. В рамках даної інформаційної системи знайшлося просте, проте ефективне рішення. Група викладачів підрозділу має спочатку низький рівень доступу, що дає право на вивчення лише одної дисципліни “Система тестування знань”. У міру одержання балів за нові більш складні рівні управління системою тестування викладач отримує доступ до вже вивчених модулів, а також отримує доступ до наступних тестів дисципліни “Система тестування знань” для вивчення більш складних модулів.

Цей підхід дозволяє персоналу (викладачам) швидко вивчити систему з точки зору студента, побачити негативні і позитивні сторони тих чи інших видів тестів, повністю автоматизує процес підготовки та перепідготовки персоналу.

Простота управління. Незважаючи на деяку наївність цього аспекту, насправді забезпечення інтуїтивно-зрозумілого і максимально простого управління системою тестування є ключовим моментом успішного впровадження системи в експлуатацію. Якщо управління буде незручним і складним, то застосування нової системи тестування знань буде обмежено лише рамками того підрозділу, у якому ця система розроблена.

Найбільш відповідальним і трудомістким процесом є безпосередньо підготовка самих тестів. Крім класичних методів створення тестів з почерговим додаванням питань і відповідей була розроблена спеціальна мова розмітки тестів. Цей підхід дозволив уникнути захащення системи тестування різними командами створення питань, відповідей та ін. і використовувати інтерфейс створення тестів у вигляді звичайного візуального редактора, інтерфейс якого гранично близький до загальновідомих текстових редакторів типу Microsoft Word. Ідеологічно розроблена мова близька до HTML і XML, але з урахуванням того, що персонал може не мати потрібного фахового рівня, мова тестів, порівняно з XML и HTML є незрівнянно простіша в експлуатації і вивченні.

Існує три види лексем мови тестів:

1) лексеми розмітки: на цьому рівні кожен абзац або їх група починаються одним з трьох символів: ? (питання), + (правильна відповідь), — (неправильна відповідь);

2) лексеми балів: кожне питання може бути позначено числом балів за нього в фігурних дужках, наприклад, конструкція **{3}** позначає початок питання на 3 бали;

3) лексеми типу: кожне питання може мати певний тип:

— без мітки, або **{s}**, або **{standart}**— завдання альтернативних відповідей;

— **{m}** або **{multi}**— завдання множинного вибору;

— **{=}** або **{conform}**— завдання на відновлення відповідності;

— **{#}** або **{numeric}**— завдання на встановлення правильної послідовності;

— **{?}** або **{question}**— завдання вільного викладу.

Лексеми можуть бути позначені та згруповані в рамках одного питання у будь-якому порядку: таким чином конструкції **{?}{3}**, або **{3=}**, або **{conform3}**, або **{=3}** є функціонально однаковими.

Завдяки тому, що тексти питань готуються у звичайному редакторі, будь-яке питання або будь-яка відповідь може включати малюнки, таблиці, формули, діаграми і т.д. Весь тест може бути збережений не лише на сервері, але і в будь-якому іншому зручному для викладача місці — на Робочому столі, змінному носії і т.д. за для редагування.

Аналогічний підхід використовується і при створенні груп студентів. Після зарахування до вищого навчального закладу досить ввести список групи у вигляді тексту і система тестування автоматично призначить кожному студенту свій пароль і атрибути входу або імпортує ці дані з вже існуючої бази даних.

Розглянутий механізм довів свою гнучкість, простоту і перспективність протягом декількох років експлуатації системи у вищому навчальному закладі.

Контроль валідності. За всіма відповідями на запитання система збирає велику статистику, це дозволяє контролювати роботу викладачів. Визначення валідності автоматизовано і базується на статистиці відповідей: якщо на певне питання ніхто не в змозі дати правильну відповідь або навпаки завжди всі відповідають правильно — питання позначається невалідним. Наявність у певного викладача великої кількості невалідних питань дозволяє виявити проблеми у викладанні тієї чи іншої дисципліни.

В даний час у багатьох реалізаціях систем ДН ключові фактори контролюються з застосуванням статистичних методів [2], що дозволяє оцінити роботу не лише учнів, але і співробітників навчального закладу, відшукати аномальні тести, визначити проблемні компоненти окремого тесту. Основним інструментарієм зазвичай є дослідження ступеня відхилення законів розподілу статистичних даних від нормального. Проте застосування такого підходу має ряд істотних недоліків: потрібне тривале накопичення вибірки для досягнення статистичної значимості; немає обліку поведінкових факторів суб'єктів тестування; оцінюються лише статистичні параметри підсумків тестів (без оцінки рівня самого тіста або окремих питань в тесті) і т.д. Застосування апарату штучних нейронних мереж (ШНМ) виглядає досить перспективним для вирішення зазначених завдань. Оскільки ваги ШНМ формуються на всьому масиві накопичених статистичних даних, то можна висунути гіпотезу про те, що ШНМ як нелінійна багатовимірна модель дозволить отримати статистичну оцінку досліджуваних параметрів освітнього процесу на істотно менш об'ємних вхідних вибірках окремого тесту, тобто раніше.

Для успішного застосування апарату ШНМ в якості навчальної вибірки можуть бути використані накопичені масиви даних з класичними статистичними оцінками названих параметрів, однак при цьому пропонується поряд з цими оцінками (тобто власне результатами тестування) використовувати також і поведінкові чинники, а саме: час на вивчення і вирішення окремого питання тесту; довжина питання тесту і варіантів відповіді в символах; число перемикачів різних варіантів відповіді; число повернень до попередніх питань прохідного тесту; число спроб проходження тесту на оцінку; число спроб проходження тесту в режимі тренування, середній рейтинг випробуваного за поточним курсом; сумарний рейтинг випробуваного по всіх вивчених курсів та ін. Математично реалізована ШНМ — мережа прямого поширення, яка навчається на основі авторського алгоритму генетичної адаптації архітектури та вибору параметрів навчання мережі за даними навчальної (80%) і валідаційних (20%) вибірок. Подібна автоматизація доповнює стандартну практику взаємних відвідувань, але на відміну від цієї форми контролю не вимагає трудовитрат для своєї реалізації і є повністю формалізованою, що дає вагомі переваги.

Технічний аспект. Система реалізована на базі IIS (Internet Information Services) і являє собою комплекс, що виконується на стороні сервера скриптів ASP та ASPX (Active Server Pages), які скомпоновані до бібліотек dll. Збереження даних виконується в базах даних сервера. Як вже було зазначено вище, для зміни структури і функцій системи в рамках усього вищого навчального закладу достатньо змінити лише програмне забезпечення на одному сервері.

Висновки та перспективи. У проведеному дослідженні розкрито поняття ТЗС і проблеми його використання та аналізу. Результати дослідження можуть бути використані в процесі створення вузла дистанційного навчання у вищих навчальних закладах. Запропонована система активно використовується протягом кількох років. Система довела високу ефективність застосування сучасних інформаційних технологій в освіті та готова до розповсюдження. Визначено, що використання ШНМ є перспективним шляхом розвитку систем ДН.

Література

1. Человеческий фактор. В 6 т. Т. 3. Моделирование деятельности, профессиональное обучение и отбор операторов: Пер. с англ./ Холдинг Д., Голдстейн Н., Эбертс Р. и др. (Часть 2. Профессиональное обучение и отбор операторов). — М.: Мир, 1991. — 302 с.
2. Brusilovsky, P., Eklund, J., Schwarz, E., Web-based education for all: A tool for developing adaptive courseware. Computer Networks and ISDN Systems (Proceedings of the Seventh International World Wide Web Conference), 30 (1—7), pp. 291—300, 1998.
3. Майоров А. Н. Теория и практика создания тестов для системы образования: Как выбирать, создавать и использовать тесты для целей образования. — М: Интеллект—Центр, 2002 — 352 с.
4. Нейман, Ю. М. Педагогическое тестирование как измерение : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / Ю. М. Нейман, В. А. Хлебников ; Центр тестирования М—ва образования РФ. — М. : Центр тестирования МО РФ, 2002. — 67 с.

References

1. Chelovecheskiy faktor. V 6 t. T. 3. Modelirovanie deyatel'nosti, professional'noe obuchenie i otbor operatorov: Per. s angl. [The Human Factor. In 6 vols. Vol.3. Modeling Activities, Vocational Training and Selecting Operators: Trans. from English] / Holding D., Goldsteyn N., Eberts R. and others (Part 2. Vocational Training and Selecting Operators). - Moscow, 1991. - 302 pp.
2. Brusilovsky, P., Eklund, J., Schwarz, E. Web-based education for all: A tool for developing adaptive courseware. Computer Networks and ISDN Systems (Proceedings of the Seventh International World Wide Web Conference), 30 (1-7), pp. 291-300, 1998.
3. Mayorov A. N. Teoriya i praktika sozdaniya testov dlya sistemy obrazovaniya: Kak vybirat', sozdavat' i ispol'zovat' testy dlya tseley obrazovaniya [Theory and Practice of Creating Tests for the System of Education: How to choose, create and use tests for purposes of education]. — Moscow, 2002 — 352 pp.
4. Neyman, Yu. M. Pedagogicheskoe testirovanie kak izmerenie : ucheb. posobie. V 2 ch. Ch. 1 [Pedagogical Testing as a Measurement: a Tutorial. In 2 parts. P. 1.] / Yu. M. Neyman, V. A. Khlebnikov ; Tsentri testirovaniya M-va obrazovaniya RF [Test Center of the Ministry of Education of Russian Federation]. - Moscow, 2002. — 67 pp.

Рецензент д-р екон. наук, проф. Одес. нац. політехн. ун-та Альохін О.Б.

Надійшла до редакції 14 вересня 2011 р.