

МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО ФОРМУВАННЯ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ

У статті розглянуто метод автоматизованого створення тестових завдань до навчальних матеріалів, який не вимагає додаткової формалізації навчальних матеріалів та використовує продукційну модель представлення знань для подання правил формування тестових завдань. В результаті використання методу автоматизованого формування тестових завдань створюється множина тестових завдань, що різні за параметрами й можуть бути використані для перевірки рівня засвоєння знань за допомогою існуючих навчальних середовищ та систем тестування. Створені тестові завдання розрізняються за такими параметрами, як тип запитання, кількість правильних відповідей, правило продукції, за яким сформоване тестове завдання, терміни, які використовуються в завданні тощо. Множина тестових завдань до навчальних матеріалів містить тестові завдання, що семантично, структурно та параметрично рівномірно охоплюють відповідний вхідний навчальний матеріал. Важливою рисою розробленого методу є прив'язка створених тестових завдань до всіх рівнів семантичної структури інформаційного навчального матеріалу, що забезпечує його повне покриття та надає можливість проведення адаптивного контролю рівня одержаних знань. Вхідними даними методу автоматизованого створення тестових завдань є контент інформаційного навчального матеріалу чи його визначеного елементу структури та відповідна множина ключових термінів. Вихідними даними є множина тестових завдань, а також множини зв'язків – між заголовками та тестовими завданнями, між ключовими термінами та тестовими завданнями. Для роботи методу необхідна множина правил продукції тестових завдань, створених окремо і заздалегідь.

Оскільки правила продукції застосовуються для всіх рівнів семантичної структури навчальних матеріалів, забезпечується повне покриття початкового матеріалу. Автоматизація процесу формування тестових завдань забезпечує суттєве скорочення часу на розробку тестових завдань. Дані, що містяться у моделі, дають можливість проведення адаптивного контролю рівня одержаних знань.

Ключові слова: тестування, навчальні матеріали, тестові завдання, тести, ключові терміни.

O. MAZURETS

Khmelnitskyi National University

METHOD FOR AUTOMATED TEST TASKS CREATION

The article considers the method of automated creation of test tasks for educational materials, which does not require additional formalization of educational materials and uses the production model of knowledge representation to represent the rules of creation of test tasks. As a result of the method of automated creation of test tasks, many test tasks are created, which are different in parameters and can be used to test the level of knowledge through existing educational environments and testing systems. The created test tasks differ in such parameters as the type of question, the number of correct answers, the rule of production according to which the test task is created, the terms used in the task etc. The set of test tasks for educational materials contains test tasks that semantically, structurally and parametrically cover the corresponding input educational material. An important feature of the developed method is the binding of the created test tasks to all levels of the semantic structure of the educational material, which ensures its complete coverage and allows for the adaptive control of the level of acquired knowledge. The inputs data of method of automated creation of test tasks for educational materials is the content of the information educational material or its defined structure element, and the corresponding set of key terms. The output is a set of test tasks, as well as a set of relationships - between titles and test tasks, between key terms and test tasks. The method data requires of method is the set of production rules of test tasks, created separately and in advance. With the use of information technology to fill all the sets of the model of the semantic structure of educational course, two methods are used consistently: the method of forming the structure of educational materials and of key terms search and the method of automated generation of prototypes of test tasks. Since the product rules are applied to all levels of the semantic structure of educational materials, full coverage of the educational material is provided. Automation of the process of formation of test tasks provides a significant reduction of time for the development of test tasks. The data contained in the model provide an opportunity for adaptive control of the level of knowledge gained.

Keywords: testing, educational materials, test tasks, tests, key terms.

Постановка проблеми в загальному вигляді

Важливу роль у вирішенні проблеми ефективного контролю рівня засвоєних знань, яка постає з розвитком нових технологій та підвищенням ступеня інформатизації суспільства і освіти, відіграють комп'ютерні засоби перевірки знань. Одним з основних способів контролю знань у навчальних інформаційних системах залишається комп'ютерне тестування [1]. Інформаційні технології дають можливість суттєво зменшити трудові затрати на створення тестових завдань з можливістю їх постійного оновлення, що формує актуальний напрямок наукових досліджень.

До навчального курсу дисципліни зазвичай включається інформаційний навчальний матеріал (ІНМ) як основний носій інформації в навчальному курсі й тестовий навчальний матеріал (ТНМ), призначений для визначення рівня засвоєння ІНМ. ТНМ містить тестові завдання різної складності, які дозволяють оцінити рівень засвоєння ІНМ, виявити прогалини в знаннях, причини неправильних дій суб'єкта, що вивчає навчальний курс. В умовах вузької спеціалізації курсів навчальних дисциплін, їх чисельності та інтенсивного оновлення, єдиним шляхом забезпечення курсів навчальних дисциплін репрезентативним та дискримінативним тестовим діагностичним матеріалом є автоматизація формування множин тестових завдань.

Аналіз останніх досліджень

Різноманітним аспектам тестування, розробки та застосування навчальних і тестувальних середовищ за сучасними інформаційними технологіями, питанням розробки програмних систем перевірки рівня знань присвячено багато праць вітчизняних і закордонних авторів: Аванесова В. С., Пасічника В. В., Пасічника Р. М., Тонкононого В. М., Башмакова І. А., Гагаріна О. О. Більшість з них здійснювали дослідження в сфері проведення тестувань, наповнення бази тестових завдань за допомогою засобів підтримки ручного створення тестових завдань, оцінки складності тестових завдань, безпеки процесу тестування та відтворення результатів.

Серед відомих засобів автоматизації формування тестових завдань необхідно відзначити метод параметризованих задач, метод генерації тестових завдань за понятійно-тезисною моделлю, а також метод генерації тестових завдань за формалізацією структурованих текстових тверджень. Дослідженням в напрямку автоматизації формування тестових завдань присвячено багато наукових публікацій, серед яких варто виділити роботи таких науковців як Снитюка В. Е. [1], Титенко С. В. [2], Мельника А. М. [3]. Розроблені рішення є ефективними для використання у визначених випадках, проте вимагають суттєвої і трудомісткої попередньої підготовки інформаційного навчального матеріалу. Це є складною задачею, проте в деяких випадках, наприклад формуванні математичних задачах для методу параметризованих тестів, безальтернативною [4]. Все ж, значна частина контенту інформаційного навчального матеріалу багатьох курсів навчальних дисциплін містить переважно текстовий контент, який характеризується послідовністю й семантичною зв'язністю подання. Ця ознака відриває шлях до розробки методу автоматизованого формування тестових завдань, який не вимагає суттєвої попередньої обробки інформаційного навчального матеріалу.

В попередніх публікаціях було розглянуто розроблену інформаційну технологію автоматизованого створення тестів до навчальних матеріалів [5] як комплексний інструмент для автоматизованого формування тестових завдань, що призначена для перетворення вхідних даних у вигляді електронного документу навчальних матеріалів у вихідні дані у вигляді множини тестових завдань та необхідних для проведення адаптивного тестування метаданих. Також було висвітлено складові інформаційної технології й супровідних досліджень. Зокрема, розроблено інформаційну модель семантичної структури навчального курсу [6], яка є формальним поданням ІНМ та ТНМ навчального курсу дисципліни та призначена для використання при реалізації відповідних прикладних програмних систем, дозволяючи проводити автоматизоване формування наборів тестових завдань й забезпечуючи максимально рівномірне і широке охоплення набором тестових завдань семантики навчального матеріалу. Запропоновано підходи до програмного аналізу структури ІНМ [7], до формування моделі структури ІНМ [8]. Визначено переваги використання алгоритму, що базується на дисперсійному аналізі електронних текстів [9], для оцінки семантичної важливості слів у контенті ІНМ [10]. Розроблено метод автоматизованого формування сортованих множин ключових термінів ІНМ [11].

Постановка задачі

Метою роботи є розробка методу автоматизованого формування тестових завдань до навчальних матеріалів, який не вимагає додаткової формалізації навчальних матеріалів та використовує продукційну модель представлення знань для подання правил формування тестових завдань. Вихідними даними методу є множина тестових завдань та метадані, необхідні для прив'язки створених тестових завдань до рівнів семантичної структури навчальних матеріалів, що забезпечує повне покриття навчального матеріалу та надає можливість проведення адаптивного контролю рівня одержаних знань.

Викладення основних матеріалів дослідження

Метод автоматизованого формування тестових завдань до навчальних матеріалів як складова інформаційної технології автоматизованого створення тестів до навчальних матеріалів виконує визначення елементів ряду множин інформаційної моделі семантичної структури навчального курсу. Інформаційна модель семантичної структури навчального курсу [6] є цілісним поданням семантичної структури навчального курсу, формалізація моделі проводиться шляхом подання частини елементів навчального курсу як множини сутностей (заголовків, ключових термінів, тестових завдань, зв'язків). Зокрема, метод формування тестових завдань до навчальних матеріалів визначає елементи наступних множин: множини тестових завдань M_{TestEx} , множини зв'язків між заголовками та тестовими завданнями $M_{Rel:H-TE}$, множини зв'язків між ключовими термінами та тестовими завданнями $M_{Rel:T-TE}$.

Кожен елемент множини тестових завдань $m_{TestEx} \in M_{TestEx}$ є кортежем вигляду:

$$m_{TestEx} = (ID, Type, TEContent, Answers), \quad (1)$$

де ID – унікальний ідентифікатор елемента, $Type$ – тип питання, $TEContent$ – контент власне тестового завдання, $Answers$ – кількість відповідей.

Кожен елемент множини зв'язків між заголовками та тестовими завданнями $m_{Rel:H-TE} \in M_{Rel:H-TE}$ є кортежем наступного вигляду:

$$m_{Rel:H-TE} = (3, Obj1, Obj2, Cont), \quad (2)$$

де 3 – ідентифікатор даного типу зв'язків; $Obj1$ – перша сутність з співвідношення, елемент множини заголовків $M_{Heading}$; $Obj2$ – друга сутність з співвідношення, елемент множини M_{TestEx} ; $Cont$ – числовий показник номеру використаного речення.

Кожен елемент множини зв'язків між ключовими термінами і тестовими завданнями $m_{Rel:T-TE} \in$

$M_{Rel:T-TE}$ є кортежем наступного вигляду:

$$m_{Rel:T-TE} = (4, Obj1, Obj2, Loc), \tag{3}$$

де 4 – ідентифікатор даного типу зв'язків; $Obj1$ – перша сутність з співвідношення, елемент множини ключових термінів M_{Term} ; $Obj2$ – друга сутність з співвідношення, елемент множини M_{TestEx} ; Loc – числовий показник, що одержуються в результаті використання методу автоматизованого формування тестових завдань й є вказівником на тип або місце використання терміну в тестовому завданні.

Процедурні знання чи правила є набором певних процедур для перетворення знань як даних. Модель продукції найкраще відображає процедурний характер знань. Основним конструктивним елементом такої моделі є правило продукції, яке можна подати так: *ЯКЩО* <умова> *ТО* <висновок чи дія>, тобто правило складається з умовної та дієвої частини. Умовою (антецедентом) є деяке речення-шаблон, за яким здійснюється пошук, а дією (консеквентом) – алгоритм перетворення речення в контент складових тестового завдання, що виконуються при успішних результатах пошуку (рис. 1).

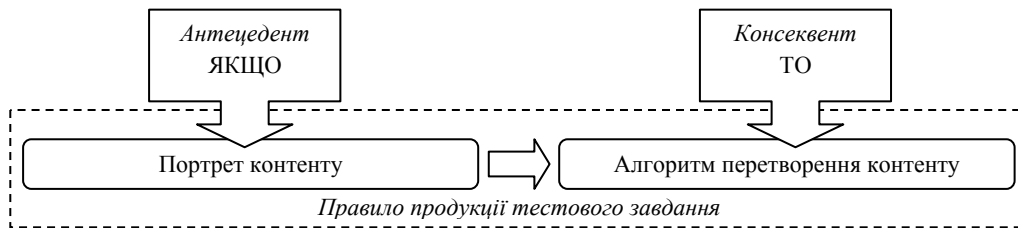


Рис. 1. Схема продукційного правила для формування прототипів тестових завдань

Прикладом продукційного правила для генерації прототипу тестових завдань може бути подане на рис. 2. В даному випадку, антецедент визначає три вимоги до речення, у випадку одночасного виконання яких правило активується. При застосуванні антецеденту використовуються активний термін та множина сполучних фрагментів. Консеквент визначає послідовність дій із чотирьох кроків, необхідну для формулювання контенту тестового завдання. При застосуванні консеквенту використовуються контент речення, активний термін та множина ключових термінів для даного фрагменту тексту.



Рис. 2. Приклад продукційного правила для генерації прототипів тестових завдань

Таким чином, множина правил продукції M_{Rule} є основним механізмом для створення тестових завдань. Кожне правило продукції тестових завдань $\forall m_{Rule} \in M_{Rule}$ є кортежем із двох елементів – антецедента та консеквента, які формують імплікацію:

$$m_{Rule} = (a \Rightarrow c), \tag{4}$$

де a – антецедент правила, c – консеквент правила.

Схему методу автоматизованого формування тестових завдань подано на рис. 3. Вхідними даними методу автоматизованого формування тестових завдань є контент інформаційного навчального матеріалу чи його визначеного елементу структури $M_{Heading}$ та відповідна множина ключових термінів $M_{Term} \cup M_{Rel:H-T}$; вихідними даними є множина тестових завдань M_{TestEx} , а також множини зв'язків – між заголовками та тестовими завданнями $M_{Rel:H-TE}$ і між ключовими термінами та тестовими завданнями $M_{Rel:T-TE}$. Для роботи методу необхідна множина правил продукції тестових завдань M_{Rule} , створених окремо і заздалегідь.

Спершу (Блок 1) шляхом парсингу контенту обраного елементу ІНМ (атрибут $HContent$ кортежів множини $M_{Heading}$) формується множина фрагментів M_S , кожен з яких є реченням або в деяких випадках (наприклад, переліках) – множиною речень. Фрагменти локалізують потенційний контент для створення окремих тестових завдань.

Для створення множини тестових завдань G (Блок 2) кожен елемент $m_S \in M_S$ з кожної рубрики документу $m_{Heading} \in M_{Heading}$ перевіряється на наявність кожного ключового терміну $m_{Term} \in M_{Term}$, зіставленого даній рубриці $m_{Term} \cap M_{Rel:H-T} \neq \emptyset$. Якщо термін m_{Term} присутній в фрагменті m_S , то проводиться перебір правил продукції M_{Rule} на предмет відповідності умови (антецедента) правила. Кожен випадок відповідності $\exists(\forall m_{S,i} \cap \forall m_{Term,j} \cap \forall m_{Rule,k} \neq \emptyset)_x$ має наслідком автоматичне створення нового тестового завдання g_x . Дієва частина правила продукції (консеквент) визначає алгоритм перетворення контенту фрагменту m_S у тестове завдання g .

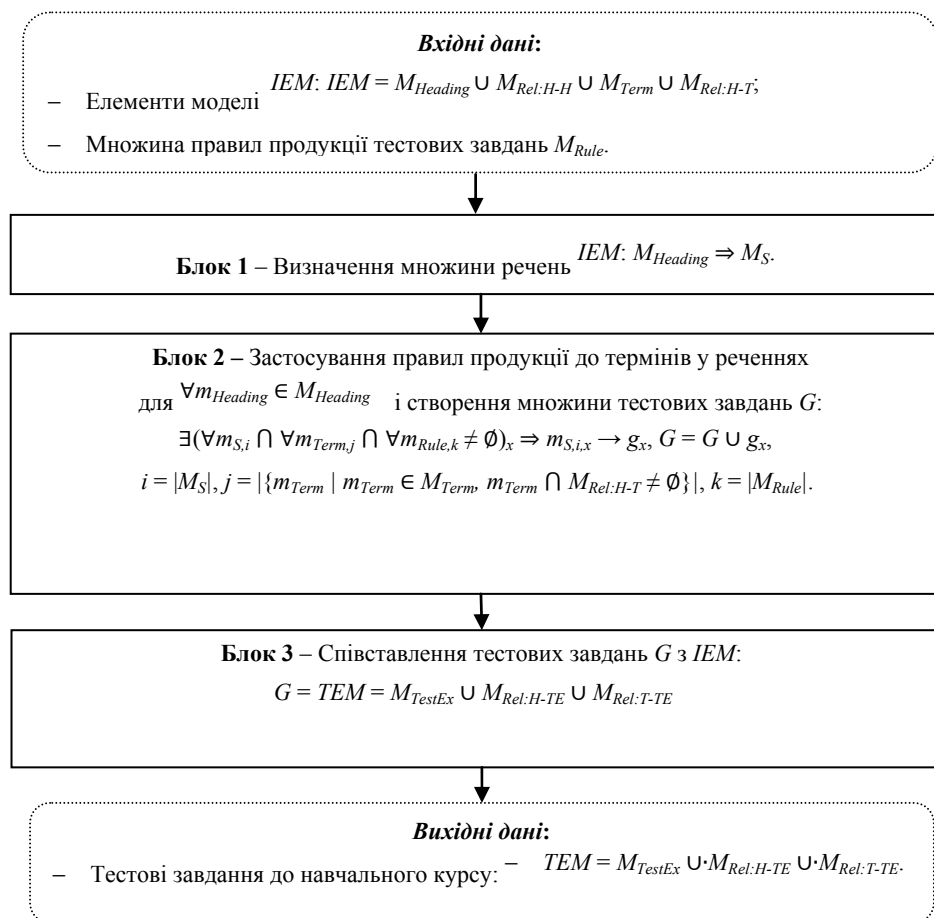


Рис. 3. Загальна схема методу автоматизованого формування тестових завдань

Шляхом перебору фрагментів, термінів та правил продукції виконується пошук відповідності антецедента обраного правила в фрагменті контенту ІНМ. Якщо відповідність встановлено – відповідно до консеквента даного правила формується нове тестове завдання, перевіряється на наявність мінімальної для даного типу тестових завдань кількості необхідних елементів, й додається до множини тестових завдань M_{TestEx} . Після чого (Блок 3) формуються відповідні зв'язки як елементи множини зв'язків між заголовками та тестовими завданнями $M_{Rel:H-TE}$ й множини зв'язків між ключовими термінами та тестовими завданнями $M_{Rel:T-TE}$.

Вихідними даними методу автоматизованого формування тестових завдань є всі атрибути елементів множин ТНМ: $G = TEM = M_{TestEx} \cup M_{Rel:H-TE} \cup M_{Rel:T-TE}$.

Кожне тестове завдання має множину відповідей, кожна з яких має параметри: контент відповіді, оцінка відповіді. Оцінка відповіді визначається автоматично з наступного розрахунку. Якщо максимальний

баз за правильну відповідь на тестове завдання рівний B , а кількість правильних відповідей N_{True} , то кожна правильна відповідь отримує бал $B_{True} = B/N_{True}$. Відповідно, якщо кількість хибних відповідей N_{False} , то кожна хибна відповідь отримує бал $B_{False} = -B/N_{False}$.

Для покращення згенерованих тестових завдань передбачена можливість ручного коригування контенту кожного одержаного тестового завдання та автоматизованого коригування загальної кількості тестових завдань.

Дискусія

Запропонований метод автоматизованого формування тестових завдань, не втрачаючи переваг ручного методу (контроль рівномірності покриття контенту навчальних матеріалів, контроль повноти уваги до семантичних термінів, контроль рівномірності уваги до семантичних термінів, можливість використання тесту для адаптивного тестування), зберігає переваги існуючих методів формування тестових завдань (низькі трудозатрати для підготовки контенту навчальних матеріалів та висока швидкість формування множини тестових завдань). Також можна відзначити наступні властивості методу:

- оскільки правила продукції застосовуються для всіх рівнів семантичної структури навчальних матеріалів, забезпечується повне покриття начального матеріалу;
- автоматизація процесу формування тестових завдань забезпечує суттєве скорочення часу на розробку тестових завдань;
- метадані тесту, що містяться у моделі (тестові завдання, зв'язки) дають можливість проведення адаптивного контролю рівня одержаних знань.

Перевагами представлення алгоритмів формування тестових завдань у вигляді продукційних правил є:

- Модульність (окремі продукційні правила можуть бути додані до БЗ, видалені чи відредаговані незалежно від інших).
- Наглядність та однаковість структури.
- Простота створення та розуміння окремих правил.
- Простота механізму логічного виведення.

Недоліками представлення алгоритмів формування тестових завдань у вигляді продукційних правил є:

- Низька ефективність обробки, оскільки більша частина часу витрачається на перевірку можливості застосування правил.
- Відсутність гнучкості при логічному виведенні.
- Складність оцінки цілісного образу знань з тієї чи іншої предметної області.
- При великій кількості продукційних правил достатньо складно відстежити несуперечливість та повноту бази знань.

Застосування обмеженої кількості тегів для формалізації правил продукції призводить до громіздких виразів у антецеденті та консеквенті правила, розширення множини тегів приводить до пропорційного ускладнення алгоритмів інтерпретації тегів та збільшенню часу на перевірку можливості застосування правил.

Висновки

В статті розглянуто метод автоматизованого формування тестових завдань до навчальних матеріалів, який не вимагає додаткової формалізації навчальних матеріалів та використовує продукційну модель представлення знань для подання правил формування тестових завдань. В результаті використання методу автоматизованого формування тестових завдань отримують множину тестових завдань, що різні за параметрами (тип запитання, кількість правильних відповідей, правило за яким сформоване тестове завдання, терміни які використовуються в завданні тощо) й можуть бути використані для перевірки рівня засвоєння знань за допомогою існуючих навчальних середовищ та систем тестування. Множина містить тестові завдання, що семантично, структурно та параметрично рівномірно охоплюють відповідний вхідний ІНМ.

Важливою рисою розробленого методу є прив'язка створених тестових завдань до всіх рівнів семантичної структури ІНМ, що забезпечує його повне покриття та надає можливість проведення адаптивного контролю рівня одержаних знань.

Література

1. Снитюк В. Е. Интеллектуальное управление оценкой знаний / В. Е. Снитюк, К. Н. Юрченко. – Черкассы, 2013. – 262 с.
2. Титенко С. В. Автоматизации построения тестовых заданий в системах дистанционного обучения на основе понятийно-тезисной модели / С. В. Титенко // Educational Technology & Society. – 2013. – 16 (1). – Р. 482–499.
3. Melnyk A. System of semantic classes for test's generation / A. Melnyk, R. Pasichnyk // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science. Proceedings of the International Conference. TCSET'2010. – Lviv-Slavsko, Ukraine, 2010. – Р. 206–207.
4. Кліменко В. І. Аналіз сучасних методів генерації тестових завдань / В.І. Кліменко, О.В. Мазурець

// Збірник наукових праць за матеріалами десятої міжнародної науково-технічної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних технологій 2016». – Хмельницький, 2016. – С. 77–84.

5. Мазурець О. В. Інформаційна технологія автоматизованого створення тестів до навчальних матеріалів / О. В. Мазурець // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – Хмельницький, 2019. – № 4 (275). – С. 84–91.

6. Бармак О. В. Інформаційна модель семантичної структури навчального курсу / О. В. Бармак, О. В. Мазурець // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – Хмельницький, 2018. – № 6. Т. 1. – С. 92–97.

7. Мазурець О. В. Використання спеціалізованих програмних розширень для автоматизації роботи з цифровими документами навчальних матеріалів / О. В. Мазурець, О. В. Ковальчук, В. О. Слободзян // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – Хмельницький, 2018. – № 1. – С. 61–69.

8. Мазурець О. В. Онтологічний підхід до побудови семантичної моделі навчальних матеріалів / О. В. Мазурець // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – Хмельницький, 2017. – № 6. – С. 223–229.

9. Ландэ Д. В. Компактифицированный горизонтальный граф видимости для сети слов / Д. В. Ландэ, А. А. Снарский // Труды Международной научной конференции «Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2013. Знания и рассуждения». – Киев : КПИ, 2013. – С. 158–164.

10. Бармак О. В. Методи автоматизації визначення семантичних термінів у навчальних матеріалах / О. В. Бармак, О. В. Мазурець // Вісник Хмельницького національного університету. Сер.: Технічні науки. – Хмельницький, 2015. – № 2(223). – С. 209–213.

11. Мазурець О. В. Інформаційна технологія автоматизованого визначення семантичних термінів в елементах навчальних матеріалів / О. В. Мазурець // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – Хмельницький, 2018. – № 3. – С. 223–230.

References

1. SNYTYUK, V. E. & YURCHENKO K. N. (2013) Intelligent Management of Knowledge Assessment. Cherkassy.
2. TITENKO, S. V. (2013) Avtomatizatsii Postroyeniya Testovykh Zadaniy v Sistemakh Distantionnogo Obucheniya na Osnove Ponyatiyno-Tezishnoy Modeli. Educational Technology & Society. Issue 16, 2013.
3. MELNYK, A. (2010) System of Semantic Classes for Test's Generation. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science. Proceedings of the International Conference. TCSET'2010. Lviv-Slavsko, Ukraine. p. 206–207.
4. KLIMENKO, V. I. & MAZURETS, O. V. (2016) Analysis Of Modern Methods For Generation Of Test Tasks // Collection of scientific works on the materials of the Xth international scientific and technical conference "Actual Problems of Computer Technologies 2016". p. 77–84.
5. MAZURETS, O. V. (2019) Information Technology for Automated Test Creation for Educational Materials. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, Issue 4, 2019 (275). p. 84–91.
6. BARMAK, O. V. & MAZURETS, O. V. (2018) Information Model of The Semantic Structure of the Educational Course // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, Issue 6, Vol.1, 2018 (267). p. 92–97.
7. MAZURETS, O. V., KOVALCHYK, O. V. & SLOBODZIAN, V.O. (2018) Using Specialized Software Packages for Automation of Work with Digital Documents of Educational Materials // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, Issue 1, 2018 (257). p. 61–69.
8. MAZURETS, O. V. (2017) Ontological Approach to Building a Semantic Model of Educational Materials. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, Issue 6, 2017 (255). p. 223–229.
9. LANDE, D. V. & SNARSKIY, A. A. (2013) Kompaktificirovanniy Gorizontalniy Graf Vidimosti dlya Seti Slov. Trudi Mejdunarodnoy Nauchnoy Konferencii «Intellektualniy Analiz Informacii IAI-2013. Znanija I Rassujdenia». p 158–164.
10. BARMAK, O. V. & MAZURETS, O. V. (2015) Methods of Automation of Definition of Semantic Terms in Educational Materials // Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, Issue 2, 2015 (223). p. 209–213.
11. MAZURETS, O. V. (2018) Information Technology for Automated Definition of Semantic Terms in the Content of the Elements of Educational Materials. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, Issue 3, 2018. p. 223–230.

Рецензія/Peer review : 21.05.2019 р.

Надрукована/Printed : 23.07.2019 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Сорокатиї Р. В.