

УДК 004.891

М. П. БОЦУЛА, І. А. МОРГУН

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**НОВИЙ МЕТОД ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ЕЛЕКТРОННИХ НАВЧАЛЬНИХ КУРСІВ**

**Анотація.** Запропоновано новий підхід до розв’язання проблеми оцінки якості матеріалів дистанційних курсів. Запропоновано критерії якості для матеріалів дистанційних курсів і відпрацьовано інформаційну технологію отримання значень оцінок за даними критеріями, яка дозволяє максимально автоматизувати процес оцінювання якості. Реалізована автоматизована інформаційна система із зворотнім зв’язком.

**Ключові слова:** управління якістю, критерії якості, якість навчального матеріалу, експертиза якості, багатокритеріальне оцінювання навчальних матеріалів, нейронна мережа, АІС.

**Аннотация.** Предложен новый подход к решению проблемы оценки качества материалов дистанционных курсов. Предложены критерии качества материалов дистанционных курсов и разработаны способы получения значений оценок по данным критериям, которые позволяют максимально автоматизировать экспертизу качества. Реализована автоматизированная информационная система с обратной связью.

**Ключевые слова:** управление качеством, критерии качества, качество учебного материала, экспертиза качества, многокритериальная оценка учебных материалов, нейронная сеть, АИС.

**Abstract.** The article describes a new method for quality estimation of study materials. Suggested criteria of materials quality and acquired methods for mark gathering. These methods allow to automatize assessment of quality. Have been developed computer-based system with feedback.

**Keywords:** quality management, quality criteria, quality of educational material, quality examination, multicriteria evaluation of educational materials, neural network, AIS.

**Вступ**

**Постановка проблеми.** Електронне навчання, яке з кожним роком займає все більшу частину освітнього простору, задає певні вимоги до навчальної інформації. Якість формату, подання і візуальне представлення такої інформації є актуальними питаннями електронних навчальних курсів (ЕНК), є вагомими аспектами їх ефективності для передачі знань від авторів до користувачів. Задача управління якістю ЕНК полягає у визначенні напрямків їх вдосконалення з метою підвищення ефективності сприймання та засвоєння інформації.

Навчання за допомогою інтернет-технологій також відкриває значні перспективи щодо використання масового зворотного зв’язку для підключення у процес навчання користувачів інформації. Такий зв’язок є основою популярної технології дистанційного навчання МООС. Цю особливість інтернет-технологій можна використати і для автоматичної актуалізації якісної оцінки ЕНК. Розробка технологій для автоматизації процедур оцінювання і актуалізації якості дозволить значно підвищити оперативність прийняття керівних рішень і ефективність систем управління навчанням.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Критерії оцінювання якості ЕНК можна і доцільно формувати у контексті напрямків їх вдосконалення [7, 8]. В роботі [6] вказано, що підвищення якості потребує уніфікації зазначених критеріїв і формування способу їх кількісного визначення. Ці два фактори обґрунтовують застосування чисельних методів оцінювання, що є одною з найважливіших передумов автоматизації за допомогою інформаційних технологій. В роботі [13] обґрунтовано критерії якості ЕНК, які варто брати до уваги. У роботах [15, 16] подано огляд можливостей оцінювання якості інформації та їх реалізацій. У роботі [19, 20] представлено спосіб врахування якості і складності навчальних матеріалів для отримання рейтингу авторів дистанційних курсів.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Не зважаючи на велику кількість досліджень з аспектів функціонування ЕНК вдалих та ефективних способів автоматизації оцінки їх якості та її автоматичної актуалізації поки не було знайдено. Тому нами було проведено аналіз методів багатокритеріальної оцінки об’єктів і визначено їх переваги та недоліки щодо автоматизації зазначеного процесу [17].

До основних недоліків існуючих методів можна віднести відсутність поділу множини користувачів на різні вагові групи, наприклад, за ознакою статусу – слухач ЕНК, викладач, консультант, експерт, тощо. Кожний статус відображає рівень авторитетності і знань людини, оцінки якої мають меншу або більшу вагу в оцінюванні.

Другим суттєвим недоліком є значне зростання обчислювальних операцій для більшості методів при роботі з великими масивами даних.

Також жоден метод не має можливості врахувати динаміку впливу на результат оцінювання появи нових даних, що є необхідною умовою для автоматичної актуалізації оцінки якості ЕНК в режимі реального часу.

**Основною метою** роботи є підвищення рівня навчання за рахунок ефективного управління якістю ЕНК. Це потребує розробки нової технології оцінювання якості в режимі реального часу, яка здатна динамічно підлаштовуватись до зростання об’ємів даних.

### Основні концепції методу та інформаційної технології

В контексті електронних навчальних курсів (ЕНК) поняття якість – це сукупність характеристик, які безпосередньо впливають на ефективність сприйняття, засвоєння та подальшого вживання отриманої інформації у професійній діяльності.

Використання системи управління у контексті якості передбачає розглядати створення та використання ЕНК як сукупність процесів, які між собою взаємопов'язані. Особливу роль в цьому грає зворотній зв'язок від користувачів. Для авторів саме це сприяє чіткішому розумінню якості створеного електронного матеріалу. Таким чином стає доцільним залучати до оцінювання якості не тільки кваліфікованих експертів, але й звичайних користувачів ЕНК.

Кожний учень ЕНК має власну уяву про якість навчального матеріалу, яка безпосередньо має вплив на рівень його навчання за таким курсом. Такого користувача можна прийняти за експерта у межах ЕНК, за яким він навчається. Вага оцінки від такого експерта, має бути суттєво нижчою за вагу оцінки від кваліфікованого експерта. Ще треба врахувати, що кількість експертів-користувачів є великою і постійно зростає з кожним періодом функціонування ЕНК. Далі для позначення таких експертів-користувачів будемо використовувати роль *Користувач*.

Крім учнів з навчальним матеріалом можуть працювати вчителі чи певна група людей, що відноситься до комісії, яка призначена для експертизи ЕНК. Як вчителі, так і склад експертної комісії не змінюється на протязі тривалого часу. Оцінки таких експертів мають значну вагу при оцінюванні якості, їх можна вважати кваліфікованими. Далі для позначення таких кваліфікованих експертів будемо використовувати роль *Експерт*.

Процес оцінювання ЕНК виконується таким чином. *Користувачам* та *Експертам* пропонується надати оцінку за 10-тю критеріями [18]. Оцінка може приймати цілі значення від 0 до 10. На базі отриманих оцінок формується інформація про зворотній зв'язок для розробника курсу та інформаційної системи, яка визначає рейтинг ЕНК.

Як було зазначено, оцінки ролей *Користувачів* та *Експертів* мають різні ваги, без певного конкретного фіксованого значення. Фактично вони різні для кожної людини, що виступає у зазначеній ролі. Нам відомо лише те, що вага оцінок *Експертів* більша ніж вага оцінок *Користувачів*. Для врахування зворотного зв'язку з такими нечітко визначеними вагами сигналів доцільно використовувати технології штучних нейронних мереж (ШНМ).

Технологія ШНМ дозволяє визначити інтегровану оцінку для ЕНК. Для нейронної мережі задаються певні початкові ваги по кожному критерію, що дозволяє виконати перший цикл оцінювання. В кожному циклі оцінювання нейронна мережа коригує ці ваги, тобто навчається. Якщо зазначений процес зробити регулярним, то це дозволить відслідковувати динаміку зміни якості матеріалу.

На рис. 1 наведено діаграму послідовності інформаційної технології експертизи якості ЕНК для ролей *Користувач* та *Експерт* у нотатції UML.

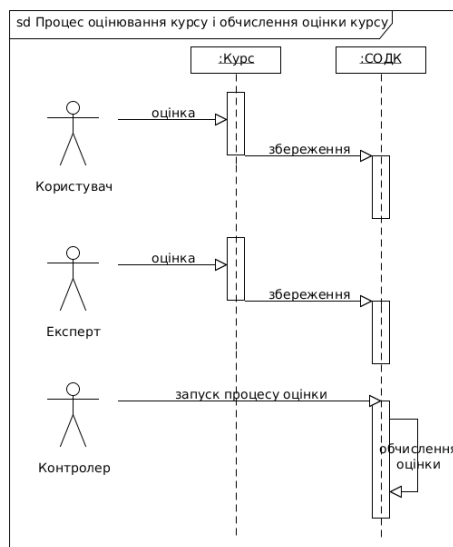


Рисунок 1 – UML-діаграма послідовності інформаційної технології експертизи якості навчальних матеріалів

Діаграма включає перелік акторів, що оцінюють матеріали курсів, перелік курсів, моменти часу надання оцінок, момент часу обробки накопичених оцінок. Як видно з діаграми, кожна із ролей має

оцінити всі призначені до оцінювання курси, інакше система не буде мати достатньо даних для визначення рейтингу курсу. *Користувачі* можуть оцінювати тільки курси, на які вони назначені як учні.

**Порівняння методу оцінювання з аналогами**

На даний час є багато практичних методів для визначення найкращої альтернативи з множини оцінюваних об’єктів за певним набором критеріїв. Область їх застосування характеризують як прийняття рішень на основі багатокритеріальності (MCDA). Для порівняльного аналізу було відібрано чотири популярних метода:

- Метод зваженої суми.
- Метод аналізу ієрархій.
- Метод ELECTRE TRI.
- Метод UTA.

Кожний із цих методів має як певні переваги так і недоліки. Надамо коротку характеристику кожного методу і зведемо результат аналізу в одну таблицю (див. табл. 1).

*Метод зваженої суми (WSM).* Перевагами методу є простота обчислень та застосування. Головними недоліками методу є неможливість врахувати різні ролі експертів, відсутність можливості корегувати ваги критеріїв.

*Метод аналізу ієрархій (AHP).* Метод знайшов широке практичне застосування за своєї простоти і наочності. Але має такі недоліки: неузгодженість оцінок, що є наслідком труднощів оцінювання відношень складних об’єктів; різке збільшення кількості даних із збільшенням набору об’єктів (не рекомендується оцінювати кількість об’єктів більше 9); перерахунок відношень значимості об’єктів у величину їх важливості здійснюється наближеним методом.

*Метод ELECTRE TRI.* Недоліками методу є статичність критеріїв оцінки, відсутність врахування ролей експертів і відсутність врахування рейтингу навчальних матеріалів всередині груп.

*Метод UTA.* Головними недоліками методу є відсутність врахування різних ролей експертів, відсутність можливості корегувати ваги критеріїв.

Порівняльний аналіз відібраних методів проводився за наступними аспектами:

- Уніфікація обчислень – можливість алгоритмізації, простота реалізації методу засобами комп’ютерних обчислень і швидкодія алгоритму.
- Функція складності - *O*-запис показує час роботи алгоритму як функцію від обсягу вхідних даних *n*.
- Ролі експертів – можливість участі у процесі оцінювання груп респондентів із різною ступеню кваліфікації за предметною областю.
- Корегування ваг критеріїв – можливість автоматичного коригування моделі оцінювання за зворотнім зв’язком.
- Компенсування критеріями один одного - розуміється як можливість компенсувати недоліки одних критеріїв за рахунок надлишків інших.
- Тип даних (якісні дані, кількісні дані, змішанні данні) - можливість приведення якісних оцінок до кількісних для подальшої алгоритмізації.
- Спосіб виставлення оцінок – представлення результату у виді абсолютного значення або належності до категорії.
- Фактор часу – можливість врахування та впливу на результат нових об’ємів даних.

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця поширених методів оцінювання ЕНК і розробленого методу

| Властивість / Метод          | Модель зваженої суми | Метод аналізу ієрархій                                 | ELECTRE TRI | Метод PROMETH EE | UTA    | Новий метод на базі нейронної мережі |
|------------------------------|----------------------|--|-------------|------------------|--------|--------------------------------------|
| 1                            | 2                    | 3  | 4           | 5                | 6      | 7                                    |
| Уніфікація обчислень         | +                    | - (час обробки різко зростає із кількістю альтернатив) | -           | -                | +      | +                                    |
| Функція складності обчислень | $O(N)$               | $O(N^2)$   | $O(N)$      | -                | $O(N)$ | $O(N)$                               |
| Ролі експертів               | -                    | -  | -           | -                | -      | +                                    |
| Корегування ваг критеріїв    | -                    | -  | -           | -                | -      | +                                    |

Продовження табл. 1

|  |                  |                    |                      |                    |                    |                    |
|--|------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <i>Компенсування критеріями один одного</i>                    | Компенсує        | компенсує          | частково компенсує   | частково компенсує | компенсує          | частково компенсує |
| <i>Тип даних (якісні дані, кількісні дані, змішанні данні)</i> | змішані данні    | змішані данні      | змішані данні        | змішані данні      | кількісні дані     | кількісні дані     |
| <i>Спосіб виставлення оцінок</i>                               | абсолютна оцінка | порівняльна оцінка | Категоріальна оцінка | порівняльна оцінка | порівняльна оцінка | абсолютна оцінка   |
| <i>Фактор часу</i>   | відсутній        | Відсутній          | відсутній            | відсутній          | відсутній          | присутній          |

#### Опис методу та технології на прикладі практичного застосування

Штучні нейронні мережі (ШНМ) є досить популярним методом для вирішення широкого кола задач, до яких можна віднести: класифікація образів; кластеризація / категоризація; апроксимація функцій; передбачення / прогноз; оптимізація; пам'ять, що адресується за змістом; управління [8].

Нейронні мережі не програмується в звичайному розумінні цього слова, вони навчаються. Можливість навчання - одна з головних переваг нейронних мереж перед традиційними алгоритмами. Технічно навчання полягає в знаходженні коефіцієнтів зв'язків між нейронами. У процесі навчання нейронна мережа здатна виявляти складні залежності між вхідними даними і вихідними, а також виконувати узагальнення.

Суть запропонованого методу та інформаційної технології побудованої на ньому опишемо на прикладі оцінювання якості ЕНК у Вінницькому національному технічному університеті (ВНТУ).

Множина учасників оцінювання поділена на дві ролі. До ролі *Експерт* відносяться кваліфіковані учасники, які здатні надати авторитетну і аргументовану оцінку. До другої ролі *Користувач* відносяться всі інші користувачі ЕНК, наприклад, студенти, які навчаються за даним ЕНК впродовж навчального семестру.

Множину критеріїв складають 10 елементів. Обґрунтованість вибору саме 10 критеріїв наведена у статті [9]. Перелік критеріїв:

- Змістовність викладок,
- Зрозумілість викладок,
- Якість оформлення,
- Адаптованість до електронного навчання,
- Покриття навчального матеріалу тестами,
- Використання мультимедійного контенту,
- Відповідність сучасному рівню розвитку науки,
- Відповідність навчальній дисципліні,
- Грамотність, якість формулювання тестів.

Нижче наведена таблиця із прийнятими початковими вагами експертів (табл. 2).

Таблиця 2 – набір початкових ваг для критеріїв по ролям експертів

|  | Експерт кафедри | Експерт ЦДО | Експерт МРІ | Студент |
|--|-----------------|-------------|-------------|---------|
| Змістовність викладок                        | 10              | 1           | 5           | 7       |
| Зрозумілість викладок                        | 10              | 2           | 5           | 7       |
| Якість оформлення                            | 10              | 10          | 5           | 8       |
| Адаптованість до електронного навчання       | 10              | 10          | 5           | 3       |
| Покриття навчального матеріалу тестами       | 10              | 0           | 5           | 3       |
| Використання мультимедійного контенту        | 5               | 10          | 5           | 8       |
| Відповідність сучасному рівню розвитку науки | 10              | 2           | 5           | 5       |
| Відповідність навчальній дисципліні          | 10              | 10          | 5           | 5       |
| Грамотність                                  | 10              | 10          | 5           | 5       |
| Якість формулювання тестів                   | 5               | 10          | 5           | 6       |

Представимо середні значення оцінок по кожному критерію у вигляді діаграми із стовпцями (рис. 3). З малюнку видно, що по критерію «Змістовність викладок» матеріал набрав найменшу середню оцінку (3.2), а по критерію «Відповідність навчальній дисципліні» – найбільшу (7.1), оцінки по іншим критеріям розмістились в межах між найменшою і найбільшою оцінкою (3.2 ... 7.1).

Для більш наочного представлення даних використана діаграма «Ящик з вусами» (рис. 4). Вона дозволяє одночасно показати декілька статистичних характеристик – мінімальне і максимальне значення (вертикальна пунктирна лінія), розкид даних (вертикальний прямокутник), середнє значення (горизонтальна лінія в прямокутнику).

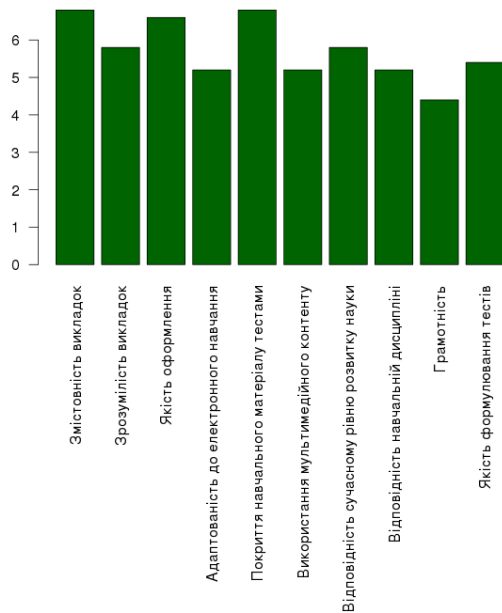


Рисунок 3 – Середнє значення оцінок по критеріям

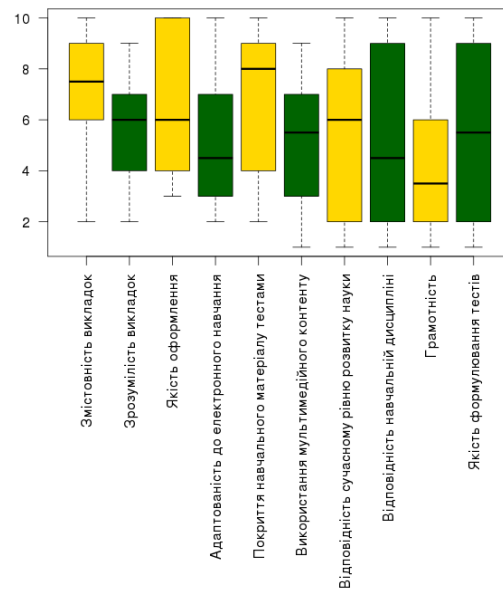


Рисунок 4 – Представлення множини оцінок діаграмою “Ящик з вусами”

Проведемо оцінку одного із навчальних матеріалів в системі дистанційного навчання ЦДО ВНТУ використовуючи накопичені оцінки від *Експертів* та *Користувачів* враховуючи фактор часу і роботи інформаційної технології по тактах.

Фактор часу при оцінюванні якості електронних навчальних курсів - це об'єктивний фактор, який необхідно враховувати при управлінні якістю ЕНК із збільшенням кількості оцінок по матеріалах у часі. Тут під збільшенням оцінок у часі розуміється поява нових оцінок від користувачів із новим начальним періодом. Облік фактора часу дозволяє оцінювати динаміку зміни якості як матеріалу в цілому так і по кожному критерію.

Під фактором часу будемо розуміти функцію  $\theta$ , яка залежить від накопичених оцінок  $a_{j,k,t}$  на момент часу  $t$  і ваг критеріїв  $w_{j,k,t}$  в момент часу  $t$ .

$$Wc_t = \theta(a_{j,k,t}, w_{j,k,t}), \tag{1}$$

де  $Wc_t$  – множина ваг критеріїв  $C_j$  в момент часу  $t$ .

Вплив фактору часу слід враховувати в оцінюванні ЕНК по наступних причинах:

- через появу або зміну оцінок від користувачів і експертів.

З урахуванням фактору часу можна вирішувати такі завдання:

- прогнозувати майбутні оцінки по електронних навчальних матеріалах;
- накопичувати оцінки по ЕНК за певний проміжок часу або по заданим моментам (дата звітності), що дасть змогу продивлятися динаміку зміни якості і аналізувати та формувати керівні рішення з управління якістю.

До *Експертів* відносяться кваліфіковані учасники, що призначені адміністрацією закладу і які утворюють офіційну комісію з оцінювання ЕНК. У ВНТУ застосовуються три типи *Експертів*: Експерт кафедри, Експерт МРІ, Експерт ЦДО. Оцінка від  $k$ -го експерта в момент часу  $t$  обчислюється, як зважена сума оцінок і ваг:

$$A_{k,t} = \frac{\sum_j a_{j,k,t} \cdot w_{j,k,t-1}}{\sum_j w_{j,k,t-1}}, \quad (2)$$

де  $a_{j,k,t}$  — оцінка від  $k$ -го експерта по  $j$ -му критерію в момент часу  $t$ ;  $w_{j,k,t-1}$  — вага  $j$ -го критерія для експерта  $k$  у попередній момент часу  $t-1$ ;

В результаті отримано масив оцінок від трьох експертів: 6,4; 5,36; 5,8.

Інтегральна оцінка від усіх експертів обчислюється за адитивним критерієм [10] і враховуючи момент часу  $t$ :

$$A_t = \frac{\sum_k A_{k,t} \cdot W_{k,t-1}}{\sum_k W_{k,t-1}}, \quad (3)$$

де  $A_{k,t}$  — оцінка від експерта  $k$ ,  $k \in [1, K]$  в момент часу  $t$ ;  $W_{k,t-1}$  — вага ролі  $k$ -го експерта у попередній момент часу  $t-1$ .

До *Користувачів* відносяться студенти, які навчаються за ЕНК. Вони як кінцеві користувачі навчальних послуг мають можливість оцінити контент навчального матеріалу. Оцінка від  $n$ -го студента обчислюється в момент часу  $t$ , як зважена сума оцінок і ваг:

$$B_{n,t} = \frac{\sum_j b_{n,j,t} \cdot w_{0,j}}{\sum_n w_{0,j}}, \quad (4)$$

де  $b_{n,j,t}$  — оцінка від  $n$ -го користувача по  $j$ -му критерію у момент часу  $t$ ;  $w_{0,j}$  — вага для користувача по  $j$ -му критерію, є заданою константою;

Інтегральна оцінка від усіх студентів обчислюється так:

$$B_t = \frac{\sum_n B_{n,t} \cdot W_0}{\sum_n W_0}, \quad (5)$$

де  $B_{n,t}$  — оцінка від користувача  $n$ ,  $n \in [1, N]$  в момент часу  $t$ ;  $W_0$  — вага ролі *Користувач*.

Отримаємо масив оцінок від семи студентів: 6,16; 4,11; 4,32; 4,17; 6,00; 5,05; 6,61. Представимо підсумкові оцінки від *Експертів* і *Користувачів* на одному графіку (рис. 5), що ілюструє розкид цих значень. Розрахуємо інтегральні оцінки від студентів і експертів, за формулами 2 і 4, і представимо на графіку (рис. 6) для порівняння.

Після отримання оцінок від *Експертів* відбувається процес визначення рейтингу якості матеріалу за отриманими даними. Накопичені оцінки *Експертів* з часом перестають відповідати якості матеріалу по певним критеріям, тобто стають застарілими і потребують актуалізації. Реалізацію процесу автоматичної актуалізації рейтингу якості ЕНК беруть на себе алгоритми ШНМ. Актуалізація полягає у корегуванні ваг оцінок *Експертів* при зростанні масиву даних від *Користувачів*, який, на відміну від масиву даних *Експертів*, постійно зростає з часом.

Так для коригування ваг *Експертів* використовується нейромережа із зворотнім розповсюдженням похибки, яка дозволяє динамічно корегувати ваги в залежності від накопичених оцінок.

Змодельовано нейронну мережу із зворотнім розповсюдженням похибки для коригування ваг *Експертів*. Нижче наведена таблиця 3 із оцінками по одному матеріалу від трьох *Експертів* за кожним критерієм  $C_j$  та еталонною оцінкою від *Користувачів* (OУТ). Початкові ваги для ролей *Експертів* і зсув наведені в табл. 4.

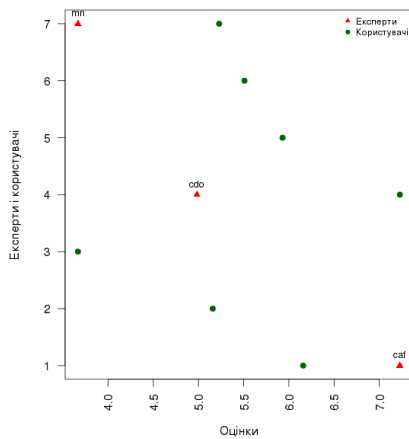


Рисунок 5 – Оцінки по матеріалу від *Експертів* і *Користувачів*

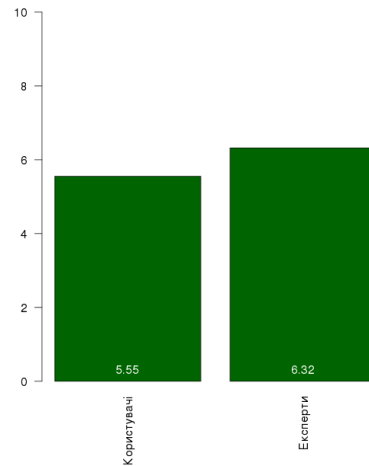


Рисунок 6 – Інтегральні оцінки по матеріалу

Таблиця 3 – Оцінка по одному матеріалу від трьох експертів і еталонна оцінка

| C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>4</sub> | C <sub>5</sub> | C <sub>6</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>8</sub> | C <sub>9</sub> | C <sub>10</sub> | OUT  |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------|
| 1              | 8              | 10             | 10             | 7              | 3              | 7              | 9              | 10             | 1               | 5.21 |
| 7              | 6              | 4              | 8              | 4              | 10             | 8              | 3              | 2              | 7               | 5.21 |
| 4              | 1              | 8              | 3              | 1              | 6              | 6              | 7              | 5              | 3               | 5.21 |

Таблиця 4 – Початкові ваги для ролей експертів і зсув

|             | Вага |
|-------------|------|
| Зсув        | 1.17 |
| Експерт КАФ | 6.00 |
| Експерт МРІ | 5.00 |
| Експерт ЦДО | 7.00 |

Типова мережа із зворотнім розповсюдженням має вхідний прошарок, вихідний прошарок та принаймні один прихований прошарок [11]. Нейрони організовані в пошарову структуру з прямою передачею сигналу. Кожний нейрон мережі утворює зважену суму своїх входів, пропускає цю величину через передатну функцію і видає вихідне значення. Мережа може моделювати функцію практично будь якої складності, причому число прошарків і число нейронів у кожному прошарку визначають складність функції. Визначення числа проміжних прошарків і числа нейронів є важливим при моделюванні мережі.

Модель нейронної мережі наведена на рис. 7. Нейронна мережа має 10 входів (оцінки по 10 критеріям), один схований шар нейронів, який представляє ваги по кожному експерту і один вихід – оцінку по навчальному матеріалу.

Високу ступінь наочності оцінки якості за множиною критеріїв здатна дати полярна діаграма [12]. Так різниця в оцінювання якості ЕНК по заданим критеріям між *Користувачами* та *Експертами* легко видна при порівнянні на таких діаграмах середніх оцінок по критеріям (рис. 8). Після обчислення середніх значень отримаємо вектор інтегральних оцінок від користувачів по кожному із 10 критеріїв: 6.14, 5.28, 6.71, 5.57, 6.85, 5.42, 4.85, 4.42, 3.42, 6.42, (див. формулу 6). І вектор інтегральних оцінок від експертів по кожному із 10 критеріїв: 8.45, 6.89, 5.72, 3.03, 8.86, 5.98, 7.15, 9.85, 8.07, 4.51 (див. формулу 7).

$$B_j = \frac{b_{n,j}}{n}, \tag{6}$$

де  $b_{n,j}$  - оцінка  $n$ -го користувача по  $j$ -му критерію;  $n$  - кількість користувачів.

$$A_j = \frac{a_{k,j}}{k}, \tag{7}$$

де  $a_{k,j}$  - оцінка  $k$ -го експерта по  $j$ -му критерію;  $k$  - кількість експертів.

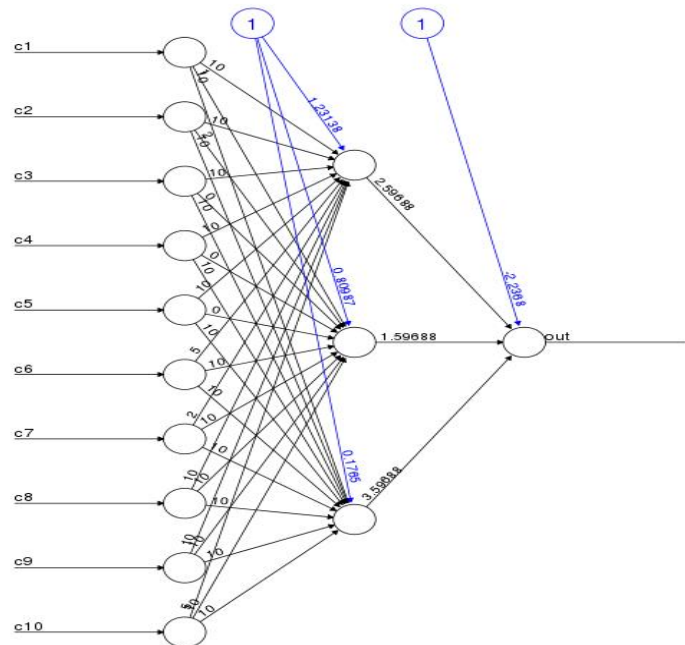


Рисунок 7 – Модель нейронної мережі

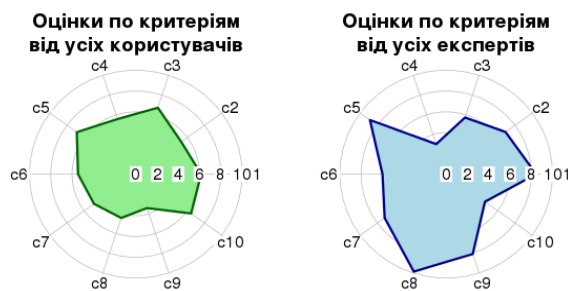


Рисунок 8 – Діаграми якості ЕНК

Таким чином, ми отримали числові значення, які відповідають рейтингу якості ЕНК за даними користувачів та за даними експертів. Ці значення не є постійними у часі. З кожним тактом оцінювання вони автоматично актуалізуються з появою нових даних. Факт значного зниження цих значень говорить про те, що ЕНК потребує вдосконалення. Це є підставою для прийняття керівних рішень. В якому напрямку, тобто за якими критеріями якості потрібно покращувати ЕНК, можна виявити за діаграмами якості ЕНК (див. рис. 8).

### Висновки

В статті описано метод та інформаційна технологія яка надає можливості автоматизації процесів управління якості ЕНК. Запропонований метод дозволяє врахувати наявність декількох ролей експертів серед яких виділяються авторитетні одиничні експерти та масові користувачі. Також він надає можливість врахувати процес "старіння" оцінки якості ЕНК і виявити необхідність актуалізації і вдосконалення інформації в ЕНК.

Спосіб обробки даних оцінювання ЕНК за цим методом повністю придатний для автоматизації. Інформаційна технологія, що утворена на базі зазначеного методу, дозволяє автоматично відслідковувати зміну якості ЕНК по заданим критеріям у часі, впродовж часу використання ЕНК автоматично корегувати ваги наданих авторитетними експертами оцінок і надавати чіткі підстави та формувати вказівки для приймання керівних рішень із залучення заходів щодо цілеспрямованого вдосконалення ЕНК.

Запропонована інформаційна технологія впроваджена у реалізації самокорегуючої системи оцінювання якості ЕНК на Порталі електронного навчання ВНТУ.



## Список використаної література

1. Максимов Н.В. Алешин Л.И. Информационные технологии. Московская финансово-промышленная академия, М., 2004.
2. Киселев Г.М. и др. Информационные технологии в педагогическом образовании. Дашков и Ко, М., 2012.
3. Рагулин П.Г. Информационные технологии. Электронный учебник. ТИДОТ Дальневост. ун-та, Владивосток, 2004.
4. Попов И. И. Емельянова Н.З., Партыка Т.Л. Основы построения автоматизированных информационных систем. ФОРУМ: ИНФРА-М, М., 2007.
5. Сатунина А.Е. ЭЛЕКТРОННОЕ ОБУЧЕНИЕ: ПЛЮСЫ И МИНУСЫ. In Современные проблемы науки и образования, volume 1, pages 89–90, 2006.
6. William A Katz. Introduction to Reference Work. McGraw-Hill, New York, 1992.
7. Watts S. Shankar G. A relevant, believable approach for data quality assessment.
8. Siau K. Katerattanakul P. Measuring information quality of web sites: Development of an instrument.
9. Моргун І. А. Боцула М. П. Засоби оцінювання якості електронних курсів в системі elearning server. Вісник-ВПП, 2011.
10. Бутко А. И. Камнева Н. Ю. Тихомирова Е. М. Ильин В. Н., Фролкин В. Т. Автоматизация схемотехнического проектирования. Радио и связь, М., 1987.
11. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей. Кн. 1: Учеб. пособие для вузов / Общая ред. ИПРЖР, М., 2000.
12. Моргун І. А. Боцула М. П. Метод отримання комплексної оцінки якості веб-матеріалів з використанням полярної системи координат. Вісник-ВПП, 1:84–89, 2011. <http://visnyk.vstu.vinnica.ua/2011/1/pdf/11bmpopc.pdf>.
13. Боцула М. П. Методика розрахунку критеріїв оцінки якості електронних матеріалів з використанням нечітких множин / Боцула М. П., Мітюшкін Ю.І., Моргун І. А. // Вісник ВПП.–2011. – № 3.
15. Азгальдов Г.Г., Гличев А.В., и др. Квалиметрия - наука об измерении качества продукции. Стандарты и качество, М., 1968.
16. Шапошников Д.Е. Батищев Д. И. Многокритериальный выбор с учетом индивидуальных предпочтений. ИПФ РАН, Нижний Новгород, 1994.
17. Боцула М. П. Порівняльний аналіз методів прийняття рішень про якість електронних навчальних курсів у контексті реалізації відповідної інформаційної технології автоматизованої обробки даних / Боцула М. П., Моргун І. А. // Вісник ВПП. – 2014. – № 3.
18. Боцула М. П. Методика розрахунку критеріїв оцінки якості електронних матеріалів з використанням нечітких множин / Боцула М. П., Мітюшкін Ю.І., Моргун І. А. // Вісник ВПП.–2011. – № 3.
19. Мокін Б.І., Мокіна Ю.В. Нечіткі математичні моделі в задачах оцінювання ефективності діяльності науково-педагогічного персоналу ВНЗ у напрямку створення навчально-методичної бази для реалізації технології дистанційного навчання // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – № 2. – С. 29–32. (<http://visnyk.vntu.edu.ua/article/view/157>)
20. Мокін Б.І., Мокіна Ю.В. Методологічні основи експертної оцінки та матеріального стимулювання результатів діяльності науково-педагогічного персоналу вищого навчального закладу у напрямку створення навчально-методичної бази для реалізації технології дистанційного навчання // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – № 4, Ч.2, Т.3. – С. 16–19.

Стаття надійшла: 03.11.2014.

## Відомості про авторів

**Моргун Іван Анатолійович** – інженер ВНТУ, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, тел.: (0432) 598-528.

**Боцула Мирослав Павлович** – к.т.н., доц. кафедри комп'ютерного еколого-економічного моніторингу та інженерної графіки, ВНТУ, м. Вінниця, Україна, тел.: (0432) 598-528.