

УДК 007.681.518.2

Моделювання процесів оцінювання
якості наукових робіт

ктн Метешкін К.О., Карпенко В.В.
(Інформаційні технології в науці, освіті)

У статті запропоновано новий метод оцінювання якості наукових праць. Він базується на кількісному оцінюванні якісних параметрів. Пропонується формалізований метод прийняття рішення комісією експертів. Запропонована методика може використовуватись при оцінюванні наукових, дипломних, дисертаційних та інших робіт.

У даній статті пропонується метод кількісного оцінювання якості наукових робіт. Якість наукових праць оцінюється експертами у вигляді відгуків або рецензій на наукову роботу (НР). На підставі звичайного відгуку досить важко оцінити ступінь важливості наведених у науковій роботі результатів. Запропонований метод дозволяє оцінити якість наукової праці на основі кількісних оцінок. Це робиться за допомогою аналізу відгуку експерта на наукову роботу.

Відгук експерта містить оцінки роботи як за окремими властивостями (актуальність, наукова новизна, достовірність отриманих результатів і т.д.), так і у цілому. Слова і вирази, які використовує експерт у своєму відгуку свідчать про нечіткість його суджень, хоча він звичайно робить висновок щодо якості оцінюваної роботи. Можна припустити з високим ступенем достовірності, що оцінювані експертом властивості НР мають деяку структуру, елементи якої пов'язані відношенням переваги. Наприклад властивість Актуальність оцінюється так: (НР не актуальна) < (НР має сумнівну актуальність) < (НР актуальна) < (НР актуальна на сучасному етапі) < (НР перспективна). Символ “<” позначає відношення строгої переваги. Для скорочення запису, елементи структури властивості Актуальність НР (А) будемо позначати $a_1 \in A$ – НР не актуальна, $a_2 \in A$ – НР має сумнівну актуальність, $a_3 \in A$ – НР актуальна, $a_4 \in A$ – НР актуальна на сучасному етапі, $a_5 \in A$ – НР перспективна. Інші властивості НР позначимо так: Наукова новизна (Н): – $h_1 \in H$ – наукова новизна відсутня, $h_2 \in H$ – наукова новизна сумнівна, $h_3 \in H$ – наукова новизна незначна, $h_4 \in H$ – робота містить наукову новизну, $h_5 \in H$ – наукова новизна велика; Достовірність отриманих результатів (D) – $d_i \in D$, $i = \overline{1,5}$.

Таким чином, сукупність властивостей НР формально можна представити множиною Q, що

відповідає узагальненій складній властивості, яка включає всі можливі елементи підмножин A, H, D

$$Q \supset (A, H, D) \quad (1)$$

$$\bigcap_{i=A}^D Q = \emptyset \quad (2)$$

Вираз (2) – узагальнена операція пересічення відповідних підмножин – показує, що підмножини A, H, D не мають загальних елементів.

На основі загальної структури властивостей побудуємо ідеальну модель НР, яка має властивості Q^t , що відповідають вимогам до якісної і актуальної наукової праці. Припустимо, що НР є важливою, якщо має сукупність таких властивостей:

$$(a_3, a_4, a_5) \in A^t, (h_4, h_5) \in H^t,$$

$$(d_3, d_4, d_5) \in D^t,$$

$$\text{де } a = \overline{1,5}, h = \overline{1,5}, d = \overline{1,5}$$

тоді $Q^t \supset (A^t, H^t, D^t)$, а $Q^t \supset Q$.

Не знижуючи загальності викладення опишемо процес оцінювання наукової роботи трьома експертами E_1, E_2, E_3 .

$$E_1 \Rightarrow (a_5 \in A^{E_1}, h_4 \in H^{E_1}, d_5 \in D^{E_1}),$$

$$E_2 \Rightarrow (a_5 \in A^{E_2}, h_4 \in H^{E_2}, d_4 \in D^{E_2}),$$

$$E_3 \Rightarrow (a_5 \in A^{E_3}, h_3 \in H^{E_3}, d_2 \in D^{E_3}).$$

Позначимо інтегральну властивість НР $Q^{E_i} \supset (A^{E_i}, H^{E_i}, D^{E_i})$, $i = \overline{1,3}$ з погляду E_i -ого експерта і $Q^{E_i} \supset Q$.

Перевіримо на відповідність елементи множин Q^{E_i} і Q^t методом їх порівняння. Результати перевірки показують, що перший і другий експерти позитивно оцінили властивості наукової роботи, а третій – негативно. У існуючій системі оцінювання інтегральну оцінку властивостей НР експерти роблять інтуїтивно, що призводить до малоінформативного оцінювання у вигляді “позитивно” або “негативно”. Виникає питання як у такому випадку узгодити оцінки експертів і прийняти правильне рішення про якість роботи? Метод кількісного оцінювання якості властивостей наукової роботи може вирішити цю задачу.

Розглянемо метод виміру властивостей наукової роботи. У теорії вимірів поняття шкали визначається як трійка (ЕСВ, ЧСВ, f), де ЕСВ – емпірична система з відношеннями, ЧСВ – числова система з відношеннями, f – деяка функція, що гомоморфно відображає ЕСВ в ЧСВ. У нашому випадку ЕСВ це наукова праця з її властивостями і відношеннями, ЧСВ подає саму просту і малоінформативну систему “Є” і “НЕМАЄ”. Гомоморфізм відображення ЕСВ в

ЧСВ очевидний, бо кожний експерт дає інтегральну оцінку всієї НР при оцінюванні її окремих властивостей.

Задаємо від експертів провести оцінку властивостей НР із використанням звичної для них шкали бальних оцінок (шкала порядку), у яку входять числа від 1 до 5. Шкала порядку проста, доступна, проте вона малоінформативна. Тому запропонуємо експертам більш досконалу шкалу – додамо до кожного числа бальної шкали зліва два знаки “-”, а справа “+”, тоді одержимо нову знаково-числову систему з відношенням (ЗЧСВ)

$$--1++ , --2++ , --3++ , --4++ , --5++ .$$

Елементи цієї ЗЧСВ мають таку змістовну інтерпретацію: -1, -1, 1, 1+, 1++ не типово; -2 властивість оцінюється вкрай погано; -2 властивість оцінюється незадовільно; 2 властивість оцінюється ледве краще незадовільно; і т. д., усього 25 елементів.

Знаки в такій системі відповідають якісним оцінкам, а числа кількісним. Аналізуючи структуру системи і змістовну відповідність її елементів можна стверджувати, що така ЗЧСВ може скласти основу інтервальної шкали, позначимо її Ω , причому інтервали наприклад [-4, -4, 4, 4+, 4++], мають всі ознаки, щоб визначити їх як нечіткі [1]. Носієм нечіткості в даному випадку є множина нечітких суб'єктивних вимірів $\omega \in \Omega^E$ експертів, де ω оцінка в системі Ω . Отже ЗЧСВ можна вважати нечіткою.

Всю множину вимірів можна описати функцією належності μ_Ω , що має трикутний вигляд:

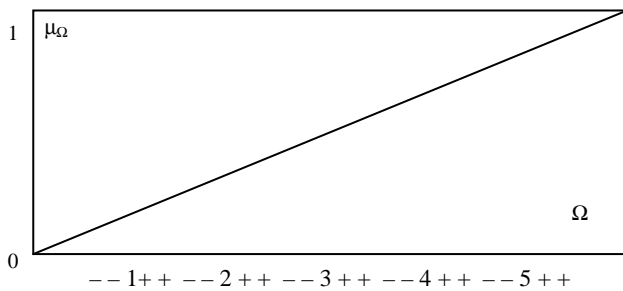


Рис.1. Функція належності μ_Ω .

Форма функції належності обумовлена використанням у ЗЧСВ відношень суворої переваги, як між елементами ЗЧСВ, так і нечіткими її інтервалами. Визначимо нечітку знаково-числову шкалу як трійку $\langle \text{Nr}|Q^*, \Omega, \mu_\Omega \rangle$, де позначено $\text{Nr}|Q^*$ – наукова робота, що має конкретну множину властивостей $(A^*, H^*, D^*) \in Q^*$, Ω – нечітка знаково-чисельна система з відношеннями, μ_Ω – функція належності множини Ω нечітких вимірів $\mu_\Omega : \omega \rightarrow [0,1]$.

За допомогою функції належності μ_Ω можна відобразити оцінки різних властивостей наукової роботи з нечіткої знаково-чисельної системи з відношеннями на універсальну множину $[0,1] \in U$.

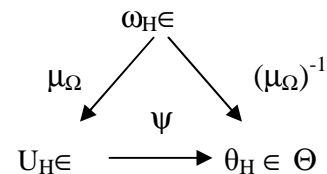
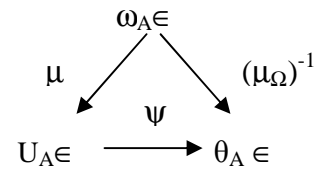
Усереднення отриманих величин \bar{u} дає конкретне число. Зворотне відображення $(\mu_\Omega)^{-1}$ на Ω дає об'єктивний результат з якогось інтервалу (наприклад $\bar{\omega} \in [-4,4]$). Оцінки, виставлені експертом у нечіткій знаково-чисельній системі з відношенням дають нечітку інтегральну оцінку НР у цілому.

Для перевірки отриманих результатів можна виконати таку процедуру: поставимо у відповідність кожному елементу $\omega \in \Omega$ число – порядковий номер: [№1] – [-1] – [не типово], ..., [№1] – [-2] – [властивість оцінюється незадовільно], і т.д. Тоді виявиться, що $\Omega \xrightarrow{\Psi} \Theta$, де $\theta_i \in \Theta$, $i = \overline{1,25}$,

Ψ – функція відображення оцінок виміру з Ω у Θ . Таким чином отримана нова шкала з числовою системою, що змінилася, і функція відображення $\langle \text{Nr}|Q^*, \Theta, \Psi \rangle$. Якщо використавши значення

вимірів властивостей НР $\omega_A, \omega_H, \omega_D$ провести розрахунки і усереднити значення $\theta_i \in \Theta$, то отримане середнє $\bar{\theta}$ буде знаходитись у тому ж інтервалі, що і отриманий раніше результат.

Для узагальнення отриманих результатів і формального представлення кількісного методу виміру якості властивостей НР використаємо систему комутативних діаграм. Для властивостей Актуальність - А і Наукова новизна - Н вони мають такий вигляд:



Для інших властивостей НР комутативні діаграми для композицій відображень оцінок будуються аналогічно. Наведена модель дозволяє кількісно оцінити якість НР одним експертом.

Кількісне оцінювання якості властивостей НР робить можливим формальне представлення процесу прийняття колективного рішення експертною комісією. Позначимо всю множину експертів

експертної комісії буквою “Е”. Тоді можна вважати, що експертна комісія складається з кількох, наприклад трьох груп експертів $E^{C_1}, E^{C_2}, E^{C_3}$, що мають статус експертів $(E_1^{C_1}, E_2^{C_1}, \dots, E_n^{C_1}) \in E^{C_1}$, $(E_1^{C_2}, E_2^{C_2}, \dots, E_k^{C_2}) \in E^{C_2}$, $(E_1^{C_3}, E_2^{C_3}, \dots, E_m^{C_3}) \in E^{C_3}$ по конкретних наукових напрямках C_1, C_2, C_3 . Зрозуміло, що коли експертна комісія оцінює якість НР по конкретному напрямку, наприклад C_2 , то виставлена оцінка групою експертів E^{C_2} властивості A^* буде точнішою, ніж в експертів інших груп. Експерти цих груп менш глибоко знають предметну область, якій присвячена наукова робота, при цьому на їх оцінку властивостей НР здійснює певний вплив думка опонентів, що є авторитетними спеціалістами в цій предметній області.

Для узагальнення оцінок експертів скористаємося поняттями і методами теорії можливостей, яка дозволяє інтерпретувати множину оцінок, що потрапили на нечіткий інтервал як функцію розподілу можливостей. Сформулюємо методу оцінки однієї з властивостей НР шляхом побудови функції розподілу можливості. Для певності оберемо властивість A^* . Така функція $\mu_{\Omega_A} : \rightarrow [0,1]$ буде характеризувати розподіл оцінок у системі Ω .

Визначимо модальні значення нечіткого інтервалу сукупності виставлених оцінок при оцінюванні властивості A^* наукової роботи $\Omega_{[A]} = [\min \omega_A, \max \omega_A]$. Перейдемо із системи Ω у систему Θ , одержимо $\Theta_{[A]} = [\min \theta_A, \max \theta_A]$. Отриманий у результаті оцінювання інтервал є носієм нечіткої множини оцінок, тому для побудови функцій розподілу можливостей необхідно знайти ядро нечіткої множини оцінок $\overset{\circ}{\Theta}_A$. Усереднимо значення оцінок і одержимо $\bar{\Theta}_A$. Значення $\bar{\Theta}_A \in \Theta^{[1]}$, де $\Theta^{[1]}$ – одиничний інтервал системи, який лежить у межах $\theta_i^{[1]} \leq \bar{\Theta}_A \leq \theta_{i+1}^{[1]}$, де $\theta_i^{[1]}$ буде слугувати основою для формування ядра нечіткої множини оцінок. Визначимо значення

$$\Delta\theta_{\text{пр}} = (\theta_i^{[1]} - \bar{\Theta}_A), \Delta\theta_{\text{лів}} = (\theta_{i+1}^{[1]} - \bar{\Theta}_A) \quad (3)$$

Виберемо з них мінімальне, визначивши при цьому кінець одиничного інтервалу системи Θ , що може відповідати максимальній кількості оцінок, виставлених членами експертної комісії. Підрахуємо кількість оцінок, що відповідають даному значенню шкали. Якщо

$$\sum_{i=1}^N \omega_A^{E_i} \geq 2/3 \quad (66\% \text{ оцінок експертів}), \quad (4)$$

то ядро нечіткої множини оцінок вироджується в раціональне число, яке відповідає конкретному значенню системи Θ . У цьому випадку функція розподілу можливостей буде мати трикутний вигляд.

У протилежному випадку підраховується кількість оцінок, виставлених експертами і які відповідають кінцям інтервалу на який потрапило значення $\bar{\Theta}_A$. Перевіряється умова (4). Якщо вона дотримується, то за ширину ядра нечіткої множини оцінок вибирається одиничний інтервал $\theta_A^{[1]}$. У цьому випадку функція розподілу можливостей має трапецієподібну форму. Якщо і в цьому випадку умова (4) не дотримується, то аналізу підлягають оцінки, що потрапили на суміжні інтервали. Кількість оцінок суміжних інтервалів додається до вже наявних, причому спочатку додаються оцінки із суміжного інтервалу, якому відповідає більша кількість оцінок, а потім знову перевіряється умова (4).

Якщо вона дотримується, то за ширину ядра нечіткої множини оцінок приймемо ширину двох одиничних інтервалів $\overset{\circ}{\Theta}_A = 2 \times \theta_A^{[1]}$.

Така процедура повторюється до виконання умови (4). Випадок рівномірного розподілу оцінок у системі Θ не розглядається, тому що, звичайно експертна комісія містить непарну кількість членів.

Аналогічно будуються функції розподілу для оцінок інших властивостей наукової роботи. Характерною рисою оцінювання властивості A^* наукової праці є урахування неоднорідності складу експертної комісії. Для врахування цього фактору визначаючи ядро нечіткої множини оцінок будемо вважати, що експерти-спеціалісти в предметній області наукової праці мають два голоси. Це допущення дозволить усунути ядро нечіткої множини оцінок $\overset{\circ}{\Theta}_A$ в бік оцінок, виставлених експертами-спеціалістами. Для даного методу характерна така риса: чим менше узгодженість думок експертів, тим ширше ядро нечіткої множини оцінок буде більша, і навпаки.

Для оцінки впевненості якості експертизи можна взяти співвідношення

$$V = \begin{cases} \min(\sum_{i=A}^D \overset{\circ}{\Theta}_i \rightarrow \Theta^{[1]}) \\ \min(\sum_{i=A}^D \Theta_i \rightarrow \Theta^{[1]}) \\ \sum_{i=A}^D \overset{\circ}{\Theta}_i = \sum_{i=A}^D \Theta_i = \Theta^{[1]}. \end{cases} \quad (5)$$

Тоді за показник оцінювання впевненості в оцінках, отриманих у результаті експертизи, можна взяти різницю

$$\Delta\Theta = \sum_{i=1}^D \Theta - \sum_{i=1}^D \overset{\circ}{\Theta}_i. \quad (6)$$

Для одержання узагальнених результатів оцінювання введемо ще одну шкалу

$$\langle \text{Nr}|Q^*, \text{ЛСВ}, \varphi \rangle,$$

де ЛСВ – лінгвістична система з відношеннями, φ – функція відображення, що гомоморфно відображає значення оцінок системи Ω у ЛСВ, позначимо її буквою L.

Вище було зазначено, що оцінювані експертом властивості НР мають деяку структуру, елементи якої пов'язані відношенням строгої переваги. Інтерпретуємо ці властивості як базові множини лінгвістичних перемінних. Формально лінгвістичну перемінну можна записати так: $\langle \text{АКТУАЛЬНІСТЬ}, \{\text{НР не актуальна}, \text{НР має сумнівну актуальність}, \text{НР актуальна}, \text{НР актуальна на сучасному етапі}, \text{НР перспективна}\} \rangle$. Скорочено лінгвістичні перемінні

будемо позначати $\langle \hat{A}, \{a_1, \dots, a_5\} \rangle$,

$\langle \hat{H}, \{h_1, \dots, h_5\} \rangle$, $\langle \hat{D}, \{d_1, \dots, d_5\} \rangle$, де \hat{A}, \dots, \hat{D} –

імена лінгвістичних перемінних, $\{a_1, \dots, a_5\}, \dots, \{d_1, \dots, d_5\}$ – значення лінгвістичних перемінних.

Якщо модель наукової роботи виразити через лінгвістичні перемінні, то ми отримаємо епістолярну модель наукової роботи. Лінгвістичні перемінні, які входять до моделі НР будуть позитивними, а інші – негативними.

Поставимо у відповідність системи Ω , Θ лінгвістичну систему з відношеннями L. Тоді композиція відображень оцінок із систем Ω , Θ у L має вигляд $\mu_\Omega \circ \Psi \rightarrow \varphi$. При цьому множина нечітких оцінок, які відповідають ядру нечіткої множини, може належати одному або кільком елементам лінгвістичної перемінної.

Для узагальнення результатів оцінювання окремих властивостей наукової роботи запропонуємо наступні правила:

1. Наукова робота є важливою і відповідає вимогам до сучасної праці, якщо всі ядра нечітких множин оцінок належать елементам лінгвістичних перемінних, які відповідають моделі праці.

2. Якщо ядро множини нечітких оцінок належить до елементів і з негативним і з позитивним смисловим навантаженням про відповідність НР вимогам ідеальної моделі наукової роботи, то НР є важливою і відповідає вимогам до сучасної праці, але одна з її

властивостей оцінена деякими експертами як відповідна, а деякими як не відповідна до цих вимог.

3. Наукова робота не є важливою – не відповідає вимогам ідеальної моделі, якщо хоча б одна її властивість оцінена негативно 2/3 експертів, тобто ядро нечіткої множини оцінок належить негативним елементам лінгвістичної перемінної.

Формально такі вирішальні правила можна записати у вигляді аксіом:

$$A.1. \forall (\overset{\circ}{\Theta}_A, \dots, \overset{\circ}{\Theta}_D) \in \Theta \xrightarrow{\varphi} \langle a_i^+ \in A \rangle$$

$$A.2. \exists \overset{\circ}{\Theta}_j \in \Theta \xrightarrow{\varphi} \langle a_i^- \in A \rangle \& \langle a_i^+ \in A \rangle \quad (7)$$

$$A.3. \exists \overset{\circ}{\Theta}_j \in \Theta \xrightarrow{\varphi} \langle a_i^- \in A \rangle$$

У аксіомах елементи a^+ і a^- лінгвістичної перемінної означають, що вони несуть позитивне і негативне смислове навантаження, $i = \overline{1, n}$ – кількість елементів лінгвістичної перемінної, $j = \overline{A, D}$ – індекс, який позначає оцінки конкретних властивостей наукової роботи.

Таким чином запропонований метод кількісного оцінювання якості наукових робіт дозволяє отримати оцінку наукової праці як за окремою властивістю, так і за сукупністю властивостей. Він також надає механізм узгодження різних оцінок у випадку проведення оцінювання роботи експертною комісією. У випадку порівняння оцінюваної роботи з еталоном, або аналізу її на відповідність якимось вимогам цей метод дає строге формальне правило для прийняття відповідного рішення. Можна вважати доцільним використання запропонованого методу для оцінки наукових робіт різного рівня з метою виявлення цінної інформації у цих працях. При застосуванні ПЕОМ використання цієї методики значно полегшується і стає можливим для неспеціалістів з математики або інформатики. Також на основі цього методу можна створювати програми для автоматизації та формалізації процесів оцінювання наукових робіт різного рівня.

Література: 1. Дюбуа П.А. Теория возможностей: Приложения к представлению знаний в информатике. М.: Радио и связь, 1990. 286 с. 2. Нечеткие множества и теория возможностей : Последние достижения / Под ред. Р.Р. Ягера. М.: Радио и связь, 1986. 405 с.

УДК 007.681.518.2

Моделювання процесів оцінювання якості наукових робіт / ктн Метешкін К.О., Карпенко В.В.// Інформаційні технології в науці, освіті.

У даній статті пропонується метод оцінювання якості наукових праць. Для цього використовується кількісна оцінка якісних параметрів. Також запропоновано метод узгодження рішення комісією експертів. Пропонований у роботі метод може

використовуватись для оцінки різних наукових, дипломних та інших робіт.

Табл. 0. Іл. 1. Бібліогр. : 2 назв.

UDC 007.681.518.2

Modeling of processes of an estimation of quality of the proceedings /кtn Метешкин К.А., Карпенко В.В. // Information technologies in a science, education.

In given clause the method of an estimation of quality of the proceedings is offered. The quantitative estimation qualitative of parameters is applied for this purpose. As the method of the coordination of acceptance of the decision by a commission of the experts is offered. The method, offered in the robot, can be applied to an estimation of various scientific, degree and other works.

Tab 0. Fig 1. Ref.: 2 items.

Метешкін Константин Олександрович, ктн, доцент, Харківський військовий університет. Наукові інтереси: експертні системи, їх використання в освіті. Адреса: М. Харків, Харківський військовий університет, 61056.

Карпенко Вячеслав Васильович, Харківський інститут танкових військ, викладач. Наукові інтереси: використання експертних систем та баз даних у навчанні. Адреса: м. Харків, Харківський військовий університет, 61034, Полтавський шлях 192. Конт. тел. 72-61-73 /внутр. 2-48/.