

О. М. Черняк, Н. А. Сороколат, І. В. Каницька

ГРАФОАНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ ОБ'ЄКТІВ КВАЛІМЕТРІЇ

Предметом дослідження в статті є метод визначення комплексного показника якості об'єктів кваліметрії, які мають показники якості з різними одиницями вимірювання. **Мета** роботи – запропонувати метод визначення комплексного показника якості багатокритеріальних об'єктів кваліметрії, застосовуючи методи інтегрування. В статті вирішується наступне **завдання**: дослідити можливість оцінювання якості об'єктів кваліметрії графоаналітичним методом, тобто застосувати принцип визначення площі та об'єму під криволінійними поверхнями як на площині, так і в просторі, які створені шляхом об'єднання оцінок одиничних показників якості на безрозмірній шкалі. Використовуються **методи**: математичної статистики; кваліметрії. Отримано наступні **результати**: проведено аналіз наукової літератури з питань оцінювання якості об'єктів кваліметрії в частині існуючих математичних залежностей між вимірними показниками якості та їх оцінкою на безрозмірній шкалі. Показано, що, як правило, математичні залежності мають нелінійний характер і їх дослідження зводяться до розроблення універсальних методик, які можна було би застосовувати до об'єктів кваліметрії незалежно від їх природи, складності, важливості та інше. Дослідження, які пов'язані з нелінійними залежностями між вимірними показниками якості та їх оцінками на безрозмірній шкалі повинні базуватися на ідеології якості та мати фізичне пояснення. Маючи одиничні показники якості у єдиній (безрозмірній) шкалі оцінювання, запропоновано визначити єдиний комплексний показник якості об'єкту кваліметрії із застосуванням методів інтегрування. Запропоновано знайти площу під ламаною кривою, яка будується внаслідок об'єднання оцінок показників якості на безрозмірній шкалі протягом певного часу спостережень. Так як обчислення визначених інтегралів за формулою Ньютона-Лейбніца не завжди можливо, то для вирішення практичних завдань, досить знати наближене значення певного інтегралу з заданим ступенем точності, тому пропонується застосовувати методи чисельного інтегрування, методи: прямокутників та трапецій. Запропоновано методику визначення узагальненого показника якості об'єкту кваліметрії, яку можна вважати універсальною, так як її можна застосовувати для багатокритеріального оцінювання якості об'єктів кваліметрії різної природи. **Висновки**: Для визначення комплексного показника якості багатокритеріальних об'єктів кваліметрії пропонується застосувати інтегрування методом середніх прямокутників. Запропоновано методику визначення комплексного показника якості об'єкту кваліметрії з застосуванням інтегрування, яка враховує отримання оцінок одиничних показників якості.

Ключові слова: об'єкт кваліметрії; показник якості; математичні залежності; метод прямокутників; метод трапецій.

Вступ

Виробництво якісних товарів – актуальне завдання національної економіки України, так як це одна із умов забезпечення конкурентоспроможності продукції національних виробників на європейських та міжнародних ринках. Для забезпечення якості продукції на виробництві існує ряд завдань, для вирішення яких необхідно застосовувати сучасні методи вимірювання, оцінювання, аналізування з метою управління технологічними процесами.

Продукція характеризується набором показників якості, які мають різні одиниці та діапазони вимірювання, тому необхідно володіти або великою кількістю методів оцінювання їх якості, або один, універсальний, який міг би застосовуватися для об'єктів кваліметрії різної природи. В даному випадку під об'єктом кваліметрії різної природи розуміємо різні види продукції, які мають різні показники якості зі своїми одиницями та діапазонами вимірювання.

Для розроблення такого методу необхідно вирішити декілька важливих задач, серед яких:

- визначити вид залежності між вимірним значенням показника якості об'єкту кваліметрії та його оцінкою на безрозмірній шкалі;

- запропонувати метод об'єднання оцінок вимірних показників якості у єдину (комплексну) оцінку.

Для ефективного застосування математичних залежностей при оцінюванні об'єктів кваліметрії

необхідно проведення ряду наукових досліджень, з метою досягнення їх універсальності та можливості застосування для оцінювання якості об'єктів різної природи.

Для визначення методу об'єднання оцінок вимірних показників якості у єдину (комплексну) оцінку необхідно враховувати особливості поняття «якість». Якість – це властивість об'єкту відповідати установленим чи вимогам споживача. При чому споживач свої вимоги може представляти різними доступними способами (угода, конструкторська документація, та ін.) та може змінювати їх з часом. Показник якості може змінюватися від нуля до одиниці, при чому, якщо він дорівнює нулю, то продукція являється бракованою. Вважається, що показник якості не може рівнятися одиниці, а може приближуватися до неї максимально близько. Такі особливості поняття «якість» обумовлюють вибір математичного апарату при оцінюванні якості об'єктів кваліметрії різної природи.

Таким чином, для оцінювання якості об'єктів кваліметрії актуальним являється проведення комплексу наукових досліджень, пов'язаних з визначенням універсальної математичної залежності між вимірними показниками якості та їх оцінкою на безрозмірній шкалі, та використовуючи отримані оцінки, розроблення графоаналітичного методу отримання комплексної оцінки якості об'єкту.

Аналіз методів визначення комплексного показника якості

Результати аналізу наукової літератури з питань оцінювання якості об'єктів кваліметрії підтвердили, що для отримання комплексної оцінки якості об'єкту вирішується дві задачі, а саме, для отримання комплексного показника якості необхідно, щоб одиничні показники мали єдині одиниці вимірювання, а для їх отримання потрібні знання про нелінійність їх оцінок з одиницями вимірювання. Адже відомо, що виміряні показники якості об'єктів, як правило, мають різні шкали вимірювання і не лінійно пов'язані з їх безрозмірною оцінкою, що у свою чергу потребує наукових досліджень щодо виду математичних залежностей.

Дослідження, які пов'язані з нелінійними залежностями між вимірними показниками якості та їх оцінками на безрозмірній шкалі повинні базуватися на ідеології якості та повинні мати фізичне пояснення. Серед таких залежностей є відомі залежності, виведені Гнеденко [1], та мають відношення до екстремальних статистик. Використавши теорію екстремальних статистик і запропоновані математичні залежності Гнеденко, американський дослідник Харрінгтон запропонував методіку багатокритеріального оцінювання об'єктів різної природи [2] яку у подальшому Г. Г. Азгальдов [3] застосовував у своїх дослідженнях в галузі кваліметрії. Отже, у методиці, розробленій Харрінгтоном, математична залежність оцінок якості від їх вимірних показників визначається моделлю експоненціального типу:

$$F(x) = \exp(-\exp(-x)) \quad (-\infty < x < \infty). \quad (1)$$

Для отримання оцінок показників якості на безрозмірній шкалі, автори [4,5] використовували залежності:

$$\begin{aligned} a) F(x) &= \exp(-\exp(-x)); \\ б) F(x) &= 1 - \exp(-\exp(x)); \\ в) F(x) &= (\exp(-\exp(-x)) + 1 - \exp(-\exp(x))) / 2. \end{aligned} \quad (2)$$

Ту, чи іншу залежність автори пропонували вибирати експертним методом. Вибір однієї із залежностей залежав від того, на скільки показник якості являвся важливим для отримання комплексного показника. Тобто, якщо показник якості був менш важливим, то застосовували залежність (2б), якщо значно важливим, то застосовували залежність (2а). Залежність (2в) являється середнім значенням між двома залежностями.

Це можливо було зробити через принцип симетрії, яким характеризується модель (1). Графічно математичні залежності показано на рис. 1, з якого видно, що вибір тієї чи іншої залежності зменшує, або збільшує оцінку якості на безрозмірній шкалі.

Використовуючи принцип симетрії, автори [6] запропонували отримати ще дві залежності та

застосували їх для багатокритеріального оцінювання якості у навчальному закладі.

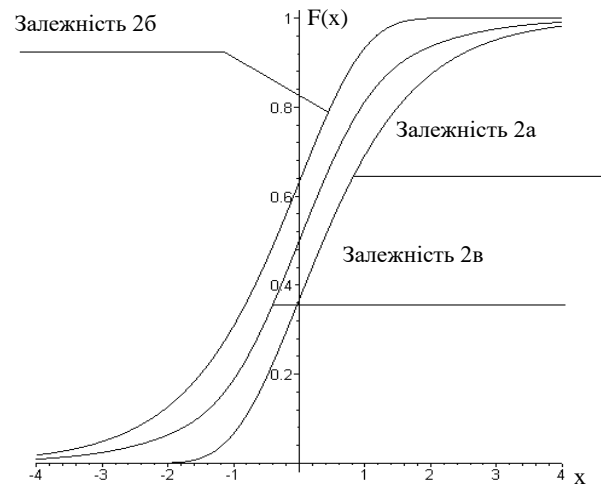


Рис. 1. Математичні залежності між вимірним значенням показника якості та його оцінкою

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

та

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

В результаті проведених досліджень, були отримані залежності, які давали можливість отримувати оцінки показників якості будь якого об'єкту кваліметрії на безрозмірній шкалі.

Автори [7,9] застосовували інший вид залежності для отримання оцінок показників якості на безрозмірній шкалі, яка має вид:

$$F_x = \left(\frac{x_i - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}} \right)^k, \quad x_{i\min} \leq x_i \leq x_{i\max}, \quad (5)$$

де x_i — дійсне значення показника якості; $x_{i\min}$ — мінімальне значення показника якості; $x_{i\max}$ — максимальне значення показника якості; k — параметр форми, який визначається експертним методом. На рис. 2 показано вид залежностей в залежності від показника параметру форми, який назначається експертним методом в залежності від важливості одиничного показника якості.

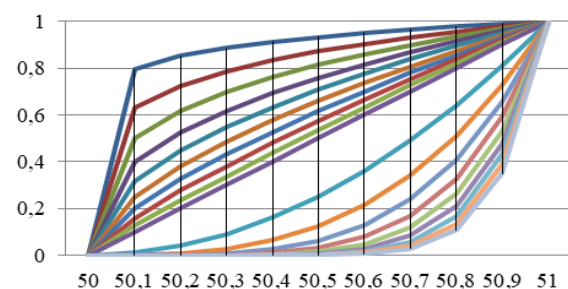


Рис. 2. Вид залежностей в залежності від показника параметру форми

Часто, для отримання оцінок показників якості на безрозмірній шкалі застосовують метод SAW (просте адитивне зважування) [10,11], при якому застосовують вагові коефіцієнти для одиничних показників якості, які теж назначаються експертним методом. Також застосовується метод багатокритеріального оцінювання, при якому застосовується еталонне значення якості – метод TOPSIS [12,13]. Його також застосовують для визначення комплексного показника якості об'єктів кваліметрії. [14,15]. 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 [16-18]. Для отримання комплексної оцінки показників якості об'єктів кваліметрії застосовують середні значення їх показників, часто з використанням вагових коефіцієнтів. Такий підхід не завжди прийнятний для оцінювання якості об'єктів, тому не може розглядатися як єдиний можливий, тому є необхідність у розробці нових методів та методик

отримання комплексного показника якості об'єктів кваліметрії, що характеризуються різноманітністю показників їх якості.

Метою роботи є запропонування графоаналітичного методу визначення комплексного показника якості багатокритеріальних об'єктів кваліметрії.

Вирішення завдання

Маючи одиничні показники якості у єдиній (безрозмірній) шкалі оцінювання, можемо визначити єдиний комплексний показник якості об'єкту кваліметрії, для чого пропонується застосувати метод інтегрування. Якщо вимірювати показник якості протягом певного часу, то отримаємо часовий ряд. Якщо об'єднати значення оцінок показника якості на часовому ряду, то отримаємо ламану лінію, як показано на рис. 3. Якщо вимірювати декілька показників якості протягом певного часу, то отримаємо декілька часових рядів і при об'єднанні їх значень отримаємо ламану поверхню, як показано на рис. 4.



Рис. 3. Часовий ряд оцінок показників якості

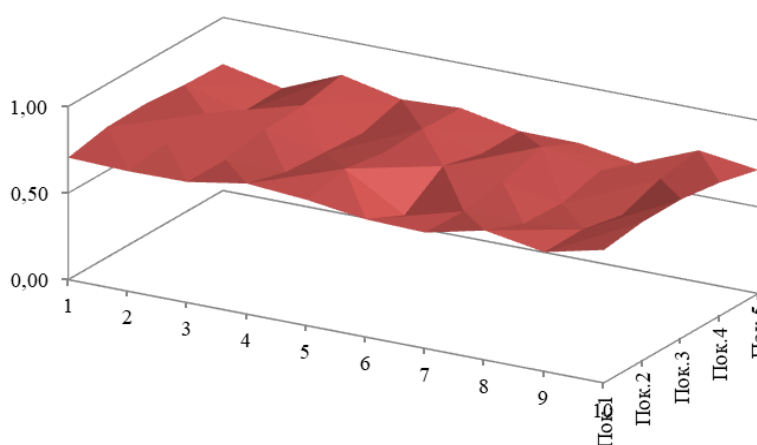


Рис. 4. Часовий ряд декількох оцінок показників якості

Тобто, пропонується знайти площу під ламаною кривою, яка будуватиметься внаслідок об'єднання оцінок показників якості на безрозмірній шкалі протягом певного часу спостережень. Для цього є одна важлива умова, а саме необхідно, щоби усі шкали мали єдину безрозмірну одиницю вимірювання. Одна із шкал

(ОУ) характеризується безрозмірністю, так як оцінки отримали безрозмірну одиницю вимірювання, застосовуючи математичні залежності.

Для отримання безрозмірної шкали (ОХ) необхідно визначити крок інтегрування $h = \frac{1}{n}$, де n –

кількість вимірних значень одного показника якості об'єкту з часом. Для отримання безрозмірної шкали (OZ) необхідно визначити крок інтегрування, який залежить від кількості одиничних показників якості, тобто $k = \frac{1}{m}$, де m – кількість одиничних показників якості об'єкту кваліметрії. У результаті проведених перетворень шкал отримали систему координат з безрозмірними шкалами, тобто у сі шкали мають межі (0 – 1), що дає можливість зручно застосовувати існуючі спрощені методи інтегрування.

Обчислення визначених інтегралів за формулою Ньютона-Лейбніца не завжди можливо, так як багато підінтегральних функцій не мають похідних у вигляді елементарних функцій, тому в багатьох випадках важко знайти точне значення певного інтегралу. Але часто, для вирішення практичних завдань, досить знати наближене значення певного інтегралу з заданим ступенем точності. У такому випадку можна застосовувати методи чисельного інтегрування, методи прямокутників та трапецій, методи Сімпсона, парабол та ін.

Розглянемо докладно метод прямокутників для наближеного обчислення певного інтегралу [19]. Якщо відрізок інтегрування $[a; b]$ розбити на рівні частини довжини h точками: $a = x_0$, $x_1 = x_0 + h$, $x_2 = x_0 + 2h$, $x_3 = x_0 + 3h$, ..., $x_{(n-1)} = x_0 + (n-1)h$, $x_n = x_0 + nh = b$, і в якості точок ξ_i вибрати середини елементарних відрізків ($h = x_i - x_{i-1}$; x_i), $i = 1, 2, \dots, n$, то можна записати інтеграл у вигляді:

$$\int_a^b f(x) dx \approx h \sum_{i=1}^n f\left(x_{i-1} + \frac{h}{2}\right). \quad (6)$$

Формулу (6) називають формулою методу середніх прямокутників через спосіб вибору точок ξ_i з кроком розбиття відрізка $[a; b] - h = \frac{(b-a)}{n}$. Графічна ілюстрація методу середніх прямокутників показано на рис. 5.

Абсолютна похибка формули прямокутників на відріжку $[a; b]$ дорівнює сумі похибок на кожному елементарному інтервалі, тому [19]:

$$\delta_n = \sum_{i=1}^n \int_{x_{i-1}}^{x_i} \left(f(x) - f\left(x_{i-1} + \frac{h}{2}\right) \right) dx. \quad (7)$$

Розглянемо докладно метод трапецій для наближеного обчислення визначеного інтегралу. Формула для наближеного обчислення інтегралу методом трапецій має вид:

$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{x_i - x_{i-1}}{2} \cdot (f(x_0) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} f(x_i) + f(x_n)). \quad (8)$$

Похибка, при застосуванні методу трапецій складає:

$$|\sigma_n| \leq \max_{x \in [a; b]} |f''(x)| \cdot \frac{(b-a)^3}{12n^2}. \quad (9)$$

Графічна ілюстрація методу трапецій показано на рис. 6.

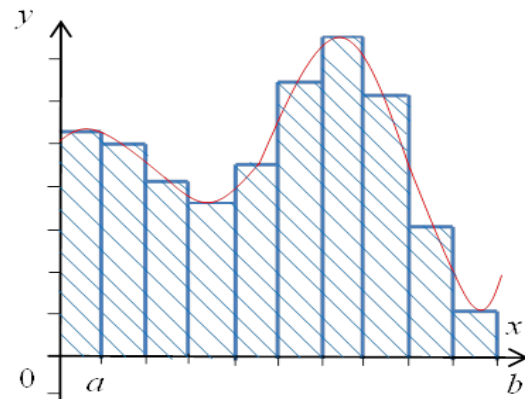


Рис. 5. Графічна ілюстрація методу середніх прямокутників

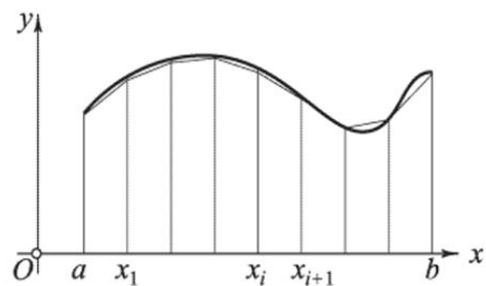


Рис. 6. Графічна ілюстрація методу трапецій

Той, чи інший метод інтегрування може мати місце для визначення комплексного показника якості в залежності від ступеню розсіювання оцінок одиничних показників якості, тобто від їх дисперсії. Чим більше ступінь їх розсіювання, тим більша похибка при застосуванні методу прямокутників. Тому вибір того чи іншого методу інтегрування здійснюється у кожному випадку окремо експертом-дослідником.

Для інтегрування часового ряду пропонується використовувати формулу, застосовуючи метод середніх прямокутників:

$$S = \sum_{i=1}^n f(x_i) \int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} dx. \quad (10)$$

Для об'єктів кваліметрії, які характеризуються декількома показниками якості для визначення їх комплексного показника протягом певного періоду часу вимірювання їх одиничних показників пропонується застосувати формулу:

$$V = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m f(x_i y_j) \int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} dx \int_{y_{j-1/2}}^{y_{j+1/2}} dy, \quad (11)$$

де $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, m$.

В такому випадку отримаємо об'єм під криволінійною поверхнею, що і буде являтися комплексним показником якості об'єкту кваліметрії.

Наукова новизна запропонованого методу полягає у тому, що вперше пропонується визначати комплексний показник якості при оцінюванні якості багатокритеріальних об'єктів кваліметрії графоаналітичним методом. Запропонований метод має такі переваги над існуючими:

- висока точність, так як похибкою методу являється похибка визначення інтегралу. Зменшуючи крок інтегрування можна зменшувати похибку методу;

- універсальність, адже можна застосовувати для багатокритеріального оцінювання об'єктів кваліметрії різної природи.

- простота у застосуванні та програмуванні з метою автоматизації розрахунків.

Пропонується метод визначення комплексного показника якості об'єкту кваліметрії, який складається з ряду кроків:

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

Крок 2. Використовуючи одну із залежностей (1-4) або (5) визначають оцінки кожного показника якості на безрозмірній шкалі.

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

Крок 4. Використовуючи формулу (10) визначають площу під ламаною лінією, яка будується

в результаті об'єднання оцінок протягом певного проміжку часу.

Крок 5. Використовуючи формулу (11) визначають об'єм під ламаною площиною, яка будується в результаті об'єднання усіх оцінок усіх показників якості протягом певного проміжку часу.

Величина об'єму під ламаною площиною буде являтися комплексною оцінкою якості об'єкту кваліметрії з часом.

Таку методику можна застосовувати для багатокритеріального оцінювання якості об'єктів кваліметрії різної природи.

Висновки

Для визначення комплексного показника якості багатокритеріальних об'єктів кваліметрії пропонується застосувати інтегрування методом середніх прямокутників.

Запропоновано метод визначення комплексного показника якості об'єкту кваліметрії з застосуванням інтегрування, який враховує отримання оцінок одиничних показників якості.

Запропонований метод можна вважати універсальним, оскільки його можна застосовувати для багатокритеріального оцінювання якості об'єктів кваліметрії різної природи.

Список літератури

1. Александров П. С. Лекции по аналитической геометрии. М.: Наука. 1968. 912 с.
2. Harrington E. C. Jr. The desirability Function. *Industr. Quality Control*. 1965. April. P. 2–9.
3. Азгальдов Г. Г., Райхман Э. П. О кваліметрії. М.: Издательство стандартов, 1972. 172 с.
4. Триш Р. М., Слитюк Е. А. Обобщенная точечная и интервальная оценки качества изготовления детали ДВС. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2006. № 1/2 (19). С. 63–67.
5. Триш Р. М., Слитюк Е. А. Точечная и интервальная оценки качества изделий. *Вісник НТУ "ХПИ". Збірник наукових праць. НТУ "ХПИ"*. 2006. № 27. С. 96–102.
6. Ginevičius R., Trishch H., Petraškevičius V. Quantitative assessment of quality management systems' processes. *Economic Research-Ekonomiska Istraživanja*. 2015. № 28:1, P. 1096–1110. DOI: <https://doi.org/10.1080/1331677X.2015.1087676>
7. 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: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2020.11.156>
8. 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: <https://doi.org/10.2478/emj-2020-0014>
9. Trishch 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: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.75503>
10. 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.
11. 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: <https://doi.org/10.3846/1648-0627.2008.9.81-87>
12. Ginevičius R., Podvezko A. The evaluation of financial stability and soundness of Lithuanian Banks. *Ekonomika istraživanja: znanstveno stručni časopis*. 2013. № 26. P. 191–208.
13. 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: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.941>
14. 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: <https://doi.org/10.3846/btp.2013.21>
15. Beinoraitė Š., Drejeris R. Population entrepreneurship measurement model. *Business: Theory and Practice*. 2014. № 15. P. 199–209. DOI: <https://doi.org/10.3846/btp.2014.20>
16. Krivka A. Complex evaluation of the economic crisis impact on Lithuanian industries. *Journal of Business Economics and Management*. 2014. № 15. P. 299–315. DOI: <https://doi.org/10.3846/16111699.2013.867277>
17. 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: <https://doi.org/10.2298/PAN1403349B>
18. 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: <https://doi.org/10.3846/16111699.2014.967715>

19. Метод прямогольников. веб-сайт. URL: http://mathprofi.ru/metod_prjamougolnikov.html (дата звернення: 28.11.2020).

References

1. Aleksandrov, P. S. (1968), *Analytical Geometry Lectures [Leksii po analiticheskoy geometrii]*, Nauka, Moscow, 912 p.
2. Harrington, E. C. Jr. (1965), "The desirability Function", *Industr. Quality Control*, April, P. 2–9.
3. Azgal'dov, G. G., Rajhman, Je. P. (1972), *About kvalimetriia [O kvalimetrii]*, Izdate'l'stvo standartov, Moscow, 172 p.
4. Trishch, R. M., Slityuk, E. A. (2006), "Generalized point and interval evaluation items ICE workmanship" ["Obobshchonnaya tochechnaya i interval'naya otsenki kachestva izgotovleniya detali DVS"], *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 1/2 (19), P. 63–67.
5. Trishch, R. M., Slityuk, E. A. (2006), "Spot and interval evaluation of product quality" ["Tochechnaya i interval'naya ocenki kachestva izdelij"], *Bulletin of the NTU "KhPI". Collection of scientific works*, No. 27, P. 96–102.
6. Ginevičius, R., Trishch, H. Petraškevičius, V. (2015), "Quantitative assessment of quality management systems' processes", *Economic Research-Ekonomika Istraživanja*, No. 28:1, P. 1096–1110. DOI: <https://doi.org/10.1080/1331677X.2015.1087676>
7. Trishch, R., Maletska, O., Cherniak, O., Semionova, Ju., Jancis, V. (2020), "Analysis of the requirements of international and national standards for measurement methods and metrological equipment", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (11), P. 156–162. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2020.11.156>
8. Cherniak, O., Trishch, R., Kim, N., Ratajczak, S. (2020), "Quantitative assessment of working conditions in the workplace", *Engineering Management in Production and Services*, No. 12 (2), P. 99–106. DOI: <https://doi.org/10.2478/emj-2020-0014>
9. Trishch, R., Gorbenko, E., Dotsenko, N., Kim, N., Kiporenko, A. (2016), "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*, No. 4/3 (82), P. 18–24. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.75503>.
10. Ginevičius, R., Podvezko, V. (2007), "Complex assessment of sustainable development of state regions with emphasis on ecological and dwelling conditions", *Ekologija*, No. 53, P. 41–48.
11. Ginevičius, R., Podvezko, V. (2008), "A feasibility study of multicriteria methods application to quantitative evaluation of social phenomena", *Business: Theory and Practice*, No. 9, P. 81–87. DOI: <https://doi.org/10.3846/1648-0627.2008.9.81-87>
12. Ginevičius, R., Podvezko, A. (2013), "The evaluation of financial stability and soundness of Lithuanian Banks", *Ekonomika istraživanja: znanstveno stručni časopis*, No. 26, P. 191–208.
13. Ginevičius, R., Suhajda, K., Šimkūnaitė, J. (2014), "Lithuanian experience of quantitative evaluation of socioeconomic system position by multicriteria methods", *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, No. 110, P. 952–960. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.941>
14. Šimelytė, A., Antanavičienė, J. (2013), "The effect of investment promotion on FDI flows: A case of the Baltic States", *Business: Theory and Practice*, No. 14, P. 200–208. DOI: <https://doi.org/10.3846/btp.2013.21>
15. Beinoraitė, Š., Drejeris, R. (2014), "Population entrepreneurship measurement model", *Business: Theory and Practice*, No. 15, P. 199–209. DOI: <https://doi.org/10.3846/btp.2014.20>
16. Krivka, A. (2014), "Complex evaluation of the economic crisis impact on Lithuanian industries", *Journal of Business Economics and Management*, No. 15, P. 299–315. DOI: <https://doi.org/10.3846/16111699.2013.867277>
17. Brauers, W., Ginevičius, R., Podvezko, A. (2014), "Development of a methodology of evaluation of financial stability of commercial banks", *Panoeconomicus*, No. 61, P. 349–367. DOI: <https://doi.org/10.2298/PAN1403349B>
18. Hashemkhani Zolfanir, S., Maknoon, E., Zavadskas, K. (2015), "Multiple Nash equilibriums and evaluation of strategies. New application of MCDM methods", *Journal of Business Economics and Management*, No. 16, P. 290–305. DOI: <https://doi.org/10.3846/16111699.2014.967715>
19. "Method of rectangles" ["Metod prjamougolnikov"], available at: http://mathprofi.ru/metod_prjamougolnikov.html (last accessed 28.11.2020).

Надійшла (Received) 30.11.2020

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Черняк Олена Миколаївна – кандидат технічних наук, Українська інженерно-педагогічна академія, старший викладач кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації, Харків, Україна; email: olena-cherniak@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6167-8809>.

Черняк Елена Николаевна – кандидат технических наук, Украинская инженерно-педагогическая академия, старший преподаватель кафедры охраны труда, стандартизации и сертификации, Харьков, Украина.

Cherniak Olena – PhD (Engineering Sciences), Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Senior Lecturer of the Department of Labour Safety, Standardization and Certification, Kharkiv, Ukraine.

Сороколат Наталія Андріївна – Українська інженерно-педагогічна академія, аспірантка кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації; Харків, Україна; email: n.a.sorokolat@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0140-9364>.

Сороколат Наталия Андреевна – Украинская инженерно-педагогическая академия, аспирантка кафедры охраны труда, стандартизации и сертификации, Харьков, Украина.

Sorocolat Nataliia – Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Graduate Student of the Department of Labour Safety, Standardization and Certification, Kharkiv, Ukraine.

Каницька Ірина Вікторівна – Українська інженерно-педагогічна академія, аспірантка кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації; Харків, Україна; email: irinadovgopolaya@icloud.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7001-8340>.

Каницкая Ирина Викторовна – Украинская инженерно-педагогическая академия, аспирантка кафедры охраны труда, стандартизации и сертификации, Харьков, Украина.

Kanytska Iryna – Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Graduate Student of the Department of Labour Safety, Standardization and Certification, Kharkiv, Ukraine.

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ КВАЛИМЕТРИИ

Предметом исследования в статье является метод определения комплексного показателя качества объектов квалиметрии, которые имеют показатели качества с различными единицами измерения. **Цель** работы – предложить метод определения комплексного показателя качества многокритериальных объектов квалиметрии, применяя методы интегрирования. В статье решается следующая **задача**: исследовать возможность оценивания качества объектов квалиметрии графоаналитическим методом, то есть применить принцип определения площади и объема под криволинейными поверхностями, как на плоскости, так и в пространстве, созданных путем объединения оценок единичных показателей качества на безразмерной шкале. Используются **методы**: математической статистики; квалиметрии. Получены следующие **результаты**: проведен анализ научной литературы по вопросам оценки качества объектов квалиметрии в части существующих математических зависимостей между измеренным показателем качества и их оценке на безразмерной шкале. Показано, что, как правило, математические зависимости имеют не линейный характер и их исследования сводятся к разработке универсальных методик, которые можно было бы применять к объектам квалиметрии независимо от их природы, сложности, важности и прочее. Исследования, связанные с нелинейными зависимостями между измеренным показателем качества и их оценками на безразмерной шкале должны базироваться на идеологии качества и иметь физическое объяснение. Имея единичные показатели качества в единой (безразмерной) шкале оценивания, предложено определять единый комплексный показатель качества объекта квалиметрии с применением методов интегрирования. Предложено найти площадь под ломаной кривой, которая строится в результате объединения оценок показателей качества на безразмерной шкале в течение определенного времени наблюдений. Так как вычисление определенных интегралов по формуле Ньютона-Лейбница не всегда возможно, и часто, для решения практических задач, достаточно знать приближенное значение определенного интеграла с заданной степенью точности, поэтому предлагается применять методы численного интегрирования, методы: прямоугольников и трапеций. Предложена методика определения обобщенного показателя качества объекта квалиметрии, которую можно считать универсальной, так как ее можно применять для многокритериального оценивания качества объектов квалиметрии различной природы. **Выводы**: Для определения комплексного показателя качества многокритериальных объектов квалиметрии предлагается применить интегрирование методом средних прямоугольников. Предложена методика определения комплексного показателя качества объекта квалиметрии с применением интегрирования, которая учитывает получения оценок единичных показателей качества.

Ключевые слова: объект квалиметрии; показатель качества; математические зависимости; метод прямоугольников; метод трапеций.

GRAPH ANALYTICAL METHOD FOR DETERMINING THE COMPLEX QUALITY INDICATOR OF QUALIMETRY OBJECTS

The **subject** of research in the article is a method for determining a complex quality indicator of qualimetry objects that have quality indicators with different units of measurement. The **purpose** of the work is proposing a method for determining a complex quality indicator of multicriteria objects of qualimetry, using integration methods. The article solves the following task: to investigate the possibility of assessing the quality of qualimetry objects by graph analytical method, ie to apply the principle of determining the area and volume under curved surfaces both on the plane and in space, created by combining estimates of unit quality indicators on dimensionless scale. The following **methods** are used: mathematical statistics; qualimetry. The following **results** were obtained: the analysis of scientific literature on quality assessment of qualimetry objects in terms of existing mathematical relationships between the measured quality indicators and their assessment on a dimensionless scale was carried out. It was shown that, as a rule, mathematical dependences are nonlinear and their research is reduced to the development of universal methods that could be applied to objects of qualimetry, regardless of their nature, complexity, importance, etc. Research that involves nonlinear relationships between measured quality scores and their estimates on a dimensionless scale should be based on quality ideology and have a physical explanation. Having single quality indicators in a single (dimensionless) rating scale, it is proposed to determine a single comprehensive quality indicator of the object of qualimetry using integration methods. It is proposed to find the area under the broken curve, which is built as a result of combining estimates of quality indicators on a dimensionless scale over a period of observations. Since the calculation of definite integrals by the Newton-Leibniz formula is not always possible, to solve practical problems, it is enough to know the approximate value of a certain integral with a given degree of accuracy, so it is proposed to use methods of numerical integration, methods: rectangles and trapezoids. A method for determining a generalized indicator of the quality of the object of qualimetry, which can be considered universal, as it can be used for multi-criteria assessment of the quality of objects of qualimetry of different nature. **Conclusions**: To determine the complex quality indicator of multicriteria qualimetry objects, it is proposed to apply integration by the method of average rectangles. The method of definition of a complex indicator of quality of object of qualimetry with application of integration which considers receipt of estimations of unit indicators of quality is proposed.

Keywords: qualimetry object; quality indicator; mathematical dependencies; rectangle method; trapezoid method.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Черняк О. М., Сороколат Н. А., Каницька І. В. Графоаналітичний метод визначення комплексного показника якості об'єктів квалиметрії. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2020. № 4 (14). С. 169–175. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2020.14.169>

Cherniak, O., Sorocolat, N., Kanytska, I. (2020), "Graph analytical method for determining the complex quality indicator of qualimetry objects", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 4 (14), P. 169–175. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2020.14.169>