

## ПРОЦЕДУРИ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ “РОЗУМНОСТІ” МІСТА

Наталія Кунанець<sup>1</sup>, Олександр Мацюк<sup>2</sup>, Володимир Пасічник<sup>3</sup>, Данило Табачишин<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> Національний університет “Львівська політехніка”,

<sup>2</sup> Тернопільський національний технічний університет ім. Пулюя

<sup>1</sup> nek.lviv@gmail.com, ORCID 0000-0003-3007-2462,

<sup>2</sup> oleksandr.matsiuk@gmail.com, ORCID 0000-0003-0204-3971

<sup>3</sup> vpasichnyk@gmail.com, ORCID 0000-0001-9434-563X

<sup>4</sup> tabachyshyn.danylo@gmail.com, ORCID 0000-0001-5211-8690

© Кунанець Н., Мацюк О., В Пасічник., Табачишин Д., 2020

Екологічна проблема в сучасному світі є чи не найактуальнішою. Проблеми глобального потепління, забруднення навколишнього середовища, знищення природи – ці та інші теми звучать як у засобах масової інформації, так і наукових дискусіях мало не щодня.

Основними чинниками негативного впливу на екологію планети є міста та великі підприємства. У містах сьогодні проживає близько  $\frac{3}{4}$  населення планети. Як великі міста, так і невеличкі містечка прагнуть набутти статусу “розумного” міста, деяким з них вдалося набутти цього статусу, і в основному це стосується великих мегаполісів. Багато міст та асоційованих регіональних груп населених пунктів, пов’язаних між собою географічно, економічно активно розпочинають рух в цьому напрямку.

“Розумне” місто в одному з вимірів є містом екологічно чистим, з мінімальними негативними впливами на навколишнє середовище. Стаття присвячена аналізу та розробленню процедур щодо перетворення певного міста на екологічно чистий та розумний осередок, задіюючи при цьому групу експертів для проведення відповідних експертиз та експертного оцінювання. Відпрацювання запропонованої авторами методики виконано на прикладі екосоціополісу Трускавець.

**Ключові слова:** екологія, розумні міста, оцінювання розумних міст, експертні групи.

### Вступ

Сьогодні багато ініціатив, спрямованих на аналіз процесів заснування, методів розгортання та результатів втілення проектів Smart City розглядаються в декількох напрямках. Проте, відсутні метрики формування наборів стандартизованих показників, які дозволили б повно та коректно оцінювати, формувати шкали пріоритетів, створювати механізми фінансування та впровадження, розгорнути ефективні інструменти управління та втілення таких проектів.

При проведенні змін та трансформацій міста з метою набуття ним статусу “розумного”, необхідно оцінити актуальний стан міста та ступінь його відповідності цьому статусу. Таке оцінювання зазвичай проводить група досвідчених фахівців – експертів, рівень фаховості та авторитетності дає змогу надалі використати їхні висновки.

Для успішного фахового оцінювання стану міста необхідно систематизувати та унормувати процеси оцінювання. Доцільно виділити галузі, за якими оцінюють, водночас окремі галузі можна поділити, своєю чергою, на підгалузі. З метою спрощення процесу оцінювання для кожної галузі слід сформувати комплекс критеріїв, за якими реалізовуватиметься процедура оцінювання. Процес визначення рівня “розумності” міста містить низку послідовних процедур. До набору критеріїв відбирають найактуальніші для дослідження міста певного регіону, з яких формують матрицю для оцінювання міста.

Класифікаційне віднесення міста до цієї чи іншої категорії здійснюють відповідно до чисельності його населення за 79 індикаторами. Оцінки категорій обчислюють відповідно до головних або додаткових стандартів життєдіяльності із такими вагами: головні індикатори – 70 %, додаткові – 30 %.

Забезпечення сталого розвитку та високого рівня якості життя у складних екосистемах міст та міських районів є чи не найважливішими чинниками їх розвитку. Адміністратори міст як складних соціокомплексів все більше усвідомлюють корисність та потребу набуття статусу “розумного міста” і активно імплементують та розвивають стратегії щодо досягнення поставленої мети набуття статусу “розумного” та формування ефективних систем керування міськими ресурсами.

Критерії оцінювання повинні мати різну вагу залежно від їх важливості в процесах набуття статусу “розумності” міст. Для оцінювання ваг показників здійснюють їхнє експертне оцінювання. У попередніх роботах автори запропонували оригінальний метод відбору членів експертної групи, визначення їх кількісного складу та процедури її формування [1–3]. Проаналізувавши публікації дослідників, які працюють в сфері оцінювання профілів та рівнів розумності міст [4, 5], було виокремлено такі шість галузей, за якими проводиться оцінювання розумності того чи іншого міста, а саме: розумна екологія, розумна економіка, якість та безпека життєдіяльності, інформаційні технології, транспортні сполучення, інноваційні технології управління. Для кожної з цих галузей було виділено основні критерії оцінювання, оскільки, це є обов'язковою передумовою досягнення високої для якості процедур оцінювання розумності міста. Для кожного з цих критеріїв необхідно визначити його відповідну “вагу” – провести ранжування критеріїв, оскільки деякі з них можуть бути більш впливовими ніж інші. Також для кожного з цих критеріїв необхідно визначити шкалу оцінювання. Адже можуть існувати такі критерії, за якими можна провести двійкове оцінювання, тобто критерій можна подати значення 1 або 0, залежно від його присутності або відсутності, в загальному оцінюванні. Якщо в даному місті за цим критерієм проводиться певне оцінювання – тоді виставляється оцінка “1”, якщо ж ні, то оцінка “0”.

Для прикладу проаналізуємо “розумність” міста за профілем “екологія”. Окремі профілі можуть бути оцінені як позитивно, так і негативно, тобто, високий показник одного профілю, підвищує загальну рейтингову оцінку “розумності” міста. Може бути і навпаки – зростання показника певного профілю, свідчить про погіршення екології та зменшенню рейтингової оцінки “розумності” міста загалом. Наприклад, чим густішими є лісові насадження в межах міста – тим вища рейтингова оцінка “розумності”, і збільшення обсягів проведення вирубки лісів – зменшує рейтингову оцінку “розумності” міст. Саме визначення характерних профілів, важливості кожного з них та обрання шкал їх оцінювання є метою даної статті, в якій аналізуються процедури оцінювання на прикладі одного з профілів яким є “екологія”.

#### **Головні чинники, які впливають на екологію міст**

Місто може вважатись “розумним” за профілем “екологія”, коли місто відповідає таким вимогам:

- промислові підприємства у місті не генерують шкідливих викидів,
- обсяги зелених насаджень в місті та навколо є значними,
- викиди CO<sub>2</sub> в атмосферу мінімальні,
- в місті реалізується політика щодо зниження рівня викидів CO<sub>2</sub> та інших парникових газів.

При цьому забезпечується раціональне та економне використання необхідних місту ресурсів, зокрема таких як: електроенергія, вода, газ, що суттєво впливають на загальний стан екології, забруднення ґрунту, повітря та водойм в місті. При оцінюванні рівня “розумності” соціополісу Трускавець виокремлювалися наступні параметри при оцінюванні його екологічного профілю:

- рівень викидів CO<sub>2</sub> в повітря від транспорту;
- рівень викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище від промислових об’єктів;
- рівень реалізації процесів сортування сміття в населених пунктах;
- наявність сміттепереробних полігонів, ліній та заводів;
- рівень глибини перероблення різнотипових смієвих відходів на відповідних підприємствах;
- рівень екологічності процесів перероблення сміття – сортування та повторне використання, проведення спалювання, що забруднює атмосферу;
- рівень та якість очищення стічних вод на великих промислових об’єктах та у місті загалом;
- рівень використання у місті відновлюваних ресурсів;
- відсутність необґрунтованих та браконьєрських вирубок дерев навколо міста;
- рівень відповідального ставлення містян щодо процесів попереднього сортування сміття та адресного розфасовування,
- заборона та адміністративна відповідальність щодо спалювання сміття, трави, листя, що наносить шкоду екології,
- рівень розвиненості екотуризму у “розумному” місті та прилеглих територіях.

Така множина параметрів визначає загалом рівень “розумності” екосоціополісу Трускавець в контексті як профілю “екологія”, так і профілю “економіка”. Для довідки: соціополіс Трускавець знаходиться в Прикарпатті та частково включений до національного природного парку Сколівські Бескиди [6]. В національному природному парку Сколівські Бескиди розгалужена мережа екостежок, туристичних піших маршрутів до таких природних об’єктів, як: водоспади Гуркало, Кам’янецький, Сопіт, Лазний; наскельне місто-фортеця “Тустань”, групи скельних масивів поблизу села Ямельниця. Зазначені об’єкти знаходяться в радіусі 15–30 км від екосоціополісу Трускавець та є цікавими для відвідування [6]. Загалом, екотуризм – як новий, вагомий та популярний напрям стрімко розвивається не тільки в Україні, а й в багатьох країнах суттєво впливає на екологію та економіку відповідних районів. Зокрема він активно розвивається в околицях села Ямельниця, осередком якого є кемпінг “Gotar”, на базі якого проводяться системні заходи щодо маркування, очищення від сміття туристичних екостежок. Такі ініціативи системно позитивно впливають на загальний екологічний стан еко-соціополісу Трускавець [7].

Оцінюючи рівень “розумності” міста за профілем “екологія”, експертна група провела дослідження загального стану території соціополісу, що дало змогу зафіксувати можливі зміни в списку параметрів, визначити їхню важливість та шкали оцінювання. У табл. 1 відображено потенційні параметри оцінювання “розумності” міста за профілем “Екологія”, а також надано шкали їхнього оцінювання та порівнювану важливість кожного з параметрів. Перед проведенням процедури оцінювання експерти повинні визначати методи аналізу екологічного профілю “розумності” міста.

“Розумні міста” в багатьох випадках рейтинують з використанням методу так званого z-перетворення, який за результатами проведеного дослідження виявився неприйнятним для формування комплексної оцінки відповідних показників. Слід зазначити, що метод z-перетворення не забезпечує достатнього рівня об’єктивності отримуваних результатів. Для оцінювання рівня “розумності” міст разом авторів було запропоновано використовувати підхід, що базується на формалізмах нечіткої логіки [8].

Метод зручніший при використанні безпосередньо експертами. Під час процедур оцінювання кожного з експертів опитують з метою визначення відповідних особистісних вагових коефіцієнтів оцінювання щодо кожного з параметрів. Зазначений метод є дієвим у випадках, коли оцінювання не

зводиться до вербального оцінювання у формі відповідей “так” або “ні”, та коли шкали вагових коефіцієнтів оцінювання визначаються на ширших числових відтинках. Зокрема експерт може надавати оцінку 5 з 10 можливих, а в інших випадках діапазону від одного до десяти може виявитися недостатньо [9]. Використання нечітких чисел є природнішим в контексті певних експертних суджень та висловлювань, так у випадку проставлення оцінки “близько 7”, ваговий коефіцієнт може бути поданий 6/7–7/8, водночас оцінку “між 6 і 7” можна подати як 6/6–7/7 [10, 11].

Таблиця 1

## Параметри критерію оцінювання “розумності” міста за профілем “екологія”

| Критерій   | Шкала оцінювання | Вага параметра |
|--|------------------|----------------|
| Рівень викидів CO <sub>2</sub> муніципальними об’єктами екосоціополісу Трускавець                  | 1:10             | 5/100          |
| Рівень викидів CO <sub>2</sub> громадським та приватним транспортом                                | 1:10             | 5/100          |
| Рівень викидів CO <sub>2</sub> промисловими підприємствами   | 1:10             | 5/100          |
| Загальний рівень викидів інших парникових газів муніципальними об’єктами екосоціополісу Трускавець | 1:10             | 5/100          |
| Загальна політика місцевої влади щодо скорочення викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище | 1:10             | 5/100          |
| Рівень очистки стічних вод, що утворюються в екосоціополісі Трускавець                             | 1:10             | 5/100          |
| Рівень очистки стічних вод від діяльності промислових підприємств                                  | 1:10             | 5/100          |
| Рівень якості водопостачання   | 1:10             | 5/100          |
| Використання екосоціополісом відновлюваних енергоресурсів  | 1:2              | 5/100          |
| Рівень економічно зваженого використання енергоресурсів  | 1:10             | 5/100          |
| Політика місцевої влади щодо використання екоресурсів  | 1:2              | 5/100          |
| Рівень забрудненості екосоціополісу ТПВ  | 1:10             | 5/100          |
| Наявність сортування ТПВ за фракціями  | 1:2              | 5/100          |
| Рівень повторного використання ТПВ   | 1:10             | 5/100          |
| Наявність сміттепереробних заводів в межах екосоціополісу  | 1:2              | 5/100          |
| Рівень свідомості громадян щодо потреби сортування сміття  | 1:10             | 5/100          |
| Рівень зелених насаджень у соціополісі та навколо нього  | 1:10             | 5/100          |
| Рівень розвитку та популяризації екотуризму в екосоціополісі                                       | 1:10             | 5/100          |
| Рівень безпеки від потенційно можливих техногенних катастроф                                       | 1:10             | 5/100          |
| Рівень нелегальної та неконтрольованої вирубки лісів   | 1:10             | 5/100          |

Експерт  $J_i$  висловлює свою думку і подає її у формі нечіткого числа

$$\bar{a}_{ij}^k = (a_{ij}^k / b_{ij}^k, \gamma_{ij}^k / \delta_{ij}^k); \quad \bar{b}_{kj} = (\varepsilon_{kj} / \varsigma_{kj}, \eta_{kj} / \theta_{kj})$$

в такому випадку середні значення визначаються:

$$\alpha_{ik} = \sum_j n = 1 \frac{\alpha_{ij}^k}{n}$$

щоб отримати

$$\bar{m}_{ik} = (\alpha_{ik} / \beta_{ik}, \gamma_{ik} / \delta_{ik}).$$

В кінцевому результаті після обчислення вагових показників оцінювання параметрів за профілем “екологія” сформовано матрицю вагових коефіцієнтів, та отримано результати, які подані нечіткими числами, які методом дефазифікації перетворено у реальне число.

Таблиця 2

**Матриця вагових коефіцієнтів**

| Критерії   | J1 |   |   |   | J2 |   |   |   | J3 |   |   |   | J4 |   |   |   | J5 |   |   |   |
|--|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|
| Рівень якості водопостачання                                 | 4  | 5 | 5 | 6 | 5  | 5 | 5 | 5 | 6  | 7 | 7 | 8 | 4  | 5 | 6 | 7 | 6  | 6 | 7 | 7 |
| Рівень повторного використання ТПВ                           | 6  | 7 | 7 | 8 | 5  | 5 | 5 | 5 | 7  | 8 | 8 | 9 | 5  | 5 | 7 | 7 | 7  | 8 | 8 | 8 |
| Рівень викидів CO <sub>2</sub> екосоціополісом Трускавець    | 8  | 8 | 9 | 9 | 6  | 7 | 8 | 9 | 6  | 6 | 7 | 7 | 7  | 7 | 8 | 9 | 6  | 6 | 6 | 6 |
| Рівень розвитку та популяризації екотуризму в екосоціополісі | 4  | 5 | 6 | 7 | 5  | 5 | 6 | 6 | 4  | 6 | 7 | 7 | 5  | 5 | 6 | 6 | 5  | 6 | 6 | 7 |

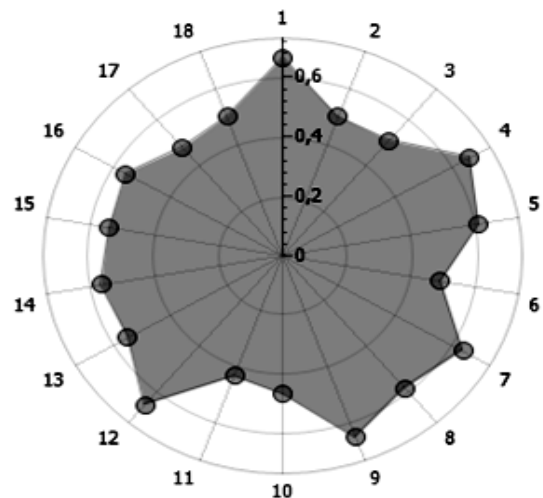
Таблиця 3

**Середні значення вагових коефіцієнтів**

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| n1j | 5   | 5.6 | 6   | 6.6 |
| n2j | 6   | 6.6 | 7   | 7.4 |
| n3j | 6.6 | 6.8 | 7.6 | 8   |
| n4j | 4.6 | 5.4 | 6.2 | 6.6 |

У цьому дослідженні використовували такий алгоритм: експерт виражає нечіткими числами свою думку щодо параметрів та проводиться ранжування вагових коефіцієнтів щодо всіх оцінюваних параметрів. Матриці параметрів та середніх значень їх оцінювання, отримані за профілем “екологія”, подано в табл. 2, а вагові коефіцієнти – відповідно у табл. 3.

Отже, подано потенційний список параметрів для оцінювання “розумності” екосоціополісу Трускавець. Цей список може бути уточнений та модифікований групою експертів після дослідження актуального стану “розумної” території, а також можуть бути змінені “ваги” кожного з параметрів та при потребі діапазони оцінювання. Також за цими параметрами можна оцінювати як екосоціополіс загалом, так і його окремі складові, йдеться про населені пункти Трускавець, Борислав, Дрогобич, Стебник та смт. Східниця, оскільки окремі значення цих параметрів для кожного з перелічених населених пунктів можуть суттєво відрізнятись. Також для кожного параметра необхідно уточнити рівень ваги кожного з них, та узгодити кожне значення в шкалі його оцінювання. Цей етап проводився експертною групою, після дослідження екологічного стану та уточнення списку параметрів. Результати оцінювання подано пелюстковою діаграмою (рисунок), в якій візуалізовано подання оцінок проблемних ситуацій якісного екологічного профілю при формуванні “розумного” соціополісу. Діаграма візуалізує, за якими саме параметрами соціополіс чи його складові наближені до статусу “розумний” за якими ще необхідно працювати та покращувати ситуацію. При оцінюванні кожного з компонентів соціополісу “Трускавець” можна визначити, який з складових населених пунктів є лідером за профілем “екологія”. За результатами проведеного дослідження були згенеровані пропозиції списку проектів для місцевої влади та громадських ініціатив для вдосконалення та розвитку екосоціополісу за профілем “екологія”.



Пелюсткова діаграма результатів оцінювання соціополісу за 18-ма параметрами

### Висновки

Проаналізовано головні чинники, які впливають на екологію міст, серед яких виокремлено такі: промислові підприємства у місті не генерують шкідливих викидів, обсяги зелених насаджень в місті та навколо є значними, викиди CO<sub>2</sub> в атмосферу мінімальні, в місті реалізується політика щодо зниження рівня викидів CO<sub>2</sub> та інших парникових газів. При оцінюванні рівня “розумності” міста за профілем “екологія” експертна група перед проведенням оцінювання провела дослідження загального стану території соціополісу, що дало змогу зафіксувати можливі зміни в списку параметрів, визначити їхню важливість та шкали оцінювання. Отримані результати оцінювання візуалізовано за допомогою пелюсткової діаграми, визначено параметри, за якими соціополіс наближений до статусу “розумний”.

### Список літератури

1. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. (1980). Математико-статистические методы экспертных оценок. Москва: Статистика.
2. Грабовецкий Б. Є. (2000). Основи економічного прогнозування: навч. посібник. Вінниця: ВФ ТАНГ.
3. Давиденко Є. О. (2012). Формалізація процесу формування складу експертної групи для аналізу ризиків ІТ-проектів // Вестник ХНТУ, № 1.
4. P. Lombardi, S. Giordano, H. Farouh, and W. Yousef, “Modelling the Smart City Performance”. *Innovation: The European Journal of Social Science Research* 25: 2 (2012) 137–149.
5. G. C. Lazaroiu, and M. Roscia, “Definition Methodology for the Smart Cities Model”, *Energy* 47: 1 (2012) 326–332.
6. Сколівські бескиди офіційний сайт Національного природного парку. Гідрологія. Режим доступу: <http://skole.org.ua/gidrologia.html>
7. Волонтерська акція в Карпатах. Режим доступу: <https://www.facebook.com/events/427505034628946/>
8. Gagliardi F, Roscia C, Lazaroiu G. Evaluation of a city through fuzzy logic. *Energy* 2007;32(5):795-802.
9. D. R. Tabachyshyn, V. S. Lenko, N. E. Kunanets, V. V. Pasichnyk, Y. M. Shcherbyna AN EXPERT EVALUATION OF CITY SUSTAINABILITY USING FUZZY LOGIC, ISSN 1561-5359. Штучний інтелект, 2017, № 1.
10. Yager R. R. A procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval. *Information Sciences* 1981;24(2):143-61.
11. Buckley J. J. Ranking alternatives using fuzzy numbers. *Fuzzy Sets Systems* 1985;15:21–31.

### References

1. Beshelev S. D. & Gurvich F. G. (1980). Mathematical and statistical methods expert assessments. *Moscow: Statistics*.
2. Grabovetsky B. E. (2000). Fundamentals of economic forecasting: study. manual. *Vinnitsa: VF TANG*
3. Davydenko E. O. (2012). Formalization of the Expert Group Formation Process for Risk Analysis of IT Projects *Vestnik KhNTU. No. 1*.
4. P. Lombardi, S. Giordano, H. Farouh, & W. Yousef (2012). Modelling the Smart City Performance, *Innovation: The European Journal of Social Science Research* 25(2) (pp. 137–149).
5. G. C. Lazaroiu, & M. Roscia(2012) .Definition Methodology for the Smart Cities Model, *Energy* 47(1) (pp. 326–332).
6. Skole Beskids official site of the National Nature Park. Hydrology. Retrieved 2019, from <http://skole.org.ua/gidrologia.html>
7. Volunteer action in the Carpathians. Retrieved 2019, from <https://www.facebook.com/events/427505034628946/>
8. Gagliardi F., Roscia C & Lazaroiu G(2007). Evaluation of a city through fuzzy logic.*Energy*;32(5)(pp. 795–802).
9. D. R. Tabachyshyn, V. S. Lenko, N. E. Kunanets, V. V. Pasichnyk & Y. M. Shcherbyna (2017) AN EXPERT EVALUATION OF CITY SUSTAINABILITY USING FUZZY LOGIC. *ISSN 1561-5359. Artificial intelligence, No. 1*.

10. Yager R. R. (1981). A procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval. *Information Sciences*, 24(2)(pp. 143–61).
11. Buckley J. J. (1985). Ranking alternatives using fuzzy numbers. *Fuzzy Sets Systems*, 15:(pp. 21–31).

## PROCEDURES FOR ASSESSING EQUAL THE “SMARTNESS” OF A CITY

Nataliia Kunanets<sup>1</sup>, Oleksandr Matsiuk<sup>2</sup>, Volodymyr Pasichnyk<sup>3</sup>, Danylo Tabachyshyn<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup> Lviv Polytechnic National University,

<sup>2</sup> Ternopil Ternopil Ivan Puluj National Technical University

<sup>1</sup>nek.lviv@gmail.com, ORCID 0000-0003-3007-2462,

<sup>2</sup>oleksandr.matsiuk@gmail.com, ORCID 0000-0003-0204-3971

<sup>3</sup>vpasichnyk@gmail.com, ORCID 0000-0001-9434-563X

<sup>4</sup>tabachyshyn.danylo@gmail.com, ORCID 0000-0001-5211-8690

© Kunanets N., Matsiuk O., Pasichnyk V., Tabachyshyn D., 2020

Environmental issues in the world are perhaps the most urgent nowadays. Issues of global warming, of environmental pollution, destruction of nature – these and other themes sound from media every day.

The main factors of the negative impact on the ecology of our planet are cities and great industries. Nowadays in cities live  $\frac{3}{4}$  of all humanity on the planet. Both big cities and small towns strive to achieve status “smart” city, some of them already reached this status, mostly the megacities.

Small towns or groups of towns, which are geographically nearby, economically and structurally interconnected, are mostly just starting moving towards to “smart” status. In one aspect, a “smart” city is eco-friendly, with minimal environmental impact. This article focuses on how to make a city eco-friendly and smart, with the help of a panel of experts and their evaluation, using the example of the Truskavets eco-sociopolis.

**Key words:** Ecology, smart cities, assessing smartness of cities, expert groups.