

References

1. Andrushchenko, V. P. (2001). Osnovni tendentsii rozvytku vyshchoi osvity Ukrainy na rubezhi stolit (sproba prohnostychnoho analizu) [Major trends in higher education in Ukraine at the turn of centuries (predictive analytics attempt)]. *Vyshcha osvita Ukrainy – Higher education in Ukraine*, no. 1, pp. 11–17 (in Ukrainian).
2. Hrynova, V. M. (1998). *Formuvannia pedahohichnoi kultury maibutnoho vchytelia (teoretychni ta metodychni aspekty)* [Future teachers pedagogical culture formation (theoretical and methodological aspects)]. Kharkiv: Osnovy (in Ukrainian).
3. Kozhevnikov, V. (2008). *Poniattia «kompetentnist» u pedahohitsi* [The concept of "competence" in teaching]. Retrieved from: <http://osvita.ua/school/theory> (in Ukrainian).
4. Petruk, V. A. (2006). *Teoretyko-metodychni zasady formuvannia profesiinoi kompetentnosti maibutnikh fakhivtsiv tekhnichnykh spetsialnostei u protsesi vyvchennia fundamentalnykh dystsyplin* [Theoretical and methodical bases of formation of professional competence of future specialists of technical specialties in fundamental disciplines study]. Vinnytsia: Universum-Vinnytsia (in Ukrainian).
5. Piskunova, S. A. (2008). *Dysertatsiini doslidzhennia «kompetentnosti»* [Doctoral Research of "competence"]. *Modernizatsiia vyshchoi osvity v Ukraini: problemy i perspektivy – Higher education modernization in Ukraine: problems and prospects*. Kharkiv: Osnovy, part 1, pp. 180–190 (in Ukrainian).
6. Raven, Dzh. (1999). *Pedagogicheskoe testirovanie: Problemy, zabluzhdeniia, perspektivy. Priroda kompetentnosti* [Pedagogical testing: Problems, misconceptions, prospects. Competence Nature]. *Shkolnye tekhnologii - School Technology*, no. 3, pp. 151–175 (in Russian).
7. Skopnenko, O. I., Tsybaliuk, T. V. (2006). *Suchastyi slovnyk inshomovnykh sliv : blyzko 20 tys. sliv i slovospoluchen* [Modern dictionary of foreign words: 20 thousand words and phrases.]. Kyiv: Dovira, 789 p. (in Ukrainian).
8. Khutorskoi, A. V. (2003). *Didakticheskaia evristika: Teoriia i tekhnologiiia kreativnogo obuchenia* [Didactic heuristics: Creative Learning Theory and Technology]. Moscow: Ed. Moscow State University, 416 p. (in Russian).
9. Sharhun, T. O. (2006). *Formuvannia profesiinoi kompetentnosti u maibutnikh fakhivtsiv zaliznychnoho transportu u protsesi profesiinoi pidhotovky* [Formation of professional competence of future specialists of railway transport in professional training process]. *Candidate of Pedagogical Sciences Thesis*, 219 p. (in Ukrainian).
10. Shishov, S. E., Agapov, I. G. (2002). *Kompetentnostnyi podkhod k obrazovaniuu: prikhot ili neobkhdimost?* [Competence approach to education: a whim or necessity?]. *Standarty i monitoring – Standards and Monitoring*, no. 2, pp. 58–62 (in Russian).

Коваленко Світлана Василівна – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Коваленко Светлана Васильевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Kovalenko Svitlana – PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor of Department of Geodesy, Cartography and Land Planning, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: svkoval70@gmail.com

УДК 502.55

Ігор Корнієнко, Світлана Корнієнко, Артем Кошма

МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ НАДХОДЖЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ДО КОНТЕЙНЕРНИХ МАЙДАНЧИКІВ

Игорь Корниенко, Светлана Корниенко, Артём Кошма

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ДО КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЛОЩАДОК

Ihor Korniyenko, Svitlana Korniyenko, Artem Koshma

MODELING OF INTENSITY OF THE SOLID WASTE FLOW TO CONTAINER YARDS

Розглянуто проблему моделювання інтенсивності вхідних потоків у системі масового обслуговування мережі збирання твердих побутових відходів. Сформульовано підхід до апріорного визначення інтенсивності надходження сміття до контейнерних майданчиків, наведено спосіб одержання чисельного показника втрат інтенсивності потоку сміття на основі даних соціологічного дослідження.

Ключові слова: *тверді побутові відходи, інтенсивність надходження сміття, система масового обслуговування.*

Рис.: 2. Табл.: 3. Бібл.: 9.

Рассмотрена проблема моделирования интенсивности входных потоков в системе массового обслуживания сети сбора твердых бытовых отходов. Сформулирован подход к априорному определению интенсивности поступления мусора к контейнерным площадкам, приведен способ получения численного показателя потерь интенсивности потока мусора на основе данных социологического исследования.

Ключевые слова: *твердые бытовые отходы, интенсивность поступления мусора, система массового обслуживания.*

Рис.: 2. Табл.: 3. Библ.: 9.

We consider the problem of modeling the intensity of input flows in the queueing system the network of waste collection. Formulated a priori approach to the definition of the volume of waste to container sites, is a way of getting numerical index of losses of the intensity of a debris flow on the basis of data of sociological research.

Key words: *municipal solid waste, the intensity of debris inflow, queueing system.*

Fig.: 2. Tabl.: 3. Bibl.: 9.

Постановка проблеми. Проектування і впровадження системи роздільного збирання твердих побутових відходів (ТПВ) у населених пунктах передбачає попереднє оцінювання ефективності та визначення основних параметрів системи, чим у подальшому і визначається конфігурація (просторова структура) системи. Априорне визначення такої оцінки можливе через дослідження геоінформаційної моделі мережі роздільного збирання ТПВ, в основі якої лежить математична модель процесів збирання, накопичення та вивезення сміття різних груп, а входні параметри моделі задаються просторовими об'єктами геоінформаційного простору.

Одними з основних входних параметрів, які витікають з просторових і атрибутивних характеристик об'єктів геопростору, а також особливостей соціуму, є інтенсивність надходження сміття до контейнерних майданчиків та швидкість його накопичення в контейнерах. Відшукання аналітичних залежностей для цих параметрів дозволить виконувати моделювання процесів функціонування мережі ТПВ з метою формування її оптимальної просторової конфігурації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання запровадження в Україні системи роздільного збору твердих побутових відходів розглянуто у [1–4], етапи комплексного розв'язування задачі побудови просторової структури мережі роздільного збирання твердих побутових відходів відображено у [5], моделювання обмежень на розташування контейнерних майданчиків відображені у [6], розроблення моделі мережі роздільного збирання ТПВ у [7].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Проблемність априорного визначення інтенсивності надходження сміття різних груп пов'язана з відсутністю на цей момент об'єктивних статистичних даних з роздільного збирання сміття на території країни, складністю передбачення свідомості мешканців щодо роздільного збирання сміття, залежністю від групи просторових і статистичних чинників, таких як відстань до контейнерних майданчиків, чисельність мешканців району збору, їх просторовий розподіл тощо.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є розроблення методу знаходження аналітичних залежностей інтенсивності потоку надходження сміття та швидкості його накопичення для математичної моделі мережі роздільного збирання ТПВ.

Виклад основного матеріалу. В [7] для моделювання процесів збирання сміття запропоновано аналітичну модель системи масового обслуговування (СМО) ТПВ (рис. 1), яка включає такі елементи:

- перша ланка містить множину майданчиків H для збирання ТПВ, що мають власне просторове розташування;
- кожний з майданчиків має J контейнерів, кількість яких визначається кількістю груп ТПВ (залежно від умов та можливостей вторинного перероблення весь обсяг ТПВ поділяється на J класів за типом сміття; в європейській практиці від 3 до 5);
- у кожний j -тий контейнер надходить «заявка» – порція сміття j -го типу певного об'єму (обсягу, маси);
- друга ланка представлена засобами вивезення різних груп ТПВ, причому окрему j -ту групу ТПВ вивозить окремий транспорт;
- вивезення сміття в кінцеві пункти (третя ланка) моделюється за двома варіантами:
а) сміття за j -ми групами концентрується у відповідних центрах збирання ТПВ;
б) сміття за всіма групами концентрується на пункті вторинного сортування.

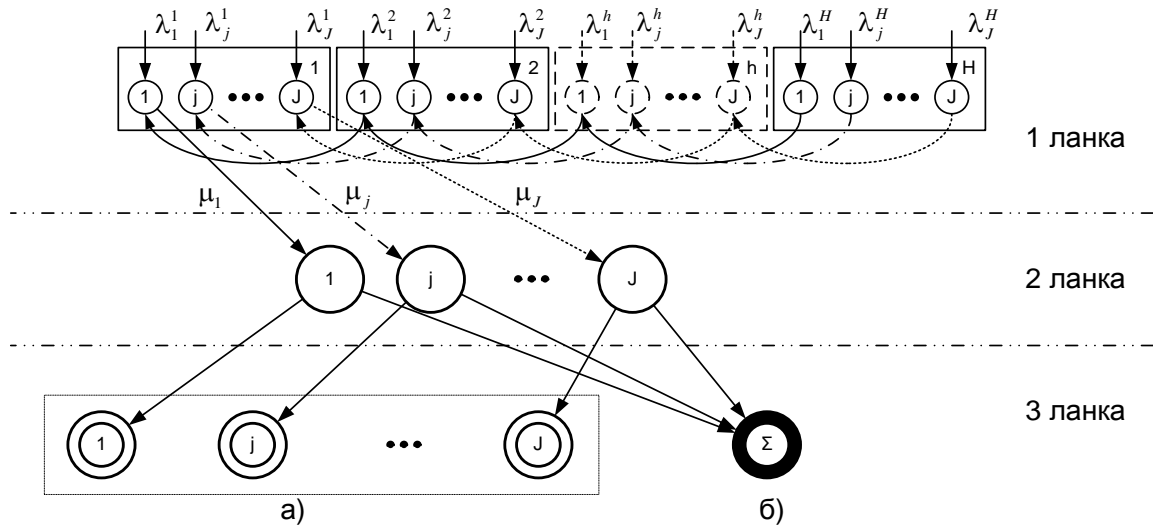


Рис. 1. Схема СМО ТПВ

Для подальшого аналізу введемо вхідні дані і позначення: множина житлових будинків N , $n_i = \overline{1, N}$; m_i – кількість під’їздів будинку; l_i^m – множина квартир t_i під’їзду. В кожній l_i^m квартирі накопичуються ТПВ, причому об’єм (обсяг, маса) ТПВ, кількість мешканців квартири та їх особисті прагнення до роздільного збирання є випадковою величиною. Інтенсивність потоку заявок λ_j та інтенсивність обслуговування контейнерів μ_j є параметрами, що визначають стан системи в будь-який конкретний момент часу t .

У [7] розглядалися втрати тільки таких вхідних потоків, за яких контейнери j -ї групи ТПВ виявлялися заповненими і надходження чергової порції сміття було фізично неможливе (в подальшому контейнери j -ї групи ТПВ вважаємо каналом СМО надходження сміття, порція сміття певної групи, що виноситься мешканцем, називаємо заявкою). Проте, очевидно, що будуть існувати втрати заявок через небажання мешканців виконувати роздільний збір сміття з тих чи інших причин. Такі втрати не будуть означати, що СМО дала відмову вхідній заявці, але вплинуть на загальну інтенсивність накопичення сміття j -ї групи у контейнері майданчика h :

$$\Lambda_j^h = \sum_{l=1}^L \Lambda_j^l, \tag{1}$$

де Λ_j^l – інтенсивність потоку сміття j -ї групи, L – загальна кількість квартир (приватних будинків), мешканці яких погодились на роздільне збирання сміття. Зменшення інтенсивності потоку пов’язано з зменшенням індексу L у виразі (1), що врешті вплине на собівартість вивезення ТПВ

$$V_c = \frac{V_Q}{C_Q}, \tag{2}$$

де V_Q – середній об’єм (обсяг, маса) ТПВ (середня чисельність заявок у традиційній СМО), що обслуговується системою за час T (абсолютна пропускна здатність);

C_Q – витрати на обслуговування системи, що забезпечує абсолютну пропускну здатність V_Q .

Розглянемо такі втрати докладніше. Втрати інтенсивності потоку через небажання мешканців збирати роздільно ТПВ пов’язане із соціологічними, етичними, психологіч-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

ними аспектами особистості мешканця, власними переконаннями, усвідомленням відповідальності перед майбутнім людства, своєї країни, міста, готовністю суспільства та особистості до змін та прийняття для себе цивілізованого способу поведінки з відходами. Проте, немаловажним чинником успішного роздільного збирання відходів виступає зручність для мешканців системи збирання ТПВ. Очевидно, що основними показниками зручності може бути віддаленість контейнерних майданчиків від під'їздів багатоповерхових будівель, приватних будинків та розташування контейнерів на основних пішохідних шляхах у дворових територіях тощо. Також не викликає сумнівів, що показники зручності та свідомості є суто суб'єктивними для мешканців, тому така оцінка, на нашу думку, неможлива без соціологічного або статистичного дослідження, при цьому показник втрат інтенсивності потоку буде мати імовірнісний характер. Але, можливо, показники, отримані у статистичному дослідженні, будуть мати більшу надійність через те, що зібрані дані будуть відбивати фактичні дії мешканців, а при соціологічному – ці дії несуть декларативний характер. Проте соціологічні дані матимуть менші витрати на їх отримання, більшу гнучкість та швидкість одержання кінцевих результатів, ніж при натурному статистичному експерименті.

Отже, визначимо інтенсивність потоку заявок на вході СМО ТПВ. Позначимо через A подію, коли мешканець через внутрішні переконання погодиться на роздільний збір сміття. Відповідно, подія \bar{A} полягає в тому, що довільним чином обраний мешканець не погодиться на роздільний збір сміття. Очевидно, що $A + \bar{A} = \Omega$, де Ω – повна група подій, а $P(A) + P(\bar{A}) = 1$. Згідно з [8]:

$$P(A) \approx P^*(A) = \frac{M_A}{n}, \text{ при } n \rightarrow 500 \div 600,$$

де $P^*(A)$ – статистична імовірність (частота) події;

n – кількість виконаних дослідів;

M_A – кількість дослідів, в яких подія A проявилася.

Не викликає сумнівів, що однієї умови погодження мешканців роздільно збирати побутове сміття недостатньо для успішного розгортання довільної мережі збирання ТПВ. Має бути організована така система роздільного збирання ТПВ, за якої мешканець зможе реалізувати свій вибір, при цьому показник ефективності (2) набуває свого мінімального значення для всіх допустимих варіантів конфігурації мережі.

Позначимо подію, коли система має сприятливі характеристики для збирання ТПВ через B . Тоді імовірність того, що довільно обраний мешканець будинку буде провадити роздільний збір сміття, можна представити умовною ймовірністю:

$$P(AB) = P(A)P(B/A).$$

Відповідно статистична ймовірність такої події:

$$P^*(AB) = P^*(A)P^*(B/A), \text{ при } n \rightarrow 500 \div 600;$$

при цьому частота $P^*(B/A) = \frac{M_B}{M_A}$ може визначатися статистичним підрахунком кількості мешканців M_B , для яких характеристики системи роздільного збирання є сприятливими щодо величини M_A .

Сприятливі умови, на наш погляд, можна охарактеризувати двома основними чинниками (за умови провадження безоплатного збирання ТПВ):

a – віддаленість розташування контейнерних майданчиків від під'їзду (для багатоквартирних будинків) або від будинків (для приватного сектора), тобто відстань не має перевищувати деяку граничну $d \leq d^{bc}$, де d^{bc} – гранична відстань;

b – розташування контейнерних майданчиків на основних пішохідних шляхах житлового масиву, коли виносити сміття буде «по дорозі», при цьому може бути $d > d^{bc}$.

На цьому етапі залишимо основним впливовим чинником віддаленість контейнерних майданчиків (чинник b вимагає окремого геоінформаційного моделювання, тому буде розглядатися пізніше), тобто досліджуватимемо $P^*(B\{d \leq d^{bc}\} / A)$. Для апіорного визначення статистичної імовірності $P^*(AB)$ можна скористатися опитуванням мешканців мікрорайону, житлового масиву, кварталу тощо, при цьому основною умовою надійності отримуваних даних є достатня кількість опитувань, за якою різниця між частотою події p^* і її ймовірністю p не перевищували заданої величини ε (або помилки від заміни математичного очікування середнім арифметичним не більше заданої).

Припустимо, що l_1 мешканців визначило для себе граничну відстань $d \leq d_1^{bc}$; відповідно $l_2 : d \leq d_2^{bc}$; $l_3 : d \leq d_3^{bc}$; ...; $l_n : d \leq d_n^{bc}$; $\sum_{i=1}^n l_i = M_A$; $d_1^{bc} < d_2^{bc} < d_3^{bc} < \dots < d_n^{bc}$. За цими даними сформуємо згрупований статистичний ряд (табл. 1).

Таблиця 1

Згрупований статистичний ряд граничної відстані до сміттєвих майданчиків

x_i	$0 \div d_1^{bc}$	$d_1^{bc} \div d_2^{bc}$	$d_2^{bc} \div d_3^{bc}$...	$d_{n-1}^{bc} \div d_n^{bc}$
P_i^*	P_1^*	P_2^*	P_3^*	...	P_n^*

Тут x_i – інтервал граничної відстані; $p_i^* = \frac{l_i}{M_A}$ – відносна частота події l_i . Статистичний ряд фактично відображає статистичну імовірність вибору мешканцями граничної відстані, проте для нас важливим є імовірність того, що довільним чином обраний мешканець зголоситься пройти відстань $d \leq d^{bc}$.

Трансформуємо наш згрупований статистичний ряд у ряд статистичної імовірності події B . Природно, що людина, яка обрала більшу граничну відстань вважатиме прийнятну для себе умову, яка потрапляє до інтервалів x_i з меншою граничною відстанню. Тоді, інтервал з мінімальною відстанню d_1^{bc} сприймуть для себе прийнятним M_A мешканців. Відповідно для інших інтервалів статистична імовірність набере вигляду (табл. 2).

Таблиця 2

Ряд статистичної імовірності події B

x_i	$0 \div d_1^{bc}$	$d_1^{bc} \div d_2^{bc}$	$d_2^{bc} \div d_3^{bc}$...	$d_{n-1}^{bc} \div d_n^{bc}$
$P_i^*(B\{d \leq d^{bc}\} / A)$	$\frac{\sum_{i=1}^n l_i}{M_A}$	$\frac{\sum_{i=2}^n l_i}{M_A}$	$\frac{\sum_{i=3}^n l_i}{M_A}$...	$\frac{\sum_{i=n}^n l_i}{M_A}$

В отриманому ряді фактично наявні дві випадкові величини: відстань до контейнеру та кількість мешканців, для яких така відстань виявиться прийнятною. Для їх подальшого використання в знаходженні інтенсивності потоку заявок необхідно знайти умовний закон розподілу виду $P^*(B\{d \leq d^{bc}\} / A) = f(x_i)$, представлений графіком лінії регресії (рис. 2).

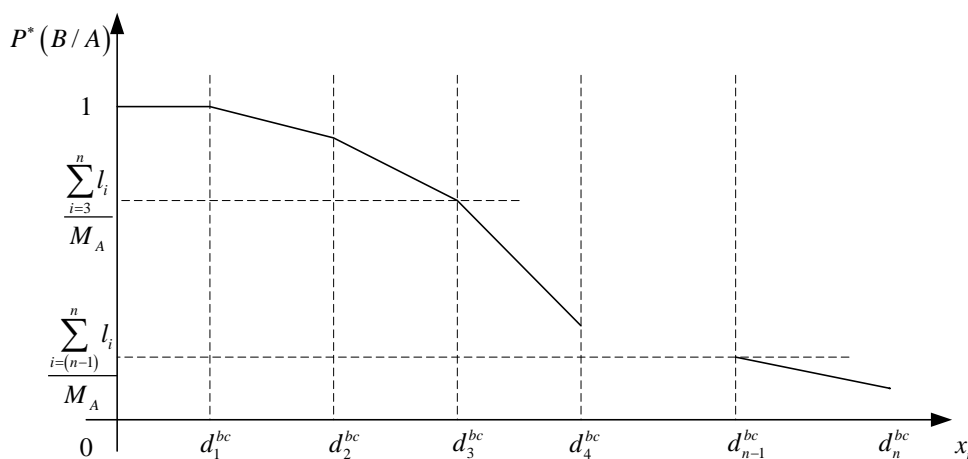


Рис. 2. Лінія регресії закону розподілу $P^*(B\{d \leq d^{bc}\} / A) = f(x_i)$

Характеристикою розподілу випадкової величини $P^*(B\{d \leq d^{bc}\} / A)$ може слугувати умовне математичне очікування події B :

$$M[B | d_i] = m_{B|d_i} = \sum_{i=1}^n P_i^*(B\{d \leq d^{bc}\} / A) \cdot d_i^{bc} ,$$

яке є характеристикою усередненої величини d^{bc} того чи іншого мікрорайону, житлового масиву, кварталу тощо, яка також опосередковано може служити характеристикою готовності мешканців до роздільного збирання сміття.

Для використання отриманих залежностей під час розрахунку сумарної інтенсивності потоку заявок Λ_j^h при аналізі певної території, бажано використання деякої аналітичної функції, яку можна отримати при згладжуванні лінії регресії за «методом найменших квадратів». Питання, в якому саме класі функції потрібно шукати найкраще наближення, вирішується не математично, а виходячи з міркувань, пов'язаних з фізикою задачі, з урахуванням характеру емпіричної ламаної та ступеня точності спостережень [8].

Використання методу найменших квадратів для нелінійної функції виду $y = F(x, a, b)$ (неперервної і монотонної на відрізку $[0; d_n^{bc}]$) вимагатиме певної лінеаризації через введення змінних $X = \varphi(x)$; $Y = \Psi(y)$ таких, за яких у новій системі координат задана емпірична нелінійна функція стає лінійною виду $Y = AX + B$. Наприклад, для показової залежності $y = ab^x$ маємо $\ln y = \ln a + x \ln b$. Поклавши $Y = \ln y$, $X = x$, $A = \ln b$, $B = \ln a$, одержимо лінійну залежність виду $Y = AX + B$. Або $y = ae^{bx}$ перетвориться в лінійну при введенні $X = x$, $Y = \ln y$, $B = \ln a$, $A = b$ [9].

За результатами виконаної лінеаризації та отримання аналітичного виразу ми висуваємо гіпотезу, в якій статистичну частоту $P^*(B\{d \leq d^{bc}\} / A)$ замінюємо імовірністю $P(B\{d \leq d^{bc}\} / A)$. Для перевірки правдоподібності гіпотези можна використати критерій Пірсона $\chi^2 = n \sum_{i=1}^k \frac{(P_i^* - P_i)^2}{P_i}$.

Одержана нами статистична імовірність роздільного збирання ТПВ $P^*(AB) = P^*(A)P^*(B\{d \leq d^{bc}\} / A)$ визначатиме фактично частку мешканців (квартир) від загальної кількості, які погодяться на роздільний збір за умови $\{d \leq d^{bc}\}$, тому справедливо використовувати таку імовірність як коефіцієнт під час визначення кількості мешканців (квартир), де будуть збирати сміття роздільно, конкретного m_i під'їзду при його віддаленості d від контейнерного майданчика h .

Іншим важливим параметром потоку заявок, що визначатиме швидкість наповнення контейнерів, є статистична кількість сміття по J групах, що накопичується у мешканців квартир. Такі статистичні характеристики можна отримати у процесі проведення соціологічного опитування, за результатами якого знову таки сформуємо згрупований статистичний ряд за такими параметрами (табл. 3):

j – група ТПВ;

v_{ji} – середня кількість (об'єм, обсяг) сміття j -ї групи, що накопичується за інтервал часу Δt в i -тій квартирі;

ω_i – відносна статистична частота події у вибірці; $\omega_i = \frac{l_i}{M_A}$, l_i – кількість квартир,

що викидають сміття об'єму v_{ji} .

Таблиця 3

Згрупований статистичний ряд питомих обсягів накопичуваного сміття

v_{ji}	v_{j1}	v_{j2}	v_{j3}	...	v_{jk}
ω_i	ω_1	ω_2	ω_3	...	ω_k

При цьому статистичне середнє обсягу зібраного сміття (математичне очікування) становитиме $m_j^* = \sum_{i=1}^k v_{ji} \omega_i$. Окремо слід зауважити, що досліджувати питомий обсяг сміття на окремого мешканця, на нашу думку, є недоцільною та зайвою процедурою. По-перше, статистичний параметр v_{ji} вже містить закон розподілу випадкової величини кількості мешканців у квартирі. По друге, після того, як ми вичленимо цей закон з параметра v_{ji} , нам знову потрібно буде вводити цей же параметр під час розрахунку середніх обсягів. І по-третє, актуальні і достовірні статистичні дані по реальній кількості мешканців квартир у дійсних умовах одержати просто неможливо.

Отже, отриманий параметр $m_j^* = \bar{v}_j$ є останньою необхідною характеристикою для визначення інтенсивності потоку заявок у СМО ТПВ. Відповідно, інтенсивність потоку заявок j -ї групи ТПВ від окремої l -ї квартири $\lambda_j^l = 1/\Delta t_j^l$ при середньому обсязі порції сміття \bar{v}_j . Груповий потік j -ї групи ТПВ до контейнерного майданчика h :

$$\Lambda_j^h = \sum_{l=1}^{\Phi} \lambda_j^l,$$

де $\Phi = L \cdot P^*(AB)$; L – загальна кількість квартир, що обслуговується h -им майданчиком.

Швидкість накопичення сміття у контейнері:

$$S_j^h = \Lambda_j^h \bar{v}_j.$$

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Одержані вирази розрахунку інтенсивності потоку та швидкості накопичення сміття готові до використання в аналітичній моделі СМО ТПВ [7] при геоінформаційному моделювання мережі роздільного збирання ТПВ. Також запропоновані вирази можуть бути використані при імітаційному моделювання поведінки системи роздільного збирання ТПВ.

Висновки і пропозиції. У статті розглянуто проблему моделювання інтенсивності надходження та швидкості накопичення твердих побутових відходів у контейнерах на майданчиках мережі збирання твердих побутових відходів. Запропонований та обґрунтований підхід до апріорного визначення чисельних параметрів інтенсивності потоку сміття в залежності від множини факторів, як то просторові та атрибутивні геоінформаційні характеристики району роздільного збирання сміття, особисті переконання мешканців у роздільному збиранні сміття, зручності конфігурації мережі.

Подальший розвиток досліджень пов'язаний з проведенням соціологічних досліджень, оцінювання адекватності моделі через математичне моделювання та натурний експеримент на тестовій ділянці міста.

Список використаних джерел

1. Корнієнко І. В. Стан і напрями розв'язання проблеми утилізації екологічно небезпечних побутових відходів / І. В. Корнієнко, А. І. Кошма // Чернігівський науковий часопис. Серія 2: Техніка і природа. – 2012. – № 1 (3). – С. 122–127.
2. Корнієнко І. В. Порівняльний аналіз підходів до утилізації екологічно небезпечних побутових відходів / І. В. Корнієнко, А. І. Кошма // Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землекористування – Європейський досвід». – 2013. – Вип. 9. – С. 180–185.
3. Корнієнко І. В. Визначення основних чинників впливу на просторову структуру мережі збирання та переробки екологічно небезпечних відходів / І. В. Корнієнко, А. І. Кошма // Матеріали Х Міжнародної науково-практичної конференції «Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землекористування – Європейський досвід». – 2014. – Вип. 10. – С. 143–146.
4. *Інтегроване управління та поводження з твердими побутовими відходами у Вінницькій області* : монографія / В. Г. Петрук, О. В. Мудрак, О. Г. Яворська, В. В. Черній та ін. ; під ред. В. Г. Петрука. – Вінниця : Універсум-Вінниця, 2007. – 160 с.
5. Корнієнко І. В. Декомпозиція задачі формування просторової структури мережі збору побутових відходів / І. В. Корнієнко, А. І. Кошма // Технічні науки та технології. – 2015. – № 1 (1). – С. 113–118.
6. Корнієнко І. В. Моделювання обмежень розташування контейнерних майданчиків роздільного збору твердих побутових відходів / І. В. Корнієнко, А. І. Кошма // Технічні науки та технології. – 2015. – № 2 (2). – С. 135–140.
7. Корнієнко І. В. Розроблення моделі мережі роздільного збирання твердих побутових відходів / І. В. Корнієнко, С. П. Корнієнко, А. І. Кошма // Технічні науки та технології. – 2016. – № 1 (3). – С. 122–130.
8. Венцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е. С. Венцель, Л. А. Овчаров. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1988. – 480 с. – (Физико-математическая б-ка инженера).
9. Лященко М. Я. Чисельні методи : підручник / М. Я. Лященко, М. С. Головань. – К. : Либідь, 1996. – 288 с.

References

1. Korniienko, I. V., Koshma, A. I. (2012). Stan i napriamy rozv'iazання problemy utylizatsii ekolohichno nebezpechnykh pobutovykh vidkhodiv [Condition and ways of solving the disposing of environmentally hazardous waste issue]. *Chernihivskiyi naukoviyi chasopys. Seriya 2: Tekhnika i pryroda – Chernihiv scientific journal. Series 2: Technology and Nature*, no.1 (3), pp. 122–127 (in Ukrainian).
2. Korniienko, I. V., Koshma, A. I. (2013). Porivniialnyi analiz pidkhdodiv do utylizatsii ekolohichno nebezpechnykh pobutovykh vidkhodiv [A comparative analysis of approaches to the disposal of environmentally hazardous waste]. *Proceedings from Materialy IX Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii «Novitni dosiahnennia heodezii, heoinformatyky ta zemlekorystuvannia – Yevropeiskiyi dosvid» – Proceedings of the IX International scientific-practical conference "Recent advances in geodesy, geoinformatics and land management - the European Experience"*, Issue 9, pp. 180–185 (in Ukrainian).
3. Korniienko, I. V., Koshma, A. I. (2014). Vyznachennia osnovnykh chynnykiv vplyvu na prostorovu strukturu merezhi zbyrannia ta pererobky ekolohichno nebezpechnykh vidkhodiv [Identification of the main influence factors on the spatial structure of collection and environmentally hazardous waste network recycling]. *Proceedings from Materialy X Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii «Novitni dosiahnennia heodezii, heoinformatyky ta zemlekorystuvannia – Yevropeiskiyi dosvid».* – *Proceedings of the X International scientific-practical conference "Recent advances in geodesy, geoinformatics and land management - the European experience."*, issue 10, pp. 143–146 (in Ukrainian).
4. Petruk, V. H. (ed.), Mudrak, O. V., Yavorska, O. H., Chernii, V. V. et al.(2007). *Intehrovane upravlinnia ta povodzhennia z tverdymy pobutovymy vidkhodamy u Vinnytskii oblasti [Integrated management and treatment of municipal solid waste in Vinnytsia region]*. Vinnytsia : Universum-Vinnytsia, 160 p. (in Ukrainian).
5. Korniienko, I. V., Koshma, A. I. (2015). Dekompozitsiia zadachi formuvannia prostоровoi struktury merezhi zбору pobutovykh vidkhodiv [Decomposition of formation task of household waste collection spatial network structure]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, no. 1 (1), pp. 113–118 (in Ukrainian).
6. Korniienko, I. V., Koshma, A. I. (2015). Modeliuvannia обмежень roztashuvannia konteinernykh maidanchykyv rozdilnoho zбору tverdyykh pobutovykh vidkhodiv [Modeling constraints layout container sites for separate collection of municipal solid waste]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences & Technology*, no. 2 (2), pp. 135–140 (in Ukrainian).
7. Korniienko, I. V., Korniienko, S. P., Koshma, A. I. (2016). Rozroblennia modeli merezhi rozdilnoho zbyrannia tverdyykh pobutovykh vidkhodiv [Development of network model for separate collection of municipal solid waste]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii. – Technical sciences and technologies*, no. 1 (3), pp. 122–130 (in Ukrainian).
8. Ventsel, E. S., Ovcharov, L. A. (1988). *Teoriia veroiatmostei i ee inzhenernye prilozhenia [Theory of Probability and its engineering applications]*. Moscow: Nauka. (Fiziko-matematicheskaia b-ka inzhenera) (in Russian).
9. Liashchenko, M. Ya., Holovan, M. S. (1996). *Chyselni metody [Numerical methods]*. Kyiv: Lybid, 288 p. (in Ukrainian).