

## **ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВИКИДАМИ ПІДПРИЄМСТВ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

**В.В.Демчук**

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 506610,  
e-mail: z e t k a d @ n u n g . e d u . u a*

*Розглянуто методику зонування міської території за одним із найважливіших чинників, що впливає на екологічну цінність земельних ділянок — рівнем забруднення ґрунтів важкими металами. Для цього застосовується метод прийняття рішень у разі нечіткого відношення переваги на множині альтернатив (теорія нечіткої логіки).*

Ключові слова: зонування, забруднення, ґрунти, теорія нечітких множин, вага.

*Рассматривается методика зонирования городской территории по одному из самых важных показателей экологической ценности земельных участков — уровню загрязнения почвы тяжелыми металлами. Использован метод принятия решений в случае нечеткого отношения превосходства на множестве альтернатив (теория нечеткой логики).*

Ключевые слова: зонирование, загрязнение, почва, теория нечетких множеств, весомость.

*The methods of zoning of town territory are examined on one of the most important indexes of ecological value of lot lands — on the level of contamination of soil heavy metals. For the decision of task the method of making decision is used in the case of unclear relation of superiority on the great number of alternatives (theory of fuzzy logic).*

Keywords: zoning, contamination, soils, theory of fuzzy sets, weight.

**Постановка проблеми, актуальність та доцільність досліджень.** Останнім часом в Україні виникає потреба в пошуку нових, досконаліших методів регулювання міських земельних відносин. Світовий досвід свідчить, що одним із найкращих способів управління міськими територіями є складання проектів зонування, які б забезпечували юридичну однозначність і чіткість використання земельних ділянок [1].

При зонуванні міської території враховується значна кількість чинників — доступність, привабливість мікрорайонів, демографічний стан, транспортне й інженерно-технічне забезпечення та інші. Проте, одним із найважливіших чинників сучасного міста є екологічний стан довкілля, зокрема якість міських земель.

Оцінка екологічного стану території окремих ділянок міста здійснюється на основі визначення концентрації (інтенсивності дії) того чи іншого забруднювача в навколишньому середовищі і відображає екологічну якість території. Основними показниками, що впливають на екологічну якість території, є рівень забруднення повітря, акустичне, електромагнітне та радіаційне забруднення території, забруднення води та ґрунту.

Підприємства нафтогазового комплексу за рівнем шкідливого впливу на природне середовище вважають об'єктами підвищеного екологічного ризику. Вони є потенційними джерелами забруднення довкілля, що може трапитися у разі порушення технологічних режимів роботи устаткування чи аварійної ситуації. Деякі об'єкти забруднюють довкілля і за нормальних умов роботи, що зумовлено технологічними процесами. Зазначимо, що наслідки цього

впливу відчуються впродовж наступних кількох років.

Ґрунти в системі геосфер є однією з земних оболонок — педосферою і виконують ряд глобальних функцій, що мають безпосереднє соціально-екологічне значення при формуванні середовища проживання людини [2]. Виділимо найважливіші з них:

- функція забезпечення: забезпечення життя на Землі і постійної взаємодії великого геологічного та малого біологічного кругообігів речовини на земній поверхні;

- регульовальна функція: регулювання складу атмосфери і гідросфери та інтенсивності біосферних процесів;

- нагромадження на поверхні органічної речовини — гумусу;

- захисна функція: захист літосфери від інтенсивної дії екзогенних чинників, тобто від руйнування і змивання в моря та океани;

- соціоекологічна функція.

Проблема збереження ґрунтів і завдання раціонального їх використання має багато різних аспектів і потребує зусиль спеціалістів багатьох напрямів.

Для Івано-Франківської області вкрай актуальною є проблема забруднення ґрунтів викидами підприємств нафтогазової промисловості: наприклад, АЗС "Нафтотранссервіс" за один рік викидає близько 1 тонни шкідливих речовин — оксидів азоту, окису вуглецю, сірчистого ангідриду, парів бензину, важких металів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, присвячених розв'язанню даної проблеми.** В [4] описано методику екологічних досліджень міської території, зокрема ґрунтового

покриву. У цій роботі основна увага зосереджена на аналізі сумарних коефіцієнтів комплексного забруднення, які вказують на сукупне забруднення в 248 точках спостереження. Створено відповідні бази даних, які включають 12 компонентів-забруднювачів. Величини цих забруднювачів визначені кафедрою екології ІФНТУНГ під керівництвом професора Адаменка О.М.

**Постановка завдання.** Вирішимо завдання зонування міських земель за рівнем забруднення ґрунтів важкими металами методом прийняття рішень у разі нечіткого відношення переваги на множині альтернатив (теорія нечіткої логіки) [3].

**Виклад основного матеріалу.** Для виділення найчистіших і найзабрудненіших зон скористаємося одним із методів теорії нечітких множин, а саме методом впорядкування об'єктів згідно з набором ознак. В основі цього методу лежать такі міркування [3].

Нехай  $n$  – кількість існуючих об'єктів  $A_1, \dots, A_n$ , а  $w = (w_1, \dots, w_n)$  – вектор відносних ваг цих об'єктів, причому  $\sum w_i = 1$ . Якщо вважати, що результати попарного порівняння об'єктів за вагами описуються відношенням ваг цих об'єктів, то результати такого попарного порівняння об'єктів можна подати у формі квадратної матриці порядку  $n$ :

$$\begin{matrix}
 & A_1 & A_2 & \dots & A_n \\
 A_1 & \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\
 A_2 & \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 A_n & \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n}
 \end{matrix} \quad (1)$$

Ця матриця володіє властивістю

$$Aw = nw, \quad (2)$$

або

$$(A - nI)w = 0, \quad (3)$$

де:  $I$  – одинична матриця, а  $w$  – вектор відносних ваг об'єктів, що розглядаються.

Елементи  $a_{ij}$  матриці  $A$  володіють такими властивостями:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, \quad (4)$$

$$a_{ij} * a_{jk} = a_{ik}. \quad (5)$$

Нехай вектор ваг невідомий, а відома лише матриця  $A$ . Тоді для знаходження власного вектора ваг  $w$  за матрицею  $A$  достатньо розв'язати рівняння (3). Оскільки ранг матриці  $A$  дорівнює 1, то  $n$  – єдине власне число цієї матриці, отже рівняння (3) має ненульовий розв'язок і є шуканим вектором відносних ваг об'єктів. Застосуємо описану методику для

розв'язання сформульованої задачі. Задана множина альтернатив – 16 районів міста. При виділенні окремих зон керувалися межами існуючих мікрорайонів, а також лінією залізниці, автомагістралями і річками.

В кожній із зон взято різну кількість проб ґрунту, вміст важких металів у яких також неоднаковий (табл. 1). Саме через різну кількість відібраних у кожній зоні проб виникає необхідність залучити апарат теорії нечітких множин: треба приймати рішення в разі нечіткого відношення переваги на множині альтернатив.

**Таблиця 1 – Характеристика зон за забрудненням ґрунту**

Номер зони	Кількість проб	Середнє значення забруднення ґрунту, мг/кг
1	7	5.730
2	8	6.463
3	14	3.225
4	16	10.278
5	8	7.043
6	9	5.581
7	8	8.984
8	13	9.475
9	16	7.862
10	14	6.187
11	14	8.881
12	12	4.053
13	7	8.181
14	6	7.321
15	10	9.933
16	7	4.928

Згідно з даними таблиці 1, найзабрудненіші ґрунти 4 і 8 зон, а відносно чисті ґрунти – в 3 і 12 зонах. Перевіримо, чи це дійсно так, зонуючи територію з використанням методів нечіткої логіки. Складаємо матрицю відношень ваг ознак (табл. 2).

Знаходимо нормований власний вектор цієї матриці, що відповідає максимальному власному числу, шляхом розв'язання задачі (3). В результаті отримуємо власні ваги кожної зони:

$$w_0 = [0.20, 0.15, 0.37, 0.31, 0.16, 0.17, 0.15, 0.25, 0.31, 0.37, 0.37, 0.23, 0.20, 0.12, 0.19, 0.20].$$

Складаємо матрицю відношень ваг забруднень (табл. 3).

Визначаємо нормований власний вектор матриці відношень ваг забруднень:

$$w_{0(забр)} = [0.03, 0.04, 0.02, 0.06, 0.99, 0.03, 0.05, 0.05, 0.04, 0.03, 0.05, 0.02, 0.04, 0.04, 0.05, 0.03].$$

Щоб одержати розв'язок сформульованої задачі, тобто визначити найзабрудненішу зону, слід побудувати зважену суму заданих функцій мети із заданими коефіцієнтами важливості і вибрати ту альтернативу, якій відповідає най-

**Таблиця 2 – Матриця відношень ваг ознак (за кількістю проб)**

1	0.875	0.5	0.438	0.875	0.778	0.875	0.538	0.438	0.5	0.5	0.583	1	1.167	0.7	1
1.143	1	0.571	0.5	1	0.889	1	0.615	0.5	0.571	0.571	0.667	1.143	1.333	0.8	1.143
2	1.75	1	0.875	1.75	1.556	1.75	1.077	0.875	1	1	9.5	2	2.333	1.4	2
2.286	2	1.143	1	2	1.778	2	1.231	1	1.143	1.143	1.333	2.286	2.667	1.6	2.286
1.143	1	0.571	0.5	1	0.889	1	0.615	0.5	0.571	0.571	0.667	1.143	1.333	0.8	1.143
1.286	1.125	0.643	0.563	1.125	1	1.125	0.692	0.563	0.643	0.643	0.75	1.286	1.5	0.9	1.286
1.143	1	0.571	0.5	1	0.889	1	0.615	0.5	0.571	0.571	0.667	1.143	1.333	0.8	1.143
1.857	1.625	0.929	0.813	1.625	1.444	1.625	1	0.813	0.929	0.929	1.083	1.857	2.167	1.3	1.857
2.286	2	1.143	1	2	1.778	2	1.231	1	1.143	1.143	1.333	2.286	2.667	1.6	2.286
2	1.75	1	0.875	1.75	1.556	1.75	1.077	0.875	1	1	9.5	2	2.333	1.4	2
2	1.75	1	0.875	1.75	1.556	1.75	1.077	0.875	1	1	9.5	2	2.333	1.4	2
1.714	1.5	0.857	0.75	1.5	1.333	1.5	0.923	0.75	0.857	0.857	1	1.714	2	1.2	1.714
7	0.875	0.5	0.438	0.875	0.778	0.875	0.538	0.438	0.5	0.5	0.583	1	1.167	0.7	1
0.857	0.75	0.429	0.375	0.75	0.667	0.75	0.462	0.375	0.429	0.429	0.5	0.857	1	0.6	0.857
1.429	1.25	0.714	0.625	1.25	1.111	1.25	0.769	0.625	0.714	0.714	0.833	1.429	1.667	1	1.429
7	0.875	0.5	0.438	0.875	0.778	0.875	0.538	0.438	0.5	0.5	0.583	1	1.167	0.7	1

**Таблиця 3 – Матриця відношень ваг забруднень**

1	0.887	1.777	0.558	0.814	1.027	0.638	0.605	0.729	0.926	0.645	1.414	0.7	0.783	0.577	1.163
1.128	1	2.004	0.629	0.918	1.158	0.719	0.682	0.822	1.045	0.728	1.595	0.79	0.883	0.651	1.311
0.563	0.499	1	0.314	0.458	0.578	0.359	0.34	0.41	0.521	0.363	0.796	0.394	0.441	0.325	0.654
1.794	1.59	3.187	1	1.459	1.842	1.144	1.085	1.307	1.661	1.157	2.536	1.256	1.404	1.035	2.086
1.229	1.09	2.184	0.685	1	1.262	0.784	0.743	0.896	1.138	0.793	1.738	0.861	0.962	0.709	1.429
0.974	0.864	1.731	0.543	0.792	1	0.621	0.589	0.71	0.902	0.628	1.377	0.682	0.762	0.562	1.133
1.568	1.39	2.786	0.874	1.276	1.61	1	0.948	1.143	1.452	1.012	2.217	1.098	1.227	0.904	1.823
1.654	1.466	2.938	0.922	1.345	1.698	1.055	1	1.205	1.531	1.067	2.338	1.158	1.294	0.954	1.923
1.372	1.216	2.438	0.765	1.116	1.409	0.875	0.83	1	1.271	0.885	1.94	0.961	1.074	0.792	1.595
1.08	0.957	1.918	0.602	0.878	1.109	0.689	0.653	0.787	1	0.697	1.527	0.756	0.845	0.623	1.255
1.55	1.374	2.754	0.864	1.261	1.591	0.989	0.937	1.13	1.435	1	2.191	1.086	1.213	0.894	1.802
0.707	0.627	3.225	0.394	0.575	0.726	0.451	0.428	0.516	0.655	0.456	1	0.495	0.554	0.408	0.822
1.428	1.266	2.537	0.796	1.162	1.466	0.911	0.863	1.041	1.322	0.921	2.019	1	1.117	0.824	1.66
1.278	1.133	2.27	0.712	1.039	1.312	0.815	0.773	0.931	1.183	0.824	1.806	0.895	1	0.737	1.486
1.734	1.537	3.08	0.966	1.41	1.78	1.106	1.048	1.263	1.605	1.118	2.451	1.214	1.357	1	2.016
0.86	0.762	1.528	0.479	0.7	0.883	0.549	0.52	0.627	0.797	0.555	1.216	0.602	0.673	0.496	1

**Таблиця 4 – Значення власних ваг у зонах міста**

1	2	3	4	5	6	7	8
0.006	0.006	0.007	0.019	0.158	0.005	0.008	0.013
9	10	11	12	13	14	15	16
0.012	0.011	0.019	0.005	0.008	0.005	0.010	0.006

більше значення побудованого вектора. В результаті отримаємо такі значення власних ваг у кожній зоні (табл. 4).

Найбільшу вагу має зона 5, а найменшу – 6 і 12. Тобто, можна сказати, що простий аналіз забруднень дає не зовсім точні результати, оскільки не враховує багатьох чинників, найважливішим із яких можна назвати кількість взятих в оціночній зоні проб.

**Висновки.** З результатів бачимо, що найчистішим є район парку ім. Т.Г.Шевченка, а

найзабрудненішою – територія вокзалу, що підтверджує правильність описаного методу оцінки.

Звичайно, для реальної оцінки ситуації в місті необхідно володіти найновішими даними про забруднення і виділяти більше оціночних зон. Проте описаний метод дає змогу об'єктивно, швидко і математично точно оцінити ситуацію в населеному пункті.

У подальших дослідженнях планується виконувати екологічне зонування території населеного пункту методами нечіткої логіки за рівнем забруднення водойм, повітря, захворюваністю населення.

**Література**

- 1 Кахнич П.Ф. Організаційно-правові аспекти управління територіями населених пунктів та приміських зон / П.Ф.Кахнич, Л.В.Корнілов, П.Г. Черняга // Землевпорядний вісник. – 2003. – №1. – С.28-31
- 2 Ковальчук П.І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища: навчальний посібник / Ковальчук П. І. – К.: Либідь, 2003. – 208 с.
- 3 Сявавко М.С. Математичне моделювання за умов невизначеності / М.С. Сявавко, О.М. Рибіцька. – Львів: Українські технології, 2000. – 319 с.
- 4 Екологія міста Івано-Франківська / [О.М.Адаменко, Є.І.Крижанівський, Є.М.Нейко та ін.]; під ред. О.М.Адаменка. – Івано-Франківськ: Сіверсія МВ, 2004. – 200 с.
- 5 Демчук В.В. Зонування території населеного пункту за рівнем забруднення ґрунтів викидами підприємств нафтогазової промисловості (на прикладі міста Івано-Франківська) // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2009. – №1. – С.41-44.

*Стаття поступила в редакційну колегію  
16.03.10  
Рекомендована до друку професором  
Р.М.Рудим*