

## ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ПРОЦЕСІВ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВ КВАЛІМЕТРИЧНИМИ МЕТОДАМИ

Рудик Ю. І.<sup>1</sup>, Тріщ Г. М.<sup>2</sup>, Катрич О. О.<sup>2</sup>, Хімичева А. І.<sup>3</sup>,  
Малахов І. М.<sup>2</sup>, Тимофєєв О. П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*  
<sup>2</sup>*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
"Харківський авіаційний інститут"*  
<sup>3</sup>*Київський національний університет технологій та дизайну*

### Інформація про авторів:

**Рудик Юрій Іванович (Rudyk Yuriy):** ORCID: 0000-0002-7372-5876; e-mail: rudra@ukr.net, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, головний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності, Львів, 79000, Україна.

**Тріщ Галина Михайлівна (Trishch Halyna):** ORCID: 0009-0001-2259-2217; e-mail: trish\_g@ukr.net, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", доцент кафедри мехатроніки та електротехніки, вул. Чкалова, 17, Харків, 61000, Україна

**Катрич Олег Олександрович (Katrych Oleh):** ORCID: 0000-0002-5749-6006; e-mail: o.katrich@kernel.ua, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", докторант кафедри мехатроніки та електротехніки, вул. Чкалова, 17, Харків, 61000, Україна.

**Хімичева Ганна Іванівна (Khimicheva Hanna):** ORCID: 0000-0003-2163-6975; e-mail: anna.khimicheva.ai@gmail.com, Київський національний університет технологій та дизайну, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій та вимірвальної техніки, вулиця Немировича-Данченка, 2, Київ, 01011, Україна.

**Малахов Іван Миколайович (Malakhov Ivan):** ORCID: 0009-0005-5540-4840; e-mail: i.m.malakhov@khai.edu, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", аспірант кафедри мехатроніки та електротехніки, вул. Чкалова, 17, Харків, 61000, Україна

**Тимофєєв Олексій Павлович (Tymofieiev Oleksii):** ORCID: 0009-0000-1564-0981; e-mail: o.p.tymofieiev@khai.edu, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", аспірант кафедри мехатроніки та електротехніки, вул. Чкалова, 17, Харків, 61000, Україна

Для оцінювання якості та прогнозування ризиків процесів системи управління якістю (СУЯ) підприємств на основі стандартів ISO серії 9000 рекомендується використовувати кваліметричні методи, засновані на критеріях непараметричних статистик. У статті розглядаються дві практичні задачі. Одна з них стосується визначення випадковості часового ряду оцінок якості процесів СУЯ підприємства. Для цього пропонується використовувати критерій серій для визначення періоду, протягом якого можуть впливати випадкові або закономірні фактори на розподіл показника якості процесу. Цей підхід дозволяє прогнозувати поведінку часового ряду оцінок якості та розробляти коригуючі заходи.

Друга задача полягає у визначенні довірчих інтервалів для розсіювання узагальненого показника якості процесу СУЯ з часом, використовуючи критерій Вілкоксона. Розроблено алгоритм для виявлення систематичної складової функціонування процесу СУЯ з часом та встановлення його довірчих інтервалів. Моніторинг і аналіз руху медіанного значення показника якості дозволяють прогнозувати та приймати рішення щодо поліпшення якості процесу. Знання довірчих інтервалів допомагає визначити стабільність або її відсутність у варіаціях узагальненого показника якості процесу СУЯ протягом його функціонування.

**Ключові слова:** оцінювання; прогнозування; ризики; кваліметричні методи; система управління якістю; порядкові статистики; узагальнений показник якості.

*Rudyk Yu., Trishch H., Katrych O., Khimicheva H., Malakhov I., Tymofieiev O.* “Quality assessment and risk forecast in enterprise management system processes using qualimetric methods”

To assess the quality and predict the risks in the processes of the Quality Management System (QMS) of enterprises based on ISO 9000 series standards, it is recommended to use qualimetric methods based on the criteria of nonparametric statistics. The article considers two practical tasks. One of them concerns determining the randomness of the time series of assessments of the QMS process quality. It is proposed to use the series criterion to determine the period when random or natural factors influence the distribution of the process quality indicators. This approach allows to predict the behaviour of quality assessment time series and development of corrective measures. The second task focuses on establishing confidence intervals for the variance of the generalized quality indicator of the QMS process over time, using the Wilcoxon criterion. An algorithm has been developed to identify the systematic component of QMS process performance over time and to define its confidence intervals. Monitoring and analyzing the movement of the median value of the quality indicator facilitate forecasting and decision-making to enhance process quality. Understanding confidence intervals assists in determining the stability of variations in the generalized quality indicator of the QMS process during its operation.

**Keywords:** assessment; forecasting; risks; qualimetric methods; quality management system; ordinal statistics; generalised quality indicator.

#### **Постановка задачі та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями**

Якість продукції та послуг національного виробника будь-якої держави є пріоритетом у міжнародній конкурентній боротьбі, оскільки вона суттєво впливає на формування зовнішньої політики та національної безпеки; вона визначає рівень життя і стабільність національної валюти. Створення системи управління якістю (СУЯ) на основі стандартів ISO серії 9000 значною мірою сприяє конкурентоспроможності підприємства, а отже, і підвищенню ефективності діяльності. Країни Європейського Союзу (ЄС), а також ті, що прийняли рішення приєднатися до ЄС, особливо зацікавлені у наданні високоякісних продуктів і послуг. Аналіз підприємств, які розробляють і впроваджують СУЯ у свою діяльність, показав, що існує низка проблем для досягнення належного функціонування СУЯ.

Згідно ДСТУ ISO 9001:2015 елементи СУЯ є «процесний підхід», згідно з яким, усі види діяльності на підприємстві розглядаються як процеси. Під процесом розуміється логічно упорядкована діяльність, яка з допомогою ресурсів перетворює входи на виходи [1]. В якості вхідних і вихідних даних для функціонування процесу можуть виступати як обладнання, матеріали, комплектуючі компоненти, так і інформація, енергія, фінансові, людські та інші ресурси.

Одним з основних інструментів управління діяльністю підприємств є отримання інформації про функціонування процесів СУЯ, прогнозування результатів на кілька кроків вперед та подальше введення корегуючих дій. Для досягнення належного функціонування кожного такого процесу у складі СУЯ необхідно встановити показники якості процесів, визначати їх, та аналізувати з допустимими для прийняття рішень щодо розробки подальших управлінських дій. Однак, методи вимірювання чи моніторингу процесів, а також аналізування отриманих результатів у стандартах ISO серії 9000 не регламентовано, і кожне підприємство самостійно зустрічається з проблемою визначення механізму оцінювання процесів СУЯ.

Таким чином, зміни, що відбулися на сучасному етапі розвитку управління якістю, потребують від підприємств зосередження уваги не на якості продукції, а на якості функціонування процесів, і, як результат такого управління, підприємство отримує продукцію, відповідну вимогам споживача. Оскільки, згідно з даною концепцією, об'єктом

управління виступають процеси, то для прийняття керівництвом підприємства управлінських дій необхідно отримувати інформацію про якість їх функціонування. Здійснений аналіз положень стандартів ISO серії 9000 підтвердив наявність вимог до необхідності оцінювання процесів СУЯ та прогнозування показників з метою введення корегувальних дій. Потребують подальшого розгляду методи оцінювання та їх спроможність відповідати встановленим вимогам.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Незважаючи на те, що різноманітні процеси мають різні показники якості, методи їх оцінювання близькі, оскільки усі процеси та усі їх показники потребують кількісного оцінювання. Визначення виду залежності між розмірним показником якості та його оцінкою на безрозмірній шкалі – це одне з важливих питань у кваліметрії. Існує значна кількість методик, у яких для визначення оцінки окремих простих показників та комплексної оцінки якості застосовуються різні формули (моделі, рівняння, залежності) [2-7].

Аналіз сучасних методів кількісного оцінювання якості функціонування процесів [8-13] показав, що вони спрямовані на визначення показників в конкретний час. Однак також важливо досліджувати динамічні характеристики якості процесів для прийняття управлінських рішень.

З розвитком теорії ймовірностей та математичної статистики статистичні методи застосовуються для виконання різноманітних практичних завдань, що можна подати у вигляді основних груп: статистичний аналіз точності та стабільності процесів; статистичне регулювання процесів; статистичний приймальний контроль; статистичні методи оцінювання якості; статистичне прогнозування якості процесів і продукції.

Кваліметричні методи представляють собою математичний інструментарій, що тісно пов'язаний з теоріями ймовірностей та математичної статистики. З їхнім розвитком вони стали широко використовуваними для вирішення різноманітних прикладних задач у будь-якій галузі економіки та сфері діяльності. Кваліметричні методи поділяються на дві групи: параметричні і непараметричні статистики. Вибір між цими групами залежить від наявності статистичної інформації: непараметричні методи використовують лише вибіркові дані з генеральної сукупності, не вимагаючи знання закону розподілу, що робить їх ефективними для задач оцінювання якості у виробничих і соціальних системах. З іншого боку, параметричні методи передбачають знання закону розподілу випадкових величин і можуть бути ефективними при обмеженій кількості статистичної інформації.

**Метою роботи є** розроблення методів, алгоритмів та методик кількісної оцінки якості процесів СУЯ підприємств з урахуванням вимог міжнародних стандартів ISO серії 9000.

### **Виклад основного матеріалу**

#### *Встановлення періоду дії випадкових факторів на процес системи управління якістю*

На процес, і як наслідок на розсіювання значень узагальненого показника якості процесу, впливають фактори – випадкові та систематичні. Оскільки управляти можна тільки систематичними, то доцільно визначити період, протягом якого на процес діють випадкові фактори, і протягом якого – систематичні. Для визначення періоду дії на процес СУЯ випадкових факторів пропонуємо застосовувати один із методів непараметричних статистик – критерій серій [14]. Оскільки, він характеризується легкістю у практичному застосуванні та не потребує спеціального програмного забезпечення для опрацювання експериментальних даних. Окрім цього, на відміну від інших критеріїв, критерій серій стійкий по відношенню до різних змін в оцінках якості процесу, адже кількість серій не залежить від величини розсіювання узагальненого показника якості процесу СУЯ відносно його середнього значення.

Відомо, що основні умови, за яких послідовність спостережень  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  певної величини  $X$  можна вважати випадковою, полягають в тому, що: по-перше, спостереження  $x_i$  були незалежними, і по-друге, щоб вони були однаково розподілені. Тільки за таких умов можна розглядати спостереження  $x_i$  як повторення однієї і тієї ж величини  $X$  з певним законом розподілу  $F(x)$ . Закон розподілу сукупності спостережень  $x_i$  в умовах випадковості має вид:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = F(x_1) \cdot F(x_2) \cdot \dots \cdot F(x_n), \quad (1)$$

де  $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – інтегральний  $n$ -мірний закон розподілу сукупності  $n$  величин.

Тут  $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$  не змінюється при перестановці будь-яких аргументів  $x_i$  та  $x_j$  між собою. Звідси випливає, що в тому разі, коли послідовність випадкова, порядок, у якому розташовуються спостереження різної величини, не відіграє суттєвої ролі: усі  $n!$  перестановок, які дають ту саму групу спостережуваних значень, будуть рівно можливими.

Розглянемо послідовність визначення періоду дії незалежних випадкових факторів, іншими словами на якому проміжку часу розсіювання узагальненого показника якості процесу є випадковим.

Для цього на першому етапі потрібно із значень узагальненого показника якості процесу, оцінених протягом певного періоду часу, побудувати точкову діаграму з їх середнім значенням (рис. 1)



**Рис. 1** – Діаграма розсіювання узагальненого показника якості процесу системи управління якістю

На другому етапі необхідно значення узагальненого показника якості, які знаходяться вище середнього значення  $S$  позначити знаком «+», а значення, які знаходяться нижче середнього значення – знаком «-». У результаті вийде послідовність типу:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = F(x_1) \cdot F(x_2) \cdot \dots \cdot F(x_n), \quad (1)$$

яка має  $N_1$  елементів з знаком «+», та  $N_2$  елементів з знаком «-». Всього в послідовності  $N = N_1 + N_2$  елементів. Послідовність може бути записана  $C_N^{N_1}$ . Якщо кожна послідовність, в якій поява усіх можливих  $C_N^{N_1}$  варіантів однаково ймовірна, то говорять, що елементи «+» та «-» послідовності розташовані випадково [15].

Серією називається послідовність значень з однаковим знаком «+» чи «-». Нехай  $r$  – загальна кількість серій в даній послідовності. Доцільно дослідити чи для даної кількості серій виконується гіпотеза щодо випадковості розташування елементів з знаком «+» та «-». Оскільки елементи «+» та «-» рівноправні, то можна вважати, що  $N_1 \leq N_2$ .

Для підтвердження такої гіпотези слід перевірити, чи виконується умова:

$$g(\alpha; N_1; N_2) < r < G(\alpha; N_1; N_2) \quad (2)$$

де  $g(\alpha; N_1; N_2)$  – нижнє критичне значення для кількості серій  $r$ ;  $G(\alpha; N_1; N_2)$  – верхнє критичне значення для кількості серій  $r$ ;  $\alpha$  – рівень значимості.

Критичні значення  $g(\alpha; N_1; N_2)$  та  $G(\alpha; N_1; N_2)$  для заданого рівня значимості  $\alpha$  знаходяться по таблиці 1 [15].

Таблиця 1. Критичні значення  $g(\alpha; N_1; N_2)$  та  $G(\alpha; N_1; N_2)$

n=N/2	$\alpha$					
	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01
5	2	2	3	8	9	9
6	2	3	3	10	10	11
7	3	3	4	11	12	12
8	4	4	5	12	13	13
9	4	6	6	13	14	15
10	5	6	6	15	15	16
11	6	7	7	16	16	17
12	7	7	8	17	18	18
13	7	8	9	18	19	20
14	8	9	10	19	20	21
15	9	10	11	20	21	22
16	10	11	II	22	22	23
18	II	12	13	24	25	26
20	13	14	15	26	27	28
25	17	18	19	32	33	34
30	21	22	24	37	39	40
35	25	27	28	43	44	46
40	30	31	33	48	50	51
45	34	36	37	54	55	67
50	38	40	42	59	61	63
55	43	45	46	65	66	68
60	47	49	51	70	72	74
65	52	54	56	75	77	79
70	56	58	60	81	83	85
75	61	63	65	86	88	90
80	65	68	70	91	93	96
85	70	72	74	97	99	101
90	74	77	79	102	104	107
95	79	82	84	107	109	112
100	84	86	88	113	115	117

Для визначення  $g$  та  $G$  з таблиці потрібно знайти строку, яка відповідає заданим  $N_1$  та  $N_2$ . На перетині цієї строки з стовпцем, який відповідає заданому рівню значимості  $\alpha$ , вказано два числа, які і будуть нижньою та верхньою границею для даної кількості серій.

Якщо знайдене в результаті поділу спостережень на серії значення  $r$  відповідає умові (2), то можна вважати, що гіпотеза щодо розподілу значень узагальненого показника якості

процесу СУЯ відносно їх середнього значення випадково є вірною. Якщо така умова не виконується, то гіпотезу слід заперечити. При чому ймовірність помилково заперечити дану гіпотезу, коли вона правильна, не перебільшує  $2\alpha$ .

Таким чином, перевіряється умова випадковості розподілу узагальненого показника якості відносно його середнього значення через певні проміжки часу протягом всього часового ряду. З допомогою такого методу можна визначити період, протягом якого на розсіювання узагальненого показника якості процесу діють випадкові чи закономірні фактори. Тому надалі необхідно оцінити величину і характер тієї складової процесу, коли на нього діють фактори з певною закономірністю.

*Визначення систематичної складової функціонування процесів систем управління якістю з часом та її довірчих границь*

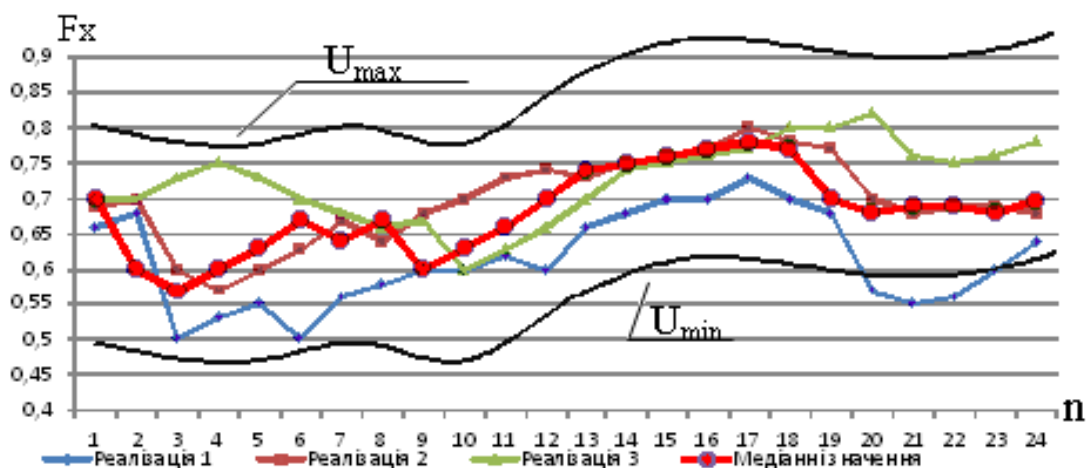
Для визначення величини систематичної складової процесу необхідно використовувати інформацію про розсіювання узагальненого показника якості процесу СУЯ. Причому необхідно мати хоча б 2-3 такі реалізації одного і того ж самого процесу за певні проміжки часу.

Скористаємося методом, який ґрунтується на застосуванні порядкових статистик, з побудовою медіанного ряду, оскільки це дозволить збільшити обсяг інформації і він є стійким до крайніх значень, що відповідає особливостям оцінювання процесів СУЯ.

Для реалізації даного методу, позначимо значення однієї реалізації процесу  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , другої -  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ , і т.д., і останньої -  $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ . Необхідно знайти різницю між кожним наступним значенням окремої реалізації і всіма попередніми значеннями інших реалізацій, тобто:

$$\begin{aligned} & x_{i+1} - x_i; x_{i+1} - y_i; \dots; x_{i+1} - m_i \\ & y_{i+1} - x_i; y_{i+1} - y_i; \dots; y_{i+1} - m_i \\ & m_{i+1} - x_i; m_{i+1} - y_i; \dots; m_{i+1} - m_i \end{aligned} \quad (3)$$

Із усіх різниць слід побудувати варіаційний ряд, тобто, виставити значення різниць в порядку зростання. Медіанне значення цього ряду і буде величиною систематичної складової певного процесу СУЯ (рис. 2).



**Рис. 1** - Величина систематичної складової узагальненого показника якості процесу СУЯ

З метою визначення довірчих границь розсіювання узагальненого показника якості процесу СУЯ з часом скористаємось критерієм Вілкоксона [15]. Для цього необхідно знайти

табличне максимальне та мінімальне значення статистики Вілкоксона з таблиць [15]. В таблиці дано нижнє і верхнє критичні значення  $W(\alpha; m, n)$  для  $m = 1(1) 25$ ,  $n = m(1) 25$  и  $\alpha = 0.001$  ( $n$  – кількість значень реалізації процесу, довжина якої більша;  $m$  – кількість значень реалізації процесу, довжина якої менша,  $\alpha$  – рівень значимості).

Граничні значення вибираються залежно від кількості значень у реалізації  $N$ , максимальна кількість яких не повинна перевищувати 25. В іншому випадку, граничні значення статистики Вілкоксона визначаються за формулами [15]:

$$W_{\min} = \left[ \frac{m(m+n+1)-1}{2} - \psi \sqrt{\frac{mn(m+n+1)}{12}} \right], \quad (4)$$

$$W_{\max} = 2MW - W_{\min} \quad (5)$$

де

$$MW = \frac{m(m+n+1)}{2}, \quad (6)$$

Найменше можливе для статистики Вілкоксона значення відповідає взаємному розташуванню вибірових значень виду  $УУУ\dotsУХХ\dotsХ$ . Звідси:

$$W = 1 + 2 + \dots + n = \frac{1+n}{2}n = \frac{1}{2}n(n+1), \quad (7)$$

де  $q$  – кількість значень в експерименті у якого довжина більше.

Таким чином, знаходимо значення верхньої і нижньої межі:

$$U_{\min} = W_{\min} - \frac{1+n}{2}n, \quad (8)$$

$$U_{\max} = W_{\max} - \frac{1+n}{2}n \quad (9)$$

Згодом по варіаційному ряді різниць визначаємо значення даного ряду, яке стоїть на  $U_{\min}$  і  $U_{\max}$  місці, які і будуть довірчими границями величини розсіювання узагальненого показника якості процесу з часом. На рисунку 3 показано у вигляді алгоритму послідовність знаходження систематичної складової функціонування процесу СУЯ з часом і її довірчих границь.

Така послідовність дозволяє визначити систематичну складову функціонування процесу СУЯ з часом та її довірчі границі. Спостереження та аналіз за рухом виведеного медіанного значення дозволить приймати рішення щодо впровадження запобіжних дій з метою покращення якості процесу СУЯ. Знання довірчих границь дозволить виявити стабільність чи її відсутність у розсіюванні узагальненого показника якості процесу СУЯ з часом її функціонування.

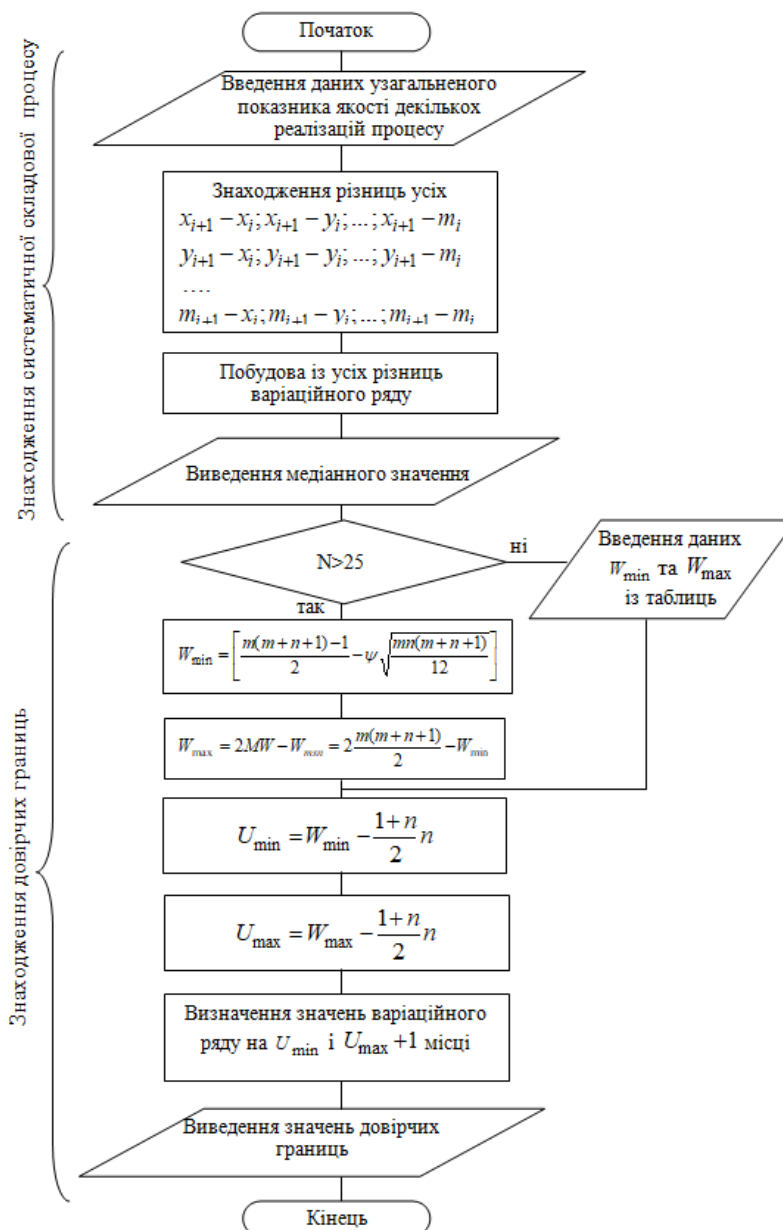
## Висновки

Для оцінювання якості та прогнозування ризиків процесів системи управління якістю (СУЯ) підприємств пропонується застосовувати кваліметричні методи. У якості математичного апарату пропонується застосовувати критерії не параметричних статистик.

У статті вирішуються дві практичні задачі, а саме. Перша задача пов'язана з визначенням випадковості часового ряду оцінок показників якості процесів СУЯ підприємства. Для визначення періоду дії на процес СУЯ випадкових факторів пропонується застосовувати один із критеріїв непараметричних статистик – критерій серій. Таким чином, перевіряється, чи є випадковий розподіл показника якості процесу відносно його середнього значення протягом певного інтервалу часу. Застосування цього критерію дозволяє визначити

період, протягом якого вплив на розподіл показника якості процесу може мати випадкові або закономірні фактори. Результат дозволяє прогнозувати поведінку часового ряду оцінок показників якості процесу та вводити коригуючі дії.

Друга задача, яка вирішується у статті, це визначення довірчих границь розсіювання узагальненого показника якості процесу СУЯ з часом. Для цього застосували критерій непараметричних статистик - критерій Вілкоксона. Розроблено алгоритм знаходження систематичної складової функціонування процесу СУЯ з часом і її довірчих границь. Моніторинг і аналіз руху медіанного значення показника якості СУЯ дозволяє прогнозувати показники якості процесу та приймати рішення щодо впровадження заходів з метою поліпшення їх якості. Знання довірчих інтервалів допомагає виявити стабільність чи її відсутність у варіаціях узагальненого показника якості процесу СУЯ протягом його функціонування.



**Рис. 3.** Алгоритм знаходження систематичної складової функціонування процесу СУЯ з часом і її довірчих границь



**Список літератури:**

1. ДСТУ ISO 45001:2019 (ISO 45001:2018, IDT) Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування. – На заміну ДСТУ OHSAS 18001:2010 ; чинний від 2021-01-01. – Вид. офіц. – Київ : [б. в.], 2019.
2. Застосування функціональної залежності для багатокритеріального оцінювання безпеки праці, як об'єкта кваліметрії / О. М. Черняк, Н. А. Сороколат, І. О. Багаєв, Л. Ю. Фатєєва // *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. – 2022. – № 1 (19). – С. 76–84. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.19.076>.
3. Evaluation of the condition of social processes based on qualimetric methods: The COVID-19 case / R. Ginevičius, R. Trišč, R. Remeikienė, A. Zielińska, G. Strikaitė-Latušinskaja // *Journal of International Studies*. – 2022. – Vol. 15, no. 1. – P. 230–249. DOI: <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2022/151/15>.
4. Черняк О. М. Застосування методу інтегрування для оцінювання якості об'єктів кваліметрії / О. М. Черняк, Н. А. Сороколат, І. В. Каницька // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2020. – № 4 (6). – С. 93–98. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2020.04.14>.
5. Mathematic Model of the General Approach to Tolerance Control in Quality Assessment / O. Kupriyanov, R. Trishch, D. Dichev, T. Bondarenko // *InterPartner 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. – 2022. – P. 415-423. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_41).
6. Застосування методів кваліметрії для оцінки комплексних показників якості багатопараметричних об'єктів / Буданов П. Ф., Грінченко Г. С., Нечуйвітер О. П., Бойко Т. Г., Цихановська І. В. // *Машинобудування : зб наук пр. / Укр. інж.-пед. акад.* – Харків, 2022. – Вип. 30. – С. 73–84. DOI: <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2022-30-73-84>.
7. Черняк О. М. Графоаналітичний метод визначення комплексного показника якості об'єктів кваліметрії / О. М. Черняк, Н. А. Сороколат., І. В. Каницька // *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. – 2020. – № 4 (14). – С. 169–175. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2020.14.169>.
8. Qualimetric method of assessing risks of low quality products / R. Trishch, O. Nechuviter, K. Dyadyura, O. Vasilevskiy, I. Tsykhanovska, M. Yakovlev // *MM Science Journal*. – 2021. – № 4. – P. 4769–4774. DOI: [https://doi.org/10.17973/MMSJ.2021\\_10\\_2021030](https://doi.org/10.17973/MMSJ.2021_10_2021030).
9. Тріщ Г. М. Аналіз стану системи управління якістю в динаміці / Г. М. Тріщ, М. В. Денисенко // *Технологический аудит и резервы производства*. – 2014. – № 1/15. – С. 14–16. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2014.21717>.
10. Analysis of the requirements of international and national standards for measurement methods and metrological equipment / R. Trishch [et. al.] // *Innovative technologies and scientific solutions for industries*. – 2020. – No 1 (11). – P. 156–162. DOI: [10.30837/2522-9818.2020.12.07](https://doi.org/10.30837/2522-9818.2020.12.07)
11. A study of uncertainty of expert measurement results in the quality management system / Bubela T. [et. al.] // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016. – No 3(3-81). – P. 4–11. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.71607>.
12. Assessment of the Economic Efficiency of Energy Development in the Industrial Sector of the European Union Area Countries / R. Ginevičius, R. Trishch, Y. Bilan, M. Lis, J. Pencik // *Energies*. – 2022. – Vol. 15, – no. 9. – P. 3322. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15093322>.
13. Черняк О. М. Методика оцінювання шкідливих чинників, які впливають на здоров'я робітників машинобудівного підприємства / О. М. Черняк, Р. М. Тріщ, А. М. Денисенко // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2019. – № 5 (1330). – С. 70-76. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2019.05.09>.
14. Julius B. Data : Analysis and Measurement Procedures / Julius B., Piersol A. - Hoboken, New Jersey : John: Wiley and Sons, Incorporated, 1971. - 594 p.
15. Методи математичної фізики / С. С. Піх [та ін.]. – Львів : ЛНУ ім. Франка, 2011. – 404 с.

**References:**

1. DP «UkrNDNTs» (2019), *DSTU ISO 45001:2019 (ISO 45001:2018, IDT) Systemy upravlinnya okhoronoyu zdorovya ta bezpekoju pratsi. Vymohy ta nastanovy shchodo zastosuvannya*, [DSTU ISO 45001:2019 (ISO 45001:2018, IDT) Occupational health and safety management systems. Requirements and instructions for use], Kyiv.
2. Cherniak, O, Sorocolat, N, Bahaiev, I & Fatieieva, L 2022, "Zastosuvannya funktsionalnoi zalezhnosti dlia bahatokretirialnoho otsiniuvannya bezpeky pratsi, yak obiekta kvalimetricii" [Application of functional dependence for multi-criterial assessment of labor safety asan object of qualimetry], *Suchasnyi stan naukovykh doslidzhen ta tekhnolohii v promyslovosti*, no 1, Pp. 76–84. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.19.076>.
3. Ginevičius, R, Trišč R, Remeikienė, R, Zielińska, A & Strikaitė-Latušinskaja, G 2022, "Evaluation of the condition of social processes based on qualimetric methods: The COVID-19 case", *Journal of International Studies*, vol. 15, no. 1, pp. 230–249, doi: [10.14254/2071-8330.2022/151/15](https://doi.org/10.14254/2071-8330.2022/151/15).

4. Cherniak O, Sorocolat N & Kanytska I 2020, 'Zastosuvannya metodu intehruvannia dlia otsiniuvannia yakosti ob'ektiv kvalimetrii' [*Application of the integration method for assessing the quality of qualimetry objects*], *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*. Seriya: Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiiakh, no. 4 (6), pp. 93-98, doi: 10.20998/2413-4295.2020.04.14.
5. Kupriyanov, O, Trishch, R, Dichev, D & Bondarenko, T 2022, 'Mathematic Model of the General Approach to Tolerance Control in Quality Assessment', *InterPartner 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, pp. 415-423, doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_41)
6. Budanov, P, Grinchenko, H, Nechuyviter, O & Tsykhanovska, I 2022, 'Zastosuvannya metodiv kvalimetrii dlia otsinky kompleksnykh pokaznykiv yakosti bahatoparametrychnykh ob'ektiv' [*Application of qualimetry methods to evaluate complex quality indicators of multi-parameter objects*], *Mashynobuduvannia*, Iss 30, pp. 73-84, doi: <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2022-30-73-84>.
7. Cherniak, O, Sorocolat, N & Kanytska, I 2020, 'Hrafoanalitichnyi metod vyznachennia kompleksnoho pokaznyka yakosti ob'ektiv kvalimetrii' [*Graph analytical method for determining the complex quality indicator of qualimetry objects*], *Suchasnyi stan naukovykh doslidzhen ta tekhnolohii v promyslovosti*, no. 4 (14), pp. 169-175, doi: 10.30837/ITSSI.2020.14.169.
8. Trishch, R, Nechuyviter, O, Dyadyura, K, Vasilevskiy, O, Tsykhanovska, I & Yakovlev, M 2021, "Qualimetric method of assessing risks of low quality products", *MM Science Journal*, no. 4, pp. 4769-4774, doi: 10.17973/MMSJ.2021\_10\_2021030.
9. Trishch, GM & Denisenko, MV 2014, 'Analiz stanu systemy upravlinnia yakistiu v dynamitsi' [*Analysis of the state of the quality management system in dynamics*], *Tekhnolohycheskyi audyt y rezervy proyzvodstva*, vol. 15 no. 1, pp. 14-16. doi: 10.15587/2312-8372.2014.21717.
10. 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), pp. 156-162. doi: 10.30837/2522-9818.2020.12.075
11. Bubela, T, Mykyuchuk, M, Hunkalo, A, Boyko, O & Basalkevych, O 2016, 'Exploration of uncertainty in results of expert measurements in the system of quality management', *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. no. 3, pp. 4-11. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.71607>
12. Ginevičius, R, Trishch, R, Bilan, Y, Lis, M & Pencik, J 2022, "Assessment of the Economic Efficiency of Energy Development in the Industrial Sector of the European Union Area Countries", *Energies*, Vol. 15, no. 9, pp. 3322. doi: <https://doi.org/10.3390/en15093322>.
13. Cherniak, O, Trishch, R & Denysenko, A 2019, 'Metodyka otsiniuvannia shkidlyvykh chynnykiv, yaki vplyvaiut na zdorovia robotnykiv mashynobudivnoho pidpriemstva' [*Methods of assessing the harmful factors affecting the health of workers of a machine-building enterprise*], *Visnyk NTU «KhPI»*, Seriya: Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiiakh, no 5 (1330), pp. 70-76, doi:10.20998/2413-4295.2019.05.09.
14. Julius, B & Piersol, A 1971, *Random Data: Analysis and Measurement Procedures*, John Wiley and Sons, Incorporated, Hoboken, New Jersey.
15. Pikh, SS, Popel, OM, Rovenchak, AA & Talianskyi, II 2011, *Metody matematychnoyi fizyky*, [*Methods of mathematical physics*], LNU named after Franka, Lviv.

Стаття надійшла до редакції 18 червня 2024 року.