

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.57.256-269>

УДК 628.4

Яворовська Ольга Василівна,

асистент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

olhaiavorov@gmail.com,

<http://orcid.org/0000-0002-5304-1389>,

ОСОБЛИВОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ МУНІЦИПАЛЬНИХ ВІДХОДІВ ПРИ РОЗРОБЦІ СХЕМИ САНІТАРНОГО ОЧИЩЕННЯ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ

Анотація: представлено доцільність прогнозування морфологічного складу муніципальних відходів при розробці схеми санітарного очищення населеного пункту. Досліджено залежність морфологічного складу муніципальних відходів від ряду факторів: факторів сезонності, зовнішнього впливу, соціально-поведінкових факторів, споживацької поведінки та власних уподобань, умов проживання, організаційних факторів. Запропоновано модель прогнозування морфологічного складу муніципальних відходів. Розроблена модель прогнозування базується на основі методу побудови штучної нейронної мережі. Вона дає змогу проаналізувати співвідношення фракцій муніципальних відходів, які продукуються у тому чи іншому домогосподарстві. Практична реалізація розробки прогнозування морфологічного складу ТПВ виконана на прикладі м. Вінниця.

Ключові слова: схема санітарного очищення населеного пункту; морфологічний склад; муніципальні тверді побутові відходи.

Постановка проблеми. Проблеми прогнозування кількості утворення ТПВ та аналіз їх морфологічного складу на сьогоднішній день є важливою задачею при розробці схем очищення населених пунктів.

Об'єктивні дані є критично необхідними для проведення обґрунтованої політики поводження з муніципальними твердими побутовими відходами (далі-ТПВ). Така інформація важлива не лише для практичного функціонування системи поводження з муніципальними ТПВ, але і є легітимно визначена як обов'язкова: згідно ст.355 Угоди про асоціацію між Україною та ЄС «стабільна ефективна та професійно незалежна національна статистична система вироблятиме необхідну для громадян, суб'єктів господарювання й органів управління в Україні та ЄС інформацію, надаючи їм можливість приймати на її основі виважені рішення». Тобто отримання статистичної інформації, пов'язаної з питаннями ТПВ, серед яких об'єм продукування ТПВ та їх

морфологічний склад, є обов'язковою умовою при розробці Схеми санітарної очистки населених пунктів, програми поводження з побутовими відходами у регіоні, при розробці рамкового законопроекту про відходи, а також при виконанні міжнародних екологічних проектів.

Саме на відсутності даних про кількість відходів у своїй доповіді 5 червня 2018 р. на конференції «Нові політика управління відходами – основа замкненого циклу» наголосив Юрай Фаркаш, консультант Європейської економічної комісії ООН та проекту ЄС «APENA», який розробляв закони у сфері поводження з відходами у Словаччині та зараз є консультантом при створенні рамкових законів у сфері поводження з відходами в Україні [14].

Отримання достовірної інформації про обсяг утворення ТПВ на території населених пунктів має забезпечити ефективне планування і управління системою поводження з ТПВ. Аналіз морфологічного складу ТПВ дасть змогу оперативно змінювати особливості проведення первинного збору, сортування, транспортування і в першу чергу – вибрати метод переробки ресурсоцінних та органічної фракції та остаточний метод утилізації залишкових ТПВ. Окрім того неточний прогноз утворення ТПВ може спричинити недостатню експлуатаційну спроможність системи поводження з ТПВ, що в свою чергу зумовить економічні перевитрати, збільшення трудоємності і можливе збільшення емісії шкідливих речовин.

Актуальність. Однією з важливих характеристик при розробці схеми санітарного очищення населених пунктів є морфологічний склад муніципальних ТПВ, який представляє співвідношення окремих компонентів: картон та папір, скло, метал, пластик, будівельні відходи і інших фракцій, що знаходяться в складі ТПВ. Статистична інформація про кількість ресурсоцінних фракцій у загальному потоці ТПВ, які продукують громадяни дасть змогу прогнозувати імовірний рівень рециклінгу як на локальному, так і на регіональному рівні, а також виявити перешкоди для шляху виконання цілей Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року, а саме цілей про «переробку відходів – утилізацію з поверненням у виробничий цикл різних матеріалів, що містяться у відходах та підготовку до повторного використання – створення цілої галузі для проведення перевірки, очистки чи визначення придатності продуктів або їх компонентів для повторного їх використання без попередньої обробки»[16].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання якості санітарного очищення міст розробляється вченими: у працях Ключниченка Є. Є. [8, 7, 9], Мирного А. Н. [12], Золотар Л. В. [6], Позаченюка Е. А [13], Приймаченко О. В. [15], Рудик А. Н. [17], Фурманенко О.С. [18], Шилова Т. О. [19, 20], Бабаєв В. Н. [2], Берлінг Р. З. [3], Губіна М. В. [4],

Кучерявий В. О. [11]. На актуальність прогнозування утворення твердих побутових відходів з метою розробки ефективної системи поводження з ТПВ наголошують ряд світових вчених S.AzaditaA.Karimi–Jashni [21]; A. Kumar та S. Samadder [25]. Сьогодні в літературі опрацьовано методи прогнозування об'єму відходів, зокрема G.Denafas та T.Ruzgas та інш. [24], дослідженні I.Oribe–Garcia[27], S.Chung, [23], І. Г. Коцюба [10], E.Owusu–Sekyere та E. Harrista інш. [28], R. Noori, A. Karbassi [26]; S.AzaditaA. Kamiri–Jashni [22]. Проте не існує жодного методу, який би дав змогу спрогнозувати морфологічний склад цих відходів.

Виклад основного матеріалу. Прогнозування швидкості утворення відходів є непростим завданням. Головним чином це спричинено недостатньою кількістю актуальних даних та швидкою зміною факторів зовнішнього впливу (рівня інфляції, політичної стабільності, змінами в законодавстві щодо відповідальності виробника). Ще складнішою задачею є прогнозування морфологічний склад ТПВ, на зміну якого впливає ще більша кількість факторів, серед яких соціально-поведінкові, які важко спрогнозувати.

Для пошуку найбільш відповідного розміру набору даних у навчанні було застосовано різні співвідношення навчання та тестування (70:30, 85:15 та 90:10).

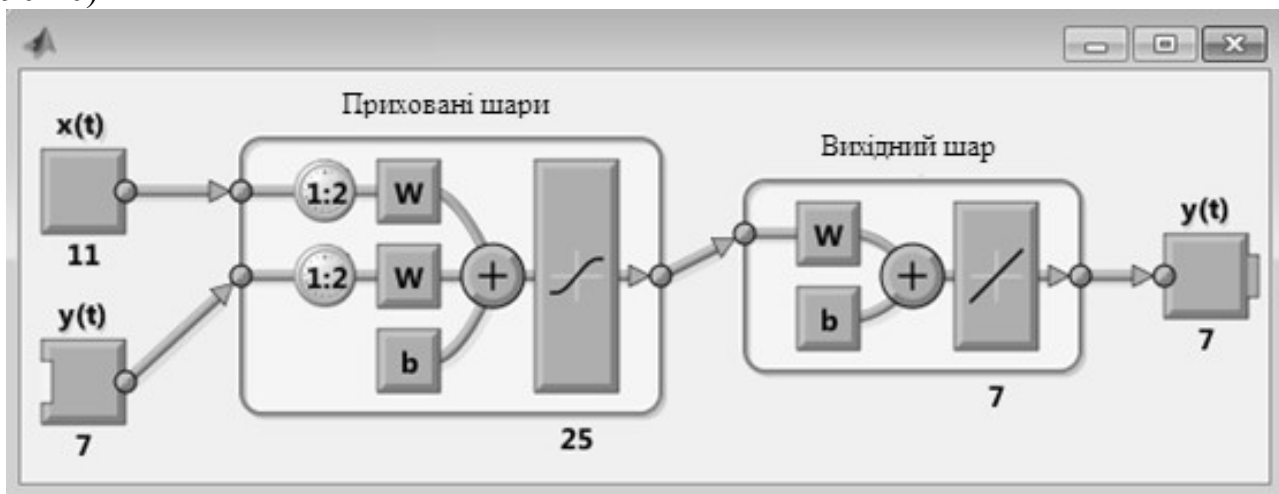


Рис.1. – Схема ШНМ прогнозування морфологічного складу ТПВ

Для подальшої оцінки було обрано оптимальну модель ШНМ з найнижчим значенням MSE на етапі тестування. Для підбору оптимальної структури найкращої моделі ШНМ, ми змінювали різну кількість нейронів у прихованому шарі. Ми брали кількість діапазонів в межах від 5 до 25. Оптимально підібрана кількість нейронів у прихованому шарі у нашому випадку становила 10.

Таблиця 1.– Похибка прогнозування морфологічного складу ТПВ

Етапи прогнозування	Коефіцієнт детермінації R^2	Середня квадратична похибка MSE	Середня абсолютна процентна похибка $MAPE$
Тренування	0.995785	0.0067713	1.07312
Валідація	0.982592	0.0124623	1.13516
Тестування	0.891185	0.00427911	1.00512
Загальна оцінка	0.991940	0.0071127	1.08118

Прогнозування морфологічного складу ТПВ ми здійснювали за допомогою ПЗ Matlab (версія 2017b) шляхом побудови нелінійної авторегресивної моделі із зовнішніми входами.

Кореляційний аналіз забезпечує незалежність та статистичне значення вхідних даних. Цільова змінна – об'єм продукування морфологічних фракцій ТПВ на людину в день.

Навчання ШНМ проводилось шляхом тренування 581 наборів даних та тестуванням 102, що відповідає співвідношенню тренувань до тестування 85:15.

Розроблена ШНМ складається з 3 шарів (вхідного, прихованого та вихідного).

У якості алгоритму навчання був прийнятий алгоритм Левенберга – Маркарда.

Для того, щоб уникнути перевитрат, т.з. перенатренованості моделі було використано прийом ранньої зупинки. Було проведено понад 30 випробувань із випадковим чином призначеними входами з набору даних для вивчення точності моделі та визначення випадку із мінімальним значенням MSE.

Для вирішення конкретного випадку запропонованої нелінійної моделі було здійснено підбір кількості нейронів. Обрано ширший діапазон кількості нейронів від 7 до 13 для визначення оптимізованої структури моделі. У зміни кількість нейронів у прихованому шарі зміниться вихідний результат, так як вага кожного нейрона змінюється, а також результат моделі буде змінено.

Випробування з різною кількістю нейронів дало змогу уточнити оптимальну структуру моделі з найменшою помилкою.

Практична реалізація розробки прогнозування морфологічного складу муніципальних ТПВ з застосуванням моделей ШНМ виконана у вигляді електронних таблиць на базі ПК Excel «Прогнозування муніципальних ТПВ».

Вибір ПК Excel, як основи для розробки електронного забезпечення було здійснено тому, що ПК Excel є простим зрозумілим інструментом, легким у освоєнні. Тому розрахунок прогнозування ТПВ можливо буде здійснювати

управліннями міста на місцях, без використання спеціального soft-забезпечення.

Розроблені таблиці є універсальними для застосування до системи поводження з ТПВ у середніх містах України.

Для застосування розробки у листах Excel «Прогнозування муніципальних ТПВ» необхідно ввести конкретні дані щодо міста, а саме:

– «Кількість районів»

Далі необхідно навести уточнюючі дані по кожному району міста:

– «Площа районів»

– «Відсоток багатоповерхової забудови до селитебної»

– «Кількість жителів»

– «Кількість сімей»

На наступному етапі у електронних таблицях «Прогнозування ТПВ» буде автоматично розраховано об'єм та морфологічний склад ТПВ по кожному району. Це в свою чергу дасть змогу змінювати заходи на етапі короткострокового та стратегічного планування при розробці Схеми санітарного очищення міст.

Наведемо практичну реалізацію застосування електронних таблиць «Прогнозування ТПВ» на прикладі м. Вінниця.

Необхідні вхідні дані по факторам дослідження ми отримали з офіційного сайту Вінницької міської ради [1] та відкритих джерел [5] Дані також були отримані шляхом аналізу кількості ветеринарних закладів та магазинів, які продають їжу для тварин у районах міста.

Всю територію міста Вінниця було поділено на 25 районів за схожими ознаками.

Візуалізація отриманих даних було здійснено шляхом побудови карт (рис.2).

Візуалізація розрахованих показників утворення різних фракцій ТПВ представлено на рис.3.

За допомогою розроблених нами листів Excel «Прогнозування муніципальних ТПВ» ми розраховали прогнозований рівень продукування різних фракцій ТПВ.

Знаючи отриману норму (кг/людину) тієї чи іншої фракції в подальшому зможемо розробляти ефективні методи управляти системою поводження ТПВ, оцінюючи дані про об'єми різних фракцій, які продукуються у різних районах.

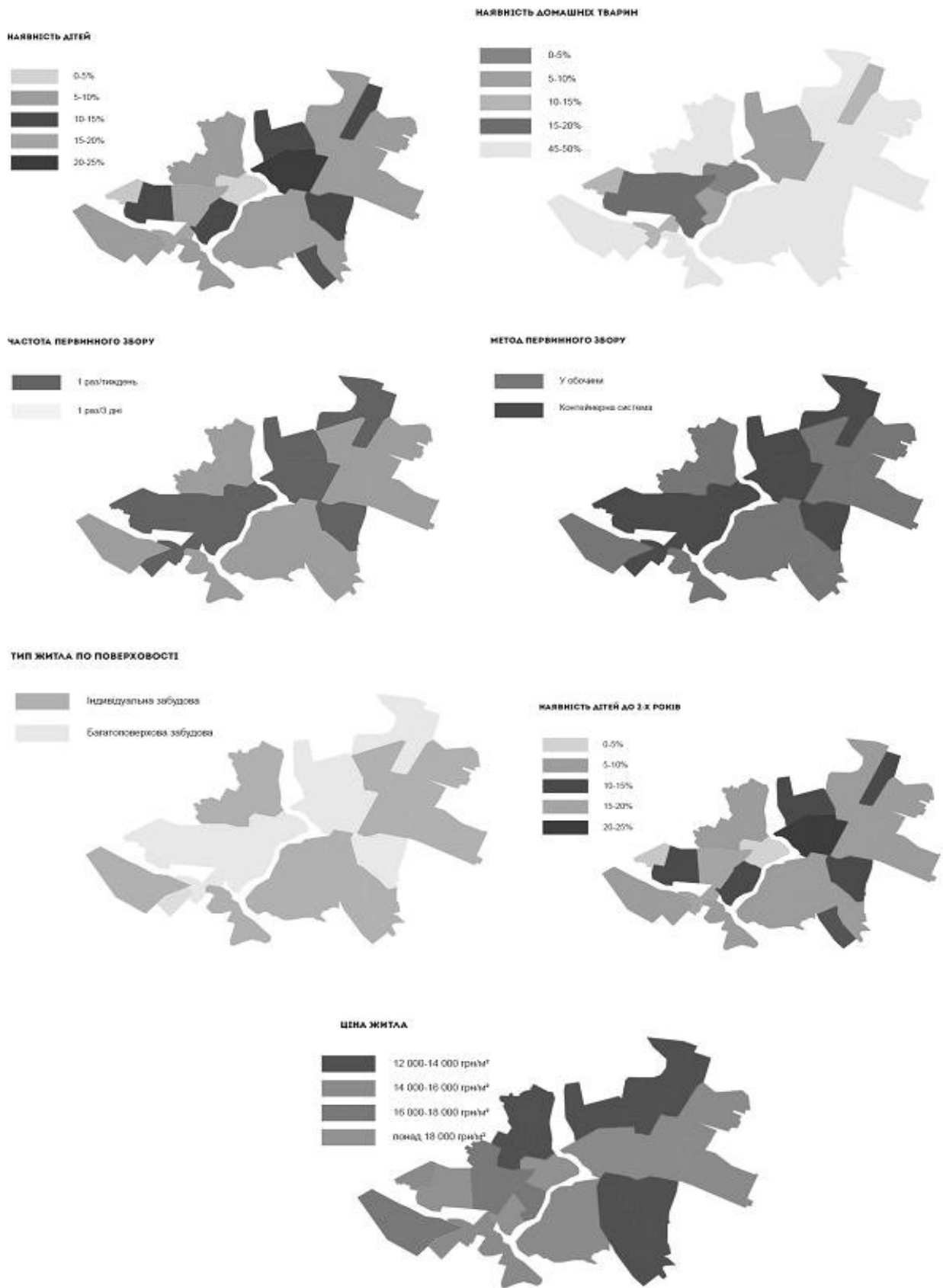


Рис. 2 – Характеристика районів м. Вінниця

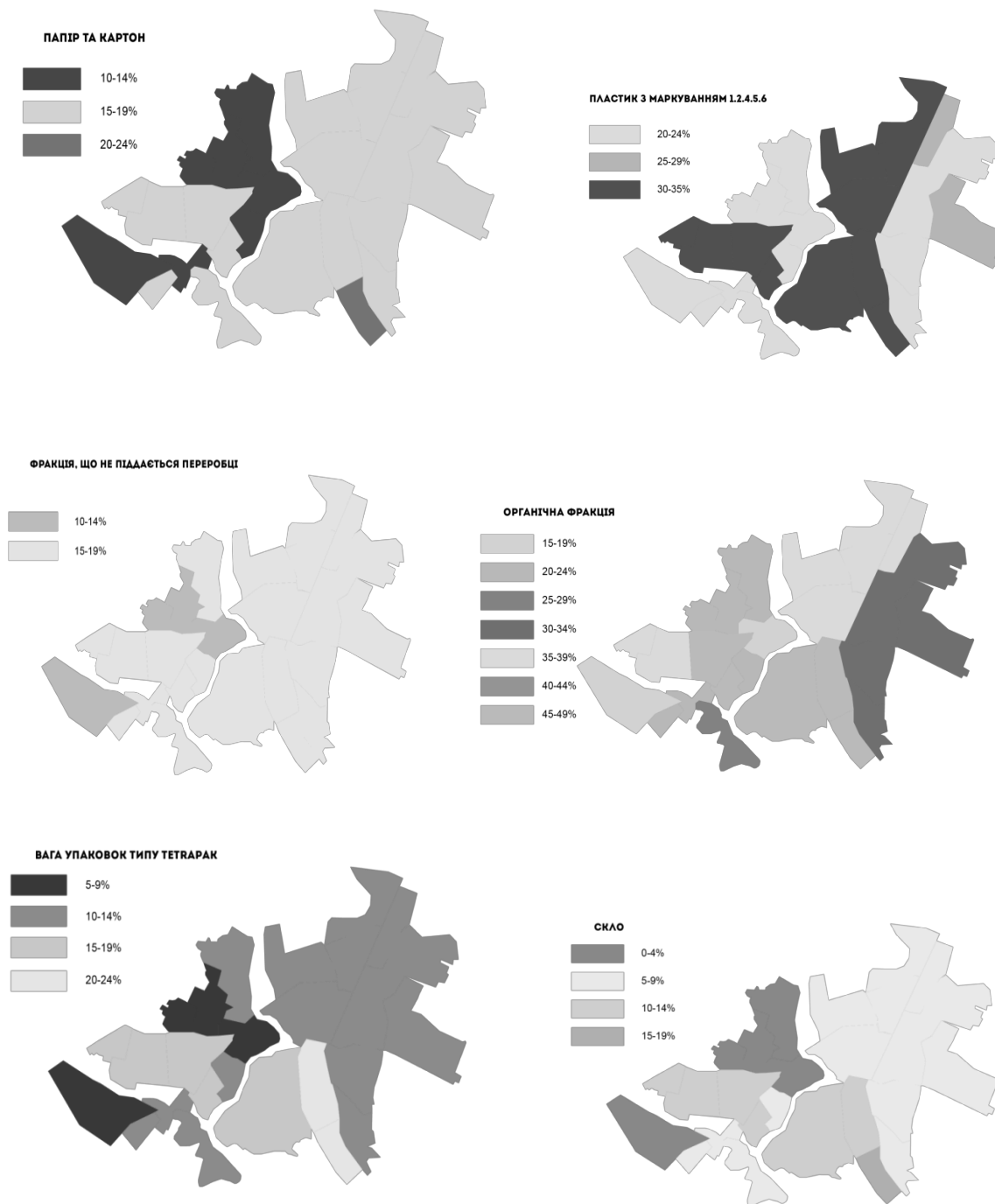


Рис.3 – Показник продукування різних фракцій ТПВ у районах м. Вінниця

Висновки

1. Обґрунтовано доцільність прогнозування морфологічного складу ТПВ. Для проведеного прогнозування було зібрано вихідні дані шляхом опитування жителів міста Вінниця. Проведене дослідження дало змогу спрогнозувати вплив на морфологічний склад ТПВ ряду факторів: факторів сезонності,

зовнішнього впливу, соціально–поведінкових факторів, споживацької поведінки та власних уподобань, умов проживання, організаційних факторів. Знайдений взаємкореляційний зв'язок між факторами та цільовими змінними прогнозування дає змогу передбачити зміну морфологічного складу муніципальних ТПВ в залежності від соціально–побутових змін в житті громадян міст.

2. Запропоновано модель прогнозування морфологічного складу муніципальних ТПВ. Модель прогнозування базується на основі методу побудови штучної нейронної мережі. Вона дає змогу проаналізувати співвідношення фракцій муніципальних ТПВ, які продукуються у тому чи іншому домогосподарстві. Вибір штучної нейронної мережі обумовлено її можливістю прогнозувати декілька показників. Серед фракцій, прогнозування яких було аналізовано, виділено: скло, папір та картон, пластик різного маркування, фракцію комбінованої упаковки, металу та фракцію відходів, що не переробляються.

3. Практична реалізація розробки прогнозування морфологічного складу ТПВ виконана на прикладі м. Вінниця. На основі отриманої інформації шляхом прогнозування об'єму та морфологічного складу ТПВ, практично розраховано перспективність утворення різних фракцій ТПВ у районах міста.

За допомогою кластерування отриманої інформації створено карти відсоткового прогнозування морфологічного складу ТПВ (на прикладі м. Вінниця).

Розроблене прогнозування може стати ефективним інструментом для прийняття управлінських рішень щодо розташування пунктів прийому вторинної сировини, шляхом оцінки дані про об'єми різних фракцій, які продукуються у різних районах.

Список джерел

1. Архітектура та містобудування: Генеральний план міста (основне креслення)/Вінницька міська рада. URL: <http://www.vmr.gov.ua> (дата звернення 02.02.2020).

2. Бабаев В.Н., Горох Н.П., Коваленко Ю.Л., Коринько И.В., Науменко А.С., Пилигримм С.С., Саратов И.Е., Ткачев В.А., Шутенко Л.Н., Юрченко В.А. Полимерные отходы в коммунальном хозяйстве города. Х.: ХНАГХ. 2004. 374 с.

3. Берлінг Р.З. Проблеми становлення утилізації відходів як галузі народного господарства. Вісник: Зб. наук. праць. Львів, 2002. Вип. 46. С. 126 – 130.

4. Губина М. В. Основы градостроительного менеджмента и мониторинга. К.;Втра. 2002. с. 243

5. Енергетична карта міста Вінниця. ОПОРА. : веб-сайт. URL: <https://www.vmr.gov.ua> (дата звернення: 13.05.2020).
6. Золотар Л.В. Методи визначення об'єму та структури побутових відходів для житлових територій. Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. К., КНУБА. 2012. Вип. 45. С. 283-295.
7. Ключніченко Є. Є. Житлово-комунальне господарство міст. КНУБА. К., 2010. 246
8. Ключніченко Є.Є. Управління містом. К.КНУБА. 2003. 260 с.
9. Ключніченко Є.Є., Лісніченко С.В., Рейцен Є.О., Денисенко Н.О. Житлово- комунальне господарства міст. К.: КНУБА. 2010. 248 с.
10. Коцюба І. Г. Обґрунтування наукових засад безпечного збирання та транспортування твердих побутових відходів (на прикладі м. Житомира): автореф. дис . на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 21.06.01. Київ, 2013. 25 с.
11. Кучерявий В.О. Урбоекологія. Львів: Світ. 2001. 440 с.
12. Мирный А.Н. и др. Санитарная очистка и уборка населенных мест. Справочник. М.:Стройиздат. 1990. 415 с.
13. Позаченюк Е.А., Рудык А.Н. Экология и градостроительство. Симферополь: Доля. 2003. 270 с.
14. Презентація рамкового законопроекту про відходи, включаючи муніципальні відходи (доповідь Фаркаш Юрай). Міністерство Екології: веб-сайт. URL: <http://surl.li/cmSk> (дата звернення: 06.06.2018).
15. Приймаченко О.В. Аналіз сучасних технологічних процесів утилізації твердих побутових відходів. Містобудування та територіальне планування. С.214-217
16. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.11.2017 № 820–р. Верховна Рада України. Законодавство України: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення: 11.05.2020).
17. Рудык А.Н. Городское коммунальное хозяйство: Учебное пособие. Симферополь. 2003. 140 с
18. Фурманенко О.С. Прибирання та санітарне очищення населених міст. К.: Будівельник. 1991. 145с.
19. Шилова Т.О. Міське комунальне господарства. К.: КНУБА. 2006. 272 с.
20. Шилова Т.О. Урбоекологія. Київ : КНУБА. 2017. 256 с.
21. Azadi S., Karimi-Jashni A. Verifying the performance of artificial neural network and multiple linear regression in predicting the mean seasonal municipal solid waste generation rate: A case study of Fars province, Iran. Waste Management. 2016. №48, 14–23. doi:10.1016/j.wasman.2015.09.034.

22. Azadi S., Karimi–Jashni A. Verifying the performance of artificial neural network and multiple linear regression in predicting the mean seasonal municipal solid waste generation rate: A case study of Fars province, Iran. *Waste Management*. 2016. №48, 14–23. doi:10.1016/j.wasman.2015.09.034.

23. Chang N.–B., Lin Y.T. An analysis of recycling impacts on solid waste generation by time series intervention modeling. *Resources, Conservation and Recycling*. 1997. №19. C. 165–186. doi:10.1016/S0921–3449(96)01187–1.

24. Denafas G., Ruzgas T., Martuzevičius D., Shmarin S., Hoffmann M., Mykhaylenko V., Ogorodnik S., Romanov M., Neguliaeva E., Chusov A., Turkadze T., Bochoidze I., Ludwig C. Seasonal variation of municipal solid waste generation and composition in four East European cities. 2014. *Resources, Conservation and Recycling*. №89. C.22–30. doi:10.1016/j.resconrec.2014.06.001

25. Kumar A., Samadder S.R. An empirical model for prediction of household solid waste generation rate – A case study of Dhanbad, India. *Waste Management*. 2017. №68. C. 3–15. doi:10.1016/j.wasman.2017.07.034.

26. Noori R., Karbassi A., Salman Sabahi M. Evaluation of PCA and Gamma test techniques on ANN operation for weekly solid waste prediction. *Journal of Environmental Management*. 2010. №91 (3). C. 767–771. doi:10.1016/j.jenvman.2009.10.007.

27. Oribe–Garcia I. Identification of influencing municipal characteristics regarding household waste generation and their forecasting ability in Biscay. *Waste Management*. 2015.№39. C. 26–34. doi:10.1016/j.wasman.2015.02.017

28. Owusu–Sekyere E., Harris E., Bonyah E. Forecasting and planning for solid waste generation in the Kumasi metropolitan area of Ghana: An ARIMA time series approach. *International Journal of Sciences*. 2013. № 2. C.69–83.

References

1. Architecture and urban planning: General plan of the city. [Архитектура та містобудування: Генеральний план міста (основне креслення)]. Vinnytska miska rada. URL: Rezhym dostupu: <http://www.vmr.gov.ua> (in Ukrainian).

2. Babaev V.N., Horokh N.P., Kovalenko Yu.L., Korynko Y.V., Naumenko A.S., Pylyhrymm S.S., Saratov Y.E., Tkachev V.A., Shutenko L.N., Yurchenko V.A. (2004). Polymer waste in municipal services of the city. [Polymernue otkhodu v kommunalnom khoziaistve horoda]. Kh.: KhNAHKh. 374 s. .(in Russian).

3. Berlinh R.Z. (2002). Problems of waste disposal as a branch of the national economy. [Problemy stanovlennia utylizatsii vidkhodiv yak haluzi narodnoho hospodarstva]. Visnyk: Zb. nauk. prats. – Lviv, Vyp. 46. – S. 126 – 130. (in Ukrainian).

4. Hubyna M. V. (2002). Fundamentals of urban management and monitoring. [Osnovy hradostroytelnoho menedzhmenta y monytorynh]. K. ;Vtra – R. s. 243(in Russian).

5. Energy map of the city of Vinnytsia. [Enerhetychna karta mista Vinnytsia]. OPORA. : veb-sait. URL: <https://www.vmr.gov.ua> (data zvernennia: 13.05.2020). (in Ukrainian).

6. Zolotar L.V. (2012). Methods for determining the volume and structure of household waste for residential areas. [Metody vyznachennia obiemu ta struktury pobutovykh vidkhodiv dlia zhytlovykh terytorii]. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: nauk.-tekhn. zbirnyk. K., KNUBA. V. 45. S. 283-295. (in Ukrainian).

7. Kliushnychenko Ye. Ye (2010). Housing and communal services of cities. [Zhytlovo-komunalne hospodarstvo mist]. KNUBA. K. 246(in Ukrainian).

8. Kliushnichenko Ye. Ye (2003). City management. [Upravlinnia mistom]. K.KNUBA. 260 s. (in Ukrainian).

9. Kliushnichenko Ye. Ye, Lisnichenko S.V., Reitsen Ye.O., Denysenko N.O. (2010). Housing and communal services of cities. [Zhytlovo - komunalne hospodarstva mist]. KNUBA. 2010. 248 s. (in Ukrainian).

10. Kotsiuba I. H. (2013). Substantiation of scientific bases of safe collection and transportation of solid household waste (on the example of Zhytomyr). [Obhruntuvannia naukovykh zasad bezpechnoho zbyrannia ta transportuvannia tverdykh pobutovykh vidkhodiv (na prykladi m. Zhytomyra): avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. tekhn. nauk : 21.06.01]. Kyiv. 25 s. (in Ukrainian).

11. Kucheriavyi V.O. (2001). Urban ecology. [Urboekolohiia]. Lviv: Svit. 440 s. (in Ukrainian).

12. Myrnui A.N. (1990). Sanitary cleaning and cleaning of populated areas. [Sanytarnaia ochystka y uborka naseleennykh mest]. Spravochnyk. M.:Stroiizdat. 1990. 415 s. (in Russian).

13. Pozacheniuk E.A., Rudik A.N.(2003). Ecology and urban planning . [Ekolohiia y hradostroytelstvo]. Symferopol: Dolia. 2003. 270 s. (in Russian).

14. Presentation of the framework bill on waste, including municipal waste (report by Farkas Juraj). [Prezentatsiia ramkovoho zakonoproektu pro vidkhody, vkluchaiuchy munitsypalni vidkhody (dopovid Farkash Yurai)]. Ministerstvo Ekolohii: veb-sait. URL: <http://surl.li/cmsk> (data zvernennia: 06.06.2018). (in Ukrainian).

15. Pryimachenko O.V.(2013). Analysis of modern technological processes of solid waste disposal. [Analiz suchasnykh tekhnolohichnykh protsesiv utylizatsii tverdykh pobutovykh vidkhodiv]. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. S.214-217 (in Ukrainian).

16. On approval of the National Waste Management Strategy in Ukraine until 2030. [Pro skhvalennia Natsionalnoi stratehii upravlinnia vidkhodamy v Ukraini do 2030 roku: rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 08.11.2017 № 820–r]. Verkhovna Rada Ukrainy. Zakonodavstvo Ukrainy: veb–sait. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820–2017–%D1%80> (data zvernennia: 11.05.2020) (in Ukrainian).
17. Ruduk A.N. (2003). Urban utilities. [Horodskoe kommunalnoe khoziaistvo: Uchebnoe posoby]. Symferopol. 140 s. (in Russian).
18. Furmanenko O.S (1991). Cleaning and sanitation of populated cities. [Prybyrannia ta sanitarne ochyshchennia naselenykh mist]. K.: Budivelnyk. 145 s. (in Ukrainian).
19. Shylova T.O. City utilities. [Miske komunalne hospodarstva]. K.: KNUBA. 2006. 272 s.(in Ukrainian).
20. Shylova T.O. (2017). Urban ecology. [Urboekolohiia]. Kyiv: KNUBA. 2017. 256 s. (in Ukrainian).
21. Azadi S., Karimi–Jashni A. (2016). Verifying the performance of artificial neural network and multiple linear regression in predicting the mean seasonal municipal solid waste generation rate: A case study of Fars province, Iran. Waste Management. №48, 14–23. doi:10.1016/j.wasman.2015.09.034.(in English).
22. Azadi S., Karimi–Jashni A. (2016). Verifying the performance of artificial neural network and multiple linear regression in predicting the mean seasonal municipal solid waste generation rate: A case study of Fars province, Iran. Waste Management. №48, 14–23. doi:10.1016/j.wasman.2015.09.034. (in English).
23. Chang N.–B., Lin Y.T.(1997). An analysis of recycling impacts on solid waste generation by time series intervention modeling. Resources, Conservation and Recycling.. №19. S. 165–186. doi:10.1016/S0921–3449(96)01187–1.(in English).
24. Denafas G., Ruzgas T., Martuzevic̆ius D., Shmarin S., Hoffmann M., Mykhaylenko V., Ogorodnik S., Romanov M., Neguliaeva E., Chusov A., Turkadze T., Bochoidze I., Ludwig C.(2014). Seasonal variation of municipal solid waste generation and composition in four East European cities.. Resources, Conservation and Recycling. №89. S.22–30. doi:10.1016/j.resconrec.2014.06.001(in English).
25. Kumar A., Samadder S.R. (2017). An empirical model for prediction of household solid waste generation rate – A case study of Dhanbad, India. Waste Managment. 2017. №68. S. 3–15. doi:10.1016/j.wasman.2017.07.034. (in English).
26. Noori R., Karbassi A., Salman Sabahi M.(2010). Evaluation of PCA and Gamma test techniques on ANN operation for weekly solid waste prediction. Journal of Environmental Management. №91 (3). S. 767–771. doi:10.1016/j.jenvman.2009.10.007. (in English).

27. Oribe–Garcia I. (2015). Identification of influencing municipal characteristics regarding household waste generation and their forecasting ability in Biscay. *Waste Management*. №39. S. 26–34. doi:10.1016/j.wasman.2015.02.017(in English).

28. Owusu–Sekyere E., Harris E., Bonyah E. (2013). Forecasting and planning for solid waste generation in the Kumasi metropolitan area of Ghana: An ARIMA time series approach. *International Journal of Sciences*. № 2. S.69–83. (in English).

Аннотация

Яворовская Ольга Васильевна, Винницкий национальный технический университет, г. Винница.

Особенности прогнозирования морфологического состава муниципальных отходов при разработке схемы санитарной очистки населенных пунктов.

В статье определена зависимость морфологического состава муниципальных отходов от ряда факторов: факторов сезонности, внешнего воздействия, социально-поведенческих факторов, потребительского поведения и собственных предпочтений, условий проживания и организационных факторов. Предложена модель прогнозирования морфологического состава муниципальных отходов. Разработанная модель прогнозирования базируется на основе метода построения искусственной нейронной сети. Она позволяет проанализировать соотношение фракций муниципальных отходов, которые продуцируются в том или ином домохозяйстве. Практическая реализация разработки прогнозирования морфологического состава ТБО выполнена на примере г. Винница.

Ключевые слова: схема санитарной очистки населенного пункта; морфологический состав; муниципальные твердые бытовые отходы.

Annotation

Olha Yavorovska, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Forecasting the morphological composition of municipal waste in the design the city sanitary scheme.

The article substantiates the importance of predicting the morphological composition of solid waste. For the forecasting study, initial data were collected by surveying the residents of Vinnytsia. This study made it possible to predict the impact on the morphological composition of MSW of a number of factors: seasonality factors, external influences, socio-behavioral factors, consumer behavior and personal preferences, living conditions, organizational factors. A correlation was found between the factors and the target variables of forecasting allows to predict the

change in the morphological composition of municipal solid waste depending on the socio-domestic changes in the lives of urban citizens.

A model for predicting the morphological composition of municipal solid waste was proposed. This prediction model is based on the artificial neural network method. It makes it possible to analyze the ratio of fractions of municipal solid waste produced in a particular household. The choice of an artificial neural network is due to its ability to predict several indicators. The fractions that were predicted are glass, paper and cardboard, plastic of various markings, the fraction of combined packaging, metal and the fraction of non-recyclable waste.

The practical implementation of forecasting the morphological composition of solid waste is performed on the example of Vinnytsia. Based on the information obtained by predicting the morphological composition of solid waste, the prospects for the formation of different fractions of solid waste in the city are practically calculated.

Developed forecasting can be an effective tool for management decisions on the location of sanitation facilities, by estimating data on the volumes of different fractions produced in different areas.

Key words: Scheme of sanitary sanitary facilities; morphological composition; municipal solid waste.