

УДК 004.416.3:004.89

П.І. Федорук, М.В. Пікуляк

Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника, Івано-Франківськ

## ПОБУДОВА МОДУЛЯ ВЕРИФІКАЦІЇ ЕКСПЕРТНИХ ПРАВИЛ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ОБРОБКИ НАВЧАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

У статті описано розроблений модуль верифікації експертних правил для автоматизованої обробки навчальної інформації в адаптивній системі передачі знань. Виконано огляд існуючих методів верифікації та досліджено ефективність застосування введених критеріїв повноти правил для експериментальної перевірки побудованої бази знань сценарних прикладів.

**Ключові слова:** адаптивна система, експертні правила, автоматизована обробка, модуль верифікації.

### Вступ

Використання сучасних інформаційних технологій у навчальному процесі дозволяє підвищити якість навчального процесу й підсилити освітні ефекти від застосування інноваційних педагогічних програм і методик, оскільки дає викладачам додаткові можливості для побудови індивідуальних освітніх траєкторій студентів, а також дозволяє автоматизувати цей процес.

Проблема навчання на основі теорії програмованого навчання стала предметом вивчення дослідників з педагогіки, психології, математики. В роботах П. Гальперіна, В. Глушкова, Т. Ільїної, М. Нікандрова, Н. Талізїної, Т. Ростунової та інших було зроблено методологічне обґрунтування методів програмно-керуючого навчання з використанням навчаючих машин. Але програмоване навчання не вирішує проблем, пов'язаних з індивідуалізацією навчання (кадри навчального матеріалу розробляються на основі даних про «середнього» студента). У значній мірі перспективи подальшого розвитку системи освіти пов'язані із застосуванням технологій дистанційного навчання.

На сучасному етапі розвитку дистанційної освіти все ширше використовуються адаптивні системи передачі знань, що базуються на інформаційних технологіях. Адаптивне навчання – це таке навчання, що враховує як вікові, так і індивідуальні особливості студентів. Адаптація може ґрунтуватися на інформації, зібраній системою в процесі навчання з врахуванням історії навчання кожного суб'єкта, бути запрограмована заздалегідь, або бути комбінацією цих двох підходів.

Під час розробки подібних навчальних систем з метою побудови індивідуальної траєкторії для тих, хто навчається, необхідно вирішити цілий ряд питань різного характеру, пов'язаних із пошуком, вилученням, поданням, організацією, веденням та накопиченням навчальних квантів знань. Поряд з питаннями розробки гостро постає проблема експериментальної перевірки системи та подальшого практичного впровадження в навчальний процес.

Для вирішення поставленої задачі у системі передачі знань розроблений модуль верифікації, який використовує домен-експерт для автоматизованої обробки навчальної інформації, яка використовується структурними компонентами системи.

### Структура навчальної системи

Розроблена нами адаптивна інтелектуальна система складається із шести взаємозв'язаних модулів (рис. 1) [1].



Рис. 1. Структура інтелектуальної навчальної системи

Безпосередня взаємодія користувача із навчальною системою відбувається через інтерактивний модуль. За результатами, що відображають поточний рівень засвоєння знань і які поступають від студентського модуля, домен-експерт проводить оцінку процесу навчання та виконує індивідуальний підбір навчальних квантів інформації (поступають з навчального модуля), необхідних для подальшого ефективного продовження навчання.

Виконуючи функцію всесторонньої оцінки процесу навчання, управління в домені-експерті досягається за рахунок продукційних правил, кожне з яких представлено сценарним прикладом, що розроблений експертом з певної предметної галузі. Такі експертні системи проводять поточний аналіз засвоєння знань студентом, надають допомогу для ефективного продовження навчання у вигляді підказок і консультацій та направляють по навчальній траєкторії, яка най-

більш точно відповідає поточному рівню його знань. Застосування експертних правил як математичного засобу побудови навчальної моделі забезпечує високу степінь формалізації та зручність представлення логічних зв'язків у сценарних прикладах. Кожне таке правило являє собою окреме педагогічне рішення, що описує деяку навчальну ситуацію та множину дій, які необхідно виконати у випадку, якщо певні посилання будуть виконуватись.

### Стандартизація процесів верифікації БЗ

В процесі верифікації бази знань (БЗ) сценарних прикладів відбувається перевірка наперед визначених властивостей системи знань відповідно до її специфікації: відповідність між нормами стандартів, описом вимог до БЗ, проектними рішеннями, вихідним кодом та документацією, призначеною для користувача.

Модуль верифікації, який функціонує в домені експерти, пов'язаний із вирішенням наступних питань [2]:

- залежність методу верифікації від моделі подання знань;
- залежність верифікації від предметної галузі, що позначається в збереженні мета-знань про проблемну галузь в самому методі верифікації;
- критерії верифікації, тобто визначення різних типів аномалій, що можуть бути виявленими в БЗ;
- визначення структури моделі БЗ (плоска та ієрархічна), що впливає на вибір стратегії верифікації,
- монотонність БЗ;
- вибір стратегії верифікації: виявлення та виправлення помилок;
- участь експерта з галузі під час виявлення помилок та аномалій в БЗ;
- критерії якості верифікатора та інші.

Даний модуль розроблений згідно вимог стандарту ISO 9126 [3]. При його побудові були дотримані встановлені атрибути якості, що стосуються оцінки контролю функціонування програмного забезпечення:

- функціональність (functionality) – здатність програмного компонента в певних умовах вирішувати завдання, потрібні користувачам; визначає, що саме робить модуль;
- надійність (reliability) – здатність БЗ підтримувати певну працездатність в заданих умовах;
- зручність використання (usability) або практичність – здатність БЗ бути зручними у навчанні та використанні, а також привабливими для користувачів;
- продуктивність (efficiency) або ефективність – здатність БЗ при заданих умовах забезпечувати необхідну працездатність по відношенню до ресурсів, виділених для цього;
- зручність супроводу (maintainability) – зручність проведення всіх видів діяльності, пов'язаних із супроводом БЗ;

- переносимість (portability) – здатність БЗ зберігати працездатність при перенесенні з одного середовища в інше, включаючи організаційні, апаратні і програмні аспекти.

Головне завдання, яке вирішує модуль верифікації бази правил, полягає у досягненні гарантії того, що розроблена база відповідає вимогам цілісності, повноти та точності застосування сценарних прикладів на кожному етапі навчального процесу та виконана із дотриманням відповідних стандартів дистанційної освіти.

### Методи верифікації БЗ

На сьогодні в теорії існує значна кількість праць, присвячених розробці методів верифікації традиційних продукційних експертних систем. Проте адекватних підходів та методів верифікації БЗ у галузі адаптивних навчальних систем практично немає. Ось чому такими важливими та актуальними постають дослідження побудови та подальшої апробації у системі дистанційної освіти бази експертних правил, що використовуються для обробки навчального контенту. Ефективним методом відстеження залежностей між посиланнями у продукціях та пошуком їхньої несумісності виступає метод верифікації композиції правильних компонент [4], за допомогою якого можна досягти монотонності, тобто звуження кількості продукцій.

Для забезпечення монотонності тут застосовується лінійний, послідовний порядок вибору продукцій. Це вдається досягти за допомогою двох можливих шляхів:

- створенням спочатку загального предикату (граматики), що містить всі можливі варіанти рішення, а потім відсікання з нього зайвих;
- побудова не граматики, а тексту готового рішення шляхом послідовного доповнення, добудови предикату.

Цей метод може розглядатися як спосіб верифікації предикатів як у посиланнях, так і у висновках продукцій [4]. Перевірити ефективність застосування описаного методу можна на основі переліку фактів, що задаються в посиланнях продукцій. Наведемо приклад його застосування на одному із експертних правил адаптивної навчальної системи.

**Правило.** Якщо «рівень знань» – низький і «швидкість проходження курсу» – висока, ТО «повторне вивчення тих самих квантів знань».

На основі описаного методу дане правило можна трактувати наступним чином: якщо виконується 1-а умова, це свідчить про низький рівень освоєння матеріалу. Тут можливі кілька варіантів навчальної поведінки студента:

- або він намагався вивчити поданий матеріал, але не зміг: в такому випадку йому необхідно подати додаткові кванти із допоміжними даними;
- або він не захотів вивчити, тобто не приклав певних зусиль для цього.

Оскільки швидкість висока і час досить високий, то є велика ймовірність стверджувати про те, що студент досить швидко, без особливих намагань пройшов засвоєння даного матеріалу, а значить, необхідно повторно направити його на вивчення того самого матеріалу. Тут варіант «повторного вивчення» (при низькому рівні знань) розглядається як обов'язково існуючий, але завдяки врахуванню додаткових даних приймається більш вірне рішення про продовження навчального процесу.

Якщо умова 2 не спостерігається – то навчальну траєкторію необхідно направити на залучення додаткових навчальних квантів знань задля ефективного вивчення студентом цього матеріалу.

Як бачимо, метод правильного порядку слідування продукцій забезпечує монотонність виведення, але вимагає використання різних типів продукцій на різних етапах побудови модуля бази знань.

Як один із додаткових методів верифікації експертної системи може бути застосований метод пояснення знань [5]. В результаті застосування цього методу формується багатовимірна деревоподібна структура, вершинами якої є твердження, що описують стан середовища на різних етапах роботи системи: коренем є твердження, що потребує пояснення шляху виведення, вершинами рівня  $n$  виступають твердження, які визначають стан середовища до виконання початкової дії, що призвела до активації виведення твердження, а вершинами рівня  $n-1$  – твердження, що описують початковий стан середовища, зміна якого відбулась в результаті початкової дії користувача; ребрами якої є дії, що призвели до зміни середовища. Таке трактування дозволяє розглядати розроблену експертну систему як граф, вершинами якого виступають предикати, антецедентами яких є значення відповідних студентських параметрів.

З метою удосконалення процесів верифікації БЗ доцільно розбити їх на окремі рівні [6]:

- системне тестування, в ході якого тестується система в цілому;
- інтеграційне тестування, в ході якого тестуються групи взаємодіючих модулів і компонент системи;
- модульне тестування, в ході якого тестуються окремі компоненти.

Рівневе розбиття дає змогу розділити верифікаційні дослідження стосовно навчальної системи в цілому та її компонент окрема. Виділяють також статичні та динамічні типи аномалій (відхилень) експертних правил, отримані в результаті моделювання [7]:

- статичні аномалії – значення атрибуту, на яке немає посилань, недопустимі значення атрибутів, неможливий висновок, замкнуті правила, зайві If-умови, надлишкові правила, конфліктні правила, пересічні правила;
- динамічні аномалії – надлишкові ланцюжки правил, конфліктні ланцюжки правил, замкнуті ланцюжки правил, пересічні ланцюжки правил.

У роботі [8] для дослідження різних типів аномалій БЗ використовуються наступні критерії повноти (охоплення):

- критерій повноти правил (кожне правило повинно використовуватись хоча б один раз);
- критерій повноти розгалужень (перевірка виконання умов у кожному правилі і випадків їх невиконання);
- критерій повноти умов (перевірка всіх складових кожної логічної умови в кожному правилі) [8].

### Розробка модуля верифікації

Для дослідження різних типів аномалій побудованої БЗ сценарних прикладів, як правило, не обов'язково проводити аналіз всіх можливих ланцюжків виведення. В цьому випадку корисною є побудова загального плану верифікації, заснованого на певних критеріях оцінки, що виконують автоматичну обробку навчальної інформації (рис. 2).

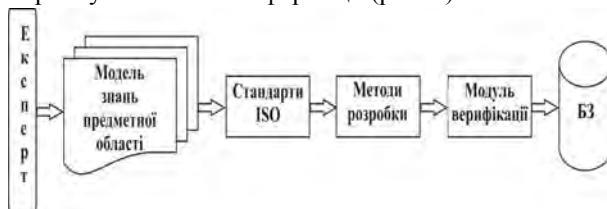


Рис. 2. Загальна схема побудови бази знань експертних правил

В основі розробленого модуля верифікації покладена модель, що використовує різні типи критеріїв повноти правил, введені Г.В. Рибіною [8], а для деталізації кожного із типів застосовано значення атрибутів, досліджені В.В. Куляміним [7]. Дана модель розширена до навчальної предметної області введенням додаткових верифікаційних атрибутів з метою ґрунтовнішого дослідження розробленої БЗ експертних правил у системі передачі знань. Модуль передбачає два етапи проведення верифікації (рис. 3):



Рис. 3. Структура модуля верифікації

- 1) прийняття рішення – перед практичним впровадженням в навчальний процес;
- 2) апробація – в процесі експлуатації навчальної системи.

Для реалізації першого етапу введені наступні параметри (атрибути):

- для дослідження критерію повноти правил:
  - 1) кількість правил, що не були задіяні;

- 2) циклічні правила;
- 3) замкнуті правила;
- 4) правила, що перетинаються;
- для дослідження критерію повноти розгалужень:
  - 1) зайві If-умови;
  - 2) недопустимі посилання відповідно до режиму навчання;
  - для дослідження критерію повноти умов:
    - 1) надлишкові умови;
    - 2) конфліктні умови;
    - 3) відповідність умов у продукціях та коефіцієнтів достовірності.

Другий етап верифікації передбачає здійснення зворотнього зв'язку розробника із навчальною програмою безпосередньо під час проведення адаптивного навчання. Він визначається такими параметрами:

- 1) перелік правил, які були задіяні системою для навчання студентів, у яких виявлено високий підсумковий рівень знань;
- 2) перелік правил, використаних для навчання студентів із середнім рівнем знань;
- 3) перелік правил, використаних для навчання студентів із низьким рівнем знань.

Якщо на першому етапі верифікації за отриманими значеннями досліджених у модулі критеріїв повноти можна при потребі внести необхідні виправлення у структуру експертних правил, то другий етап дозволяє виконати перевірку функціонування навчальної системи відповідно до рівня засвоєних знань студентом та визначити для нього подальшу траєкторію вивчення теми, що розглядається.

### Висновок

Експериментальна перевірка впровадження даного модуля в систему дистанційної освіти показала високу її ефективність задля вирішення наступних задач:

- пошук дефектів розробки окремих експертних правил;
- виявлення найбільш критичних та найбільш схильних до помилок частин створюваної і супроводжуваної частин системи;
- контроль і оцінка якості використання компонентів БЗ правил у всіх її аспектах;

- формування інформації про поточний стан розробленої БЗ та характеристик результатів застосування у навчальному процесі.

За допомогою автоматичної обробки навчальної інформації, проведеної у модулі верифікації, вдається досягти гарантії того, що розроблена база знань сценарних прикладів відповідає педагогічним вимогам навчального процесу, реалізована із дотриманням повноти та цілісності БЗ та задовольняє проектні специфікації і стандарти.

### Список літератури

1. Федорук П.І. Адаптивна система дистанційного навчання та контролю знань на базі інтелектуальних Інтернет-технологій / П.І.Федорук // Івано-Франківськ: Видавництво "Плаї" ЦІТу Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. – 2008. – 326 с.
2. Zhang Du. Knowledge base verification: issues and approaches / Du Zhang // AAI Technical Report. – AAI. – 1993. – P. 148-149.
3. ISO/IEC 9126-1 Software engineering – Product quality – Part 1: Quality model. Geneva, Switzerland: ISO, 2001.
4. Григорьев А.В. Обеспечение монотонности вывода и верификация баз знаний в инструментальной оболочке для создания интеллектуальных надстроек над САПР / А.В. Григорьев, О.В. Малявка // Научные работы ДонНТУ. – 2010. – Вып. 11(164). – С. 161-164.
5. Климова М.В. Разработка метода та моделі верифікації знань в онтологічних системах / М.В. Климова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – 4/8 (40). – С. 32-36.
6. Сеницын С.В. Верификация программного обеспечения [Электронный ресурс] / С.В. Сеницын, Н.Ю. Налютин // Режим доступа до ресурсу: <http://www.intuit.ru/departament/se/verify/>.
7. Кулямин В.В. Методы верификации программного обеспечения / В.В. Кулямин // Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению "Информационно-телекоммуникационные системы", 2008. – 117 с.
8. Рыбина Г.В. Методы и алгоритмы верификации баз знаний в интегрированных экспертных системах / Г.В. Рыбина, В.В. Смирнов // Новости искусственного интеллекта. – 2005. – № 3. – С. 7-19.

Надійшла до редколегії 1.07.2011

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук, проф. А.В. Загороднюк, Прикарпатський національний університет, Івано-Франківськ.

### ПОСТРОЕНИЕ МОДУЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ ЭКСПЕРТНЫХ ПРАВИЛ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ УЧЕБНОЙ ИНФОРМАЦИИ

П.И. Федорук, Н.В. Пикуляк

В статье описан разработанный модуль верификации экспертных правил для автоматизированной обработки учебной информации в адаптивной системе передачи знаний. Выполнен обзор существующих методов верификации и исследована эффективность применения введенных критериев полноты правил для экспериментальной проверки построенной базы знаний сценарных примеров.

**Ключевые слова:** адаптивная система, экспертные правила, автоматизированная обработка, модуль верификации.

### CONSTRUCTION OF VERIFICATION MODULE OF EXPERT RULES FOR AUTOMATED PROCESSING OF LEARNING INFORMATION

P.I. Fedoruk, M.W. Pikulyak

The article deals with the use of verification module of expert rules for automated processing of learning information in adaptive system of knowledge transfer. The existing verification methods are analyzed; the effectivity of the use of completeness rules criteria for experimental check of created knowledge base of scenario examples are investigated.

**Keywords:** adaptive system, expert rule, automated processing, module verification.