



ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ СМІТТЯ В ПІДЗЕМНИХ УРНАХ ЛАЗЕРНИМИ РІВНЕМІРАМИ

MEASUREMENT OF THE LEVEL OF WASTE IN UNDERGROUND WASTE CONTAINERS BY LASER LEVEL METERS

С.С. Бугрєєв,
Р.С. Семенюк,
Н.А. Яремчук,

магістр Національного технічного університету України (НТУУ) "КПІ ім. І. Сікорського", м. Київ
аспірант НТУУ "КПІ ім. І. Сікорського", м. Київ
кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри НТУУ "КПІ ім. І. Сікорського", м. Київ



С.С. Бугрєєв



Р.С. Семенюк



Н.А. Яремчук

Розроблено вимірвач рівня сміття в підземній урні за вербальною шкалою. Визначення стану заповнення декількох урн із метою керування рухом сміттєзбиральної техніки проводиться за контрольною картою з вербальними даними, які потім агрегуються за допомогою відповідних операторів. Це забезпечує економічний виклик складної сміттєзбиральної техніки.

Ключові слова: рівень сміття, вербальні дані, агрегування даних.

A level meter for waste in an underground waste container by verbal scale is designed. Determination of the filling state of some waste containers for the purpose of waste-collection equipment motion control is realized by check card with verbal data, which then aggregate by means of corresponding operators. It provides economic challenge of complicated waste-collection equipment.

Keywords: level of waste, verbal data, aggregation of data.

Однією із актуальних проблем великих міст є збирання і раціональне перероблення сміття. Для збирання сміття у центрі міст, в екскурсійних зонах пропонується використовувати підземні урни. Успішна експлуатація таких сміттєвих урн, що являють собою великий сміттєзбиральний контейнер, можлива при виконанні цілої низки умов: автономного живлення, можливості вимірювання рівня сміття, можливості виклику сміттєзбиральної техніки за

наявності інформації про середнє заповнення сміттями групи урн тощо.

У роботі наведено результати розробки вимірвача рівня сміття в одній підземній урні за вербальною шкалою із визначенням середнього рівня сміття для групи урн, що забезпечує економічний виклик складної сміттєзбиральної техніки.

Вимірвач рівня сміття

Структурну схему вимірвача рівня сміття наведено на рис. 1, де прийнято такі позначення: GSM — модуль GSM/GPRS мобільного зв'язку; МК — мікроконтролер; БДР1 — блок давача рівня 1 (основний давач рівня); БДР2 — блок давача рівня 2 (допоміжний давач рівня); БДТ — блок давача температури; СМ — сонячний модуль; АКК — акумулятор; СП — система пожежогасіння.

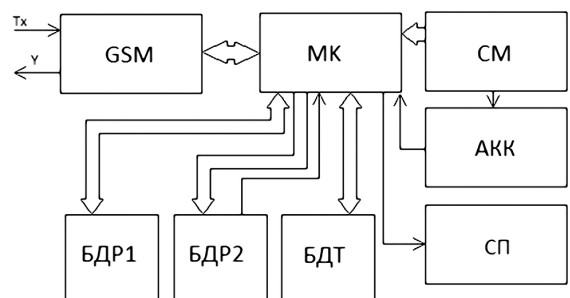


Рис. 1. Структурна схема вимірвача рівня сміття у підземній урні

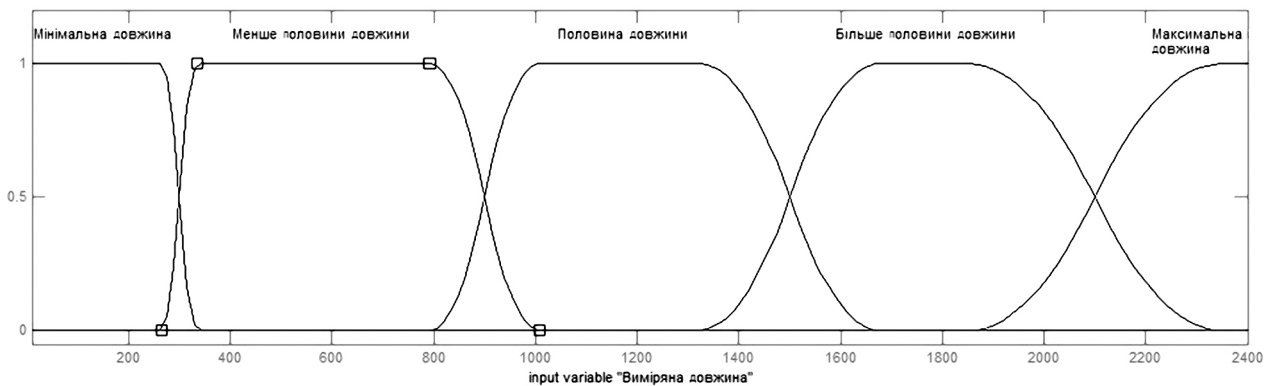


Рис. 2. Графік функцій приналежності терм-множини нечіткої лінгвістичної змінної

Основний принцип роботи схеми такий: після того як мікроконтролер прокинувся від режиму сну, він одразу подає сигнали для вмикання БДР1, БДР2, БДТ та GSM. Після вимірювання давачами рівня та температури дані надходять до мікроконтролера, який, у свою чергу, передає їх до GSM модуля, де йде пересилання даних до сервера. АКК живить усю периферію та передає дані до МК про стан заряду акумулятора. Дані живлення АКК з МК передаються до GSM, а далі – до сервера. СМ живить акумулятор та передає дані про стан сонячних панелей. При підвищенні температури в урні, що вимірюється за допомогою давача БДТ, спрацьовує СП – система пожежогасіння. БДР1 включає до себе основний давач вимірювання рівня сміття в урні, який передає дані до мікроконтролера через інтерфейс. БДР2 – допоміжний резервний давач вимірювання рівня сміття – передає дані в аналоговому вигляді до мікроконтролера, що має вбудований АЦП для перетворення аналогових даних у кодові. Як основний давач використовувався лазерний давач відстані VL53LOX, виконаний у найменшому корпусі для поверхневого монтажу. Він має інтерфейс I2C, що полегшує передавання та програмування даних.

Джерело оптичного сигналу, повністю невидиме для людського ока, у поєднанні із вбудованим інфрачервоним фільтром забезпечує більшу відстань вимірювання, меншу чутливість до рівня зовнішнього освітлення і більшу стійкість до перехресних перешкод, що можуть бути викликані скляними поверхнями. Розташування давача буде по центру, на рівні максимальної довжини урни. Для захисту давача від механічних пошкоджень БДР1 розташовується у колбі з акрилу.

Формування шкали з нечіткою лінгвістичною змінною

Вимірюванню підлягає відстань від верхньої точки урни до рівня насипу сміття. Максимальна довжина становить 2400 мм. На відстані від 0...2400 мм розташовано 5 термів. Формування функцій приналежності терм-множини відбувалося за таким розподілом відстані:

- 0...300 мм – “мінімальна довжина” – урну практично заповнено;
- 300...900 мм – “менше половини довжини” – урну заповнено більш ніж наполовину;
- 900...1500 мм – “половина довжини” – урну заповнено приблизно наполовину;
- 1500...2100 мм – “більше половини довжини” – урну заповнено менше ніж наполовину;
- 2100...2400 мм – “максимальна довжина” – урна практично порожня.

Формування функцій приналежності (рис. 2) відбувалося з урахуванням сумарної невизначеності вимірювання довжини, складовими якої були похибка далекоміра, складові від впливу на результати вимірювання щільності та різномірності сміття, кольору сміття (сірий, білий), форми насипу (наявність “горбика”) та інших впливних величин.

За паспортними даними лазерного далекоміра VL53LOX похибка вимірювання рівня становить $\pm 7\%$ на білому смітті й $\pm 12\%$ на сірому. Похибка від зміни форми насипу (плоска, горбик) не перевищує 2% .

За правилами, розміщеними у базі правил на сервері, визначається терм, до якого відноситься результат вимірювання довжини. Рішення приймається за максимальним значенням ступеня приналежності. За певним термом, до якого відноситься результат вимірювання довжини, визначається вербальна характеристика рівня сміття у певній підземній урні.

Побудова контрольної карти і знаходження центральної тенденції груп підземних урн

Для визначення стану заповнення декількох урн із метою керування рухом сміттєзбиральної техніки є необхідними контрольна карта [1] стану заповнення урн і процедура агрегування даних контрольної карти.

Один із варіантів отриманої вибірки вербальних результатів вимірювання, що використовуються для побудови контрольної карти, наведено в таблиці, де прийнято такі позначення: МІД (максимальне значення) – заповнена; МПД – більше половини; ПД (середнє значення) – наполовину заповнена; БПД – менше половини; МАД (мінімальне значення) – порожня.

Результати вимірювання для вибірки $n=15$

№ урни	Стан заповнення	№ урни	Ранжована вибірка стану заповнення
1	ПД	4	МІД
2	МПД	9	МІД
3	МПД	14	МІД
4	МІД	2	МПД
5	БПД	3	МПД
6	БПД	10	МПД
7	МАД	11	МПД
8	БПД	12	МПД
9	МІД	15	МПД
10	МПД	1	ПД
11	МПД	5	БПД
12	МПД	6	БПД
13	МАД	8	БПД
14	МІД	7	МАД
15	МПД	13	МАД

Ці результати наведено на контрольній карті (рис. 3).

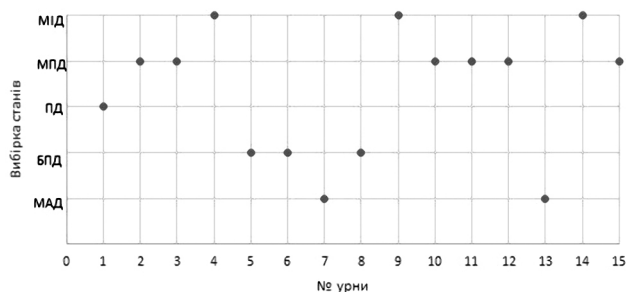


Рис. 3. Контрольна карта результатів вимірювань

$$\begin{aligned}
 X_{\text{OWA}} &= \text{Max}_{k=1}^n [\text{Min}\{Q(k), b_k\}] = \text{Max}_{k=1}^{15} [\text{Min}\{Q(1), b_1\}, \text{Min}\{Q(2), b_2\}, \text{Min}\{Q(3), b_3\}, \text{Min}\{Q(4), b_4\} = \\
 &= \text{Min}\{Q(5), b_5\}, \text{Min}\{Q(6), b_6\}, \text{Min}\{Q(7), b_7\}, \text{Min}\{Q(8), b_8\}, \text{Min}\{Q(9), b_9\}, \text{Min}\{Q(10), b_{10}\} = \\
 &= \text{Min}\{Q(11), b_{11}\}, \text{Min}\{Q(12), b_{12}\}, \text{Min}\{Q(13), b_{13}\}, \text{Min}\{Q(14), b_{14}\}, \text{Min}\{Q(15), b_{15}\}] = \text{Min}\{\text{МАД}, \text{МІД}\} = \\
 &= \text{Min}\{\text{БПД}, \text{МІД}\}, \text{Min}\{\text{БПД}, \text{МІД}\}, \text{Min}\{\text{БПД}, \text{МПД}\}, \text{Min}\{\text{БПД}, \text{МПД}\}, \text{Min}\{\text{ПД}, \text{МПД}\} = \\
 &= \text{Min}\{\text{ПД}, \text{МПД}\}, \text{Min}\{\text{ПД}, \text{МПД}\}, \text{Min}\{\text{ПД}, \text{МПД}\}, \text{Min}\{\text{МПД}, \text{ПД}\}, \text{Min}\{\text{МПД}, \text{БПД}\} = \\
 &= \text{Min}\{\text{МПД}, \text{БПД}\}, \text{Min}\{\text{МІД}, \text{БПД}\}, \text{Min}\{\text{МІД}, \text{МАД}\}, \text{Min}\{\text{МІД}, \text{МАД}\} = \text{Max}\{\text{МАД}, \text{БПД}, \text{БПД} = \\
 &= \text{БПД}, \text{БПД}, \text{ПД}, \text{ПД}, \text{ПД}, \text{ПД}, \text{ПД}, \text{ПД}, \text{БПД}, \text{БПД}, \text{БПД}, \text{МАД}, \text{МАД}\} = \text{ПД}.
 \end{aligned}$$

Отримане за наведеною вибіркою (див. таблицю) X_{OWA} – ПД (наполовину заповнено).

При непарній кількості елементів у вибірці результатів вимірювань можна скористатися медіаною вибірки [3]:

$$X_{\text{med}} = X_{\left(\frac{n+1}{2}\right)}. \quad (2)$$

Скориставшись четвертим стовпцем таблиці, визначаємо, що $X_{\text{med}} = \text{МПД}$.

Для визначення виходу вимірюваних об'єктів за границю буде використовуватися лише одна межа – нижня контрольна межа, яка буде визначатися замовником аналізу роботи того чи іншого об'єкта. Елементом, який виходитиме за контрольну нижню межу або залишатиметься в її межах для аналізу об'єкта, буде центральна тенденція, яку можна визначити за оператором OWA [2] або за медіаною.

Оператор OWA, як емулятор середньоарифметичного значення, визначається за такою формулою:

$$X_{\text{OWA}} = \text{Max}_{k=1}^n [\text{Min}\{Q(k), b_k\}], \quad (1)$$

де b_k – k -й елемент зразка; $Q(k) = S_{f(k)}$, $k=1, 2, \dots, n$ – вага оператора OWA з

$$f(k) = \text{Int}\left[1 + k \frac{t-1}{n}\right],$$

де $S_{f(k)}$ – $f(k)$ -й рівень лінгвістичної шкали; $\text{Int}(a)$ – функція цілого числа; t – число рівнів; n – об'єм вибірки.

Для поточної вибірки вага операторів OWA така:

$$\begin{aligned}
 Q(1) &= \text{МАД}; \\
 Q(2) &= Q(3) = Q(4) = Q(5) = \text{БПД}; \\
 Q(6) &= Q(7) = Q(8) = Q(9) = \text{ПД}; \\
 Q(10) &= Q(11) = Q(12) = \text{МПД}; \\
 Q(13) &= Q(14) = Q(15) = \text{МІД}.
 \end{aligned}$$

За формулою X_{OWA} розраховуємо емулятор середньоарифметичного значення вибірки термноможин з урахуванням ваги оператора OWA та ранжованих елементів зразка (вибірки) у порядку спадання:

Позначаємо X_{OWA} і X_{med} на контрольній карті (рис. 4).

Для визначення збіжності отриманих за формулами (1) і (2) оцінок центральної тенденції скористаємося довірчим інтервалом медіани:

$$\Delta_{\text{pl}} = x_u - \text{med}; \quad \Delta_{\text{rh}} = x_v - \text{med},$$

де x_u , x_v – порядкові статистики вибірки з номерами u , v ; u – ближнє ціле число, що менше від $(n+1 - z_p \sqrt{n}) / 2$; v – ближнє ціле число, що

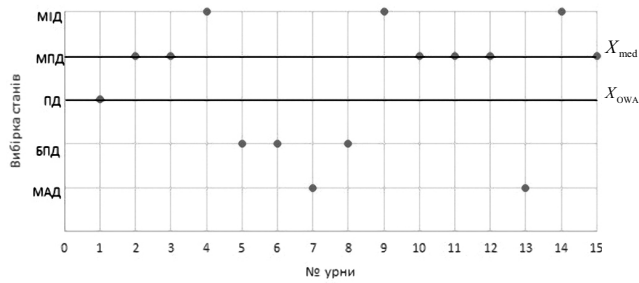


Рис. 4. Контрольна карта результатів вимірювань

більше від $(n+1+z_p\sqrt{n})/2$; z_p – квантиль нормального розподілу,

$$n = 15; P = 0,95; z_p = 1,96;$$

$$u < (15+1-1,96\sqrt{15})/2 = 4, x_u = x_4 = \text{МПД};$$

$$v > (15+1+1,96\sqrt{15})/2 = 12, x_v = x_{12} = \text{БПД}.$$

Оскільки X_{OWA} знаходиться у межах МПД і БПД, то результати X_{OWA} і X_{med} збігаються.

Рішення про виклик сміттезбиральної техніки приймаємо, якщо X_{med} або X_{OWA} дорівнює або перевищує контрольний рівень, наприклад, МПД.

Висновки

У роботі наведено результати розробки вимірювача рівня сміття в підземній урні за вербальною шкалою.

Для визначення стану заповнення декількох урн використовується контрольна карта з вербальними даними.

Для отримання кінцевого результату про стан заповнення декількох урн використано медіану X_{med} і оператор X_{OWA} .

Розроблений вимірювач дозволяє здійснити економний виклик складної сміттезбиральної техніки.

Список літератури

- ГОСТ Р 50779.42–99 (ИСО 8258–91). Статистические методы. Контрольные карты Шухарта.
- Franceschini F., Galetto M., Varetto M. Qualitative ordinal scales: The concept of ordinal range. Quality Engineering. 2004. Vol. 16(4), pp. 515–524.
- Brondino G. et al. Synthesis maps for multivariate ordinal variables in manufacturing. International Journal of Production Research. 2006. 44 (20), pp. 4241–4255.

Статтю рекомендовано до публікації доктором технічних наук, старшим науковим співробітником Г.Ю. Народницьким