

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

## До 85-річчя заснування університету

### Управління розвитком складних систем

Випуск 22, 2015  
У двох частинах. Частина 1

*Заснований у 2010 році (видається 4 рази на рік)*

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації*

*Серія КВ № 16323-4795Р від 16 грудня 2009 року*

**Програмні цілі:**  
**Управління проектами.**  
**Інформаційні технології управління.**  
**Інформаційні технології проектування.**  
**Інформатизація вищої освіти.**  
**Інформаційні технології в економіці.**  
**Інформаційні технології в енергетиці.**  
**Технології управління розвитком.**  
**Управління технологічними процесами.**

*Постановою Президії ВАК України  
№1-05/7 від 10 листопада 2010 року  
збірник наукових праць  
«Управління розвитком складних  
систем» включено до «Переліку  
фахових видань України», в яких  
можуть публікуватися  
результати дисертаційних робіт  
на здобуття наукових ступенів  
доктора і кандидата наук*

*За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор*

*Затверджено до друку Вченою Радою Київського національного університету  
будівництва і архітектури  
(протокол № 33 від 24 квітня 2015 року)*

**Адреса редакції: Україна, 03680,  
м. Київ-37, Повітрофлотський пр., 31  
Телефон/факс: +38 (044) 248-30-50  
Тел.:+38 (044) 241-54-07  
e – mail редколегії: [urss@knuba.edu.ua](mailto:urss@knuba.edu.ua)  
web: <http://urss.knuba.edu.ua>**

© Київський національний університет будівництва і архітектури, 2015  
© Редакція збірника «Управління розвитком складних систем», 2015

**З М І С Т****УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ**

<i>Chernov S., Gaida A., Kharitonov Y., Koshkin V.</i> Project management of water supply systems reconstruction with decision support system using.....	6
<i>Oganov, A.V., Gogunsky, V.D., &amp; Sherstyuk, O.I.</i> Analysis of work-load rate of portfolio manager by means of markovian model of states.....	13
<i>Бабкін Г.В.</i> Математичне моделювання функціонування організаційної структури спеціалізованого підприємства зі знешкодження ППНО.....	19
<i>Бугров О.В., Бугрова О.О.</i> Управління цінністю у проектах «під ключ» .....	26
<i>Драч І.Є., Євтушенко Г.Л.</i> Багатокритеріальний аналіз ефективності портфелів наукових проектів вищого навчального закладу.....	33
<i>Егорченков А.В., Егорченкова Н.Ю., Лисици А.Б., Чёрная Н.А.</i> Организация управления портфелем проектов и программ.....	42
<i>Зачко О.Б.</i> Теоретичні підходи до управління безпекою в проектах розвитку складних систем... ..	48
<i>Кальниченко Е.В., Чернова М.Л.</i> Особливості управління будівельними проектами в нестабільній економіко-політичній ситуації в Україні.....	54
<i>Коваленко И.И., Пугаченко Е.С., Чернова Л.С., Антипова Е.А.</i> Системный анализ сложных организационных структур управления предприятиями.....	61
<i>Семко І.Б.</i> Обзор рисков проектов электроэнергетики.....	69
<i>Сливницин В.Р.</i> Управление проектами создания специальных материалов для подводной техники.....	75
<i>Тесля Ю.М., Оберемок Н.В., Латшьева Т.В.</i> Матрична інформаційна технологія NADPROJECT управління проектами будівельних компаній.....	84
<i>Цюцюра М.І.</i> Організаційні механізми розвитку змін в освітньому середовищі.....	89

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ**

<i>Гайна Г.А., Єрукаєв А.В.</i> Застосування семантичної мережі для представлення факторів в житловому будівництві.....	95
<i>Кучанський О.Ю., Ніколенко В.В.</i> Прогнозування часових рядів методом зіставлення зі зразком.....	101
<i>Міхайленко В.М., Філонов Ю.П.</i> Необмеженість за ймовірністю систем, що керуються загальним однорідним ланцюгом Маркова.....	107
<i>Пасічник О.О., Бурба О.І.</i> Класифікаційні ознаки об'єктів інформаційно-моніторингових систем на основі моделі OSI.....	116
<i>Трегубенко І.Б., Беяков Д.О.</i> Модифікований метод суфіксного дерева для прогнозування автомобільної завантаженості комерційних шляхопроводів.....	122

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ**

<i>Квасневський В.М., Бородавка Є.В.</i> Геометричні методи побудови отворів та гільз для інженерних мереж в САПР Allplan.....	128
<i>Ковальов С.М., Ботвіновська С.І., Мостовенко О.В.</i> Властивості деяких параболоїдів $n$ -го порядку.....	134
<i>Терентьев О.О., Шабала Є.Є., Малина Б.С.</i> Основи організації нечіткого виведення для задачі діагностики технічного стану будівель.....	138

**ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

<i>Білощицький А.О., Криштоф С.Д., Білощицька С.В., Діхтяренко О.В.</i> Метод вилучення помилкових збігів текстів в електронних документах.....	144
<i>Маляр М.М., Штимак А.Ю.</i> Модель визначення рівня компетентності випускника з використанням нечітких множин.....	151

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ**

<i>Глива В.А., Левченко Л.О., Перельот Т.М.</i> Просторові критерії екранування низькочастотних магнітних полів.....	158
<i>Саченко О.А., Гладій Г.М.</i> Комбінована модель вибору критеріїв оцінки інвестиційних проєктів у сфері енергетики.....	165

**ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ**

<i>Кириллова Е.В., Мелешенко Е.С.</i> Дефиниція устойчивости в аспекте управления судоходной компанией.....	174
---	-----

**УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ**

<i>Григорівський П.Є., Молодід О.С., Надточій М.І.</i> Методика визначення техніко-економічних показників нового будівництва в ущільнених умовах.....	186
<i>Дичко А.О., Євтєєва Л.І., Ополінський І.О.</i> Інтенсифікація процесу біоенергетичної трансформації біомаси у біогаз.....	193
<i>Иносов С.В., Пристайло Т.Ю.</i> Измерение удельного теплосопротивления строительных материалов проволочным зондом в квазистационарном режиме.....	199
<i>Панова О.В.</i> Екранування електромагнітних полів для електромагнітної безпеки та електромагнітної сумісності обладнання.....	207

## УДК 519.8

**Маляр Микола Миколайович**

Кандидат технічних наук, доцент, докторант кафедри моделювання складних систем, ORCID: 0000-0003-2688-8004

Київський національний університет ім. Т. Шевченка, Київ

**Штимак Анатолій Юрійович**

Старший викладач кафедри системного аналізу і теорії оптимізації, ORCID: 0000-0001-5020-6128

ДВНЗ "Ужгородський національний університет", Ужгород

**МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ ВИПУСКНИКА  
З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКИХ МНОЖИН**

***Анотація.** Розглянуто модель визначення рівня компетентності випускника на підставі оцінок, одержаних під час підготовки фахівця у ВНЗ. Запропоновано алгоритм визначення рівня компетентності випускника з використанням теорії нечітких множин та процедур нечіткої логіки, який дає можливість визначити рівень компетентності випускника ВНЗ. Використання апарату нечітких множин для побудови моделі і алгоритму визначення рівня компетентності дає можливість виражати якісні характеристики (компетенції) числовими величинами.*

***Ключові слова:** компетенція; компетентність; компетентнісний підхід; нечітка множина; лінгвістична змінна; фазифікація; дефазифікація*

**Постановка проблеми**

У зв'язку з формуванням спільного європейського освітнього простору гостро постає задача оцінки результатів освіти на основі компетентнісного підходу. Введення компетентнісного підходу до оцінки результатів освіти повинно привести до формування нової системи оціночних засобів з переходом від оцінки знань до оцінки компетенцій. Головним критерієм якості освіти випускника вищого навчального закладу є формування у студента компетенцій, у тому числі і тих, що характеризують його особистість. Таким чином, результати освіти і формування компетенцій – це ключовий момент реформування освіти. Насамперед мова йде про удосконалення освітніх технологій на основі постійної взаємодії викладача зі студентом. Результати освіти – це очікувані і вимірювані конкретні досягнення студентів-випускників, які визначають, що здатен робити випускник по закінченні всієї або частини освітньої програми.

Поняття компетенції містить:

- 1) знання і розуміння: теоретичні знання в академічній області, здатність знати і розуміти;
- 2) знання як діяти: практичне і оперативне застосування знань до конкретних ситуацій;
- 3) знання як бути: тобто цінності як невід'ємна частина способу сприйняття і життя з іншими в соціальному контексті [1].

Саме поняття "компетенція" включає також і мотиваційну, етичну, соціальну та поведінкову складові.

У формуванні компетенцій ключову роль відіграє не лише зміст освіти, але і освітнє середовище вищів, організація освітнього процесу, освітні технології, включаючи самостійну роботу студента і т. д. Оволодіння компетенціями відбувається як при вивченні окремих навчальних дисциплін, циклів, модулів, так і тих дидактичних одиниць, які включаються в загально-професійні і спеціальні дисципліни. Компетенція – це певна норма, досягнення якої може свідчити про можливість правильного вирішення якого-небудь завдання, а компетентність – це оцінка досягнення (або недосягнення) цієї норми.

Таким чином, компетенції мають узагальнений характер по відношенню до знань, умінь, навичок і включають у себе весь їх конструктивний зміст [2].

**Мета статті**

Метою статті є створення та аналіз моделі визначення рівня компетентності випускника ВНЗ та розробка процедури визначення рівня компетентності на підставі оцінок, одержаних під час підготовки фахівця у ВНЗ з використанням нечітких множин та процедур нечіткої логіки. Для цього пропонується провести його оцінку за циклами навчання, оскільки дисципліни, що включаються в той або інший цикл, згідно галузевих стандартів вищої освіти, впливають на формування

компетенцій, які належать до певної групи. Під оцінками компетенцій будемо розуміти оцінку досягнення цілей освіти студентом, використовуючи 100-бальну шкалу за критеріями Європейської кредитно-трансферної системи (ECTS).

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Проблема оцінювання окремих компетенцій і компетентності випускника ВНЗ залишається однією з найскладніших при реалізації компетентнісного підходу в освіті. Питанням оцінювання рівня компетентності як результату освіти присвячені роботи В. Вербицького, Н. Єфремової, І. Зимньої, В. Беспалько, Е. Зеєра, В. Байденка, А. Хуторського, О. Мартиненко та ін. Більшість робіт, які пов'язані з проблемою компетентнісного підходу в освіті, спрямовані на оновлення змісту навчального процесу. При цьому проблема оцінювання рівня компетентності студентів не стандартизована належним чином, що дуже важливо для кількісної оцінки рівня володіння студентом необхідними компетенціями. На думку вчених, які досліджують цю проблему, зміни в системі оцінювання результатів освіти є головною відмінністю компетентнісного підходу від традиційного. В умовах традиційного підходу об'єктом оцінювання виступають знання і вміння. При компетентнісному підході оцінюються більш складні результати – компетенції, а знання і вміння при цьому виступають як показники компетенцій. При традиційному підході суб'єктом оцінювання виступає викладач, а при компетентнісному підході зростає роль самооцінки та взаємооцінки [3].

Для досягнення високого рівня освіти необхідно забезпечити відповідну якість навчання та об'єктивність контролю, який гарантує надійність оцінювання результатів освітньої діяльності. Відповідно для цього потрібна система оцінки якості освітніх послуг, яка має стати дійовим та надійним інструментом підвищення ефективності і відповідальності освітньої діяльності вишів і суб'єктів освіти. На сьогодні процес оцінювання рівня компетентності має великі труднощі як в теоретичному, так і в практичному плані. Насамперед таке оцінювання треба проводити як цілеспрямований, впорядкований процес визначення досягнутого рівня компетентності. При цьому, на думку багатьох вчених, результати оцінювання слід виражати кількісно, незалежно від того, наскільки складно вони піддаються оцінюванню. Для цього пропонується сформувані фонди оцінних засобів навчальних досягнень учасників освітнього процесу.

Йдеться про комплекс методичних, контрольних, вимірювальних і оцінних матеріалів, призначених для визначення рівня сформованості компетентності на різних етапах освітнього процесу [4].

На сьогодні пропонуються різні процедури та методи оціночних компетенцій і компетентності учасників освітнього процесу. Найбільш поширені варіанти оцінювання рівня сформованості компетенцій описані у вигляді таких моделей:

- 1) тестова модель;
- 2) ситуативна модель;
- 3) рейтингова модель;
- 4) моніторингова модель [4].

Для визначення рівня компетентності пропонується також застосування методів на основі експертних даних [5].

З точки зору оцінювання, ці методи мають різну точність, валідність та ефективність, де під ефективністю розуміємо співвідношення затрат і отриманих результатів. Крім того, більшість із запропонованих моделей призначені для визначення деяких конкретних видів компетентності.

При оцінюванні компетентності випускника, не менш важливим є питання рівнів компетентності, їх характеристика та кількість. Як показує аналіз публікацій, дослідники виділяють різну кількість рівнів компетентності: від двох до п'яти. У більшості випадків, автори виокремлюють три рівні компетентності: низький, середній та високий або їх аналоги, наприклад, недопустимий, допустимий, оптимальний. Іноді пропонують розглядати п'ять рівнів сформованості компетентності: початковий, елементарний, просунутий, високий та професійний [6]. Такі різні підходи призводять до неоднозначного трактування одержаних результатів визначення рівня компетентності.

Таким чином, проблема оцінювання та визначення рівня компетентності є актуальною, потребує вдосконалення запропонованих підходів і методів та розробки нових.

### **Виклад основного матеріалу**

Компетентнісна модель випускника складається з великої кількості компетенцій, що характеризують випускника з різних боків. Таким чином, інтегрована оцінка компетентності повинна будуватись за системою індивідуальних оцінок і включати різні фактори, а саму компетентнісну модель випускника слід розглядати у вигляді багаторівневої ієрархічної структури, де на верхньому рівні знаходиться інтегрована оцінка компетентності, а на нижніх – оцінки компетентності за циклами та дисциплінами, які її формують (рисунок).



Рисунок - Ієрархічна структура оцінки компетентності

На формування кожної компетенції зокрема, та на компетентність випускника взагалі, впливають різні навчальні дисципліни, які вивчаються у вищому навчальному закладі. Випусник ВНЗ повинен володіти цілим рядом загальнокультурних та професійних компетенцій, і це відбувається в процесі засвоєння тієї чи іншої дисципліни, причому різні види компетенцій виробляються в процесі вивчення дисциплін того або іншого циклу навчання. Відповідно вони по-різному впливають на формування окремої компетенції та компетентності випускника в цілому.

У зв'язку з цим, виникає проблема розробки процедури оцінки якості компетенцій, набутих випусником. Для досягнення цієї мети потрібно розв'язати низку важливих задач: встановити взаємозв'язок між компетенціями та дисциплінами, що їх формують; визначити ступінь впливу кожного предмету на формування кожної компетенції і на підставі отриманих результатів розробити процедури, які дозволять оцінити якість набутих компетенцій та рівень компетентності випускника ВНЗ.

### Побудова нечіткої множини

Для визначення рівня компетентності по кожному циклу навчання та компетентності випускника ВНЗ в цілому, використаємо теорію нечітких множин та процедури нечіткої логіки, оскільки кожна оцінка за 100-бальною шкалою, знаходячись в певному діапазоні, носить нечіткий, розмитий характер.

Дана інформаційна технологія містить такі етапи:

1) фазифікація: перетворення чітких вхідних змінних на нечіткі, тобто визначення ступеня відповідності входів кожній із нечітких множин;

2) блок правил: обчислення правил на основі використання нечітких операторів та застосування імплікації для отримання вихідних значень правил;

3) блок рішень: агрегування нечітких виходів правил у загальне вихідне значення;

4) дефазифікація: перетворення нечіткого вихідного значення на чітке значення.

Визначимо рівень компетентності випускника ВНЗ, використовуючи оцінки дисциплін різних циклів підготовки і таблицю відповідності результатів контролю за шкалою ECTS.

Фазифікація полягає у перетворенні чітких вхідних величин (в даному випадку – значення оцінок за шкалою ECTS) у нечіткі величини.

Введемо в розгляд лінгвістичну змінну  $R$  – "рівень компетентності по дисципліні", яка задається набором з трьох лінгвістичних термів:  $K_1$  – "середній рівень",  $K_2$  – "достатній рівень",  $K_3$  – "високий рівень", тобто  $R = \{K_i \mid i = 1, 2, 3\}$ . Кожен із термів є нечіткою множиною  $K_i = \{(x, \mu_{K_i}(x)) \mid x \in [1..100], 0 \leq \mu_{K_i}(x) \leq 1, i = 1, 2, 3\}$  [9].

Функції належності  $\mu_{K_i}(x), i = 1, 2, 3$  лінгвістичної змінної  $R$  визначимо в діапазоні зміни вхідних величин  $[1..100]$ , використовуючи співвідношення:

$$\mu_{K_i}(x) = \begin{cases} 0, & x < NG, \\ \frac{x - (NG - 1)}{RG}, & NG \leq x < VG, \\ 1, & x \geq VG, \end{cases} \quad (1)$$

де NG – нижня границя градації, VG – верхня границя градації, RG – розмах градації.

Отже, при фазифікації чіткого входу (оцінки)  $x_j, j=1,2,\dots,s_t$ , де  $s_t$  – кількість оцінок відповідного циклу навчання, визначається ступінь його належності одному з трьох лінгвістичних термів  $K_i$ , з відповідними функціями належності  $\mu_{K_i}(x_j), i=1,2,3, j=1,2,\dots,s_t$ .

Таким чином,

1) лінгвістичному терму  $K_1$  – "середній рівень", значення якого належать діапазону [60..73] відповідає функція належності

$$\mu_{K_1}(x) = \begin{cases} 0, & x < 60, \\ \frac{x-59}{14}, & 60 \leq x < 74, \\ 1, & x \geq 74; \end{cases} \quad (2)$$

2) лінгвістичному терму  $K_2$  – "достатній рівень", значення якого належать діапазону [74..89] відповідає функція належності

$$\mu_{K_2}(x) = \begin{cases} 0, & x < 74, \\ \frac{x-73}{16}, & 74 \leq x < 90, \\ 1, & x \geq 90; \end{cases} \quad (3)$$

3) лінгвістичному терму  $K_3$  – "високий рівень", значення якого належать діапазону [90..100] відповідає функція належності

$$\mu_{K_3}(x) = \begin{cases} 0, & x < 90, \\ \frac{x-89}{11}, & 90 \leq x < 100, \\ 1, & x \geq 100. \end{cases} \quad (4)$$

### Алгоритм визначення компетентності випускника

Розглянемо алгоритм визначення компетентності випускника ВНЗ, який складається з декількох етапів (кроків). Загальний опис представимо таким чином. На першому етапі алгоритму, використовуючи оцінки з кожної дисципліни та вагові коефіцієнти дисциплін у циклі, визначимо нечіткі величини, що відповідають одному з трьох рівнів компетентності випускника по кожному циклу навчання, що передбачені навчальним планом. На другому етапі, використовуючи нечіткі величини, що відповідають одному з трьох рівнів компетентності по кожному циклу та вагові коефіцієнти циклів, знаходимо нечіткі величини, що відповідають певному рівню компетентності випускника в цілому. Тобто отримаємо вектор із трьох нечітких значень з

функціями належності відповідним лінгвістичним термам, визначених згідно формул (2)-(4). На третьому етапі алгоритму, на підставі одержаних величин, проводиться лінгвістичне розпізнання значення рівня компетентності випускника ВНЗ і, за необхідності, здійснюється дефазифікація. Представимо даний алгоритм у такому вигляді:

**Крок 1.** Розглянемо  $m$ -й цикл навчання та дисципліни, що входять до нього. Нехай за  $j$ -ву дисципліну студент одержав  $x_j$  балів за 100-бальною шкалою. Таким чином, результати студента по даному циклу можна представити у вигляді вектора оцінок  $(x_1, x_2, \dots, x_{s_m})$ , де  $s_m$  – кількість дисциплін розглядуваного циклу.

Замінімо оцінки з кожної дисципліни на нечіткі значення з функціями належності згідно (2)-(4) і визначимо ступінь належності одному з трьох лінгвістичних термів, що відповідає певному рівню компетентності випускника по кожній дисципліні в розглядуваному  $m$ -му циклі навчання. У результаті отримаємо матрицю  $M_m$ , що містить  $s_m$  рядків, які відповідають кількості дисциплін розглядуваного  $m$ -го циклу, та три стовпці, що відповідають лінгвістичним термам  $K_i, i=1,2,3$ :

$$M_m = \begin{pmatrix} \mu_{K_1}(x_1) & \mu_{K_2}(x_1) & \mu_{K_3}(x_1) \\ \mu_{K_1}(x_2) & \mu_{K_2}(x_2) & \mu_{K_3}(x_2) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \mu_{K_1}(x_{s_m}) & \mu_{K_2}(x_{s_m}) & \mu_{K_3}(x_{s_m}) \end{pmatrix} \quad (5)$$

Введемо в розгляд вектор  $P_m = (p_1^{(m)}, p_2^{(m)}, \dots, p_{s_m}^{(m)})$ , компонентами якого є числа  $p_j^{(m)}, j=1,2,\dots,s_m$ , що характеризують відносну вагу  $j$ -ї дисципліни, яка входить до розглядуваного  $m$ -го циклу, залежно від кількості кредитів, виділених для вивчення цієї дисципліни. Сума всіх компонент розглядуваного вектора дорівнює 1, тобто  $\sum_{j=1}^{s_m} p_j^{(m)} = 1$ . Відмітимо, що компоненти вектора  $P_m$  можуть вибиратися й іншими способами, залежно від конкретної ситуації або поставленої задачі.

Щоб сформувати нечітку підмножину для змінних виводу, усі нечіткі підмножини об'єднаємо разом, використавши операцію композиції (позначимо її " $\bullet$ "). В цьому випадку, комбінований вивід нечіткої підмножини формується як поточкова сума за всіма нечіткими підмножинами, що призначені змінною виводу.

Таким чином, для обчислення нечітких значень, які визначають ступінь належності одному з трьох лінгвістичних термів по  $m$ -му циклу,

використаємо операцію композиції вектора  $p_m$  та матриці  $M_m$ . В результаті виконання даної операції, отримаємо вектор  $\mu_m = p_m \bullet M_m$ , компонентами якого є нечіткі значення відповідних лінгвістичних термів  $m$ -го циклу навчання. В розгорнутому вигляді будемо мати:

$$\left( \mu_{K_1}^{(m)}, \mu_{K_2}^{(m)}, \mu_{K_3}^{(m)} \right) = \left( p_1^{(m)}, p_2^{(m)}, \dots, p_{s_m}^{(m)} \right) \bullet \begin{pmatrix} \mu_{K_1}(x_1) & \mu_{K_2}(x_1) & \mu_{K_3}(x_1) \\ \mu_{K_1}(x_2) & \mu_{K_2}(x_2) & \mu_{K_3}(x_2) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \mu_{K_1}(x_{s_m}) & \mu_{K_2}(x_{s_m}) & \mu_{K_3}(x_{s_m}) \end{pmatrix} \quad (6)$$

Застосуємо аналогічний підхід до всіх циклів навчання, що передбачені навчальним планом підготовки фахівця. В результаті одержимо нову матрицю, кількість рядків якої збігається з кількістю циклів навчання, а кількість стовпців дорівнює трьом, що відповідає введеним лінгвістичним термам. Елемент матриці, що міститься на перетині  $i$ -го рядка та  $j$ -го стовпця – це нечітке значення, що відповідає  $i$ -му циклу навчання та  $K_j$  лінгвістичному терму. Побудована таким чином матриця матиме такий вигляд:

$$M = \begin{pmatrix} \mu_{K_1}^{(1)} & \mu_{K_2}^{(1)} & \mu_{K_3}^{(1)} \\ \mu_{K_1}^{(2)} & \mu_{K_2}^{(2)} & \mu_{K_3}^{(2)} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \mu_{K_1}^{(t)} & \mu_{K_2}^{(t)} & \mu_{K_3}^{(t)} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

де  $t$  – кількість циклів, передбачених навчальним планом.

**Крок 2.** Після обчислення нечітких величин, які означають ступінь належності одному з трьох лінгвістичних термів по кожному з циклів навчання, переходимо до наступного етапу – визначення нечітких числових значень, які характеризують ступінь належності відповідним терм-множинам та відповідають певному рівню компетентності випускника ВНЗ в цілому, тобто будемо шукати вектор  $\mu = (\mu_{K_1}, \mu_{K_2}, \mu_{K_3})$ , де  $\mu_{K_i}, i=1,2,3$  – нечіткі значення відповідних лінгвістичних термів. Для обчислення цих величин, введемо в розгляд вектор  $w = (w_1, w_2, \dots, w_t)$ , елементи  $w_i, i=1, 2, \dots, t$  якого характеризують відносну вагу  $i$ -го циклу навчання, що входить до навчального плану підготовки фахівця, залежно від кількості кредитів, виділених для вивчення дисциплін відповідного циклу. Будемо вважати, що  $\sum_{i=1}^t w_i = 1$ .

Як і в попередньому випадку, компоненти вектора  $w$  можуть вибиратися іншими способами, залежно від ситуації або поставленої задачі.

Для визначення компонент вектора  $\mu$ , використаємо операцію композиції вектора  $w$  та матриці  $M$ . У результаті виконання даної операції, отримаємо вектор  $\mu = w \bullet M$ , компоненти  $\mu_{K_i}, i=1, 2, 3$  якого є нечіткими значеннями відповідних лінгвістичних термів:

$$\left( \mu_{K_1}, \mu_{K_2}, \mu_{K_3} \right) = \left( w_1, w_2, \dots, w_t \right) \bullet \begin{pmatrix} \mu_{K_1}^{(1)} & \mu_{K_2}^{(1)} & \mu_{K_3}^{(1)} \\ \mu_{K_1}^{(2)} & \mu_{K_2}^{(2)} & \mu_{K_3}^{(2)} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \mu_{K_1}^{(t)} & \mu_{K_2}^{(t)} & \mu_{K_3}^{(t)} \end{pmatrix} \quad (7)$$

**Крок 3.** В результаті виконання попередніх кроків, дістанемо вектор, компоненти якого являють собою нечіткі значення, що відповідають одному з трьох введених лінгвістичних термів. На підставі даного вектора  $\mu$ , проводимо лінгвістичне розпізнання значення рівня компетентності випускника ВНЗ.

Введемо в розгляд лінгвістичну змінну  $RV$  – "рівень компетентності випускника", яка задається, наприклад, набором з чотирьох термів, запропонованих у [10]:

- 1) "елементарний рівень компетентності", значення якого за 100-бальною шкалою містяться в діапазоні [60..69];
- 2) "пороговий рівень компетентності", значення якого за 100-бальною шкалою містяться в діапазоні [70..83];
- 3) "підвищений рівень компетентності", значення якого за 100-бальною шкалою містяться в діапазоні [84..94];
- 4) "професійний (досвідчений) рівень компетентності", значення якого за 100-бальною шкалою містяться в діапазоні [95..100].

Серед компонент  $\mu_{K_i}, i=1, 2, 3$  вектора  $\mu$  вибираємо максимальне нечітке значення та визначаємо відповідне йому чітке значення. Перетворення нечіткого вихідного значення на чітке, тобто дефазифікацію, можна здійснити відомими методами (центроїдним методом, методами першого максимуму, висотної дефазифікації та ін.). Залежно від вибраного методу, будемо мати різні чіткі значення шуканої величини. Зіставляючи отримане значення з наведеною шкалою, визначаємо рівень компетентності випускника ВНЗ.



## Висновки

Використання описаної моделі та алгоритму дає можливість, на підставі оцінок одержаних по кожній дисципліні в процесі навчання у ВНЗ, визначити рівень компетентності випускника. При цьому числове значення рівня компетентності буде змінюватись, залежно від обраного методу дефазифікації. Використання апарату нечітких множин та процедур нечіткої логіки для визначення рівня компетентності також дає можливість виражати якісні характеристики (компетенції) числовими величинами.

Запропонована модель визначення рівня компетентності сприятиме втіленню більш конкретних вимог до знань, умінь, навичок та якостей випускника вузу, що дозволить більш точно і обґрунтовано виділяти модулі в освітній програмі підготовки фахівців, сприятиме створенню якісно нових стандартів вищої освіти.

В контексті компетентнісного підходу, проблема визначення рівня компетентності залишається важливою і актуальною, потребує подальшого вдосконалення запропонованих методів і підходів та розробки нових.

## Список літератури

1. Комплекс нормативних документів для розроблення складових системи галузевих стандартів вищої освіти / За ред. В.Д. Шинкарука. – К.: Інститут інноваційних технологій, 2007. – 74 с.
2. Зимняя И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования / И.А. Зимняя // Высшее образование сегодня. – 2003. – № 5. – С. 34-42.
3. Ефремова Н.Ф. Компетенции в образовании: формирование и оценивание [Текст] / Н.Ф. Ефремова. – М.: Изд-во "Национальное образование", 2012. – 416 с.
4. Пиявский С.А. Система управления формированием универсальных компетенций студентов высших учебных заведений [Текст] / С.А. Пиявский, Г.П. Савельева. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2008. – 109 с.
5. Сибикина И.В. Процедура оценки компетентности студентов вуза, обучающихся по направлению "Информационная безопасность" [Текст] / И.В. Сибикина // Вестник АГТУ. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика, 2011. – № 1. – С. 200-205.
6. Гарафудинова Г.Р. Модель формирования профессиональной компетентности выпускника вуза [Текст] / Г.Р. Гарафудинова // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 5 – С. 57-59
7. Васильева К.С. Оцінювання студентів в умовах компетентнісного підходу / К.С. Васильєва, О.А. Щербина // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА, 2013. – Вип. 16. – С. 159-163.
8. Зайченко Ю.П. Основы проектирования интеллектуальных систем [Текст] / Ю.П. Зайченко. – К.: Вид. дім "Слово". – 2004. – 352 с.
9. Маляр М.М. Схема обробки інформації для визначення професійної компетентності випускника вузу [Текст] / М.М. Маляр, А.Ю. Штимак // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА, 2014. – Вип. 18. – С. 153-158.
10. Шестакова Н.В. Диагностика уровня сформированности профессиональной компетентности бакалавра технологического образования [Текст] / Н.В. Шестакова // Ижевск: Интеграция образования. – № 4. – 2010. – С. 24-27.
11. Зайченко Ю.П. Нечёткие модели и методы в интеллектуальных системах: учеб. пособие [Текст] / Ю.П. Зайченко. – К.: Изд. дом "Слово", 2008. – 354 с.

Стаття надійшла до редколегії 27.03.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Й.Г. Головач, Державний вищий навчальний заклад "Ужгородський національний університет", Ужгород.

### Маляр Николай Николаевич

Кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры моделирования сложных систем  
Киевский национальный университет им. Т. Шевченко, Киев

### Штимак Анатолий Юрьевич

Старший преподаватель кафедры системного анализа и теории оптимизации  
ГВУЗ "Ужгородский национальный университет", Ужгород

## МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ ВЫПУСКНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

**Аннотация.** Рассмотрена модель определения уровня компетентности выпускника на основании оценок, полученных при подготовке специалиста в вузе. Предложен алгоритм определения уровня компетентности выпускника с использованием теории нечетких множеств и процедур нечеткой логики, позволяющий определить уровень компетентности выпускника вуза. Использование аппарата нечетких множеств для построения модели и алгоритма определения уровня компетентности также дает возможность выражать качественные характеристики (компетенции) численными величинами.

**Ключевые слова:** компетенция; компетентность; компетентностный подход; нечёткое множество; лингвистическая переменная; фаззификация; дефаззификация

**Malyar Mykola**

PhD in technical sciences, associate professor, doctoral candidate of Department of Complex Systems Modeling  
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

**Shtymak Anatoliy**

Senior Lecturer of Department of System Analysis and Optimization Theory  
State University "Uzhgorod National University", Uzhgorod

**MODEL OF DETERMINING THE COMPETENCE OF GRADUATE WITH THE USE OF FUZZY SETS**

**Abstract.** *The implementation of the competency approach in the higher education system leads to new challenges for evaluating the quality of learning outcomes in terms of competences. The changes in the education results evaluating system are the main difference of the competence approach from the traditional approach. The evaluation of individual competences and the competence of the graduate of the university remains one of the most difficult problems in the implementation of the competency approach. The approach to determining the level of competence of graduates based on received estimates when training at the university was considered. The algorithm of determining the level of competence of graduates using the theory of fuzzy sets and fuzzy inference procedures was proposed, which allows determining the level of competence of the university graduate. The use of the apparatus of fuzzy sets for building the model and the algorithm for determining the level of competence allows us to express qualitative characteristics (competences) by numerical values. The proposed model for determining the level of competence will also contribute to embodiment of more specific requirements for knowledge, skills, experiences and qualities of the graduate of the university that will allow more accurately and reasonably to allocate modules in the educational program of training of specialists and will facilitate the creation of new quality standards for higher education.*

**Keywords:** *competence; competency; competency-based approach; fuzzy set; linguistic variable; fuzzification; defuzzification*

**References**

1. Shynkaruk, V.D. (Eds.) (2007). *The complex of normative documents for developing the components of the system of education standards*. Kyiv, Ukraine: Institute of Innovation Technologies, 74.
2. Zimniaya, I. A. (2003). *Key competencies – a new paradigm of education result*. *Higher Education Today*, 5, 34-42.
3. Yefremova, N.F. (2012). *Competencies in education: the formation and evaluation*. Moscow, Russia: National Education, 416.
4. Piyavskiy, S.A., & Savelyeva, H.P. (2008). *System of management of universal competencies formation of university students*. Moscow, Russia: Research Center of problems quality of specialist training, 109.
5. Sibikina, I.V. (2011). *Estimation procedure of students' competency studying at the faculty "Information Security". Management, computing machinery and informatics*. Astrakhan, Russia: 1, 200-205.
6. Harafutdinova, H.R. (2008). *Model of formation of professional competence of the graduates*. *Fundamental research*, 5, 57-59.
7. Vasylieva, K.S., & Shcherbyna O.A. (2013). *Evaluation of students in a competency approach*. *Management of Development of Complex Systems*. Kyiv, Ukraine: 16, 159-163.
8. Zaychenko, Yu.P. (2004). *Fundamentals designing of intellectual systems*. Kyiv, Ukraine: Word, 352.
9. Malyar, M.M., & Shtymak A.Yu. (2014). *Information processing scheme for determining the professional competence of a university graduate*. *Management of Development of Complex Systems*. Kyiv, Ukraine: 18, 153-158.
10. Shestakova, N.V. (2010). *Diagnostics of the level of formation of professional competence Bachelor of Technology Education. Integration of Education*. Izhevsk, Russia: 4, 24-27.
11. Zaychenko, Yu. P. (2008). *Fuzzy models and methods in intelligent system*. Kyiv, Ukraine: Word, 354.

**Посилання на публікацію**

- APA Malyar, M., & Shtymak, A. (2015). *Model of determining the competence of graduate with the use of fuzzy sets*. *Management of Development of Complex Systems*, 22 (1), 151-157.
- ГОСТ Маляр М.М. Модель визначення рівня компетентності випускника з використанням нечітких множин [Текст] / М.М. Маляр, А.Ю. Штимак // Управління розвитком складних систем. – 2015. – № 22 (1). – С. 151-157.