

УДК 006.71.8

doi:10.20998/2413-4295.2020.04.14

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ІНТЕГРУВАННЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ОБ'ЄКТІВ КВАЛІМЕТРІЇ

О. М. ЧЕРНЯК\*, Н. А. СОРОКОЛАТ, І. В. КАНИЦЬКА

кафедра охорони праці, стандартизації та сертифікації, Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, УКРАЇНА  
\*e-mail: olena-cheraniak@ukr.net

**АНОТАЦІЯ** Проведено аналіз існуючих наукових підходів до кількісного оцінювання якості об'єктів кваліметрії різної природи, що мають різні показники якості з різними шкалами вимірювання. Розглянуто ряд сучасних наукових робіт, пов'язаних з оцінюванням якості продукції, процесів та послуг, визначено їхні недоліки та можливі застосування. У результаті проведеного аналізу було виявлено, що у кваліметрії існує ряд невирішених задач, рішення яких могло би надати можливість розробляти нові практичні методики, які були б достатньо універсальними та могли б ефективно застосовуватись при оцінюванні якості об'єктів різної природи. В результаті аналізу доведено актуальність теми та визначено мету роботи - розробити методику отримання комплексної оцінки показника якості, що буде придатна для оцінювання об'єктів кваліметрії різної природи. Для узагальненого оцінювання якості об'єктів кваліметрії запропоновано визначити оцінку по кожній його характеристиці або критерію, а потім визначити єдину оцінку, враховуючи всі його характеристики. Для визначення узагальненого показника якості одного критерію пропонується застосувати метод інтегрування, тобто знайти площу під ламаною поверхнею, яка вийшла в результаті з'єднання точок на площині системи координат XOY. Для цього застосовуються квадратурні формули з використанням методу трапецій. Метод трапецій - це метод наближеної інтеграції, корисний у тих випадках, коли немає можливості знайти первісну функції й обчислити інтеграл через неї. Запропоновано покроковий алгоритм визначення узагальненого показника якості об'єкту кваліметрії різної природи, застосовуючи інтегрування методом трапецій. У такому випадку отримаємо багатокритеріальну оцінку якості об'єкту кваліметрії. Для інтегрування, можна застосовувати інші методи, що дасть можливість визначити найбільш ефективний з них. Розроблену методику можна застосовувати для багатокритеріального оцінювання якості об'єктів кваліметрії, якщо замість часової шкали застосовувати шкалу одиничних оцінок різних критеріїв, якими характеризується об'єкт.

**Ключові слова:** кваліметрія; узагальнений показник; багатокритеріальне оцінювання якості; метод інтегрування; метод трапецій

## APPLICATION OF THE INTEGRATION METHOD FOR ASSESSING THE QUALITY OF QUALIMETRY OBJECTS

O. CHERNIAK, N. SOROCOLAT, I. KANYTSKA

Department of labor safety protection, standardization and certification, UEPA, Kharkiv, UKRAINE

**ABSTRACT** The analysis of existing scientific approaches to the quantitative assessment of the quality of qualimetry objects of different nature, which have different quality indicators with different measurement scales, is carried out. A number of modern scientific works related to the assessment of the quality of products, processes and services are considered, their shortcomings and possible boundaries of application are identified. As a result of the analysis, it was revealed that there are a number of unsolved problems in qualimetry, the solution of which could make it possible to develop new practical methods that would be quite universal and could be effectively used in assessing the quality of objects of various kinds. As a result of the analysis, the relevance of the topic was proved and the goals of the work were determined - to develop a methodology for obtaining a comprehensive assessment of the quality indicator, which will be suitable for assessing qualimetry objects of various kind. For a generalized assessment of the quality of qualimetry objects, it is proposed to determine an assessment for each of its characteristics or criteria, and then to determine a single assessment, taking into account all its characteristics. To determine the generalized quality indicator of one criterion, it is proposed to apply the integration method, that is, find the area under the broken surface, which emerged as a result of connecting points on the plane of the XOY coordinate system. For this, quadrature formulas are applied using the trapezoidal method. The trapezium method is an approximate integration method, useful in cases where it is not possible to find the original function and calculate the integral through it. A step-by-step algorithm for determining a generalized quality indicator of a qualimetry object of various natures is proposed, using the integration by the trapezium method. In this case, we get a multi-criteria assessment of the quality of the qualimetry object. For integration, you can apply other methods, which will determine the most effective one. The developed technique can be used for multi-criteria assessment of the quality of qualimetry objects if, instead of a time scale, a scale of single assessments of various criteria that characterizes the object is used.

**Keywords:** qualimetry; generalized indicator; multi-criteria quality assessment; integration method; trapezium method

### Вступ

Кваліметрія, це науковий напрям, який вивчає методологію та проблематику кількісного оцінювання якості будь-яких об'єктів – предметів, явищ або

процесів, тобто об'єктів різної природи і являється складовою частиною науки про якість - квалітології. Теорія кваліметрії вивчає загальні проблеми оцінювання якості. Прикладна кваліметрія спрямована на вивчення проблем оцінювання якості

конкретних. об'єктів різної природи. Кваліметрія міжгалузева наукова дисципліна, тому з низки завдань суміжна зі стандартизацією, метрологією, економікою, правом, психологією тощо [1].

Об'єкт кваліметрії різної природи – будь-який предмет або процес, який може бути:

- живий (людина) або неживий (автомобіль);
- продукт праці (будинок) або продукт природи (рельєф місцевості);
- матеріальний (промислове підприємство) або ідеальний (художній твір);
- продукція (предмет одягу) або послуга (медичні послуги);
- предмети (автошляхи) або процеси (процеси життєдіяльності).

У кваліметрії є ряд наукових напрямків дослідження, що стосуються усіх об'єктів, незалежно від їх природи – це задачі, пов'язані з багатокритеріальним оцінюванням. Один з таких напрямків – це задачі приведення різнорозмірних показників якості об'єктів до єдиної безрозмірної шкали. Другий – це об'єднання оцінок показників якості у єдину (комплексну) оцінку об'єкту кваліметрії.

#### Мета роботи

Розробити методіку отримання комплексної оцінки показника якості, що буде придатною для оцінювання об'єктів кваліметрії різної природи.

#### Викладення основного матеріалу

У наукових дослідженнях, пов'язаних з оцінюванням якості об'єктів кваліметрії, важливе місце займає вид залежності між фактичним показником якості та його оцінкою на безрозмірній шкалі. Адже показники якості не завжди розподілені рівномірно і не завжди мають лінійну залежність з їх оцінкою. Тобто існують математичні залежності між показниками якості об'єктів кваліметрії та їх оцінкою, які пов'язані математичною моделлю. Визначення об'єктивних математичних залежностей для отримання комплексних оцінок показників якості - трудомістке завдання, що вимагає глибокого і всебічного наукового дослідження.

У переважній більшості методик оцінювання якості прийнято, що оцінка залежить від значень відповідних вимірних показників якості та базового показника. У загальному вигляді ця залежність має вигляд:

$$K_{ij} = f(P_{ij}; P_{ij}^{\text{баз}}), \quad (1)$$

де  $P_{ij}$  – вимірний показник якості;  $P_{ij}^{\text{баз}}$  – базовий показник якості.

Як відомо, з класифікації методів комплексної оцінки, найбільш широко використовуються наступні види залежності між показниками якості та їх

оцінкою: лінійна, не лінійна та не виражена в явному вигляді. При лінійній залежності оцінка якості є відношенням значень його показника і відповідного базового показника [2]:

$$K_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_{ij}^{\text{баз}}}. \quad (2)$$

З формули видно, що будь-якій зміні показника якості відповідає пропорційна зміна його оцінки. У такому випадку залежність між значеннями показників і їх оцінками мають лінійний характер, тобто є однакові для всіх показників і в усьому діапазоні їх зміни.

Е. Роосе [3] запропонував необхідність введення в залежність (1) додаткового параметра - показника браку  $P_{ij}^{\text{бр}}$ , за який приймається нижня допустиме значення показника якості, тому залежність приймає таку форму:

$$K_{ij} = \frac{P_{ij} - P_{ij}^{\text{бр}}}{P_{ij}^{\text{баз}} P_{ij}^{\text{бр}}} \quad (3)$$

Більш явно нелінійна залежність виражена у формулі, запропонованої А. Томашевським для визначення ступеня відповідності будь-якого з показників якості вимогам, зафіксованим в технічних умовах [4]:

$$Z = 100 \exp\left(1 - \frac{x + \Delta x}{G}\right)\%, \quad (4)$$

де  $x$  – дійсне відхилення показника якості;  $\Delta x$  – похибка визначення  $x$ ;  $G$  – гранично допустиме відхилення показника від значення, зазначеного в технічних умовах.

У методичці, розробленій американським дослідником Харрінгтоном [5], математична залежність оцінки від показника якості визначається моделлю експоненціального типу:

$$K_{ij} = e^{-\left(P_{ij}\right)^{mj}}, \quad (5)$$

де  $mj$  – позитивне число в межах  $0 < mj < \infty$ ;  
 $P^0$  – лінійна функція від  $P_{ij}$ .

У роботах [6–8] для отримання оцінок різнорозмірних показників якості на безрозмірній шкалі використовували залежність:

$$F(x) = \exp(-\exp(-x)) \quad (-\infty < x < \infty) \quad (6)$$

Така залежність має подвійний експонентний вигляд і ряд позитивних особливостей, які використовували дослідники до практичного її

застосування. Так як ця залежність характеризується принципом симетрії, то авторами була отримана ще одна залежність, симетрична залежності (6):

$$F_5(x) = 1 - \exp(-\exp(x)) \quad (7)$$

Завдяки принципу симетрії авторами була отримана ще одна залежність, яка являється середньою між залежностями (6) і (7):

$$F_3(x) = \frac{(\exp(-\exp(-x)) + 1 - \exp(-\exp(x)))}{2} \quad (8)$$

А також отримали ще дві залежності:

$$F_2(x) = \frac{3\exp(-\exp(-x)) + 1 - \exp(-\exp(x))}{4} \quad (9)$$

та

$$F_4(x) = \frac{\exp(-\exp(-x)) + 3(1 - \exp(-\exp(x)))}{4} \quad (10)$$

У результаті проведених досліджень, були отримані 5 залежностей, за допомогою яких можна отримувати оцінки показників якості будь якого об'єкту кваліметрії на безрозмірній шкалі.

Авторами [9–12] використовувався ще один вид залежностей для тримання оцінки показників якості на безрозмірній шкалі, яка має вид:

$$S_q = \begin{cases} 0 & q_i \leq q_{i\min} \\ \frac{q_i - q_{i\min}}{q_{i\max} - q_{i\min}} & q_{i\min} < q_i < q_{i\max} \\ 1 & q_i \geq q_{i\max} \end{cases}^{(r)} \quad (11)$$

де  $q_i$  – дійсне значення показника якості;  $q_{i\min}$  – мінімальне значення показника якості;  $q_{i\max}$  – максимальне значення показника якості;  $r$  – параметр форми, який визначається експертним методом.

Так як оцінки одиничних показників шкідливих чинників мають однакову (безрозмірну) шкалу вимірювання (0–1), то можна знайти узагальнений показник, застосувавши одну із середніх значень.

Науковці, у своїх працях [13,14] для отримання оцінок показників якості на безрозмірній шкалі застосовують метод SAW (просте адитивне зважування), сенс якого в застосуванні вагових коефіцієнтів для індивідуальних показників якості. Також часто застосовується метод TOPSIS – метод багатокритеріального оцінювання, при якому застосовується еталонне значення якості [15,16]. Також метод TOPSIS застосовують для отримання комплексної оцінки показників якості [17,18].

Для оцінювання процесів у соціальних дослідженнях часто застосовуються методи: PROMETHEE (метод організації рейтингу переваг для оцінки збагачення); MOORA (багатоцільова

оптимізація за допомогою аналізу відносин); WASPAS (Зважена сукупність оцінок показника якості) різних соціальних об'єктів [19–21].

Для узагальненого оцінювання якості об'єктів кваліметрії пропонується визначати оцінку по кожній його характеристиці (критерію) і, у подальшому, визначати єдину оцінку, враховуючи всі його характеристики. Для цього пропонується використовувати метод інтегрування.

Для початку необхідно отримати оцінки за кожним критерієм і отримати часовий ряд їх змін з плином часу, як показано на рис. 1.



Рис. 1 – Часовий ряд зміни оцінок

Для визначення узагальненого показника якості одного критерію пропонується застосувати метод інтегрування, тобто знайти площу під ламаною поверхнею, яка вийшла в результаті з'єднання точок на площині системи координат XOY. Для цього застосовуємо квадратурні формули з використанням методу трапецій.

Метод трапецій – це метод наближеної інтеграції, корисний в тих випадках, коли немає можливості знайти первісну функції і обчислити інтеграл через неї. Крім методу трапецій існують інші методи наближеного інтегрування, наприклад, метод прямокутників і метод парабол. Сутність методу трапецій в графічному вигляді показаний на рис. 2 [22].

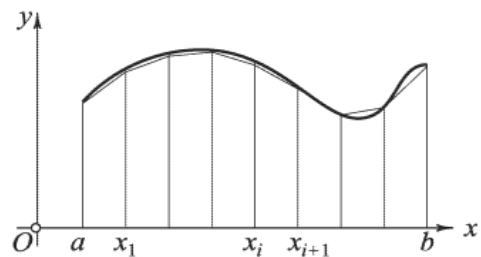


Рис. 2 – Сутність методу трапецій

Припустимо, що потрібно обчислити інтеграл від функції  $f(x)$  на відрізку  $[a; b]$ . Розіб'ємо графік кривої на елементарні сегменти с допомогою точок з абсцисами  $x_i$ , і отримаємо ламану лінію з вершинами

у точках  $(x_i; y_i)$ , при цьому  $y_i = f(x_i)$ , а  $i$  приймає значення від 0 до  $n-1$ .

Для цього виберемо кількість відрізків, на які розбиваємо досліджуваний інтервал і скористаємося формулою для обчислення довжини одного такого відрізка:

$$k = \frac{b-a}{n} \quad (12)$$

Для обчислення за методом трапецій між собою з'єднуються дві поруч розташовані точки розбиття, у результаті утворюючи елементарні сегменти. Як видно далі, значення функції  $f(x)$  береться на межах досліджуваного відрізка.

Площа першої такої трапеції становитиме:

$$S_1 = k \cdot \frac{y_1 + y_2}{2}, \quad (13)$$

а площа  $i$ -ої трапеції складе:

$$S_i = k \cdot \frac{y_{i-1} + y_i}{2} \quad (14)$$

Складемо площі всіх елементарних трапецій:

$$\int_a^b f(x) dx = k \cdot \frac{y_0 + y_n}{2} + y_1 + y_2 + \dots + y_{n-1} \quad (15)$$

Таким чином, площі всіх елементарних трапецій, складені разом, є наближеною площею фігури, обмеженої лініями:  $x = a$ ,  $x = b$ , віссю абсцис і графіком кривої  $f(x)$ .

Формула для наближеного обчислення інтегралу методом трапецій має вигляд:

$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{x_i - x_{i-1}}{2} \cdot (f(x_0) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} f(x_i) + f(x_n)) \quad (16)$$

Похибка при використанні методу трапецій становить:

$$|\sigma_n| \leq \max_{x \in [a; b]} |f''(x)| \cdot \frac{(b-a)^3}{12n^2} \quad (17)$$

Метод трапеції зручний, якщо самого графіка функції немає, але є значення, які приймає функція  $f(x)$  в точках розбиття.

Пропонується методика визначення узагальненого показника якості об'єкту кваліметрії різної природи, яка складається з ряду кроків:

Крок 1. Вимірюються дійсні показники якості об'єкту кваліметрії в одиницях його вимірювання.

Крок 2. Використовуючи одну із залежностей (6–10) або (11) визначають оцінки показника якості на безрозмірній шкалі.

Крок 3. Будують часовий ряд зміни оцінки показника якості з часом у вигляді, показаному на рис. 1.

Крок 4. Використовуючи формулу (13) визначають площу кожної трапеції.

Крок 5. Використовуючи формулу (15) визначають площу під ламаною лінією.

Площа під ламаною лінією буде являтися узагальненою оцінкою об'єкту кваліметрії з часом.

Таку методику можна застосовувати для багатокритеріального оцінювання якості об'єктів кваліметрії, якщо замість часової шкали застосовувати шкалу одиничних оцінок різних критеріїв, якими характеризується об'єкт. У такому випадку отримаємо багатокритеріальну оцінку якості об'єкту кваліметрії. Також, для інтегрування, можна застосовувати інші методи, що дасть можливість визначити найбільш ефективний з них.

## Висновки

Для узагальненого оцінювання якості об'єктів кваліметрії пропонується визначати оцінку по кожній його характеристиці  $i$ , в подальшому, визначити єдину узагальнену оцінку. Запропоновано методику визначення узагальненого показника якості об'єкту кваліметрії різної природи, застосовуючи інтегрування методом трапецій. Таку методику можна застосовувати для багатокритеріального оцінювання якості об'єктів кваліметрії з часом.

## Список літератури

1. Енциклопедія сучасної України URL: [http://esu.com.ua/search\\_articles.php?id=11519](http://esu.com.ua/search_articles.php?id=11519) (дата звернення: 19.11.2020).
2. Азгальдов Г. Г., Райхман Э. П. *О кваліметрії*. Москва: Издательство стандартов, 1972. 172 с.
3. Роосе Э. О комплексной оценке качества. *Техническая эстетика*. 1968. № 7. С. 12–15.
4. Томашевский А. Попытка количественной оценки критериев качества измерительных устройств. *Ротару, автоматика, контролія*. 1966. № 12. С. 8–9.
5. Harrington E. C. Jr. The desirability Function. *Industr. Quality Control*. 1965. P. 2–9.
6. Авиллов В. А. *Математико-статистические методы технико-экономического анализа производства*. Москва: Экономика, 1967. 264 с.
7. Трищ Р. М., Слитюк Е. А. Обобщённая точечная и интервальная оценки качества изготовления детали ДВС. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2006. № 1/2 (19). С. 63–67.
8. Трищ Р. М., Слитюк Е. А. Точечная и интервальная оценки качества изделий. *Вісник НТУ «ХПИ». Збірник наукових праць. НТУ «ХПИ»*. 2006. № 27. С. 96–102.
9. Trishch R., Maletska O., Cherniak O., Semionova Ju., Jancis V. Analysis of the requirements of international and national standards for measurement methods and metrological equipment. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*. 2020. № 1 (11). P. 156–162. doi: 10.30837/2522-9818.2020.12.075.

10. Cherniak O., Trishch R., Kim N., Ratajczak S. Quantitative assessment of working conditions in the workplace. *Engineering Management in Production and Services*. 2020. № 12 (2). P. 99–106. doi: 10.2478/emj-2020-0014.
11. Trisch R., Gorbenko E., Dotsenko N., Kim N., Kiporenko A. Development of qualimetric approaches to the processes of quality management system at enterprises according to international standards of the ISO 9000 series. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. № 4/3 (82). P. 18–24. doi: 10.15587/1729-4061.2016.75503.
12. Ginevičius, R., Trishch, H. Petraškevičius, V. Quantitative assessment of quality management systems' processes. *Economic Research-Ekonomiska Istraživanja*. 2015. № 28:1, P. 1096–1110. doi: 10.1080/1331677X.2015.1087676.
13. Ginevičius R., Podvezko V. Complex assessment of sustainable development of state regions with emphasis on ecological and dwelling conditions. *Ekologija*. 2007. № 53. P. 41–48.
14. Ginevičius R., Podvezko V. A feasibility study of multicriteria methods application to quantitative evaluation of social phenomena. *Business: Theory and Practice*. 2008. № 9. P. 81–87. doi:10.3846/1648-0627.2008.9.81-87.
15. Ginevičius R., Podvezko A. The evaluation of financial stability and soundness of Lithuanian Banks. *Ekonomiska istraživanja: znanstveno stručni časopis*. 2013. № 26. P. 191–208.
16. Ginevičius R., Suhajda K., Šimkūnaitė J. Lithuanian experience of quantitative evaluation of socioeconomic system position by multicriteria methods. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2014. № 110. P. 952–960. doi:10.1016/j.sbspro.2013.12.941.
17. Šimelytė A., Antanavičienė J. The effect of investment promotion on FDI flows: A case of the Baltic States. *Business: Theory and Practice*. 2013. № 14. P. 200–208. doi:10.3846/btp.2013.21.
18. Beinoraitė Š., Drejeris R. Population entrepreneurship measurement model. *Business: Theory and Practice*. 2014. № 15. P. 199–209. doi: 10.3846/btp.2014.20.
19. Krivka A. Complex evaluation of the economic crisis impact on Lithuanian industries. *Journal of Business Economics and Management*. 2014. № 15. P. 299–315. doi: 10.3846/16111699.2013.867277.
20. Brauers W., Ginevičius R., Podvezko A. Development of a methodology of evaluation of financial stability of commercial banks. *Panoeconomicus*. 2014. № 61. P. 349–367. doi: 10.2298/PAN1403349B.
21. Hashemkhani Zolfanir S., Maknoon E., Zavadskas K. Multiple Nash equilibriums and evaluation of strategies. New application of MCDM methods. *Journal of Business Economics and Management*. 2015. № 16. P. 290–305. doi:10.3846 / 16111699.2014.967715.
22. Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченнова Н. В. *Вычислительные методы: учебное пособие*. СПб.: Лань. 2014. 672 с.
4. Tomashevskiy A. Popytka kolichestvennoy otsenki kriteriyev kachestva izmeritel'nykh ustroystv [Attempt to quantify the quality criteria of measuring devices]. *Pomary, avtomatyko, kontrolia*, 1966, Vol. 12, pp. 8–9.
5. Harrington E. C. Jr. The desirability Function. *Industr. Quality Control*, 1965, April, pp. 2–9.
6. Avilov V. A. *Matematiko-statisticheskiye metody tekhniko-ekonomicheskogo analiza proizvodstva [Mathematical and statistical methods of technical and economic analysis of production]*. Moscow, Economics, 1967. 264 p.
7. Trishch R. M., Slityuk E. A. Obobshchonnaya tochechnaya i interval'naya otsenki kachestva izgotovleniya detali DVS [Generalized point and interval estimates of the quality of manufacturing a part of an internal combustion engine]. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2006, Vol. 1/2 (19), pp. 63–67.
8. Trishch R. M., Slityuk E. A. Tochechnaya i interval'naya otsenki kachestva izdeliy [Spot and interval evaluation of product quality]. *Bulletin of the NTU "KhPI". Collection of scientific works*, 2006, Vol. 27, pp. 96–102.
9. Trishch R., Maletska O., Cherniak O., Semionova Ju., Jancis V. Analysis of the requirements of international and national standards for measurement methods and metrological equipment. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, 2020, Vol. 1 (11), pp. 156–162, doi: 10.30837/2522-9818.2020.12.075.
10. Cherniak O., Trishch R., Kim N., Ratajczak S. Quantitative assessment of working conditions in the workplace. *Engineering Management in Production and Services*, 2020, Vol. 12, no. 2, pp. 99–106, doi:10.2478/emj-2020-0014.
11. Trisch R., Gorbenko E., Dotsenko N., Kim N., Kiporenko A. Development of qualimetric approaches to the processes of quality management system at enterprises according to international standards of the ISO 9000 series. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, Vol. 4/3, no. 82, pp. 18–24, doi: 10.15587/1729-4061.2016.75503.
12. Ginevičius, R., Trishch, H. Petraškevičius, V. Quantitative assessment of quality management systems' processes. *Economic Research-Ekonomiska Istraživanja*, 2015, Vol. 28, 1, pp. 1096–1110, doi:10.1080/1331677X.2015.1087676.
13. Ginevičius R., Podvezko V. Complex assessment of sustainable development of state regions with emphasis on ecological and dwelling conditions. *Ekologija*, 2007, Vol. 53, pp. 41–48.
14. Ginevičius R., Podvezko V. A feasibility study of multicriteria methods application to quantitative evaluation of social phenomena. *Business: Theory and Practice*, 2008, Vol. 9, pp. 81–87, doi:10.3846/1648-0627.2008.9.81-87.
15. Ginevičius R., Podvezko A. The evaluation of financial stability and soundness of Lithuanian Banks. *Ekonomiska istraživanja: znanstveno stručni časopis*, 2013, Vol. 26. no. 2, pp. 191–208.
16. Ginevičius R., Suhajda K., Šimkūnaitė J. Lithuanian experience of quantitative evaluation of socioeconomic system position by multicriteria methods. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2014, Vol. 110, pp. 952–960, doi:10.1016/j.sbspro.2013.12.941.
17. Šimelytė A., Antanavičienė J. The effect of investment promotion on FDI flows: A case of the Baltic States. *Business: Theory and Practice*, 2013, Vol. 14, no. 3, pp. 200–208, doi:10.3846/btp.2013.21.
18. Beinoraitė Š., Drejeris R. Model for measuring the entrepreneurship of the population. *Business: Theory and Practice*, 2014, Vol. 15, no. 2, pp. 199–209, doi: 10.3846/btp.2014.20.

#### References (transliterated)

1. Encyclopedia of modern Ukraine. Available at: [http://esu.com.ua/search\\_articles.php?id=11519](http://esu.com.ua/search_articles.php?id=11519) (accessed 19.11.2020).
2. Azgaldov G., Rajhman E. *O kvalimetrii [About qualimetry]*. Moscow, Izdatelstvo standartov Publ., 1973, 172 p.
3. Roose E. O kompleksnoy otsenke kachestva [On a comprehensive quality assessment]. *Technical aesthetics*, 1968, Vol. 7, pp. 12–15.
17. Šimelytė A., Antanavičienė J. The effect of investment promotion on FDI flows: A case of the Baltic States. *Business: Theory and Practice*, 2013, Vol. 14, no. 3, pp. 200–208, doi:10.3846/btp.2013.21.
18. Beinoraitė Š., Drejeris R. Model for measuring the entrepreneurship of the population. *Business: Theory and Practice*, 2014, Vol. 15, no. 2, pp. 199–209, doi: 10.3846/btp.2014.20.

19. Krivka A. Complex evaluation of the economic crisis impact on Lithuanian industries. *Journal of Business Economics and Management*, 2014, Vol. 15, pp. 299–315, doi: 10.3846/16111699.2013.867277.
20. Brauers W., Ginevičius R., Podvieszko A. Development of a methodology of evaluation of financial stability of commercial banks. *Panoeconomicus*, 2014, Vol. 61, no. 3, pp. 349–367, doi: 10.2298/PAN1403349B.
21. Hashemkhani Zolfanir S., Maknoon E., Zavadskas K. Multiple Nash equilibriums and evaluation of strategies. New application of MCDM methods. *Journal of Business Economics and Management*, 2015, Vol. 16, no. 2, pp. 290–305, doi: 10.3846/16111699.2014.967715.
22. Amosov A. A., Dubinskiy Y. A., Kopchenova N. V. *Vychislitelnyye metody: uchebnoye posobiye [Computational methods: a tutorial]*, SPb, Lan Publ., 2014, 672 p.

#### Відомості про авторів (About authors)

**Черняк Олена Миколаївна** – кандидат технічних наук, Українська інженерно-педагогічна академія, старший викладач кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0001-6167-8809; e-mail: olena-cheraniak@ukr.net.

**Olena Cherniak** – candidate of technical sciences, Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Senior Lecturer at the Department of Labour Safety, Standardization and Certification, Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0001-6167-8809; e-mail: olena-cheraniak@ukr.net.

**Сороколат Наталія Андріївна** – Українська інженерно-педагогічна академія, аспірантка кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0002-0140-9364; e-mail: n.a.sorokolat@gmail.com.

**Natalia Sorocolat** – Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, postgraduate student Department of Labour Safety, Standardization and Certification, Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0002-0140-9364; e-mail: n.a.sorokolat@gmail.com.

**Каницька Ірина Вікторівна** – Українська інженерно-педагогічна академія, аспірантка кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0002-7001-8340; e-mail: irinadovgopolaya@icloud.com.

**Iryna Kanytska** – Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, postgraduate student at the Department of Labour Safety, Standardization and Certification, Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0002-7001-8340; e-mail: irinadovgopolaya@icloud.com.

*Будь ласка, посилайтеся на цю статтю наступним чином:*

Черняк О. М., Сороколат Н. А., Каницька І. В. Застосування методу інтегрування для оцінювання якості об'єктів кваліметрії. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2020. № 4 (6). С. 93-98. doi:10.20998/2413-4295.2020.04.14.

*Please cite this article as:*

Cherniak O., Sorocolat N., Kanytska I. Application of the integration method for assessing the quality of quality objects. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2020, no. 4 (6), pp. 93-98, doi:10.20998/2413-4295.2020.04.14.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

Черняк Е. Н., Сороколат Н. А., Каницкая И. В. Применение метода интегрирования для оценки качества объектов кваліметрии. *Вестник Национального технического университета «ХПИ»*. Серия: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». 2020. № 4 (6). С. 93-98. doi:10.20998/2413-4295.2020.04.14.

**АННОТАЦИЯ** Проведен анализ существующих научных подходов к количественной оценке качества объектов кваліметрии различной природы, которые имеют различные показатели качества с различными шкалами измерения. Рассмотрен ряд современных научных работ, связанных с оценкой качества продукции, процессов и услуг, определены их недостатки и возможные границы применения. В результате проведенного анализа было выявлено, что в кваліметрии существует ряд нерешенных задач, решение которых могло бы дать возможность разрабатывать новые практические методики, которые были бы достаточно универсальными и могли бы эффективно применяться при оценке качества объектов различной природы. В результате анализа доказано актуальность темы и определена цель работы – разработка методики получения комплексной оценки показателя качества, которая будет пригодна для оценки объектов кваліметрии различной природы. Для обобщенного оценивания качества объектов кваліметрии предложено определять оценку по каждой его характеристике или критерию, а затем определять единую оценку, учитывая все его характеристики. Для определения обобщенного показателя качества одного критерия предлагается применить метод интегрирования, то есть найти площадь под ломаной поверхностью, которая получилась в результате соединения точек на плоскости системы координат ХОУ. Для этого применяются квадратные формулы с использованием метода трапеций. Метод трапеций – это метод приближенной интеграции, полезный в тех случаях, когда нет возможности найти первоначальную функции и вычислить интеграл через нее. Предложено пошаговый алгоритм определения обобщенного показателя качества объекта кваліметрии различной природы, применяя интегрирование методом трапеций. В таком случае получим многокритериальную оценку качества объекта кваліметрии. Для интегрирования, можно применять другие методы, что позволит определить наиболее эффективный из них. Разработанную методику можно применять для многокритериального оценивания качества объектов кваліметрии, если вместо временной шкалы применять шкалу единичных оценок различных критериев, которыми характеризуется объект.

**Ключевые слова:** кваліметрия; обобщенный показатель; многокритериальная оценка качества; метод интегрирования; метод трапеций

Надійшла (received) 22.11.2020