

## ЗОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ ЗА РІВНЕМ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВИКИДАМИ ПІДПРИЄМСТВ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ (НА ПРИКЛАДІ МІСТА ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА)

В.В.Демчук

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

*Розглянуто екологічні фактори, зокрема забруднення міських ґрунтів, що впливає на привабливість окремих земельних ділянок. Пропонується вирішення проблеми зонування міських територій методами нечіткої логіки. Визначення найчистішої зони міста виконується методом впорядкування об'єктів згідно з набором характеристик.*

*Рассматриваются экологические факторы, в частности загрязнение городской почвы, влияющие на привлекательность отдельных земельных участков. Предлагается решение проблемы зонирования городских территорий методами нечеткой логики. Определение самой чистой зоны города проводится способом упорядочения объектов в соответствии с набором характеристик.*

*The ecological factors, in particular pollution of urban ground, which influence appeal of the separate ground areas, are considered. The decision of a zoning problem of urban territories by methods of indistinct logic is offered. The definition of the optimal zone of city will be carried out by a way of ordering of objects according to a set of the characteristics.*

**Постановка проблеми, актуальність та доцільність досліджень.** Проблема вичерпання природних ресурсів з кожним роком стає все актуальнішою. Споживацьке суспільство забирає від природи все цінне, не задумуючись про відтворення навколишнього природного середовища. В сучасному населеному пункті все більшого значення набуває проблема охорони земель, тобто запобігання необґрунтованому вилученню земель сільськогосподарського і лісогосподарського призначення та захисту ґрунтів. Для міста забруднення ґрунту є не менш важливим чинником екологічної якості території поряд із забрудненням повітря, води, акустичним, електромагнітним та радіаційним забрудненням.

Сучасні теорії розглядають ґрунти як напівпроникну земну оболонку, здатну вибірково поглинати, відображати чи пропускати і трансформувати енергетичні та матеріальні потоки між внутрішніми та зовнішніми оболонками землі. Ґрунти є механізмом, що регулює взаємодію між геосферами, а також між живими організмами, літосферою, гідросферою та атмосферою.

Завдяки ґрунтам як найважливішим компонентам біогеоценозів, здійснюється екологічний зв'язок живих організмів з літосферою, гідросферою та атмосферою [1]. Тому ґрунти являють собою незамінний природний ресурс і головним завданням охорони природи та довкілля людини є підтримка здатності ґрунтів до самовідновлення в процесі ґрунтоутворення.

Ґрунти міських територій піддаються шкідливим впливам промисловості, зокрема викидами канцерогенних речовин [2]. Змінюється мікроелементний склад ґрунту. В результаті кругообігу води в природі шкідливі речовини

ґрунтів змиваються природними опадами, потрапляють в річки, озера, інші водойми, поглинаються рослинами, потрапляють в організм людини, що призводить до захворювань. Що стосується міста Івано-Франківська, то найбільший рівень забруднення ґрунтів хімічними елементами відмічається в зонах впливу основних виробництв – чавунно-ливарного цеху, вантажного двору, залізничної станції, арматурного заводу, м'ясокомбінату, хімзаводу, фірми "Барва", нафтобази, закритого міського звалища. Проте, якщо порівняти викиди шкідливих речовин різних промислових підприємств міста, що забруднюють ґрунти, то найбільш небезпечними є підприємства нафтової галузі, зокрема, "Івано-Франківськ нафтопродукт". Для порівняння: обсяг викидів шкідливих речовин за 2000 рік цим підприємством склав 65.619 тонн [1], а заводом "Полімер" – 5,904 тонни.

Для виділення зон найбільшого та найменшого забруднення ґрунту на території населеного пункту застосовуємо методи ГІС і теорію нечітких множин.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, присвячених розв'язанню даної проблеми.** Велику роботу з дослідження вмісту важких металів у ґрунтах міста було виконано кафедрою екології ІФНТУНГ під керівництвом професора Адаменка О.М. У процесі дослідження проведено хімічний аналіз відібраних проб ґрунту. Одержані середні дані мікроелементного складу ґрунтів порівнювалися зі значеннями середніх концентрацій мікроелементів у ґрунтах Прикарпаття [1].

Роль ґрунтів як компонентів навколишнього середовища та основи нормування якості ґрунтів описані в [2]. Проблеми охорони міських

**Таблиця 1 – Вихідні дані екологічного дослідження ґрунту (оціночна матриця)**

№ району	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Коефіцієнт	1,704	6,35	4,742	2,439	18,4	6,398	4,981	4,789	11,15
№ району	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Коефіцієнт	7,0840	7,4440	10,1560	7,8520	4,7890	4,7890	6,7990	2,4650	5,2110

**Таблиця 2 – Характеристична матриця забруднення ґрунтів**

1,000	0,268	0,359	0,699	0,093	0,266	0,342	0,356	0,153	0,241	0,229	0,168	0,217	0,356	0,356	0,251	0,691	0,327
3,727	1,000	1,339	2,604	0,345	0,992	1,275	1,326	0,570	0,896	0,853	0,625	0,809	1,326	1,326	0,934	2,576	1,219
2,783	0,747	1,000	1,944	0,258	0,741	0,952	0,990	0,425	0,669	0,637	0,467	0,604	0,990	0,990	0,697	1,924	0,910
1,431	0,384	0,514	1,000	0,133	0,381	0,490	0,509	0,219	0,344	0,328	0,240	0,311	0,509	0,509	0,359	0,989	0,468
10,797	2,897	3,880	7,543	1,000	2,876	3,694	3,842	1,650	2,597	2,472	1,812	2,343	3,842	3,842	2,706	7,464	3,531
3,755	1,008	1,349	2,623	0,348	1,000	1,284	1,336	0,574	0,903	0,859	0,630	0,815	1,336	1,336	0,941	2,596	1,228
2,923	0,784	1,050	2,042	0,271	0,779	1,000	1,040	0,447	0,703	0,669	0,490	0,634	1,040	1,040	0,733	2,021	0,956
2,810	0,754	1,010	1,964	0,260	0,749	0,961	1,000	0,430	0,676	0,643	0,472	0,610	1,000	1,000	0,704	1,943	0,919
6,542	1,756	2,351	4,571	0,606	1,742	2,238	2,328	1,000	1,574	1,498	1,098	1,420	2,328	2,328	1,640	4,523	2,139
4,157	1,116	1,494	2,904	0,385	1,107	1,422	1,479	0,635	1,000	0,952	0,698	0,902	1,479	1,479	1,042	2,874	1,359
4,369	1,172	1,570	3,052	0,405	1,163	1,494	1,554	0,668	1,051	1,000	0,733	0,948	1,554	1,554	1,095	3,020	1,429
5,962	1,600	2,143	4,166	0,552	1,588	2,040	2,122	0,911	1,434	1,365	1,000	1,294	2,122	2,122	1,494	4,122	1,950
4,608	1,237	1,656	3,219	0,427	1,227	1,576	1,640	0,704	1,108	1,055	0,773	1,000	1,640	1,640	1,155	3,185	1,507
2,810	0,754	1,010	1,964	0,260	0,749	0,961	1,000	0,430	0,676	0,643	0,472	0,610	1,000	1,000	0,704	1,943	0,919
2,810	0,754	1,010	1,964	0,260	0,749	0,961	1,000	0,430	0,676	0,643	0,472	0,610	1,000	1,000	0,704	1,943	0,919
3,990	1,071	1,434	2,788	0,370	1,063	1,365	1,420	0,610	0,960	0,913	0,669	0,866	1,420	1,420	1,000	2,758	1,305
1,447	0,388	0,520	1,011	0,134	0,385	0,495	0,515	0,221	0,348	0,331	0,243	0,314	0,515	0,515	0,363	1,000	0,473
3,058	0,821	1,099	2,137	0,283	0,814	1,046	1,088	0,467	0,736	0,700	0,513	0,664	1,088	1,088	0,766	2,114	1,000

земель від забруднення розглянуто в [3] та [4]. Описана нижче методика застосовується в [5] у випадку зонування міста за відсутності домінуючих характеристик та в [6] під час оцінювання доступності окремих міських зон.

**Постановка завдання.** Метою статті є виділення на території міста зон, найбільш привабливих з точки зору екологічної безпеки, зокрема за відомостями про забруднення ґрунтів хімічними елементами. Є підстави розв'язувати дану задачу методами нечіткої логіки [7].

**Виклад основного матеріалу.** У ході математичного моделювання складної системи з метою уникнення надмірного ускладнення моделі, достатньо велику кількість реальних чинників нехтують. У модель вводять обмежену кількість чинників, які вважаються найбільш суттєвими. Тут можливі два підходи. Не враховані в описі моделі чинники вважати абсолютно несуттєвими і повністю ними нехтувати, приймаючи рішення на основі використання цієї моделі. З іншого боку, можна не вводити в математичну модель “несуттєві чинники”, але врахувати їх вплив, припустивши, що вплив моделі на ту чи іншу дію (вибір альтернативи) може бути відомим лише наближено, нечітко.

Слід зауважити, що математичні методи теорії нечітких множин абсолютно відрізняються від методів теорії ймовірностей. Вони здебільшого є простішими внаслідок того, що поняттю ймовірнісної міри в теорії нечітких множин відповідає простіше поняття функції належності. Крім того, в теорії нечітких множин замість арифметичних операцій  $a+b$  і  $a*b$ , де  $a$  і  $b$  – дійсні числа, часто використовуються, відповідно, простіші операції  $\max(a,b)$  і

$\min(a,b)$ . З цієї причини навіть у випадках, коли нечіткість у процесі прийняття рішень може бути подана ймовірнісною моделлю, зручніше працювати з нею методами теорії нечітких множин без залучення апарату теорії ймовірностей.

Щоб розглянути дану методику, виділимо 18 зон на території частини міста Івано-Франківська (рис. 1). Оціночні райони виділяються у встановлених межах населеного пункту. Вони визначаються магістралями загальноміського та районного рівня, смугою відведення залізниці, природними обмеженнями (річки, струмки, канали, рівчаки тощо), в окремих випадках - межами ділянок виробничих підприємств.

Зрозуміло, що чим більша кількість зон і чим менша їх площа, тим точніші дані ми одержимо.

Вихідними чинниками є результати проб ґрунту на вміст важких металів-забруднювачів за даними атомо-адсорбційного аналізу, що був проведений кафедрою екології ІФНТУНГ у 2001 році. Аналіз проводився за вмістом елементів Hg, Be, Cd, Co, Pb, As, Se, Cu, CrIV, Zn, Fe, Al (в мг/кг). Для складання оціночної матриці забруднення ґрунтів обчислюємо середньобарометричний коефіцієнт забруднення по кожній зоні (таблиця 1).

За даними таблиці 1 складемо характеристичну матрицю (таблиця 2).

Згідно з [8], кожна матриця має щонайменше один дійсний чи комплексний власний вектор. Характеристичне рівняння матриці має вигляд:

$$\lambda^n - \sigma_1 \lambda^{n-1} + \sigma_2 \lambda^{n-2} - \dots + (-1)^{n-1} \sigma_{n-1} \lambda + (-1)^n \sigma_n = 0.$$

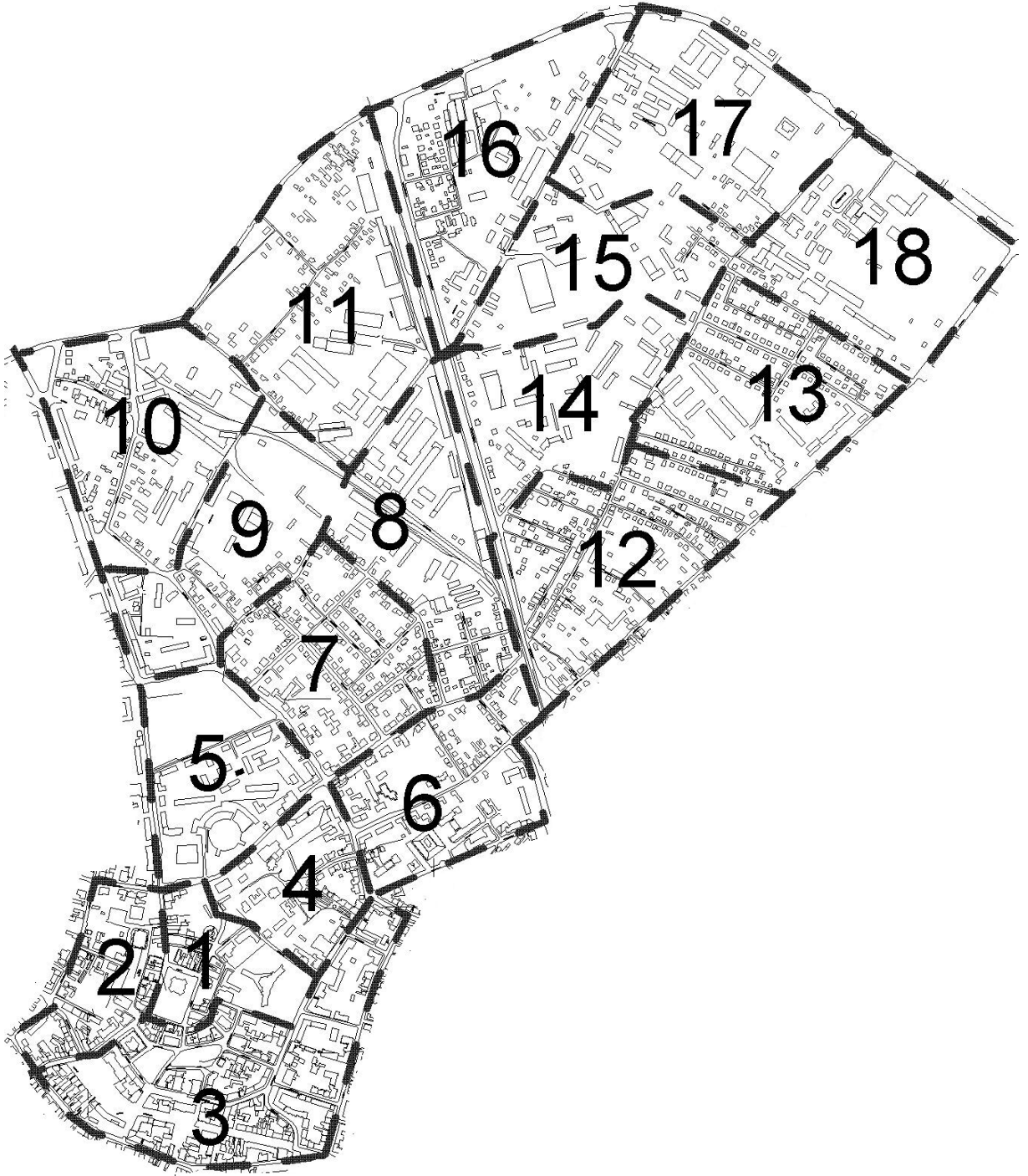


Рисунок 1 — Цифрова карта робочого фрагменту міста Івано-Франківська

У цьому рівнянні коефіцієнт  
 $\sigma_1 = \sum a_i = SpA$  —  
слід матриці А. (2)

Коефіцієнт  $\sigma_2$  — сума всіх діагональних  
мінорів другого порядку матриці А.  
 $\sigma_n = \det A$ . (3)

Нехай  $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_m$  — різні корені рівняння  
(1).

Візьмемо якийсь з них  $\lambda = \lambda_j$  і підставимо  
в матрицю. Одержимо:

$$\begin{aligned}(a_{11} - \lambda_j)x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &= 0 \\ a_{12}x_1 + (a_{22} - \lambda_j)x_2 + \dots + a_{2n}x_n &= 0 \\ \dots\dots\dots & \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + (a_{nn} - \lambda_j)x_n &= 0.\end{aligned}$$

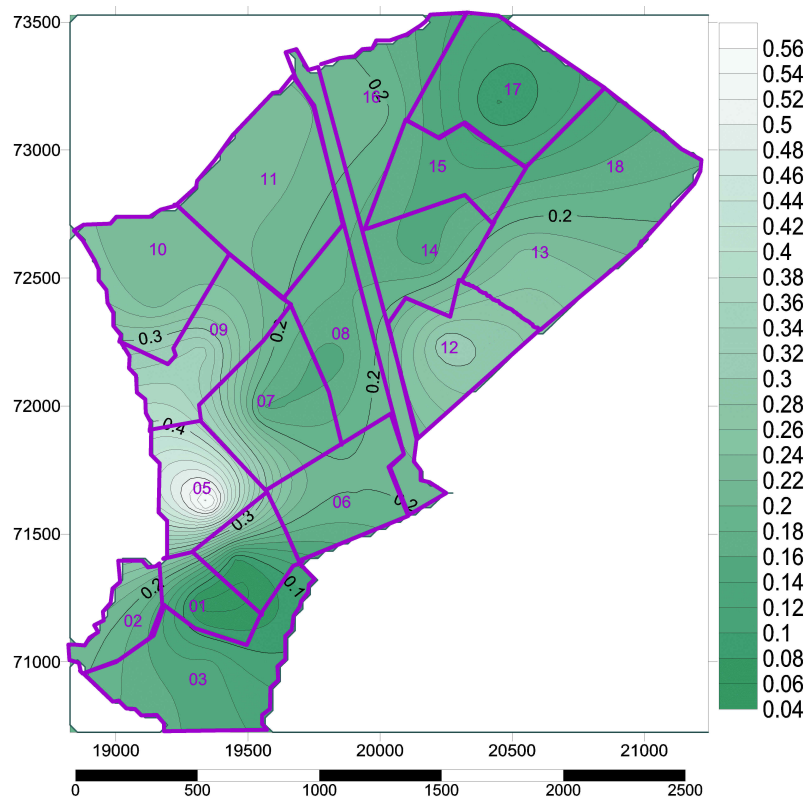
(4)

Визначник системи  $\det(A - \lambda_j E) = 0$ . Рішення цієї системи і є власними векторами матриці А. Обчислимо власний вектор матриці за допомогою програмного комплексу MathCAD Professional 2000. Результати – в таблиці 3.

За даними таблиці 3 створимо карту екологічного стану ґрунтів (рис. 2).

**Таблиця 3 – Вагові коефіцієнти екологічного стану ґрунтів**

№ району	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ваги	0,9466	0,8011	0,8515	0,9236	0,4036	0,7996	0,8440	0,8500	0,6507
№ району	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Ваги	0,7781	0,7668	0,6817	0,7540	0,8500	0,8500	0,7870	0,9228	0,8368



**Рисунок 2 – Карта екологічного стану ґрунтів частини міста Івано-Франківська**

**Висновки.** Карта ізолій ваг екологічної ситуації є досить неоднорідною. Розглянувши рисунок 2, можемо зробити висновок, що найменш забрудненою зоною є ділянка міста в районі парку, чого й слід було очікувати, а, отже, підтверджено дієвість описаної методики. Картою можна користуватися для планування подальшого використання земельних ділянок міста.

Описану задачу можна вирішити й іншими методами нечіткої логіки, зокрема, методом раціонального вибору альтернатив з врахуванням набору ознак.

### *Література*

1 Екологія міста Івано-Франківська / [Адаменко О.М., Крижанівський Є.І., Нейко Є.М. і ін.]; під ред. О.М.Адаменка. – Івано-Франківськ: Сіверсія МВ, 2004. – 200 с.  
 2 Сухарев С.М. Основи екології та охорони довкілля. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / С.М. Сухарев, С.Ю. Чундак, О.Ю. Сухарева. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 394 с.  
 3 Степанчук О.В. Проблеми охорони міських земель від забруднення / Степанчук О. В. // Землепорядний вісник. Науково-виробничий журнал. – 2001. – №4 – С. 78 – 81.

4 Ковальчук П.І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища: Навчальний посібник / Ковальчук П. І. – К.: Либідь, 2003. – 208 с.

5 Рудий М.Р. Зонування міської території за умов невизначеності та відсутності домінуючих характеристик / М.Р. Рудий // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Збірник наукових праць Західного Геодезичного Товариства. – Львів, 2003. – С.158 –163.

6 Демчук В.В. Визначення доступності районів міста Івано-Франківська відносно його вокзалу / В.В. Демчук // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Збірник наукових праць Західного Геодезичного Товариства. – Львів, 2004. – С. 244-248.

7 Сявавко М.С. Математичне моделювання за умов невизначеності / М.С. Сявавко, О.М. Рибіцька. – Львів: Українські технології, 2000 – 319 с.

8 Демидович Б.П. Основы вычислительной математики : учебное пособие [для студ. высш. учеб. заведений] / Б.П. Демидович, И.А. Марон. – М.: Наука, 1970 – 664 с.

*Стаття постуила в редакційну колегію  
 06.02.09  
 Рекомендована до друку професором  
 О. М. Адаменком*