

О. О. Войцеховська¹
 Б. І. Мокін¹
 О. Б. Мокін¹

АДАПТАЦІЯ МЕТОДИКИ ЧІТКОГО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЗНАНЬ В ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ОТРИМАНИХ В ОНЛАЙН-РЕЖИМІ, НА НЕЧІТКИХ МОДЕЛЯХ ПРОЦЕСІВ ЇХ ЗАСВОЄННЯ

¹Вінницький національний технічний університет

Для оцінювання якості процесу засвоєння знань студентами вищих технічних навчальних закладів з конкретної навчальної дисципліни, отриманих в онлайн-режимі, запропоновано використовувати в адаптованому вигляді відому ідеологію чіткого оцінювання якості інтеграції навчання з виробництвом на нечітких математичних моделях. Необхідність адаптації цієї ідеології зумовлена, по-перше, тим, що лінгвістичні змінні, які характеризують різні стадії навчального процесу, отримують новий зміст, оскільки процес отримання студентами робітничої професії не є адекватним процесу засвоєння студентами конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі, по-друге, тим, що у зв'язку з необхідністю враховувати умови засвоєння конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі кількість цих лінгвістичних змінних суттєво зростає, а по-третє, тим, що у зв'язку з необхідністю визначення ще до заключного етапу у вигляді екзамену тих додаткових впливів, за допомогою яких здійснюватиметься «нормалізація» тих лінгвістичних змінних, що мають відмінності від «нормальних», процес направленості аналізу «з кінця в початок», характерний для ідеології-прототипу, змінюється на протилежний процес «з початку в кінець». А методика, що реалізує наш варіант втілення ідеології чіткого оцінювання на нечітких моделях, відрізняється окрім того, що враховує приведені вище відмінності в самій ідеології, по-перше, ще й тим, що знімає проблему створення достатньої потужності множини дефазифікованих значень лінгвістичних змінних, що характеризують процес вивчення конкретних навчальних дисциплін в малокомплектних групах, по-друге, множини екзаменаційних оцінок використовує не як стартову для початку процесу оцінювання, як це має місце в ідеології-прототипі, а як критеріальну, за допомогою якої оцінюється якість самого процесу, а по-третє, пропонує варіанти синтезу математичних моделей для законів розподілу дефазифікованих лінгвістичних змінних у разі, якщо гіпотеза «нормальності» для них не виконується.

Ключові слова: якість знань студентів, нечітка модель оцінки якості вивчення конкретної навчальної дисципліни, ймовірнісний характер дефазифікованих лінгвістичних змінних нечіткої моделі, адаптація методики чіткого оцінювання якості на основі нечіткої моделі, обґрунтування необхідності та умов адаптації.

Вихідні передумови та постановка задачі

В роботах [1], [2] для чіткого оцінювання якості процесу засвоєння знань студентами вищих технічних навчальних закладів і набуття ними відповідних компетентностей за ідеологією інтеграції навчання з виробництвом Б. І. Мокіним і О. Б. Мокіним та аспіранткою О. М. Мензул (після заміжжя Косарук) синтезовано нечітку математичну модель у вигляді бази знань Мамдані, лінгвістичні змінні $y, x_{111}, x_{112}, x_{121}, x_{122}, x_{211}, x_{212}, x_{221}, x_{222}$ в якій зв'язують між собою оцінку рівня якості засвоєння студентами знань (y) з різними параметрами цього процесу, такими як: x_{111} — рівень засвоєння теоретичних основ професії студентом на лекції; x_{112} — рівень доступу студента до електронних і друкованих джерел інформації, в яких наведено теоретичні основи про-

фесії; x_{121} — рівень внутрішньої мотивації студента до вивчення теоретичних основ професії; x_{122} — рівень здатності студента до вивчення теоретичних основ професії; x_{211} — рівень відповідності навчального обладнання завданням набуття студентом практичних навичок професії; x_{212} — рівень доступу студента під час практичних занять до навчального обладнання, виділеного для набуття практичних навичок професії; x_{221} — рівень внутрішньої мотивації студента до набуття практичних навичок професії; x_{222} — рівень здатності студента до набуття практичних навичок професії. І, як показано в цих роботах [1], [2], для побудови узагальненої математичної моделі

$$y = f(x_{111}, x_{112}, x_{121}, x_{122}, x_{211}, x_{212}, x_{221}, x_{222}). \quad (1)$$

у вигляді бази знань Мамдани ці лінгвістичні змінні доцільно поєднати між собою за допомогою ієрархічної структури у вигляді трирівневого дерева нечіткого виведення зображеного на рис. 1, з якого бачимо, що між вихідною лінгвістичною змінною y та вхідними лінгвістичними змінними $x_{111}, x_{112}, x_{121}, x_{122}, x_{211}, x_{212}, x_{221}, x_{222}$ з'явився ряд проміжних лінгвістичних змінних, а саме: x_1 — рівень засвоєння студентом теоретичних основ професії, x_2 — рівень набуття студентом практичних навичок професії, x_{11} — рівень позитивного впливу зовнішніх факторів на засвоєння студентом теоретичних основ професії, x_{12} — рівень позитивного впливу внутрішніх факторів на засвоєння студентом теоретичних основ професії, x_{21} — рівень позитивного впливу зовнішніх факторів на набуття студентом практичних навичок професії, x_{22} — рівень позитивного впливу внутрішніх факторів на набуття студентом практичних навичок професії.

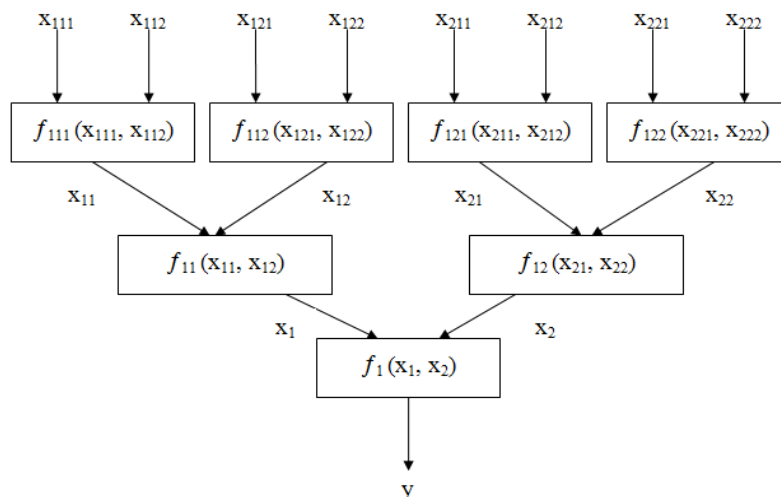


Рис. 1. Дерево нечіткого логічного виведення для залежності (1)

А тому, як показано в цих же роботах [1], [2], використовуючи це дерево нечіткого логічного виведення, узагальнену математичну модель (1) можна представити і так:

$$y = f_1(x_1, x_2),$$

$$x_1 = f_{11}(x_{11}, x_{12}), \quad x_2 = f_{12}(x_{21}, x_{22}), \quad (2)$$

$$x_{11} = f_{111}(x_{111}, x_{112}), \quad x_{12} = f_{112}(x_{121}, x_{122}), \quad x_{21} = f_{121}(x_{211}, x_{212}), \quad x_{22} = f_{122}(x_{221}, x_{222}).$$

В роботі [3] цими ж авторами та ще однією аспіранткою О. В. Слободянюк на основі синтезованої математичної моделі розроблена методика оцінювання якості процесу засвоєння знань за критеріями ефективності, побудованими з використанням нормалізованих функцій належності значень лінгвістичних змінних та нормального закону розподілу дефазифікованих значень кожної лінгвістичної змінної. При цьому враховано, що оскільки в узагальненій моделі усі лінгвістичні змінні належать до одного типу — «рівень чогось», то структурувати їх можна однією і тією ж множиною термів, а саме:

$$\langle \text{високий (В)} \rangle, \langle \text{достатній (Д)} \rangle, \langle \text{середній (С)} \rangle, \langle \text{низький (Н)} \rangle, \quad (3)$$

що відповідає оцінкам: «відмінно (5)», «добре (4)», «задовільно (3)», «незадовільно» в 5-бальній системі оцінок.

В роботі [4] результати, отримані в роботах [1]—[3], узагальнені і здійснена апробація запропонованих і математичної моделі, і методики її реалізації у Вінницькому національному технічному університеті, результати якої підтвердили їх ефективність.

В роботі [5] результати, отримані в роботах [1]—[4], опублікованих в україномовних наукових виданнях, викладені в стиснутому вигляді англійською мовою, чим створена можливість ознайомлення з ними зацікавлених науковців з англійськомовного наукового світу, які україномовних наукових видань не читають.

Але після того, як світі розповсюдилася коронавірусна пандемія і навчальний процес в усіх навчальних закладах до університетів включно в усьому світі переведений з очного в онлайн-режим, і математична модель для оцінювання якості процесу засвоєння знань, що синтезована в роботах [1], [2] і методика її реалізації, що запропонована в роботі [3], і їх узагальнення та реалізація на практиці, що викладені в роботах [4], [5], уже не можуть гарантувати отримання прийнятних результатів, оскільки очний режим реалізації навчального процесу і онлайн-режим суттєво відрізняються.

А тому ключові автори і математичної моделі, синтезованої для оцінювання якості навчального процесу в технічних закладах вищої освіти, і методики її реалізації, поставили задачу адаптувати і цю модель, і цю методику до умов, що склалися у зв'язку з переведенням навчального процесу в університетах в онлайн-режим, долучивши для розв'язання цієї задачі ще й аспірантку О. О. Войцеховську, яка працює над дисертацією в рамках спеціальності «Системний аналіз», що зумовило зміщення акценту в розв'язанні поставленої задачі в галузь «Інформаційні технології».

Адаптація нечіткої математичної моделі для чіткого оцінювання якості навчального процесу в онлайн-режимі

І почнемо ми процес адаптації нечіткої математичної моделі для чіткого оцінювання якості навчального процесу в онлайн-режимі зі встановлення відповідності уже уведених в роботах [1]—[5] лінгвістичних змінних $u, x_{111}, x_{112}, x_{121}, x_{122}, x_{211}, x_{212}, x_{221}, x_{222}$ поставленій нами задачі.

Цілком очевидно, що лінгвістичні змінні $u, x_{111}, x_{112}, x_{121}, x_{122}$ нестимуть той же зміст, яким вони наділені у роботах [1]—[5] і який охарактеризовано вище у попередньому розділі цієї статті з тією лише різницею, що в нашій задачі вони прив'язаними будуть уже не до професії, а до конкретної навчальної дисципліни. Але лінгвістичні змінні $x_{211}, x_{212}, x_{221}, x_{222}$ у сформульованій нами задачі набувають дещо іншого змісту — вони прив'язуються уже не до процесу набуття студентами робітничої професії, яким досягається реалізація ідеології дуальності, а до процесу практичного засвоєння отриманих на лекціях теоретичних основ навчальної дисципліни під час виконання традиційних для інженерних дисциплін лабораторних робіт. Тобто, в нашій задачі x_{211} — рівень насиченості університетської навчальної лабораторії обладнанням, що відповідає останнім досягненням в напрямку використання знань, які отримує студент, вивчаючи дану навчальну дисципліну; x_{212} — рівень доступу студента під час лабораторних занять до навчального обладнання, що відповідає останнім досягненням в напрямку використання знань, які отримує студент, вивчаючи дану навчальну дисципліну; x_{221} — рівень внутрішньої мотивації студента до засвоєння останніх інженерних рішень в напрямку практичного втілення в інженерію теоретичних досягнень навчальної дисципліни, що вивчається з використанням наявного в навчальній лабораторії обладнання; x_{222} — рівень здатності студента до засвоєння останніх інженерних рішень в напрямку практичного втілення в інженерію теоретичних досягнень навчальної дисципліни, що вивчається з використанням наявного в навчальній лабораторії обладнання. Для того, наприклад, щоб рельєфно показати різницю в змісті останньої лінгвістичної змінної у нашій задачі та в її прототипі в задачі отримання робітничої професії, наведемо приклад з робітничим обслуговуванням системи автоматизованого електроприводу та з інженерним обслуговуванням цієї системи, теоретичні основи якої вивчаються в однойменній навчальній дисципліні. Робітник, який обслуговує цю систему, повинен уміти демонтувати пошкоджені і поставити нові реле чи електронні або електромеханічні блоки та уміти почистити контакти і припаяти об'єднуючі провідники, тобто він повинен працювати в основному руками. А студент, який вивчає цю дисципліну і який, ставши інженером, буде її обслуговувати, повинен уміти діагностувати стан цієї системи, уміти запрограмувати мікроконтролер, який реалізує програму функціонування системи, та уміти здійснювати наладку взаємодії усіх її блоків, що реалізують задану програму, тобто він повинен працювати в основному головою.

Цілком очевидно, що нового змісту набувають в нашій задачі і проміжні лінгвістичні змінні:

тепер x_1 — рівень засвоєння студентом теоретичних основ конкретної навчальної дисципліни, що вивчається в онлайн-режимі; x_2 — рівень набуття студентом практичних умінь за програмою конкретної навчальної дисципліни, набутих в онлайн-режимі, x_{11} — рівень позитивного впливу зовнішніх факторів на засвоєння студентом теоретичних основ конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі, x_{12} — рівень позитивного впливу внутрішніх факторів на засвоєння студентом теоретичних основ конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі, x_{21} — рівень позитивного впливу зовнішніх факторів на набуття студентом практичних умінь за програмою конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі, x_{22} — рівень позитивного впливу внутрішніх факторів на набуття студентом практичних умінь за програмою конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі.

Очевидним стає і те, що, оскільки усі вищеперераховані лінгвістичні змінні $x_{211}, x_{212}, x_{221}, x_{222}$, як і лінгвістичні змінні $x_{111}, x_{112}, x_{121}, x_{122}$, стали прив'язаними до онлайн-режиму, то усі вони стають залежними ще й від умов практичного забезпечення цього режиму, тобто, вони теж стають проміжними, а в якості базових у цьому випадку потрібно розглядати уже не їх, а лінгвістичні змінні x_{0111}, x_{1111} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{111} ; лінгвістичні змінні x_{0112}, x_{1112} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{112} ; лінгвістичні змінні x_{0121}, x_{1121} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{121} ; лінгвістичні змінні x_{0122}, x_{1122} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{122} ; лінгвістичні змінні x_{0211}, x_{1211} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{211} ; лінгвістичні змінні x_{0212}, x_{1212} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{212} ; лінгвістичні змінні x_{0221}, x_{1221} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{221} ; лінгвістичні змінні x_{0222}, x_{1222} , які є формуючими лінгвістичну змінну x_{222} .

А зміст цих нових базових лінгвістичних змінних задамо таким: для x_{0111}, x_{1111} — це, відповідно, рівень лекторської майстерності викладача навчальної дисципліни та рівень інформаційної насиченості його презентацій; для x_{0112}, x_{1112} — це, відповідно, рівень наявності в бібліотечному та кафедральному фондах матеріалів, що забезпечують можливість якісного вивчення конкретної навчальної дисципліни, та рівень створених бібліотекою та кафедрою можливостей електронного доступу до цих матеріалів; для x_{0121}, x_{1121} — це, відповідно, рівень обізнаності студента зі ступенем важливості певної навчальної дисципліни для засвоєння основ вибраної ним спеціальності та рівень його електронного доступу до матеріалів, що забезпечують можливість якісного вивчення теоретичних основ конкретної навчальної дисципліни; для x_{0122}, x_{1122} — це, відповідно, рівень підгрунтя, отриманого в школі і під час вивчення попередніх навчальних дисциплін уже у вищому навчальному закладі, необхідного для якісного засвоєння теоретичних основ певної навчальної дисципліни, та рівень інтелекту студента, що вивчає цю навчальну дисципліну; для x_{0211}, x_{1211} — це, відповідно, рівень оснащення навчальної лабораторії з певної навчальної дисципліни лабораторним обладнанням за всіма важливими розділами цієї дисципліни та рівень створених в лабораторії можливостей електронного доступу в онлайн-режимі до цього лабораторного обладнання; для x_{0212}, x_{1212} — це рівень, відповідно, кафедральної організації електронного доступу до лабораторного обладнання під час виконання лабораторних робіт в онлайн-режимі та рівень інтернет-можливостей студента електронно вбудуватись в створений в навчальній лабораторії режим електронного доступу до лабораторного обладнання; для x_{0221}, x_{1221} — це рівень, відповідно, обізнаності студента зі ступенем важливості конкретного лабораторного практикуму для засвоєння основ певної навчальної дисципліни та рівень відповідності характеристик його електронних засобів умовам електронного доступу до лабораторного обладнання в онлайн-режимі; для x_{0222}, x_{1222} — це рівень розуміння принципів функціонування і конструктивного виконання лабораторного обладнання, що використовується під час проведення лабораторних робіт з цієї навчальної дисципліни, та рівень інтелектуальної здатності студента до прогнозування наслідків від його втручання в роботу лабораторного обладнання.

Увівши новий перелік базових лінгвістичних змінних, ми для онлайн-режиму в якості узагальненої моделі матимемо уже не залежність (1), а таку залежність:

$$y = f(x_{0111}, x_{1111}, x_{0112}, x_{1112}, x_{0121}, x_{1121}, x_{0122}, x_{1122}, x_{0211}, x_{1211}, x_{0212}, x_{1212}, x_{0221}, x_{1221}, x_{0222}, x_{1222}), \quad (4)$$

для структуризації у вигляді бази знань Мамдани якої, ці лінгвістичні змінні доцільно поєднати

між собою за допомогою ієрархічної структури тепер уже у вигляді чотирирівневого дерева нечіткого виведення, яке, окрім зображених на рис. 1 трьох рівнів, матиме ще й четвертий рівень у вигляді як на рис. 2.

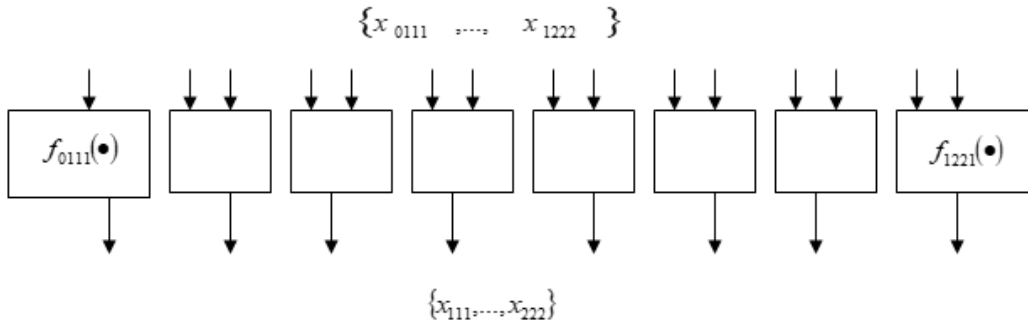


Рис. 2. Базовий рівень дерева нечіткого логічного виведення для узагальненої моделі (3), яким тривірневе дерево, показане на рис. 1, доповнюється до чотирирівневого

У цьому випадку для еквівалентного представлення узагальненої моделі (4) замість співвідношень (2) ми матимемо сукупність співвідношень

$$\begin{aligned}
 y &= f_1(x_1, x_2), \\
 x_1 &= f_{11}(x_{11}, x_{12}), \quad x_2 = f_{12}(x_{21}, x_{22}), \\
 x_{11} &= f_{111}(x_{111}, x_{112}), \quad x_{12} = f_{112}(x_{121}, x_{122}), \quad x_{21} = f_{121}(x_{211}, x_{212}), \quad x_{22} = f_{122}(x_{221}, x_{222}), \\
 x_{111} &= f_{0111}(x_{0111}, x_{1111}), \quad x_{112} = f_{1111}(x_{0112}, x_{1112}), \quad x_{121} = f_{0121}(x_{0121}, x_{1121}), \quad x_{122} = f_{1121}(x_{0122}, x_{1122}), \\
 x_{211} &= f_{0211}(x_{0211}, x_{1211}), \quad x_{212} = f_{1211}(x_{0212}, x_{1212}), \quad x_{221} = f_{0221}(x_{0221}, x_{1221}), \quad x_{222} = f_{1221}(x_{0222}, x_{1222}).
 \end{aligned} \quad (5)$$

Цілком очевидно, що після введення і для нових базових лінгвістичних змінних

$$x_{0111}, x_{1111}, x_{0112}, x_{1112}, x_{0121}, x_{1121}, x_{0122}, x_{1122}, x_{0211}, x_{1211}, x_{0212}, x_{1212}, x_{0221}, x_{1221}, x_{0222}, x_{1222} \quad (6)$$

в якості оцінки їх лінгвістичних значень категорії «рівень», для них теж можна в якості термів використати множину (3), запропоновану в роботах [1]—[5], що, в свою чергу, приводить нас на кожному рівні до тієї ж структури бази знань Мамдані, яка використана і в цих роботах, і яку ми для завершеності побудови нашої математичної моделі приведемо і у нашій роботі в цитатному варіанті, тобто лише для залежності $x_{11} = f_{11}(x_{111}, x_{112})$ у вигляді:

$$\begin{aligned}
 &\text{ЯКЩО } (x_{111} = H) \text{ І } (x_{112} = H) \text{ АБО } (x_{111} = H) \text{ І } (x_{112} = C) \text{ АБО } (x_{111} = C) \text{ І } (x_{112} = H), \\
 &\text{ТО } (x_{11} = H); \quad (7)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{ЯКЩО } (x_{111} = C) \text{ І } (x_{112} = C) \text{ АБО } (x_{111} = D) \text{ І } (x_{112} = C) \text{ АБО } (x_{111} = C) \text{ І } (x_{112} = D) \\
 &\text{АБО } (x_{111} = H) \text{ І } (x_{112} = B) \text{ АБО } (x_{111} = B) \text{ І } (x_{112} = H), \text{ ТО } (x_{11} = C); \quad (8)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{ЯКЩО } (x_{111} = D) \text{ І } (x_{112} = D) \text{ АБО } (x_{111} = B) \text{ І } (x_{112} = C) \text{ АБО } (x_{111} = C) \text{ І } (x_{112} = B) \\
 &\text{АБО } (x_{111} = D) \text{ І } (x_{112} = B), \text{ ТО } (x_{11} = D); \quad (9)
 \end{aligned}$$

$$\text{ЯКЩО } (x_{111} = B) \text{ І } (x_{112} = B) \text{ АБО } (x_{111} = B) \text{ І } (x_{112} = D), \text{ ТО } (x_{11} = B) \quad (10)$$

з приведенням її до системи рівнянь нечіткої логіки відносно функцій належності термів у вигляді

$$\mu_{11}^H(X^*) = \max_{j \rightarrow 1,2,3} \left\{ \begin{aligned} &\left[\min\left(\mu_{111}^H(x_{111}^*), \mu_{112}^H(x_{112}^*)\right) \right]_{j=1}, \min\left[\left(\mu_{111}^H(x_{111}^*), \mu_{112}^C(x_{112}^*)\right)\right]_{j=2}, \\ &\min\left[\left(\mu_{111}^C(x_{111}^*), \mu_{112}^H(x_{112}^*)\right)\right]_{j=3} \end{aligned} \right\}; \quad (11)$$

$$\mu_{11}^C(X^*) = \max_{j \rightarrow 1,2,3,4,5} \left\{ \begin{array}{l} \left[\min(\mu_{111}^C(x_{111}^*), \mu_{112}^C(x_{112}^*)) \right]_{j=1}, \min \left[\left(\mu_{111}^D(x_{111}^*), \mu_{112}^C(x_{112}^*) \right) \right]_{j=2}, \\ \min \left[\left(\mu_{111}^C(x_{111}^*), \mu_{112}^D(x_{112}^*) \right) \right]_{j=3}, \left[\min(\mu_{111}^H(x_{111}^*), \mu_{112}^B(x_{112}^*)) \right]_{j=4}, \\ \min \left[\left(\mu_{111}^B(x_{111}^*), \mu_{112}^H(x_{112}^*) \right) \right]_{j=5} \end{array} \right\}; \quad (12)$$

$$\mu_{11}^D(X^*) = \max_{j \rightarrow 1,2,3,4} \left\{ \begin{array}{l} \left[\min(\mu_{111}^D(x_{111}^*), \mu_{112}^D(x_{112}^*)) \right]_{j=1}, \min \left[\left(\mu_{111}^B(x_{111}^*), \mu_{112}^C(x_{112}^*) \right) \right]_{j=2}, \\ \min \left[\left(\mu_{111}^C(x_{111}^*), \mu_{112}^B(x_{112}^*) \right) \right]_{j=3}, \left[\min(\mu_{111}^D(x_{111}^*), \mu_{112}^B(x_{112}^*)) \right]_{j=4} \end{array} \right\}; \quad (13)$$

$$\mu_{11}^B(X^*) = \max_{j \rightarrow 1,2} \left\{ \begin{array}{l} \left[\min(\mu_{111}^B(x_{111}^*), \mu_{112}^B(x_{112}^*)) \right]_{j=1}, \min \left[\left(\mu_{111}^B(x_{111}^*), \mu_{112}^D(x_{112}^*) \right) \right]_{j=2} \end{array} \right\}. \quad (14)$$

Тож, як і у роботах [1]—[5], в результаті нечіткого логічного виведення на основі рівнянь (11)—(14) отримаємо нечітку вихідну змінну x_{11} у вигляді

$$x_{11} = \left(\frac{\mu_{11}^H(X^*)}{H}, \frac{\mu_{11}^C(X^*)}{C}, \frac{\mu_{11}^D(X^*)}{D}, \frac{\mu_{11}^B(X^*)}{B} \right), \quad (15)$$

на носіїв [H, C, D, B], для переведення якої на носій $U = [0, 100]$, користуючись методикою, приведеною в роботі [6], знайдемо імпліковані функції належності $\mu_H(x_{11}), \mu_C(x_{11}), \mu_D(x_{11}), \mu_B(x_{11})$ термів H, C, D, B вихідної лінгвістичної змінної x_{11} , «зрізані» значеннями $\mu_{11}^H(X^*), \mu_{11}^C(X^*), \mu_{11}^D(X^*), \mu_{11}^B(X^*)$, як показано на рис. 2 в роботі [5] для одного з варіантів. Далі, знову ж таки, користуючись тою самою методикою [6], знайдемо агреговану функцію належності цієї лінгвістичної змінної на носіїв $U = [0, 100]$ у вигляді $\mu_{11}^{[1,100]}(x_{11}) = \text{agg}(\mu_H(x_{11}), \mu_C(x_{11}), \mu_D(x_{11}), \mu_B(x_{11}))$, графік якої на рис. 2 в роботі [5] показано обвідною напівжирною лінією. А для знаходження чіткого значення x_{11}^* змінної x_{11} , як і в роботі [5], виконаємо операцію дефазифікації за методом центра ваги [6,7] у вигляді

$$x_{11}^* = \frac{\sum_{i=1}^{100} i \cdot \mu_{11i}^{[1,100]}(x_{11})}{\sum_{i=1}^{100} \mu_{11i}^{[1,100]}(x_{11})}. \quad (16)$$

Що до функцій належності, які фігурують у формулах (11)—(16), то їх можна використовувати як у вигляді

$$\mu(u) = \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{u-m}{\sigma} \right)^2 \right), \quad (17)$$

де m — координата максимуму; σ — коефіцієнт концентрації, тобто, у вигляді, запропонованому в роботах [1]—[5], так і у будь-якому іншому вигляді, придатному за умовами практичної реалізації запропонованої моделі.

А далі приведемо цитату з роботи [5], в яку внесемо лише нашу нумерацію формул: «Цілком очевидно, що вся вищенаведена процедура буде справедливою і для ідентифікації нечіткою базою знань (7)—(16) другого нижнього рівняння системи (2), для якого компонентами вхідного вектора є лінгвістичні змінні x_{121}, x_{122} , а вихідною лінгвістичною змінною є x_{12} , з тією лише різницею, що у формулах (7)—(16) індекс 111 необхідно замінили на 121, індекс 112 — на 122, а індекс 11 замінити на 12. Аналогічно ідентифікуючи і третє та четверте нижні рівняння системи (3) та усі три верхні рівняння цієї системи, ми отримаємо усі необхідні дані для того, щоб записати алгоритм ідентифікації нечіткою базою знань усіх рівнянь системи (3)» — кінець цитати у перекладі з англ-

лійської. І цілком очевидно, що ця цитата буде справедливою і для системи рівнянь (5) з тією лише різницею, що кількість ланок у її алгоритмі ідентифікації суттєво зросте через необхідність реалізації ще й усіх рівнянь, записаних в 4-му та 5-му рядках.

Ось на цьому ми і завершимо процес адаптації нечіткої математичної моделі для чіткого оцінювання якості навчального процесу в онлайн-режимі і перейдемо до адаптації методики чіткого оцінювання якості знань, побудованої з використанням цієї моделі.

Адаптація методики чіткого оцінювання на нечітких моделях

Спочатку нагадаємо ідеологію, закладену в методику чіткого оцінювання на нечітких моделях та опубліковану в роботах [3]—[5], яка — цитуємо: «...полягає у тому, що на етапі оцінювання якості практичної підготовки студентів за ідеологією освоєння робітничої професії емпіричні закони розподілу дефазифікованих значень лінгвістичних змінних будуються в напрямку від верхнього рівня ієрархії до нижнього і виявляються ті з них, що мають відхилення від нормального; а на етапі підвищення якості практичної підготовки ті емпіричні закони розподілу, що мають відхилення від нормального, нормалізуються шляхом створення додаткових контрольованих впливів на відповідні лінгвістичні змінні базового рівня, що є вхідними для нижнього рівня ієрархії запропонованої структури» — кінець цитати у перекладі з англійської. І ілюструється ця ідеологія рис. 3, який ми для наглядності теж приведемо і теж він і у нас фігуруватиме як рис. 3.

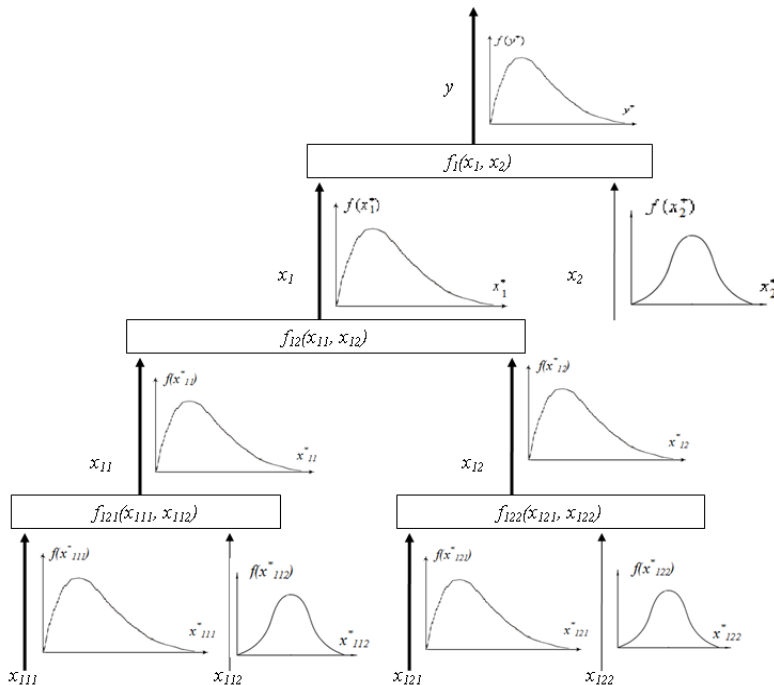


Рис. 3. Графічна інтерпретація механізму виявлення відхилень від норми на різних етапах ієрархії при формуванні прогнозу оцінки якості професійної підготовки студентів експериментальних груп ФБТЕГП за ідеологією освоєння робітничої професії

Для чіткого оцінювання якості процесу засвоєння знань студентами вищих технічних навчальних закладів і набуття ними відповідних компетентностей за процитованою вище ідеологією інтеграції навчання з виробництвом запропоновано використовувати нечітку математичну модель, доповнену процедурою ймовірностного оброблення дефазифікованих значень величин, які характеризують якість процесу і є множинами випадкових чисел.

Нечітка математична модель, що реалізує процитовану вище ідеологію, синтезована у вигляді бази знань Мамдані. А в уже згаданих роботах авторів ідеології, обґрунтоване критеріальне забезпечення процесу оцінювання з використанням нормалізованих функцій належності значень лінгвістичних змінних до відповідних термів та нормального закону

розподілу випадкової величини, якою є дефазифіковане значення кожної лінгвістичної змінної.

Запропонована в цих роботах і алгоритмізована методика чіткого оцінювання якості процесу засвоєння знань з використанням нечіткої моделі цього процесу, а також здійснена апробація запропонованих і моделі і методики на трьох факультетах Вінницького національного технічного університету.

Оскільки запропонована нами «п'ятирядкова» нечітка модель (5) відрізняється від «трирядкової» нечіткої моделі (2), запропонованої в роботах [3]—[5], лише кількістю співвідношень між «трийками» лінгвістичних змінних, одна з яких є вихідною, а дві інші є вхідними, і в обох випадках усі лінгвістичні змінні задані на тій самій множині термів (3), то, цілком очевидно, що як ідеологію чіткого оцінювання на нечітких моделях, що запропонована в роботах [3]—[5], так і основні етапи методики, що реалізує цю ідеологію, можна використати і для чіткого оцінювання за допомогою запропонованої нами нечіткої моделі (5) із застосуванням до неї попередньо усіх тих процедур, що визначені у співвідношеннях (6)—(17).

Але варто звернути увагу на те, що ця ідеологія, яка є прототипом нашої, є ідеологією «постфактум», оскільки вона на першому етапі методики її втілення в життя, пропонує розглядати множини заключних (екзаменаційних) оцінок, отриманих на верхньому рівні ієрархічної структури, а на наступних етапах крок за кроком спускатись до базового рівня, на якому уже появляється можливість внесення додаткових контрольованих впливів. Тобто, фактично, вносити ці додаткові контрольовані впливи ми зможемо лише в навчальний процес тих потоків студентів, що отримуватимуть робітничу професію роком пізніше. В той час, як при вивченні конкретної навчальної дисципліни нас цікавить у першу чергу можливість внесення цих впливів на студентів упродовж вивчення саме цієї навчальної дисципліни. А тому першим нашим кроком в напрямку адаптації методики, запропонованої в роботах [3]—[5], до задач оцінки якості процесу засвоєння змісту конкретної навчальної дисципліни буде зміна послідовності виконання її етапів, тобто уже на першому етапі нашого варіанта методики чіткого оцінювання якості на нечітких моделях ми будемо будувати закони розподілу базових лінгвістичних змінних, від яких крок за кроком підніматись потім по рівнях ієрархічної структури аж до побудови закону розподілу заключних (екзаменаційних) оцінок, який уже відіграватиме роль не породжуючого для підпорядкованих лінгвістичних змінних, як у методиці-прототипі, а роль критерію ефективності дії наших додаткових впливів, створених на попередніх етапах.

Резюмуючи висловлене вище, можна стверджувати, що, якщо в методиці, розробленій в роботах [3]—[5], пропонується здійснювати аналіз в послідовності

$$y^* \Rightarrow \begin{cases} x_1 \\ x_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{11} \\ x_{12} \\ x_{21} \\ x_{22} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{111} \\ x_{112} \\ x_{121} \\ x_{122} \\ x_{211} \\ x_{212} \\ x_{221} \\ x_{222} \end{cases}, \quad (18)$$

то у нашій (адаптованій) методиці чіткого оцінювання на нечітких моделях послідовність аналізу пропонується зворотною, а саме

$$\begin{cases} x_{0111} \\ x_{1111} \\ x_{0112} \\ x_{1112} \\ x_{0121} \\ x_{1121} \\ x_{0122} \\ x_{1122} \\ x_{0211} \\ x_{1211} \\ x_{0212} \\ x_{1212} \\ x_{0221} \\ x_{1221} \\ x_{0222} \\ x_{1222} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{111} \\ x_{112} \\ x_{121} \\ x_{122} \\ x_{211} \\ x_{212} \\ x_{221} \\ x_{222} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{11} \\ x_{12} \\ x_{21} \\ x_{22} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_1 \\ x_2 \end{cases} \Rightarrow y^*. \quad (19)$$

Розпочинається викладення методики чіткого оцінювання на нечітких моделях в роботах [3]—[5] з твердження, що для того, щоби прогнозними оцінками y_i^* , $i=1,2,\dots,N$ рівня робітничої кваліфікації студентів, які є дефазифікованими розв'язками нечіткої моделі

$$\{y_i^*\} = \{y_1^*, y_2^*, y_3^*, \dots, y_i^*, \dots, y_N^*\}, \quad (20)$$

можна було довіряти, необхідно визначати їх одразу для потоку, в який входить не менше двох академічних груп, тобто визначати їх для сукупності N студентів, яка містить не менше 50 однорідних елементів.

Тож і тут уже необхідна адаптація, оскільки це при отриманні тієї самої робітничої кваліфікації, якої набувають одразу усі студенти факультету, множина (20) може мати 50 і більше однорідних елементів, а при викладанні конкретної навчальної дисципліни в окремій групі, багато з яких нині є неповнокомплектними і не містять навіть 25 студентів, число елементів у множині (20) теж може бути суттєво меншим 50, тобто, суттєво меншим постульованого в методиці, запропонованій в роботах [3]—[5], що вимагає внесення коректив в подальші її процедури. І наша адаптація у цьому випадку полягатиме у тому, що ми нарощуватимемо кількість елементів у множині оцінок (20) за рахунок врахування результатів кожного колоквиуму, що згідно з навчальними планами проводяться не менше двох за період вивчення конкретної дисципліни, і кожної контрольної роботи, що згідно з навчальними планами проводяться теж не менше двох за час вивчення конкретної навчальної дисципліни, та захисту кожної лабораторної роботи, яких по кожній дисципліні має бути не менше чотирьох. Але, як відомо, і верхня межа оцінки за кожний колоквиум, і верхня межа оцінки за кожну контрольну роботу, і верхня межа оцінки за захист кожної лабораторної роботи, як правило, є різними, тож для приведення їх до можливості використання в якості елементів множини (20) їх потрібно попередньо нормалізувати шляхом ділення на верхню межу для кожної — тоді кожна з цих оцінок стане числом з відрізка $[0,1]$ і може бути використана як елемент множини (20).

З другим визначальним твердженням методики, викладеної в роботах [3]—[5], що дефазифіковані оцінки з множини (20) є випадковими числами, до яких можна застосовувати методи теорії ймовірностей та математичної статистики, ми погоджуємось і теж будемо це твердження використовувати. А завдяки попередньому кроку адаптації у нас уже не виникатиме кількісних проблем як при побудові гістограми на множині (20) та її «вирівнювання» статистичною оцінкою густини (або щільності) розподілу $f(y^*)$ ймовірностей випадкової величини y^* з використанням χ^2 -розподілу Пірсона [8], [9], так і при побудові гістограм та їх «вирівнюванні» для усіх інших випадкових величин, що будуть використані із застосуванням цієї методики. Нагадаємо, кількісні проблеми при побудові гістограми та її «вирівнювання» за Пірсоном зумовлені тим, що для реалізації цих процесів потрібно набагато більше членів у множині (20) ніж їх можна мати, враховуючи неповнокомплектність студентських груп, які вивчають конкретні навчальні дисципліни не загальноосвітнього чи загально інженерного характеру, особливо, якщо використовується для характеристики якості навчання кожного студента лише одна (екзаменаційна) його оцінка.

Ми погоджуємось і з третім визначальним твердженням, закладеним у методику, що побудована в роботах [3]—[5], яке носить характер критеріального і звучить так: «Якщо експертами встановлено, що теорію робітничої професії викладають нормальні викладачі, лабораторія робітничої професії обладнана нормальним обладнанням, бібліотека і лабораторія забезпечена нормально навчальними посібниками у паперовому чи електронному вигляді, мотивація студентів до освоєння робітничої професії є нормальною і здібності до освоєння робітничої професії у кожного зі студентів теж є нормальними, то і густина розподілу $f(y^*)$ ймовірностей оцінок із множини (20) згідно з центральною граничною теоремою теорії ймовірностей буде підпорядковуватись нормальному закону, густина розподілу ймовірностей за яким має вигляд (17), до якої додається норму-

вальний множник $\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$, а параметри m, σ тепер уже є оцінками математичного очікування (спо-

дівання) та середньоквадратичного відхилення випадкової величини y^* , підстановкою яких в унормовану формулу (17) отримаємо емпіричний нормальний закон густини розподілу ймовірностей випадкової величини. І якщо це так, то практична підготовка студентів за ідеологією набуття робітничої професії, корельованої з майбутньою інженерною, в університеті здійснюється на нормальному рівні і не потребує розробки додаткових заходів для її поліпшення. Але якщо це не так, тобто якщо побудована для випадкової величин y^* , заданої множиною значень (20), гістограма має нахил вліво чи вправо і не «вирівнюється» нормальним законом розподілу, про що свідчатиме

низький рівень довірчої ймовірності, розрахованої з використанням χ^2 -розподілу, то це свідчити-
ме, що або теорію робітничої професії викладають погані викладачі, або лабораторія робітничої
професії обладнана застарілим обладнанням чи його недостатньо, або бібліотека і лабораторія не
забезпечена навчальними посібниками у достатній кількості, або мотивація студентів до освоєння
робітничої професії є недостатньою, або здібності до освоєння робітничої професії у більшості
студентів є не розвиненими» — кінець цитати у перекладі з англійської.

Отже, якщо нам побудовану гістограму, наприклад, для випадкової величини y^* із сукупності
(20), заданої на множині оцінок з діапазону $[0,100]$ балів, вдалося з високою ймовірністю, не ниж-
чою 0,80, «вирівняти» нормальним законом, який для густини розподілу має вигляд

$$f(y^*) = \frac{1}{\sigma^* \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{y^* - m^*}{\sigma^*} \right)^2}, \quad (21)$$

де
$$m^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i^*; \quad (22)$$

$$\sigma^* = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i^* - m^*)^2}, \quad (23)$$

то жодних додаткових впливів на формування цієї випадкової величини здійснювати не потрібно,
бо з нею усе «нормально».

Якщо ж, наприклад, емпіричний закон густини розподілу $f(x_{1111}^*)$ дефазифікованих значень
 x_{1111}^* лінгвістичної змінної x_{1111} виявиться відмінним від нормального, то це свідчить про те, що
презентації лектора при викладанні змісту онлайн-лекції є або занадто складними, або занадто
спрощеними, причому, «ненормальність» цього емпіричного закону може бути як у вигляді несиме-
трії, коли початкова гілка кривої графіка цього розподілу є крутою і коротшою за «нормальну», а
спадна заключна є пологішою і довшою, так і у вигляді несиметрії, коли початкова гілка кривої гра-
фіка цього розподілу є похилішою і довшою за «нормальну», а спадна заключна є короткою і крутою.

У першому випадку, який свідчить, що презентації лектора є занадто складними, «вирівнюва-
ти» емпіричний закон густини розподілу $f(x_{1111}^*)$ ми пропонуємо за допомогою γ -розподілу, який
описується моделлю [8]

$$f(x_{1111}^*) = \begin{cases} (x_{1111}^*)^{k-1} \frac{e^{-\frac{x_{1111}^*}{\vartheta}}}{\vartheta^k \Gamma(k)}, & \forall x_{1111}^* \geq 0, \\ 0, & \forall x_{1111}^* < 0, \end{cases} \quad (24)$$

параметри ϑ, k якої знаходяться зі співвідношень

$$\begin{cases} m_{1111}^* = k\vartheta, \\ \sigma_{1111}^* = k\vartheta^2, \end{cases} \quad (25)$$

а для гамма-функції $\Gamma(k)$ є справедливими співвідношення

$$\begin{cases} \Gamma(k+1) = k! \\ \Gamma(k+1) = k \Gamma(k). \end{cases} \quad (26)$$

У другому випадку, який свідчить, що презентації лектора є занадто спрощеними, «вирівнюва-
ти» емпіричний закон густини розподілу $f(x_{1111}^*)$ ми пропонуємо за допомогою β -розподілу, який
описується моделлю [8]

$$f(x_{1111}^*) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} (x_{1111}^*)^{\alpha-1} (1-x_{1111}^*)^{\beta-1}, \quad (27)$$

параметри α, β якої знаходяться зі співвідношень

$$\begin{cases} m_{1111}^* = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}, \\ \sigma_{1111}^* = \frac{1}{\alpha + \beta} \sqrt{\frac{\alpha\beta}{\alpha + \beta + 1}}, \end{cases} \quad (28)$$

а для бета-функції $B(\alpha, \beta)$ є справедливим співвідношення

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^1 (x_{1111}^*)^{\alpha-1} (1-x_{1111}^*)^{\beta-1} dx_{1111}^*. \quad (29)$$

Цілком очевидно, що для «нормалізації» емпіричного закону густини розподілу $f(x_{1111}^*)$ у першому випадку лекторські презентації необхідно спрощувати, а у другому випадку, навпаки, ускладнювати.

Аналогічні висновки впливатимуть і з аналізу емпіричних законів густини розподілу інших лінгвістичних змінних із множин (5), (6) після їх фазифікації у базі знань (7)—(10), приведення цієї бази до системи рівнянь нечіткої логіки (11)—(14), перенесення результатів розв'язання цих рівнянь шляхом імплікації та агрегування на носій $U = [0, 100]$ та дефазифікації за методом центру ваги (16).

Приклад застосування методики чіткого оцінювання якості засвоєння конкретної навчальної дисципліни з IT-спеціальностей в адаптованому нами варіанті на усіх її етапах буде представлено у нашій наступній статті.

Висновки

Для оцінювання якості процесу засвоєння знань студентами вищих технічних навчальних закладів з конкретної навчальної дисципліни, отриманих в онлайн-режимі, запропоновано використовувати в адаптованому вигляді відому ідеологію чіткого оцінювання якості інтеграції навчання з виробництвом на нечітких математичних моделях, методика втілення якої містить процедуру ймовірнісного оброблення дефазифікованих значень величин, що характеризують якість процесу і є множинами випадкових чисел.

Необхідність адаптації цієї ідеології для досягнення нашої мети зумовлена, по-перше, тим, що лінгвістичні змінні, які характеризують різні стадії навчального процесу, отримують новий зміст, оскільки процес отримання студентами робітничої професії не є адекватним процесу засвоєння студентами конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі, по-друге, тим, що у зв'язку з необхідністю враховувати умови засвоєння конкретної навчальної дисципліни в онлайн-режимі кількість цих лінгвістичних змінних суттєво зростає, а по-третє, тим, що у зв'язку з необхідністю визначення ще до заключного етапу у вигляді екзамену тих додаткових впливів, за допомогою яких здійснюватиметься «нормалізація» тих лінгвістичних змінних, що мають відмінності від «нормальних», процес направленості аналізу «з кінця в початок», характерний для ідеології-прототипу, змінюється на протилежний процес «з початку в кінець».

А методика, що реалізує наш варіант втілення ідеології чіткого оцінювання на нечітких моделях, відрізняється окрім того, що враховує приведені вище відмінності в самій ідеології, по-перше, ще й тим, що знімає проблему створення достатньої потужності множини дефазифікованих значень лінгвістичних змінних, що характеризують процес вивчення конкретних навчальних дисциплін в малокомплектних групах, по-друге, множини екзаменаційних оцінок використовує не як стартову для початку процесу оцінювання, як це має місце в ідеології-прототипі, а як критеріальну, за допомогою якої оцінюється якість самого процесу, а по-третє, пропонує варіанти синтезу математичних моделей для законів густини розподілу дефазифікованих лінгвістичних змінних у разі, якщо гіпотеза «нормальності» для них не виконується.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] О. Б. Мокін, О. М. Мензул, В. М. Мізерний, і Б. І. Мокін, «Математична модель прогнозу рівня кваліфікації, яку отримає кожний студент в результаті освоєння робітничої професії (Частина 1: формалізація, структуризація і параметризація задачі),» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 5, с. 125-129, 2012.
- [2] О. Б. Мокін, О. М. Мензул, В. М. Мізерний, і Б. І. Мокін, «Математична модель прогнозу рівня кваліфікації, яку отримає кожний студент в результаті освоєння робітничої професії (Частина 2: побудова нечіткої бази знань та її алгоритмізація),» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 6, с. 152-156, 2012.
- [3] О. Б. Мокін, О. М. Косарук, О. В. Слободянюк, В. М. Мізерний, і Б. І. Мокін, «Методика оцінювання і підвищення якості практичної підготовки студентів за технологією освоєння робітничої професії,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 1, с. 177-186, 2015.
- [4] Б. І. Мокін, О. Б. Мокін, і О. М. Косарук, *Ідеологія дуальності в вищій технічній освіті на основі інтеграції навчання з виробництвом*, моногр. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2019, 224 с.
- [5] Boris I. Mokin, Oleksandr V. Mokin, Olena M. Kosaruk, Mashat Kalimoldayev, and Waldemar Wójcik, "Assessment of the knowledge quality level based on fuzzy models of its acquisition processes," *Przegląd Elektrotechniczny*, no. 09/2020, pp. 114-119, <https://doi.org/10.15199/48.2020.09.24>.
- [6] С. Д. Штовба, *Проектирование нечетких систем средствами MATLAB*. Москва, РФ: Горячая линия-Телеком, 2007, 288 с.
- [7] Ю. И. Митюшкин, Б. И. Мокин, и А. П. Ротштейн, *Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний*. Винница, Украина: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002, 145 с.
- [8] В. Н. Гутубалин, *Теория вероятностей*. Москва: Издательство Московского университета, 1972, 230 с.
- [9] Е. И. Гурский, *Сборник задач по теории вероятностей и математической статистике*. Минск: Вышэйшая школа, 1975, 272 с.

Рекомендована кафедрою системного аналізу та інформаційних технологій ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 26.01.2021

Войцеховська Ольга Александрівна — аспірантка, асистентка кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, e-mail: olgav1085@gmail.com ;

Мокін Борис Іванович — академік НАПН України, д-р техн. наук, професор, професор кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, професор кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, e-mail borys.mokin@gmail.com ;

Мокін Олександр Борисович — д-р техн. наук, професор, професор кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, e-mail abmokin@gmail.com .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

O. O. Voitsekhovska¹
B. I. Mokin¹
O. B. Mokin¹

Adaptation of the Methodology of Clear Estimation of the Quality of Knowledge in the Field of Information Technologies Obtained Online on Fuzzy Models of Learning Processes

¹Vinnitsia National Technical University

To estimate the quality of the learning process for students of higher technical educational institutions in a particular discipline, obtained online, it is proposed to use an adapted form of the well-known ideology of clear estimation of the quality of integration of education with manufacture on fuzzy mathematical models. The need of adaptation of this ideology is conditioned, firstly, that linguistic variables, that will characterize the different stages of educational process, get new maintenance, as a process of receipt of working profession by students is not adequate to the process of mastering a certain educational discipline by students in the online-mode, secondly, that in connection with a necessity to take into account the terms of mastering of certain educational discipline in the online-mode the amount of these linguistic variables grows substantially, and thirdly, that in connection with necessity to determinate before the final stage, in kind of an examination these additional influence, by means of which the normalization will be performed for those linguistic variable that differ from "normal" ones, the process of analysis orientation "from the end to the beginning", specific for the prototype-ideology, changes on the opposite process "from the beginning to the end". The methodology that will realize our variant of ideology of clear estimation on unclear models differs by taking into account the differences given above in ideology, firstly, that takes off the problem of creation of sufficient power of great number of defuzzified values of linguistic variables that characterize the

process of studying a certain educational disciplines in little-completed groups, secondly, uses the great number of examination estimations not as starting one for the beginning of estimation process, as it takes place in the prototype-ideology, but as criterion, by means of that the process quality is estimated, and thirdly, offers variants of synthesis of a mathematical model for distribution laws of defuzzified linguistic variables in case if a hypothesis of "normality" for them is not executed.

Keywords: quality of students' knowledge, fuzzy model of quality estimation of studying a particular discipline, probabilistic nature of defuzzified linguistic variables of a fuzzy model, adaptation of methods of clear quality estimation based on a fuzzy model, substantiation of necessity and conditions of adaptation.

Voitsekhovska Olha O. — Post-Graduate Student, Assistant of the Chair of System Analysis and Information Technologies, e-mail: olgav1085@gmail.com ;

Mokin Borys I. — Academician of NAPS of Ukraine, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of System Analysis and Information Technologies, Professor of the Chair of Electromechanical Systems of Automation in Industry and Transport, e-mail: borys.mokin@gmail.com ;

Mokin Oleksandr B. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of System Analysis and Information Technologies, e-mail: abmokin@gmail.com

О. А. Войцеховская¹
Б. И. Мокин¹
А. Б. Мокин¹

Адаптация методики четкого оценивания знаний в области информационных технологий, полученных в онлайн-режиме на нечетких моделях процессов их усвоения

¹Вінницький національний технічний університет

Для оценки качества процесса усвоения знаний студентами высших технических учебных заведений по конкретной учебной дисциплине, полученных в онлайн-режиме, предложено использовать в адаптированном виде известную идеологию четкого оценивания качества интеграции обучения с производством на нечетких математических моделях. Необходимость адаптации этой идеологии обусловлена, во-первых, тем, что лингвистические переменные, которые будут характеризовать разные стадии учебного процесса, получают новое содержание, поскольку процесс получения студентами рабочей профессии не является адекватным процессу усвоения студентами конкретной учебной дисциплины в онлайн-режиме, во-вторых, тем, что в связи с необходимостью учитывать условия усвоения конкретной учебной дисциплины в онлайн-режиме количество этих лингвистических переменных существенно растет, а в-третьих, тем, что в связи с необходимостью определения еще к заключительному этапу в виде экзамена тех дополнительных влияний, с помощью которых будет осуществляться "нормализация" тех лингвистических переменных, которые имеют отличия от "нормальных", процесс направленности анализа "с конца в начало", характерный для идеологии-прототипа, изменяется на противоположный процесс "из начала в конец". А методика, которая реализует наш вариант воплощения идеологии четкого оценивания на нечетких моделях, отличается кроме того, что учитывает приведенные выше отличия в самой идеологии, во-первых, еще и тем, которое снимает проблему создания достаточной мощности множества дефазифицированных значений лингвистических переменных, которые характеризуют процесс изучения конкретных учебных дисциплин в малокомплектных группах, во-вторых, множество экзаменационных оценок использует не как стартовую для начала процесса оценивания, как это имеет место в идеологии-прототипе, а как критериальную, с помощью которой оценивается качество самого процесса, а в-третьих, предлагает варианты синтеза математических моделей для законов распределения дефазифицированных лингвистических переменных в случае, если гипотеза "нормальности" для них не выполняется.

Ключевые слова: качество знаний студентов, нечеткая модель оценки качества изучения конкретной учебной дисциплины, вероятностный характер дефазифицированных лингвистических переменных нечеткой модели, адаптация методики четкого оценивания качества на основе нечеткой модели, обоснование необходимости и условий адаптации.

Войцеховская Ольга Александровна — аспирант, ассистент кафедры системного анализа и информационных технологий, e-mail: olgav1085@gmail.com ;

Мокин Борис Иванович — академик НАПН Украины, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры системного анализа и информационных технологий, профессор кафедры электромеханических систем автоматизации в промышленности и на транспорте, e-mail: borys.mokin@gmail.com ;

Мокин Александр Борисович — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры системного анализа и информационных технологий, e-mail: abmokin@gmail.com