

УДК 004.891.3

Экспертная система для проведения анализа стандартов квалификации в европейских странах

Владимир Еремеев¹, Александр Сечин², Яна Пидберезня³

*Мелитопольский государственный педагогический университет
имени Богдана Хмельницкого,
г. Мелитополь, Украина*

¹доктор технических наук, профессор кафедры информатики и кибернетики
<https://orcid.org/0000-0002-0131-0049>, evs1938@gmail.com

²студент магистратуры
<https://orcid.org/0000-0003-2809-7695>, sashasechin@gmail.com

³студентка магистратуры
<https://orcid.org/0000-0003-2760-6582>, yanapidbereznya@gmail.com

Аннотация. Разработана экспертная система для проведения сравнительного анализа квалификационных уровней стандартов образования европейских стран по дескриптору «Знание». Код программы составлен на базе технологии Windows Forms в среде разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio Community 2017. Метод проведения анализа состоял в определении меры каждого уровня стандарта на основе экспертного оценивания вероятности вхождения элементарных смысловых единиц из универсального множества в рассматриваемый уровень. Использование этого метода позволило создать удобный инструмент для проведения сравнительного оценивания стандартов образования Европейских стран по дескриптору «Знание». Результаты тестирования экспертной системы свидетельствуют о достаточно высокой эффективности программного продукта. Полученные результаты хорошо согласуются с известными литературными данными.

Ключевые слова: Болонский процесс; информационная система; математическая модель; национальные стандарты образования; уровни квалификации образования; экспертная система.

Expert System for the Analysis of Qualification Standards in European Countries

Vladimir Eremeev¹, Oleksandr Siechin², Yana Pidbereznia³

*Bogdan Khmelnsky Melitopol State Pedagogical University,
Melitopol, Ukraine*

¹Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Computer Science and Cybernetics
<https://orcid.org/0000-0002-0131-0049>, evs1938@gmail.com

²master student
<https://orcid.org/0000-0003-2809-7695>, sashasechin@gmail.com

³master student
<https://orcid.org/0000-0003-2760-6582>, yanapidbereznya@gmail.com

Resume. National standards of education in the Bologna Process countries differ both in the structural and in the substantive parts of the documents. Automation of comparison of qualification levels of different countries allows to provide more effective interaction of university centers in the field of educational services and the labor market. In this article, using the method of Professor V. Osadchy, an expert system of ES for the comparative analysis of the qualification levels of the standards of European countries on the descriptor «Knowledge» was developed. The code of the program is based on the Windows Forms technology in the Microsoft Visual Studio Community 2017 software development environment. The algorithm for comparing the levels related to different standards is implemented in the form of the following operations:

First step. In the studied subject area Q , which contains a textual description of the qualification levels of education, a universal set V is created from elementary semantic units v_i with the indication of the measure of each element $\mu(v_i)$. The semantic content of v_i is presented in text form in such a way that the expert has the opportunity to characterize any level of the standard P^u with the help of a subset of R^u from the elements.

The second step. From the list of participants in the Bologna Process, countries and their qualification levels are selected to carry out the comparison.

The third step. Experts fill in the tables with an estimate of the probability of occurrence of elementary semantic units v_i in the subset R^u for the chosen qualification level.

The fourth step. We calculate the measures of the subset $\mu(R_u)$ and display the results of calculations on the display screen.

The use of this algorithm made it possible to create a convenient software product for conducting a comparative analysis of the national standards of education in European countries. Efficiency tests were carried out in various modes of filling the initial forms. Using the example of comparing the NQFU standards and the EQF standard for the «Knowledge» descriptor, the reliability of the functioning of all forms of the program, the stability of the output of information with respect to unauthorized actions of experts, and the convenience provided to the user by the interface when filling out the tables are shown. It is shown that the zero level of the NQFU standard is consistent with the first level of the EQF standard, and the first, second and third levels of the NQFU standard are close, respectively, to the second, third and fourth levels of the EQF standard.

Keywords: The Bologna Process; expert system; information system; mathematical model; national standards of education; the level of the qualification of education.

ВВЕДЕНИЕ

Классические работы Дж Маккарти, Кл. Шеннона, А. Черча, Дж. Бекуса, А. Тьюринга и других учёных заложили основу для использования методов теории искусственного интеллекта (ИИ) во многих приложениях человеческой деятельности.

Применение интеллектуальных систем (ИС) открыло огромные возможности для использования методов ИИ в области науки, техники, экономики, медицины, психологии и в других областях ([Невмержицкий, 2013](#); [Шаров, Лубко, & Осадчий, 2015](#); [Желнин, Кудинов, & Белоус, 2012](#)). В тех случаях, когда шумовые помехи и слабоформализованные знания не позволяют применять детерминированные математические модели, ИС практически не имеют себе конкурентов, в частности, при анализе проблем на образовательном поле ([Желнин, Кудинов, & Белоус, 2012](#)). Информационные и экспертные системы (ЭС) широко используются при организации учебного процесса, при изучении образовательных метаобъектов ([Шаров, & Еремеев, 2017](#)), для сопровождения функционирования национальных рамок квалификации в образовательных процессах ([Осадчий, Осадча, Еремеев, & Шаров, 2015](#)) и во многих других случаях.

Развитие высшего образования в Европе во многом определяется Болонскими соглашениями. Создание национальных стандартов образования на основе общеевропейского стандарта EQF ([EACEA; Eurydice; Eurostat; & Eurostudent, 2012](#); [Descriptors defining levels, n.d.](#)) обеспечивает более эффективное взаимодействие в сфере образовательных услуг и на рынке труда. Анализ национальных стандартов показывает, что, несмотря на общность основополагающих идей, реализованных при формировании квалификационных уровней компетентностей, стандарты различных стран несколько отличаются друг от друга. Различие наблюдается как в структурной, так и в содержательной частях документов. Если, например, EQF состоит из восьми уровней квалификаций с номерами $n = 1, 2, \dots, 8$, то количество уровней в стандартах других стран изменяется от 6 до 10. Базовый вариант стандарта Украины NQFU, принятый в 2011 г., содержит 10 уровней с номерами $n = 0, 1, 2, \dots, 9$ ([Кабінет Міністрів України, 2011](#)). Закон Украины «Об образовании», принятый в 2017 г., ввёл дополнительно одиннадцатый уровень, который соответствует подготовке специалистов высшей квалификации доктора наук ([Про освіту, 2017](#)).

Настоящая статья посвящена разработке ЭС, которая в развитие результатов исследований, изложенных в ряде работ ([Шаров, & Еремеев, 2017](#); [Осадчий, Осадча, Еремеев, & Шаров, 2015](#)), позволяет проводить сравнительный анализ стандартов образования в странах Европы с использованием метода профессора Осадчего В. В. ([Osadchyi, Osadcha, & Eremeev, 2017](#)). Для достижения поставленной цели необходимо было выбрать математическую модель, разработать алгоритм её использования и создать ЭС, определяющую количественную меру различия квалификационных уровней разных стран для дескриптора «Знание» в стандартах EQF и NQFU.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Введём основные понятия, относящиеся к рамкам квалификации стандартов Р образования Европейских стран. Обозначим через P^u стандарт страны с индексом $u = 1, 2, \dots, r$: стандарт EQF обозначим как P^1 , стандарт NQFU – как P^2 и т.д. Количество уровней квалификации в различных стандартах изменяется от $n = 6$ до $n = 11$. Обозначим уровень с индексом n через P^{un} . Каждый уровень характеризуется дескрипторами в количестве от $k = 3$ до $k = 5$. Обозначим дескриптор с номером k

на уровне n в стандарте P^n через P^{un}_k . В качестве дескрипторов чаще всего используются «Знание» ($k = 1$), «Умение» ($k = 2$) и «Коммуникация» ($k = 3$).

Примеры принятых обозначений: P^1 - стандарт EQF, P^{14} - четвёртый уровень квалификации стандарта EQF, P^{14}_2 - второй дескриптор «Умение» на четвёртом уровне квалификации стандарта EQF, P^{28}_1 - первый дескриптор «Знание» на восьмом уровне квалификации стандарта NQFU. Множество этих понятий можно представить в виде иерархического дерева (рис. 1), предложенного в работе (Osadchyi, Osadcha, & Eremeev, 2017, с. 135).

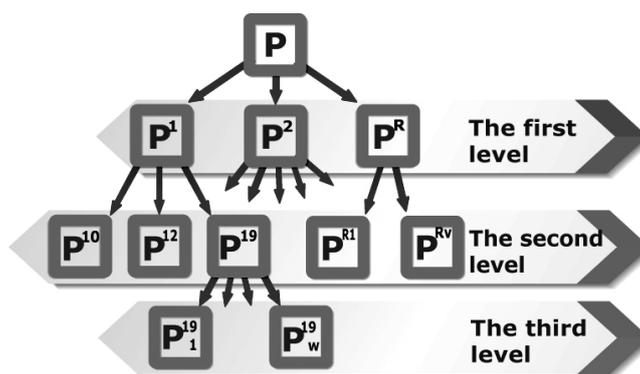


Рис. 1. Дерево понятий для стандартов образования стран Европы

Понятия P^n , P^{un} , P^{un}_k относятся к некоторой предметной области Q , где определены национальные стандарты в виде текстовой информации. Описание дескриптора «Знание» на нескольких первых уровнях стандартов EQF и NQFU приведено в табл. 1 и табл. 2.

Отличие содержания квалификационных уровней в табл. 1 и табл. 2 налицо. Например, содержание понятия P^{25}_1 в стандарте NQFU (дескриптор «Знание» с индексом $n = 5$, что соответствует шестому по счёту уровню стандарта NQFU) заметно отличается от шестого по счёту уровня квалификации стандарта EQF (дескриптор «Знание» P^{26}_1). Более близкое содержание к дескриптору P^{25}_1 для NQFU находим в понятии P^{15}_1 стандарта EQF.

Таблица 1

Описание дескриптора «Знание» на первых четырёх уровнях Европейского стандарта образования EQF (Descriptors defining levels, n.d.)

Уровень	Описание дескриптора «Знание»
1	Базовые общие знания.
2	Знания базовых фактов в области трудовой деятельности или обучения
3	Знание фактов, принципов, процессов и общих понятий в области трудовой деятельности или обучения
4	Практические и теоретические знания в широком контексте в области трудовой деятельности или обучения

Таблица 2

Описание дескриптора «Знание» на первых пяти уровнях стандарта образования Украины NQFU (Кабинет Міністрів України, 2011)

Уровень	Описание дескриптора «Знание»
0	Элементарные общие знания о себе и окружающей среде. Понимание основных (общих) принципов, процессов и понятий в обучении и/или профессиональной деятельности
1	Элементарные фактологические знания. Понимание простых понятий о себе и окружающей среде, основ безопасного поведения
2	Базовые фактологические знания, приобретенные в процессе обучения и/или трудовой деятельности. Понимание основных (общих) процессов в обучении и/или трудовой деятельности
3	Общие систематизированные знания в сфере образования и/или профессиональной деятельности. Понимание основных (общих) принципов, процессов и понятий в обучении и/или профессиональной деятельности
4	Специализированные фактологические и теоретические знания, приобретенные в процессе обучения и/или профессиональной деятельности. Понимание принципов, методов, процессов в обучении и/или профессиональной деятельности

Для автоматизации проведения сравнения различных уровней с помощью разрабатываемой ЭС воспользуемся методом, предложенным в работе ([Osadchyi, Osadcha, & Eremeev, 2017](#)). Введём универсальное множество V из элементарных единиц смысловой информации $v_i, i = 1, 2, \dots$, с помощью которых можно определять любое из анализируемых понятий. Как показано в работе ([Osadchyi, Osadcha, & Eremeev, 2017](#)), такое множество может быть создано, и оно достаточно эффективно использовалось для количественного сравнения любых двух уровней квалификации EQF и NQFU. Суть метода состоит в следующем. Эксперты назначают числовую меру каждого элемента $v_i \in V$. Обозначим её через $\mu(v_i)$. Далее эксперты выделяют те единичные элементы, которые характеризуют анализируемое понятие. Сумма мер выбранных элементов определяет меру самого понятия. В этом случае можно говорить о мере понятия, которое равно сумме мер его единичных элементов.

Создадим подмножества R^u, R^{un}, R^{un_k} из элементарных единиц $v_i \in V$ следующим образом. Потребуем, чтобы подмножество R^u содержало только такие v_i , которое раскрывают содержание понятия P^u , а подмножества R^{un}, R^{un_k} , соответственно, такие элементы, которые характеризуют понятия P^{un}, P^{un_k} . Тогда каждое из подмножеств R^u, R^{un}, R^{un_k} будет равно сумме некоторых единичных элементов. Например, подмножество R^{un_k} , отвечающее понятию дескриптора P^{un_k} , равно объединению некоторых элементов $v^{un_{ki}}$, принадлежащих универсальному множеству V :

$$R^{un_k} = \sum_i v^{un_{ki}} \quad (1)$$

В этом случае мера R^{un}_k равна сумме мер входящих в него элементов:

$$\mu(R^{un}_k) = \sum_i \mu(v^{un}_{ki}) \quad (2)$$

Не исключено, что отдельные элементы по мнению эксперта могут не полностью входить во множество R^{un}_k , поэтому формулу (2) следует скорректировать:

$$\mu(R^{un}_k) = \sum_i \alpha^{un}_{ki} \mu(v^{un}_{ki}), \quad (3)$$

где коэффициент α^{un}_{ki} определяет степень (другими словами, вероятность) вхождения элемента v^{un}_{ki} в подмножество R^{un}_k .

Сопоставление мер подмножеств для понятий из стандартов разных стран позволяет выбрать те пары понятий, которые по своему содержанию наиболее близки друг к другу. Алгоритм сопоставления уровней, относящихся к различным стандартам, представим в виде следующих операций:

Первый этап. В изучаемой предметной области Q, где содержится описание всех понятий на [рис. 1](#) в текстовой форме, формируется универсальное множество V из элементарных смысловых единиц v_i . Содержание v_i представляется в виде текстовой информации таким образом, чтобы каждое понятие на [рис. 1](#) могло быть адекватно охарактеризовано в виде суммы некоторых элементов v_i . В этом случае каждому понятию R^u, R^{un}, R^{un}_k можно сопоставить соответствующее подмножество R^u, R^{un}, R^{un}_k из элементов $v_i \in V$. Часть информации по универсальному множеству V, состоящему из 81 элемента, приведена в [табл. 3](#). Величина мер устанавливалась экспертами таким образом, чтобы их сумма для всех элементов V равнялась 100 баллам.

Таблица 3

Кодирование мер некоторых единичных элементов из универсального множества V для дескриптора R^{un}_1 «Знание»

Описание единичных элементов	Код	Мера	Группа
Элементарные общие знания о себе	1	2	1
Элементарные общие знания об окружающей среде	2	2	1
Элементарные представления о будущей профессиональной деятельности	3	2	1
.....			
Общие систематизированные знания в сфере образования	17	2	3
Общие систематизированные знания в сфере профессиональной деятельности	18	2	3
Понимание частных принципов в обучении	19	1	3
.....			

Описание единичных элементов	Код	Мера	Группа
Специализированные концептуальные знания, приобретенные в процессе обучения на уровне новейших достижений, которые являются основой в контексте исследовательской работы	56	2	8
Специализированные концептуальные знания, приобретенные в процессе обучения на уровне новейших достижений, которые являются основой в контексте исследовательской работы	57	2	8
Специализированные концептуальные знания, приобретенные в процессе профессиональной деятельности на уровне новейших достижений, которые являются основой для инновационной деятельности	58	1	8
.....			
Новые концептуальные и методологические знания в определенной и смежных отраслях научно-исследовательской или профессиональной деятельности, приобретенные на основе личного комплексного исследования, что является основой для открытия новых направлений и проведения дальнейших исследований, имеющих большое прикладное значение	81	1	9
.....			

Второй этап. Используя элементы множества V , эксперты выделяют подмножества R^u , R^{un} , R^{un_k} , элементы которых определяют смысловое содержание понятий P^u , P^{un} , P^{un_k} .

Третий этап. На основе экспертного анализа устанавливается вероятность вхождения выделенных элементарных единиц в анализируемые подмножества.

Четвёртый этап. По формулам типа (3) вычисляются меры подмножеств R^u , R^{un} , R^{un_k} , относящихся к понятиям P^u , P^{un} , P^{un_k} .

Пятый заключительный этап. С использованием рассчитанных значений мер подмножеств R^u , R^{un} , R^{un_k} проводится сравнительный анализ понятий P^u , P^{un} , P^{un_k} стандартов разных стран.

Каждый эксперт имеет своё мнение относительно вероятности принадлежности элементарных единиц v_i данному подмножеству, что приводит к различным мерам для одного и того же подмножества. Подобный результат является естественным. С другой стороны, объективная мера подмножества должна иметь, хотя и неизвестное нам, но вполне определённое значение. Сумма мер всех элементов универсального множества в табл. 3 составляет 100 баллов, поэтому наибольшее количество баллов, выставяемое экспертами, не может превышать значения 100. Так как субъективные оценки одного и того же понятия отличаются друг от друга, то желательно по возможности выровнять шкалу измерения у разных экспертов.

С целью выравнивания масштаба измерения будем считать, что квалификация специалиста на самом высоком уровне в национальных стандартах во всех странах одинакова и равна $\max = 100$. Для приведения рассчитанных по формуле (3) мер подмножеств к одной шкале будем умножать значения $\mu(R^{un})$, $\mu(R^{un_k})$ на $100/\max$, где \max – максимальное значение меры, устанавливаемое экспертом на самом высоком уровне стандарта. Индекс этого уровня обозначим через m . Тогда в случае расчёта мер уровней $\mu(R^{un})$ значение $\max = \mu(R^{un})$, а в случае расчёта мер значение \max

для дескрипторов $\mu(R^{um_k})$ будет равно $\mu(R^{um_k})$. Следовательно, меры оценивания различными экспертами, приведённые к одной шкале, определяются формулой:

$$\mu_m(R^{um_k}) = 100 \sum_i \alpha_{ki}^{um} \mu(v_{ki}^{um}) / \mu_m(R^{um_k}), \quad (4)$$

где $\mu(R^{um_k})$ – максимальное значение меры дескриптора с индексом k на самом высоком уровне стандарта страны с индексом u.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспертные системы предназначены для выполнения функции эксперта при проведении анализа ситуации в некоторой предметной области. Использование ЭС повышает эффективность труда и позволяет получать более качественные результаты. Во многих случаях функции ЭС имитируют деятельность квалифицированных сотрудников и оказывают помощь недостаточно квалифицированным специалистам в их работе. Тем самым, они компенсируют недостаточное количество экспертов в конкретной предметной области, снимают нежелательные последствия чрезмерной специализации человека благодаря накоплению экспертных знаний и способствуют обучению персонала за счёт приобретения пользователем опыта в процессе работы с системой.

В соответствии с поставленной задачей ЭС должна обеспечить проведение сравнительного анализа национальных стандартов по дескриптору «Знание». Решение этой задачи осуществлялось на базе алгоритмического языка C#. Язык C# содержит необходимые библиотеки и встроенные классы ([Инструментальные средства проектирования, н.д.](#)), с помощью которых можно обеспечить выполнение алгоритма, который сформулирован в заключительной части предыдущего раздела, а именно:

1. Создание универсального множества V из элементарных смысловых единиц v_i в изучаемой предметной области Q.
2. Выбор двух стран из списка участников Болонского процесса для проведения сравнения их стандартов.
3. Выбор квалификационных уровней в стандартах.
4. Заполнение экспертами таблиц с оцениванием вероятности вхождения элементарных смысловых единиц v_i в подмножество выбранного квалификационного уровня R^{um_k} .
5. Вычисление меры подмножества $\mu(R^{um_k})$ по формуле (3).
6. Приведение рассчитанных значений мер $\mu(R^{um_k})$ к одной шкале измерения по формуле (4).
7. Вывод результатов расчёта на экран дисплея.

Код программы составлен на базе технологии Windows Forms в среде разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio Community 2017. При реализации

кода використовувались наступні форми: dataGridView, tabControl, comboBox, groupBox, radioButton, button, label. Ініціювання виконання програми з допомогою виконуваного файлу «ES.exe» виводить на дисплей головне вікно (рис. 2).

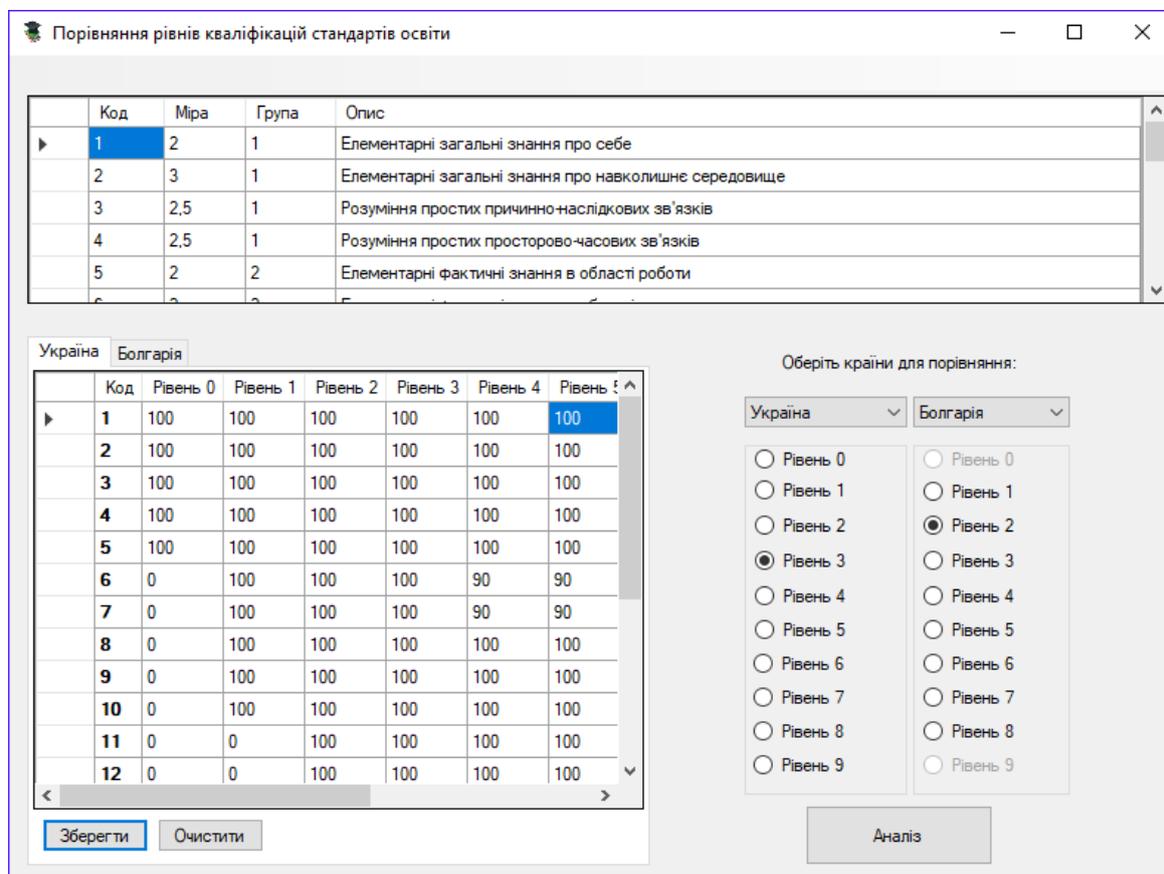


Рис. 2. Головне вікно експертної системи

В верхній лівій частині головного вікна міститься таблиця форми dataGridView1 (рис. 3).

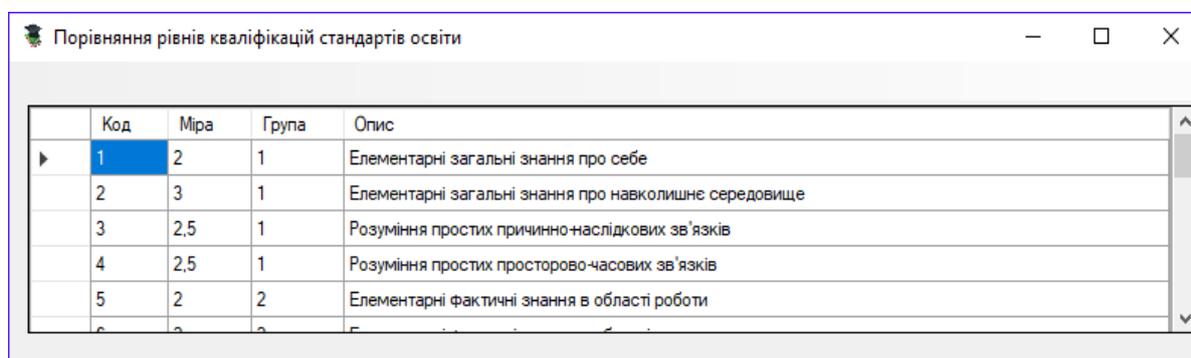


Рис. 3. Таблиця форми dataGridView1 в головному вікні експертної системи

Форма на [рис. 3](#) отображает данные с единичными элементами v_i из универсального множества V для подмножества дескриптора «Знание» R^{un} . Элементы множества распределялись в 10 группах. Каждая группа с индексом k содержала элементы, которые соответствовали более высокому уровню квалификации по сравнению с элементами группы с индексом $k-1$. Данные по элементам автоматически загружались из файла базы данных Microsoft Access «base_m.mdb», который находился в папке с исполняемым файлом «ES.exe».

Четыре колонки таблицы содержат исчерпывающую информацию об элементарных единицах v_i . Первая колонка «Код» является ключевым полем с кодами от 1 до 81. Во второй колонке «Мера» содержится информация о количественной мере v_i . Величина мер устанавливается экспертами. Столбец «Группа» содержит номер группы, где данный элемент расположен. Текстовое описание единичных элементов расположено в столбце «Опис». Просмотр таблицы и выбор элемента осуществляется перемещением движка в вертикальном направлении в правой части окна. Данные об элементах формы `dataGridView1` доступны только для получения информации, изменение их пользователем запрещено.

В нижней правой части главного окна расположены две формы `comboBox1` и `comboBox2` ([рис. 4](#)). Эти поля содержат список стран, из которого выбираются страны для проведения сравнительного анализа. При запуске ЭС поля не активизированы. Активизация поля и выбор страны осуществляется подведением указателя мыши к названию страны с последующим её нажатием.

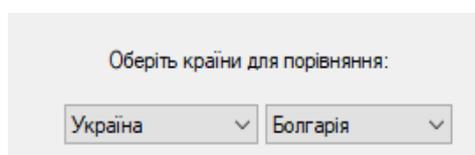


Рис. 4. Формы для выбора стран

Под элементами `comboBox1` и `comboBox2` расположены формы `groupBox1` и `groupBox2`, содержащие переключатели `radioButton` с индексами для номеров квалификационных уровней. Количество доступных переключателей равно количеству уровней в стандарте образования выбранной страны с помощью формы `comboBox`. Каждый переключатель обеспечивает передачу значения квалификационного уровня, выбранного пользователем ([рис. 5](#)).

В нижней левой части главного окна ЭС расположен элемент управления `tabControl`. Он осуществляет корректировку и выводит на экран одну из двух таблиц, которые определяют вероятность принадлежности элементарных единиц v_i подмножествам квалификационных уровней R^{un}_k в сравниваемых странах.

Рис. 5. Форма для выбора квалификационного уровня стандарта

Первая таблица поддерживается формой dataGridView2, вторая – формой dataGridView3. Обе формы содержат ячейки типа TextBox. DataGridView2 отображает таблицу для первой выбранной страны в элементе comboBox1. Форма dataGridView3 отображает таблицу вероятности принадлежности единичных элементов множества V уровням квалификаций стандартов образования для второй выбранной страны в элементе comboBox2.

Таблицы вероятностей загружаются автоматически из соответствующего файла типа «.dat» после выбора страны в списке comboBox. Сам файл находится в папке с исполняемым файлом «ES.exe». Таблица вероятностей устанавливается экспертами. Она содержит колонку «Код» (ключевое поле, имеет значение от 1 до 81) и колонки для каждого уровня квалификации. Число колонок равно количеству уровней квалификаций стандартов образования страны, выбранной пользователем в списке comboBox. В отличие от dataGridView1 пользователь может корректировать значения вероятности в любой ячейке форм dataGridView2 и dataGridView3. При необходимости пользователь может сохранить отредактированные данные в таблице или полностью очистить ее. Для обеспечения этого действия под dataGridView2 и dataGridView3 расположены два элемента button2 и button3 (кнопка «Сохранить» и кнопка «Очистить»).

Пример формы вывода результата оценивания вероятности принадлежности элементов с кодами 1 - 6 первым четырьмя уровнями стандарта Украины R^{20}_0 , R^{21}_1 , R^{22}_2 , R^{23}_3 в процентах представлен на [рис. 6](#).

		Україна	Болгарія			
		Код	Рівень 0	Рівень 1	Рівень 2	Рівень 3
▶	1	100	100	100	100	100
	2	100	100	100	100	100
	3	100	100	100	100	100
	4	100	100	100	100	100
	5	100	100	100	100	100
	6	0	100	100	100	100

Рис. 6. Вероятности принадлежности элементов с кодами 1- 6 первым четырьмя уровнями стандарта Украины: R^{20}_0 , R^{21}_1 , R^{22}_2 , R^{23}_3

Из [рис. 6](#) видно, что элементы v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 принадлежат подмножествам $R^{20_0}, R^{21_1}, R^{22_2}, R^{23_3}$ с вероятностью 100%. Элемент v_4 , отсутствует в подмножестве R^{20_0} , но с вероятностью 100% принадлежит подмножествам $R^{21_1}, R^{22_2}, R^{23_3}$. Для работы со второй таблицей, относящейся к стране Болгария, необходимо нажатием мышки активизировать соседнее окошко на [рис. 4](#) с именем «Болгария».

Значения мер подмножеств, формула (3), и приведение их к одной шкале, формула (4), вычисляются автоматически после окончания редактирования ячеек в таблицах вероятностей. Нажатие кнопки «Анализ» (элемент button1) выводит на экран вычисленные значения. На [рис. 7](#) приведены результаты функционирования ЭС на примере сравнения дескриптора «Знание» для первого уровня стандарта Болгарии со вторым уровнем стандарта Украины.

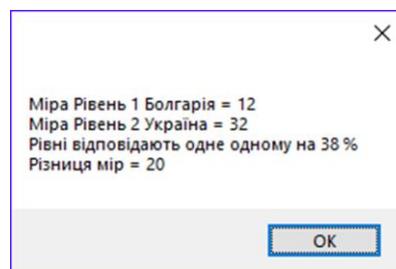


Рис. 7. Результаты проверки работы ЭС

В данном примере эксперты не принимали участия в формировании таблиц, которые заполнялись случайными числами. Различие меры Δ вычислялось по формуле:

$$\Delta = (\mu(R^{1m_1}) - \mu(R^{2m_1})) / \mu(R^{1m_1}), \quad (5)$$

где $\mu(R^{1m_1})$ – максимальное значение меры дескриптора «Знание» на самом высоком уровне стандарта Украины, $\mu(R^{2m_1})$ – максимальное значение меры дескриптора «Знание» на самом высоком уровне стандарта Болгарии.

Испытания работоспособности ЭС проводились в различных режимах заполнения исходных форм. Проверка выявила достаточно высокую надёжность функционирования всех форм программы, устойчивость вывода информации по отношению к несанкционированным действиям экспертов и удобство, предоставляемое интерфейсом пользователю при заполнении таблиц. Однако окончательные выводы о корректности полученных данных можно сделать только после сравнения результатов анализа с независимо полученными данными. Следующий раздел посвящён изучению этого вопроса.

ТЕСТИРОВАНИЕ ЭС И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Тестирование ЭС проводилась на примере сравнения квалификационных уровней национального стандарта Украины NQFU с Европейским стандартом EQF. Базовая таблица для описания дескриптора «Знание» P^{un} универсального множества V в форме `dataGridView1` (табл. 3), создавалась с использованием данных работы (Eremeev, Osadchyi, Gulynina, & Doneva, 2016). Вероятности вхождения элементарных единиц v_i из универсального множества V в подмножества R^{un_1} и R^{un_2} определялись экспертами на основании информации об элементарных единицах в универсальном множестве (табл. 3) и описания уровней квалификации в стандартах EQF и NQFU, табл. 1 и табл. 2.

Результаты вероятностных оценок вхождения элементарных единиц v_i в подмножества R^{un_1} и R^{un_2} отражались в формах `dataGridView2` и `dataGridView3`, которые можно было корректировать в процессе работы. Примеры проведения экспертных оценок для нескольких первых уровней стандартов NQFU и EQF представлены в табл. 4 и табл. 5.

Таблица 4

Вероятности принадлежности единичных элементов в процентах для дескриптора «Знание» подмножествам R^{10_1} , R^{11_1} , R^{12_1} , R^{13_1} Европейского стандарта EQF

Коды v_m	Множества R^{m_1} для дескрипторов P^{m_1} стандарта EQF			
	R^{11_1}	R^{12_1}	R^{13_1}	R^{14_1}
...
8	$\alpha^{11_{18}} = 0$	$\alpha^{12_{18}} = 50$	$\alpha^{13_{18}} = 50$	$\alpha^{14_{18}} = 50$
9	$\alpha^{11_{19}} = 0$	$\alpha^{12_{19}} = 50$	$\alpha^{13_{19}} = 50$	$\alpha^{14_{19}} = 50$
10	$\alpha^{11_{1/10}} = 0$	$\alpha^{21_{1/10}} = 0$	$\alpha^{13_{1/10}} = 100$	$\alpha^{14_{1/10}} = 90$
12	$\alpha^{11_{1/12}} = 0$	$\alpha^{12_{1/12}} = 0$	$\alpha^{13_{1/12}} = 100$	$\alpha^{14_{1/12}} = 100$
...

Таблица 5

Вероятности принадлежности единичных элементов в процентах для дескриптора «Знание» подмножествам R^{20_1} , R^{21_1} , R^{22_1} , R^{23_1} стандарта NQFU

Коды v_m	Множества стандарта NQFU			
	R^{20_1}	R^{21_1}	R^{22_1}	R^{23_1}
...
8	$\alpha^{20_{18}} = 0$	$\alpha^{21_{18}} = 100$	$\alpha^{22_{18}} = 100$	$\alpha^{23_{18}} = 100$
9	$\alpha^{20_{19}} = 0$	$\alpha^{21_{19}} = 100$	$\alpha^{22_{19}} = 100$	$\alpha^{23_{19}} = 100$
10	$\alpha^{20_{1/10}} = 0$	$\alpha^{21_{1/10}} = 0$	$\alpha^{22_{1/10}} = 100$	$\alpha^{23_{1/10}} = 090$
12	$\alpha^{20_{1/12}} = 0$	$\alpha^{21_{1/12}} = 0$	$\alpha^{22_{1/12}} = 100$	$\alpha^{23_{1/12}} = 100$
...

После заполнения экспертами форм `dataGridView2` и их корректировки с последующим нажатием мышкой кнопки «Анализ» на дисплее высвечивались

результаты вычислений. Значения мер подмножеств, приведённых экспертной системой к одной шкале измерения по формуле (4), представлены в [табл. 6](#).

Таблица 6

Масштабированные меры множеств $\mu(R^{n_1})$ для параметра «Knowledge»

Уровень квалификации	0	1	2	3	4	...	8	9
$\mu(R^{2n_1})$, стандарт NQFU	10,8	21,7	31,3	41,8	100	
$\mu(R^{1n_1})$, стандарт EQF		9,7	18,2	30,3	41,9	...	100	

Результаты расчётов, приведённые в [табл. 6](#), совпадают с ранее полученными данными в статье ([Osadchyi, Osadcha, & Eremeev, 2017](#)), что свидетельствует о работоспособности созданной ЭС. При этом мера $\mu(R^{20_1})$ стандарта NQFU согласуется с мерой $\mu(R^{11_1})$ стандарта EQF, а меры $\mu(R^{21_1})$, $\mu(R^{22_1})$ и $\mu(R^{23_1})$ близки, соответственно, к мерам $\mu(R^{12_1})$, $\mu(R^{13_1})$, $\mu(R^{14_1})$. Следовательно, можно утверждать, что нулевой, первый, второй и третий уровни квалификации стандарта Украины хорошо коррелируют, соответственно, с первым, вторым, третьим и четвёртым R^{14_1} уровнями квалификации Европейского стандарта.

ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Математическая модель ИС, предложенная в публикации ([Osadchyi, Osadcha, Eremeev, 2017](#)), позволяет проводить сравнительный анализ соответствия уровней квалификации в стандартах различных стран. Идея метода состоит в расчёте каждого уровня на основе экспертной оценки вероятности вхождения элементарных смысловых единиц в рассматриваемый уровень. Использование этой модели при разработке ЭС позволило создать удобный инструмент для проведения сравнительного оценивания стандартов образования Европейских стран по дескриптору «Знание». Результаты тестирования ЭС свидетельствуют о достаточно высокой эффективности программного продукта.

Любая ЭС должна подстраиваться под пользователя. Наш случай не исключение. По мере заполнения таблиц применительно к стандартам разных стран и привлечения к экспертизе представителей различных школ открывается возможность сопоставления различных точек зрения по Болонским положениям, а также расширения круга задач, решаемых с использованием ЭС. Представляется перспективным подключение к ЭС дополнительных модулей, которые позволят расширить круг анализируемых дескрипторов, сравнивать рамки квалификации одной страны с рамками квалификации другой страны через призму Европейского стандарта EQF, осуществлять самотестирование пользователя на предмет оценки своего уровня квалификации и решать другие проблемы, относящиеся к Болонскому процессу.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы работы выражают признательность профессору Осадчему В.В. за предоставленную возможность использования его метода оценивания квалификационных уровней стандартов образования Европейских стран, а также большую благодарность ассистенту Крашенинник И.В. за редактирование статьи, преподавателю-стажисту Чемерис А.Ю. за оформление графического материала и инженеру Сердюк И.Н. за постоянный интерес к работе и поддержку в реализации данного проекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Желнин, М. Э., Кудинов, В. А., & Белоус, Е. С. (2012). Роль и место экспертных систем в образовании. *Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета*, 2 (22). Взято с <http://www.scientific-notes.ru/pdf/024-003.pdf>.
- Инструментальные средства проектирования и разработки экспертных систем.* (н.д.). *Aiportal.ru*. Взято с <http://www.aiportal.ru/articles/expert-systems/design-tools.html>.
- Кабінет Міністрів України. (2011). *Про затвердження Національної рамки кваліфікацій. Постанова від 23 листопада 2011 р. № 1341.* Київ. Взято з <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-%D0%BF>.
- Невмержицький, О. В. (2013). Аналіз сучасних моделей, орієнтованих на знання, та методів прийняття рішень. *Інформаційні технології проектування*, 13, 119-125.
- Осадчий, В. В., Осадча, К. П., Єремєєв, В. С., & Шаров, С. В. (2015). Концепція інтелектуальної системи інформаційного та когнітивного супроводу функціонування національної рамки кваліфікацій. *Системи обробки інформації*, 12 (137), 88-92.
- Про освіту. № 2145-VIII. (2017). Взято з <http://zakono.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.
- Шаров, С. В., & Єремєєв, В. С. (2017). Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 71023 від 22.03.2017. Київ: Державна служба інтелектуальної власності України.
- Шаров, С. В., Лубко, Д. В., & Осадчий, В. В. (2015). *Інтелектуальні інформаційні системи: навч. посіб.* Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького.
- Descriptors defining levels in the European Qualifications Framework (EQF) - Learning Opportunities and Qualifications in Europe - European Commission. Learning Opportunities and Qualifications in Europe.* Retrieved from <https://ec.europa.eu/ploteus/en/content/descriptors-page>.
- ЕАСЕА; Eurydice; Eurostat; & Eurostudent. (2012). *The European Higher Education Area in 2012: Bologna Process Implementation Report.* Brussels: Eurydice. doi:10.2797/81203
- Eremeev, V. S., Osadchyi, V.V., Gulynina, E. V., & Doneva, O. V. (2016). A mathematical model of an intelligent information system for a comparative analysis of European qualification standards. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*, 12 (3), 2113-2132.
- Osadchyi, V., Osadcha, K., & Eremeev, V. (2017). The Model of The Intelligence System for the Analysis of Qualifications Frameworks of European Countries. *International Journal of Computing*, 16(3), 133-142. Retrieved from <http://computingonline.net/computing/article/view/896>.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- Zhelmin, M. Eh., Kudinov, V. A., & Belous, E. S. (2012). The role and place of expert systems in education. *Uchenye zapiski. EHlektronnyj nauchnyj zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2 (22). Retrieved from <http://www.scientific-notes.ru/pdf/024-003.pdf>. (in Russian)
- Tools for designing and developing expert systems*. (n.d.). *Aiportal.ru*. Retrieved from <http://www.aiportal.ru/articles/expert-systems/design-tools.html>. (in Russian)
- Kabinet Ministriv Ukrainy. (2011). *On Approval of the National Qualifications Framework. Resolution of November 23, 2011 No 1341*. Kyiv. Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-%D0%BF>. (in Ukrainian)
- Nevmerzhytskyi, O. V. (2013). An analysis of modern knowledge-based models and decision-making methods. *Informatsiini tekhnolohii proektuvannia*, 13, 119-125. (in Ukrainian)
- Osadchyi, V. V., Osadcha, K. P., Yeremieiev, V. S., & Sharov, S. V. (2015). Concept of the intellectual system of information and cognitive support for the functioning of the national qualifications framework. *Systemy obrobky informatsii*, 12 (137), 88-92. (in Ukrainian)
- About education. No 2145-VIII. (2017). Retrieved from <http://zakono.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>. (in Ukrainian)
- Sharov, S. V., & Yeremieiev, V. S. (2017). *Certificate of registration of copyright to a work No 71023 of March 22, 2017*. Kyiv: Derzhavna sluzhba intelektualnoi vlasnosti Ukrainy. (in Ukrainian)
- Sharov, S. V., Lubko, D. V., & Osadchyi, V. V. (2015). *Intelligent Information Systems: Tutorial*. Melitopol: Vyd-vo MDPU im. B. Khmelnytskoho. (in Ukrainian)
- Descriptors defining levels in the European Qualifications Framework (EQF) - Learning Opportunities and Qualifications in Europe - European Commission. Learning Opportunities and Qualifications in Europe*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/ploteus/en/content/descriptors-page>. (in English)
- EACEA; Eurydice; Eurostat; & Eurostudent. (2012). *The European Higher Education Area in 2012: Bologna Process Implementation Report*. Brussels: Eurydice. doi:10.2797/81203 (in English)
- Eremeev, V. S., Osadchyi, V.V., Gulynina, E. V., & Doneva, O. V. (2016). A mathematical model of an intelligent information system for a comparative analysis of European qualification standards. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics*, 12 (3), 2113-2132. (in English)
- Osadchyi, V., Osadcha, K., & Eremeev, V. (2017). The Model of The Intelligence System for the Analysis of Qualifications Frameworks of European Countries. *International Journal of Computing*, 16(3), 133-142. Retrieved from <http://computingonline.net/computing/article/view/896>. (in English)

Матеріал надійшов до редакції 25.10.2017