

СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА ОБСЯГІВ НАКОПИЧЕНИХ ВІДХОДІВ

Тетяна Русакова

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5526-3578>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

Вступ

Великою проблемою в усьому світі залишається проблема накопичення відходів, вирішення якої безпосередньо пов'язано з процесами швидкої урбанізації, з рівнем розвитку економіки та промисловості в країні, а також із свідомим відношенням населення до процесів ресурсозбереження. Постійно збільшуються площі земельних ділянок, де накопичуються побутові та промислові відходи, що наносить шкоду навколишньому середовищу. Зростання рівня матеріального забезпечення та розширення виробничого сектора, з однієї сторони призводить до покращення економіки, а з іншої – до гіперспоживання різного роду товарів та продукції, що безпосередньо збільшує обсяги відходів. В дослідженнях [1-2] показано, що процес прогнозування утворення відходів залежить від багатьох факторів соціального, економічного та політичного характеру. Авторами робіт [4-6] проведено аналіз різних джерел утворення відходів, розглянуто переваги та недоліки методів переробки та повторного використання відходів. Для вирішення питань щодо накопичення та поводження з відходами необхідні злагоджені дії різних систем управління. Підґрунтям щодо прийняття таких управлінських рішень є статистична оцінка та аналіз обсягів утворених, утилізованих та накопичених відходів.

МЕТА ТА ЗАДАЧІ

Побудувати математичну модель для аналізу обсягів накопичених відходів на основі встановлення взаємозв'язків між утвореними та утилізованими відходами. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: дослідити динаміку зміни утворених, утилізованих та накопичених відходів впродовж 2010-2023 років; провести статистичний аналіз взаємовпливу цих факторних величин, як передумови для побудови регресійної моделі.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

На першому етапі дослідження було проаналізовано динаміку

зміни утворених та утилізованих відходів впродовж 2010-2020 років. Оскільки відповідні дані в головному управлінні статистики в Дніпропетровській області на 2022 та 2023 роки відсутні, то проведено прогнозні розрахунки трьома способами (за допомогою функції тренду, тенденції та росту) і обрано результати з найменшою похибкою. Найменша відносна похибка фактичних статистичних даних та прогнозованих 1.7% була при застосуванні функції тенденції, що повертає значення величини відповідно до лінійної апроксимації за методом найменших квадратів. Відповідна динаміка зміни утворених та утилізованих відходів впродовж 2010-2023 років з урахуванням прогнозу представлена на рисунках 1-2.

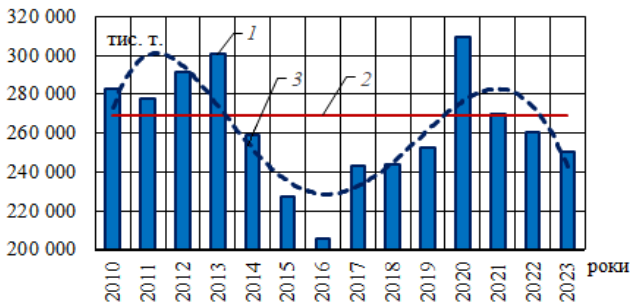


Рисунок 1 – Динаміка зміни обсягів утворених відходів за 2010-2023 роки:
 1 – статистичні дані; 2 – середнє значення; 3 – лінія тренду

З рисунка 1 можна бачити, що тенденція зміни обсягів утворених відходів має спадний характер. Найбільші обсяги утворених відходів спостерігалися у 2013 році – 300 581.8 тис. т. та у 2020 році – 309 398.4 тис. т., а найменші у 2016 році – 205 850.1 тис. т.

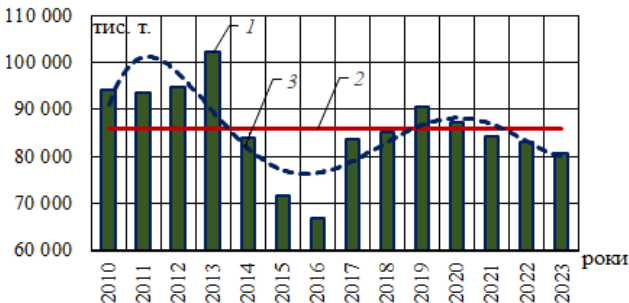


Рисунок 2 – Динаміка зміни обсягів утилізованих відходів за 2010-2023 роки:
 1 – статистичні дані; 2 – середнє значення; 3 – лінія тренду

На наступному етапі дослідження було проведено кореляційний аналіз для встановлення взаємозв'язків між факторними змінними та результуючою змінною. Коефіцієнти кореляції наведено в таблиці 1. Можна бачити, що усі коефіцієнти кореляції мають середній та високий ступінь колінеарності.

Таблиця 1 – Коефіцієнти кореляції між факторними величинами

	x_1	x_2	$y(x_i)$
x_1	1		
x_2	0.8376	1	
$y(x_i)$	-0.4522	-0.5872	1

де x_1 – обсяги утворених відходів, x_2 – обсяги утилізованих відходів, $y(x_i)$ – обсяги накопичених відходів за 2010-2023 роки.

Нормований $R^2=0.947$ і показує, що результативна змінна $y(x_i)$ залежить на 95% від факторних змінних x_1, x_2 , що говорить про адекватність моделі.

Рівняння множинної лінійної регресії набуває наступного виду:

$$y(x_i) = x_0 + a_1x_1 + a_2x_2, \tag{1}$$

де x_1 – обсяги утворених відходів, x_2 – обсяги утилізованих відходів, $y(x_i)$ – обсяги накопичених відходів за 2010-2023 роки.

Коефіцієнти регресії у рівнянні (1) відповідно дорівнюють:

$$a_0 = 2\,064\,180.3, a_1 = 13.68, a_2 = 42.24. \tag{2}$$

P -значення для знайдених коефіцієнтів регресії, що визначають ймовірності їх значущості, не перевищують значення 0.05, це підтверджує їх вагомий вплив на змінну $y(x_i)$.

Для визначення адекватності отриманої кореляційної моделі (1) проведено розрахунки $y(x_i)$ та відносної похибки отриманих числових значень відносно вихідних статистичних даних. Середнє значення похибки склало $\Delta_{\text{сер.}}=5.9\%$, тому регресійна математична модель (1) з точністю на 94% описує динаміку зміни обсягів накопичених відходів в Дніпропетровській області за 2010-2023 роки, що говорить про її адекватність.

РЕЗУЛЬТАТИ

При проведенні вищенаведених досліджень було отримано наступні результати:

1. Проаналізовано динаміку зміни обсягів утворених, утилізованих та накопичених відходів впродовж 2010-2023 років. На основі описової статистики встановлено закономірності їх зміни.

2. Розраховано кореляційні коефіцієнти для встановлення взаємозв'язків між вищезазначеними факторними змінними та результуючою величиною обсягів накопичених відходів. В результаті оцінки колінеарності встановлена щільність зв'язків.

3. Отримано регресійну математичну модель на основі регресійно-дисперсійного аналізу і перевірено її адекватність: середнє значення відносної похибки розрахунків склало 5.9%, а максимальне значення похибки – 7.8%.

ВИСНОВКИ

Розроблена математична модель дозволяє спрогнозувати обсяги накопичених відходів впродовж найближчих років, що може стати базою для обґрунтування необхідних обсягів залучення інвестицій для ефективного поводження з відходами та зменшення впливу на навколишнє середовище.

ПОСИЛАННЯ

1. Khan, D., Kumar, A., & Samadder, S. R. (2016). Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate. *Waste Management*, 49, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.019>

2. Trang, P. T. T., Dong, H. Q., Toan, D. Q., Hanh, N. T. X., & Thu, N. T. (2017). The Effects of Socio-economic Factors on Household Solid Waste Generation and Composition: A Case Study in Thu Dau Mot, Vietnam. *Energy Procedia*, 107, 253–258. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.12.144>

3. Parimala, G. S., Arockiam, J. S., Amjad, A., Di, G., & Zengqiang, Z. (2020). Waste treatment approaches for environmental sustainability. *Microorganisms for Sustainable Environment and Health*, 119–135. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819001-2.00006-1>

4. Kolekar, K. A., Hazra, T., & Chakrabarty, S. N. (2016). A review on prediction of municipal solid waste generation models. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 238–244. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.087>

5. Nishit, S., Anushka, S., Kimaya, S., Lukhanyo, M., Pankaj, C., & Soumya, P. (2020). Microbial hydrogen production: fundamentals to application. *Microorganisms for Sustainable Environment and Health*, 343–365. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819001-2.00017-6>