

Секція загальнотехнічних проблем

ОЦІНКА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ ВОДИ ТА СПОСОБИ ЇЇ ВРАХУВАННЯ ПРИ ПОБУДОВІ МЕТРИЧНИХ ШКАЛ

Довгалоук Р. Ю., Маркін М. О., Защепкіна Н. М.

НТУ України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

E-mail: ruslanadovhaliuk@gmail.com, nanic1604@gmail.com

Сьогодні найбільш актуальною світовою проблемою є боротьба з COVID-19. Ця хвороба вже забрала більш 5 млн життів. Боротьба з епідемією триває. Людству вдалося впоратись з епідеміями таких хвороб, як віспа, чума, холера тощо, але на сьогодні потрібно шукати шляхи продовження життя, захищати людину, її здоров'я кожного дня, і саме це є запорукою її імунітету. Імунітету людини загрожує невидимий ворог, це – негативний вплив на її здоров'я навколишнього середовища, і перш за все, неякісної води, без якої неможливе життя на планеті. Показниками якості води є сукупність біологічних і фізико-хімічних характеристик води (концентрації шкідливих речовин, водневого показника рН, солоності, твердості). Показники якості води можуть бути представлені числовими значеннями і посиланнями. Це посилання за VIM-2008 [1] може бути одиницею вимірювання, вимірювальною процедурою, еталонним матеріалом або їх комбінацією. Відповідно до цього шкали показників якості води пов'язані з процедурою, яка використовується під час їх вимірювання [2]. Визначення вмісту біохімічного споживання кисню проводиться за «МВВ 081/12-0014-01 Поверхневі води. Методика виконання вимірювань біохімічного споживання кисню (БСК₅)» [3]. Цей документ встановлює методику виконання вимірювань біохімічного споживання кисню за 5 діб інкубації (БСК₅) поверхневих вод суші титрометричним методом. Велика кількість досліджуваних об'єктів, систем, процесів характеризуються як складні, і можуть бути охарактеризовані значеннями багатьох властивостей. Властивості складного об'єкту можуть відображатися за допомогою метричних шкал (відношень, інтервалів) та неметричних шкал (порядкових, найменувань). Найчастіше використовується шкала метричної класифікації з впорядкованими класами еквівалентності, що є шкалою квазіпорядку. Шкала квазіпорядку може

подаватися з застосуванням чіткої і нечіткої лінгвістичної змінної. Формування шкали квазіпорядку є першим етапом встановлення процедури вимірювання. Вимірювання вмісту NH_4^+ проводиться за методикою «МВВ № 081/12-0106-03. Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика виконання вимірювань масової концентрації амоній-іонів фотоколориметричним методом з реактивом Неслера. Зі зміною № 1» [4]. Цей документ встановлює методику виконання вимірювань масової концентрації амоній-іонів у поверхневих, підземних та зворотних водах фотоколориметричним методом. Норми похибки вимірювань масової концентрації амоній-іону у природних та зворотних водах регламентовано ГОСТ 27384–2002 [5].

Урахування невизначеності отриманих числових даних може бути виконано при формуванні функцій приналежності терм-множини нечіткої ЛЗ шкали квазіпорядку. Існує два способи врахування невизначеності вимірювання при побудові лінгвістичних шкал. Перший спосіб полягає в тому, що складові невизначеності, які стосуються шкали і об'єкту вимірювання, використовуються для побудови шкали, а інструментальна складова невизначеності використовується при оформленні результату вимірювання як нечіткого числа (Fuzzy number [6,7]). Тоді значення функції приналежності результату вимірювання x_p дорівнює 1, тобто $\mu(x_p) = 1$, а інструментальна невизначеність використовується для оформлення розмитості нечіткого числа. За алгоритмом роботи нечіткого класифікатора знаходять композицію функцій приналежності терм-множини лінгвістичної змінної і нечіткого числа, а за центром ваги результату композиції знаходять клас еквівалентності шкали, якому відповідає x_p . Другий спосіб полягає в знаходженні сумарної невизначеності за всіма чинниками і її врахування при побудові лінгвістичної шкали. Тоді результат вимірювання оформлюють як singleton [6], тобто:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x = x_p; \\ 0 & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Клас еквівалентності визначають за максимумом перерізу функцій приналежності терм-множини лінгвістичної шкали з результатом вимірювання або за максимумом і мінімумом перерізу.

Був обраний другий спосіб урахування невизначеності вимірювання. Розрахунок кількості класів еквівалентності запропоновано проводити виходячи з невизначеності вимірювання. Для цього викорис-

товується інформаційний підхід [1], заснований на ентропійному інтервалі невизначеності. За цим підходом кількість розрізняваних градацій шкали визначається за границями діапазону вимірювання x_1, x_2 , (нижньою і верхньою відповідно) та ентропійним інтервалом невизначеності d , як $N = \frac{x_1 - x_2}{d}$.

Ентропійний інтервал невизначеності знайшли з урахуванням розподілу похибки. За результатами розрахунків ми отримали 4 терми. Тобто 4 терми множини відповідають класам якості води і умові розрізнення термів. IV і V клас якості вод об'єднаємо в один клас, так як через велику похибку вимірювання розрізнення даних термів є неможливим. Варто зазначити, що згідно з документом «Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями», який є діючим в Україні з 1998 р., групування якості води за вмістом сполук можливе з більшою кількістю градацій (табл. 1). Проте, за теперішнього рівня точності вимірювання вмісту сполук у поверхневих водах ці градації є нерозрізненими.

Таблиця 1

Залежність класу якості води від показників

Показник, мг/дм ³	Клас якості вод			
	I дуже чисті	II чисті	III забрудні	IV брудні
БСК ₅ , мг О ² /дм ³	<1,0	1,0 – 2,1	2,2 – 7,0	7,1 – 12,0
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	<0,10	0,10 – 0,30	0,31 – 1,0	1,01 – 2,50

Отже, виходячи з невизначеності вимірювання, число градацій для конкретних прикладів, зокрема, для вмісту БСК₅ та NH₄⁺ у воді становить $N_{\text{АНЕ}_5} \approx 4$, $N_{\text{NH}_4^+} \approx 4$. Кожен із 4 термів відповідає класу якості вод: T_1 – «дуже чисті»; T_2 – «чисті»; T_3 – «забруднені»; T_4 – «брудні». У зв'язку з високою похибкою вимірювання розрізнення якості вод за категоріями неможливе.

Література

1. JCGM 200: 2008. International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM). JCGM 2008. – 88 р.

2. Семенюк Р., Яремчук Н., Гусар І. Спосіб перевірки узгодженості класифікованих даних під час оцінювання показників якості ґрунту.

Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України : зб. наук. пр., 2019 р., вип. 25 (39). С. 151–159.

3. МВВ 081/12-0014-01, Методика виконання вимірювань біохімічного споживання кисню (БСК5). – Київ: 2002.

4. МВВ №081/12-0106-03, Методика виконання вимірювань масової концентрації амоній-іонів фотоколориметричним методом з реактивом Неслера. – Київ, 2003.

5. ДСТУ ГОСТ 27384-2002. ВОДА. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств [Чинний від 2004-01-01]. М. – : Госстандарт Украины, 2004. 8 с.

6. Яремчук Н. А., Семенюк Р. С. Способи урахування невизначеності при побудові лінгвістичних шкал. Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія–2020) : зб. доп. XII міжнар. наук.–техн. конф. 6–8 жовтня 2020 р. – Харків : ННЦ Інститут метрології, 2020. – С. 77–81.

7. Яремчук Н. А. Интеллектуальные засоби вимірювальної техніки : навч. посіб. : Т. 1. Методологія інтелектуальних засобів вимірювальної техніки. Київ : Корнійчук, 2017. 208 с.

ОЦІНКА ШВИДКОСТІ ЗАЛУЧЕННЯ В ПРОЦЕС ОБЕРТАННЯ РОБОЧОЇ РІДИНИ У КАМЕРІ АВТОБАЛАНСИРА ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОЇ РОТОРНОЇ СИСТЕМИ

Драч І. В.

Хмельницький національний університет, E-mail: cogitare410@gmail.com

Для усунення дисбалансу тіла, що обертається, використовують рідинні автобалансуючі пристрої (АБП) у вигляді порожнистої камери з рідкими робочими тілами.

Оцінимо часовий інтервал, по закінченні якого почне утягуватися в рух робоча рідина для роторної системи з вертикальною віссю обертання. Цю задачу змодуємо як рух в'язкої рідини, яка міститься між двома вертикальними циліндрами, що мають спільну центральну вісь і різний діаметр (коаксильні циліндри), один з яких обертається, а інший – нерухомий. Простір між ними заповнений рідиною з динамічною в'язкістю η .

Нехай зовнішній циліндр має радіус камери автобалансира R , радіус внутрішнього циліндра ϵ радіусом уявної вільної поверхні рідини – R_0 .

Камера (зовнішній циліндр) обертається з сталою кутовою швидкістю ω уздовж напрямку осі циліндрів, яку позначимо z .