

## РОЗВИТОК ПРОДУКТИВНИХ СИЛ І РЕГІОНАЛЬНА ЕКОНОМІКА

УДК 334.02:352:330.15

DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/170-11>

Нешева А. Д.

аспірант кафедри управління ім. О. Балацького,  
Сумський державний університет  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0399-201X>Niesheva Anastasiia  
Sumy State University

### АНАЛІЗ НАУКОВО-МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНЮВАННЯ СТАЛОСТІ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА

Оцінювання рівня сталості інфраструктури міст усе частіше розглядається як необхідний крок на шляху до пом'якшення небажаних наслідків урбанізації в містах, одночасно покращуючи сталість громад у рамках екологічних, соціальних та економічних змін. Для прийняття таких обґрунтованих рішень науковцями вже було розроблено кілька інструментів комплексного оцінювання сталості міст, які, на жаль, недостатньо повно відображають сталість їх інфраструктур. Більшість сучасних методів оцінювання розроблено на основі потреб розвинених країн, які відрізняються від потреб країн, що розвиваються. Усе частіше міста розвинених країн потрапляють до топ-позицій міжнародних рейтингів сталості міст, тоді як міста країн, що розвиваються, потрапляють до рейтингів досить рідко.

**Ключові слова:** стала інфраструктура, сталий розвиток, стале місто, оцінка сталості інфраструктури.

### ANALYSIS OF SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF THE URBAN INFRASTRUCTURE SUSTAINABILITY

Urban infrastructure sustainability assessment currently is being viewed as an important step towards the reduction of urbanization consequences, at the same time improving sustainability of communities within economic, social and ecological changes. To make such informed decisions, scientists have already developed several tools for comprehensive assessment of cities' sustainability, which unfortunately do not fully reflect the sustainability of their infrastructures. Most modern assessment methods have been developed based on the needs of developed countries, which differ from the needs of developing countries. Increasingly, cities in developed countries obtain the top positions in various international rankings for urban sustainability. At the same time, cities in developing countries are rarely included in the rankings. Despite the presence of a significant number of scientific papers on the topic of urban sustainability assessment, the methodology for assessing the sustainability of its infrastructure remains unestablished. Most scholars consider urban infrastructure to be an integral part of sustainability assessment. According to the author, this approach is ineffective in terms of the results obtained, as it does not provide an opportunity to objectively analyze the state of municipal infrastructure due to the small number of criteria used for direct evaluation. This approach also limits the possibility of comparison between the infrastructures of different cities. Therefore, there is a need for further research and development of a specialized methodology for urban infrastructure sustainability assessment. Within the scope of this work, author analyzed various methods used for urban infrastructure sustainability assessment, presenting their advantages and disadvantages as well as analyzed the wholeness of the main urban sustainability indicators used for urban infrastructure assessment. It was revealed that out of 9 indicators analyzed only 3 proved to be adequate based on the number of infrastructure components included into assessment methodologies and availability of assessment results for several consequent years.

**Keywords:** sustainable infrastructure, sustainable development, sustainable city, urban infrastructure sustainability assessment.

**JEL Classification:** H54, O18, Q01, Q56, O32

**Постановка проблеми.** Через швидку урбанізацію 55% світового населення мешкає у містах [1], а до 2030 р. цей показник прогнозовано збільшиться приблизно до 70% [2].

Міста є двигунами економічного процвітання та соціального розвитку, займаючи лише 2% від загальної суші світу, вони відповідають за виснаження природних ресурсів, енергії та сільськогосподарських угідь, а також за генерацію понад 70% загальних глобальних

викидів CO<sub>2</sub> [3]. Тому питання підвищення сталості міст, підвищення сталості інфраструктури міст набуває дедалі більшої актуальності, урахувавши світове прагнення до виконання Цілей сталого розвитку та поліпшення екологічної ситуації на планеті.

Основна частина нинішнього збільшення попиту на екологічні та соціальні послуги, енергетичну та економічну підтримку походить із країн, що розвиваються. Міста в Україні та в усьому світі мають одну схожу

актуальну проблему: існуюча інфраструктура, значна частина якої була розроблена наприкінці минулого сторіччя, має серйозні ознаки старіння та погіршення стану. Окрім того, ускладнює цю ситуацію постійний приріст населення, через що міста продовжують дедалі зростати. Як результат, муніципалітети стикаються не лише з проблемами відновлення інфраструктури, а й зі зростанням попиту на розвиток інфраструктури, при цьому беручи до уваги питання сталості.

Водночас інструментарій оцінювання рівня сталості інфраструктури, що є доступним для розробників проєктів, обмежений. Більшість методів, які існують на даний момент, розроблювалися з метою оцінювання рівня сталості міст, і хоча їх можна застосовувати для оцінювання рівня сталості міських інфраструктур, отримані результати зазвичай є неповними.

Доступні нині методи мають і інший недолік, окрім зазначеного вище. Більшість методів оцінювання сталості міст розроблювали з урахуванням потреб та міських проблем розвинутих країн, які часто суттєво відрізняються від проблем та потреб тих країн, що розвиваються.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У зарубіжній практиці питаннями оцінювання сталості інфраструктури традиційно займалися більше, ніж у вітчизняній.

Процес оцінювання сталості передбачає використання спеціального методу, який базується на вимірюванні ефективності інфраструктури з погляду показників сталості. Існує безліч методологій, що використовуються в оцінюванні сталості муніципальної інфраструктури.

Науковці Х.Р. Сахелі, К.А. Кеннеді та В.Дж. Адамс використали метод оцінки життєвого циклу (Life-cycle Assessment (LCA)) для оцінювання сталості інфраструктури міста Торонто [4]. С. Рахман та Д. Ван'єр описують використання методу аналізу вартості життєвого циклу (Life-cycle Cost (LCC) Analysis) для управління муніципальною інфраструктурою [5].

Д.П. Лоукс описує зважений багатокритеріальний підхід (Multicriteria Decision Analysis (MCDA)) до кількісного оцінювання тенденцій сталості системи на прикладі вимірювання відносної сталості систем поновлюваних водних ресурсів [6].

Науковці О. Угву, А. Вонг та ін. у своїй роботі пропонують аналітичну модель прийняття рішень та структуровану методологію оцінювання сталості в інфраструктурних проєктах за допомогою використання методу багатокритеріального аналізу рішень (multi-criteria decision analysis (MCDA)) [7].

На думку К. Балолоя, метод аналізу витрат та вигід (Cost and Benefits Analysis (CBA)) є підходящим інструментом для вимірювання сталості та сталості інфраструктурних систем до майбутньої невизначеності клімату [8].

На протипагу попереднім науковцям І.І. Хеймс стверджує що дослідники мають використовувати комбінацію інструментів для отримання комплексного та всебічного висновку по проєктах сталого розвитку [9].

Широкого застосування в останні роки набули методології порівняльного аналізу, що використовують комплекс показників для оцінювання різних аспектів сталості міст. Варто відзначити, що зазначені методи були розроблені саме з метою оцінювання сталості міст, проте інколи використовуються для оцінювання

сталості муніципальних інфраструктур через відсутність загальноновизнаного спеціалізованого методу.

Наявні комерційні рейтингові системи оцінювання сталості здебільшого орієнтовані на будівельні системи. Серед них – система рейтингу зелених будівель LEED, рейтингова система BREEAM, рейтингова система Green Star тощо [7; 10].

З іншого боку, використання інструментів оцінювання, орієнтованих на основні інфраструктурні об'єкти, досі було не дуже поширеним. Кілька рейтингових систем були розроблені різними державними та приватними установами для оцінювання різних проєктів цивільної інфраструктури, включаючи порти, аеропорти, шосе, дамби, мости, очисні споруди, тунелі та залізниці. Серед них – Envision Sustainability Rating System [11], IS Rating Scheme [12] та CEEQUAL [13].

Серед рейтингових систем, які використовуються для оцінювання сталості міст, варто відзначити низку індексів, серед них: Індекс процвітання міст ООН (State of the World's Cities; UN) [14], Індекс стійких міст (Sustainable Cities Index; Arcadis) [15], Індекс «Місто в русі» (City in motion; IESE Business School) [16], Індекс глобального енергетичного міста (Global Power City Index; The Mori Memorial Foundation), що оцінює привабливість міст для бізнесу талантів [17], Якість життя Mercer (Mercer's Quality of Living Ranking; Mercer), що базується на опитуванні, яке оцінює якість житлових умов [18], Глобальний індекс життєздатності, розроблений Інтелектуальним підрозділом Economist (The Global Liveability Index, The Economist Intelligence Unit) [19], який оцінює відносний комфорт, та ін.

К.А. Грант і С. Чуанг поєднують 21 існуючий індекс, перетворений за загальною шкалою у середні бали за п'ятьма вимірами (глобальні міста, приємні міста, міста знань, інтелектуальні міста та творчі міста), які потім підсумовують, отримуючи загальний індекс CityCard [20].

Серед вітчизняних учених варто відзначити роботи І.В. Горяни, яка займалася питаннями формування методики оцінювання сталості розвитку регіонів [21], С.О. Тульчинської та С.О. Кириченка, які досліджували методичні підходи до оцінювання розвитку соціальної інфраструктури в регіонах [22], А.В. Гречко, що займалася дослідженням методичних підходів до оцінювання сталості розвитку продуктивних сил регіонів України [23], С.В. Леонової та Х.В. Барвінської, котрі досліджували оцінювання перспектив сталого розвитку автотранспортної системи України [24], Л.М. Філіпішиної, що вивчала питання інтегральної оцінки стійкості розвитку промислових підприємств [25], М.М. Тимошенко, який вивчав методичні засади оцінки сталого розвитку сільських територій [26], та ін.

Незважаючи на значну кількість наукових праць із теми оцінювання сталості міста, методологія оцінювання сталості його інфраструктури залишається незатвердженою. Більшість науковців розглядає інфраструктуру міста як невід'ємний складник під час проведення оцінювання сталості. На думку автора, даний підхід є малоефективним із погляду отриманих результатів, адже не надає можливості об'єктивно проаналізувати стан муніципальної інфраструктури через незначну кількість критеріїв, використовуваних для безпосередньої оцінки. Даний підхід також

обмежує можливості проведення порівняння між інфраструктурами різних міст. Саме тому існує необхідність проведення подальших досліджень і розроблення спеціалізованої методології для оцінювання сталості інфраструктури міст.

**Мета статті** полягає в аналізі існуючих підходів до оцінювання рівня сталості інфраструктури міста та визначенні найбільш прийнятних та комплексних із них.

**Виклад основного матеріалу.** Понад 10 років тому був винайдений термін «сталій розвиток», який запропонував світові новий погляд на те, як вирішити дилему прогресу економічного розвитку, одночасно захищаючи екологічні системи та збагачуючи якість життя для цього та прийдешніх поколінь. Поняття сталого розвитку проникло в різні дисципліни. Його універсальність як об'єднуючої та цілісної парадигми приваблює багатьох, і в результаті концепція отримала широке визнання. Головною перешкодою залишається складність реалізації, застосування принципів сталості на практиці.

Ніде ця проблема не є очевиднішою, ніж у містах по всьому світу, де виникають багато регіональних та глобальних екологічних проблем. Зміни у просторовому розподілі та структурі людської діяльності призвели до посилення урбанізації та пов'язаних із нею негативних екологічних впливів. В основі міських проблем сталості лежать інфраструктурні системи. Саме тому для науковців, зацікавлених у розвитку міст, основною проблемою є розроблення практичних інструментів для вимірювання та підвищення сталості міст, особливо за рахунок проектування, управління, перетворення інфраструктури.

Розвиток сучасного суспільства характеризується технологічними досягненнями, які призвели до збільшення виробництва та споживання, сприяючи поліпшенню рівня життя, здоров'я та добробуту. Це, своєю чергою, також сприяло зростанню населення.

Розвиток такого масштабу в промисловості та збільшення населення в усьому світі спричинили виникнення цілої низки екологічних проблем, таких як забруднення повітря та зменшення біорізноманіття, створення додаткового тиску на обмежені природні ресурси, збільшення вирубки лісів та глобальне потепління [27].

За останні кілька років широкий спектр урядових, неурядових та громадських організацій сприйняли сталий розвиток міст як нову парадигму та істотний компонент формування національної політики.

Визначення поняття «сталість» є відправною точкою будь-якого дослідження, і наше не є винятком. Навіть після багатьох років дискусій та дебатів точне визначення поняття залишається незатвердженим. Загалом сталість передбачає надання більш ефективних послуг, що підтримують здоров'я та добробут населення, є економічно ефективними та зменшують негативні наслідки для навколишнього середовища сьогодні та в майбутньому. Визначення сталого розвитку від робочої групи ASCE/ЮНЕСКО з розроблення критеріїв сталості для систем водних ресурсів викладено як «...системи, розроблені та спроможні повністю зробити свій внесок у досягнення цілей суспільства, як зараз, так і в майбутньому, зберігаючи при цьому їхню екологічну, екологічну та інженерну цілісність» [28].

Сталий розвиток – це досягнення балансу між кількома цілями (екологічними, економічними та соціальними) протягом динамічного часу та просторових горизонтів.

Важливим аспектом цього визначення є необхідність використовувати систематичний підхід для належного оцінювання наслідків діяльності. Міждисциплінарні дослідження мають вирішальне значення для кращого включення парадигми сталості до повного життєвого циклу міської інфраструктури.

Міська сталість є критично важливою для швидкої урбанізації країн, що розвиваються, не лише для пом'якшення наслідків зміни клімату, а й для підвищення якості життя їхніх громадян. Екологічний, економічний та соціальний виміри сталості взаємопов'язані та залежать один від одного. Таким чином, інтегровані та цілісні оцінювання сталості міст постали як нова парадигма розвитку.

Незважаючи на те що цей підхід є досить новими, існує безліч методів оцінювання, які зараз доступні для оцінювання сталості міст, включаючи оцінку життєвого циклу, індекси сталих міст, рейтингові системи та системи сертифікації.

Загалом можна виділити три основні групи методів, розроблених для оцінювання сталості міст. Схематично вони представлені на рис 1.

1) Методи оцінювання проектів для прийняття рішень. Переважно включають СВА (cost and benefits analysis) та багатокритеріальні підходи (multicriteria approach). Незважаючи на те що деякі із цих інструментів не були розроблені для оцінювання сталості, ми розглядали їх під час аналізу, оскільки вони є найбільш часто використовуваними методами для прийняття рішень у процесі оцінки сталості інфраструктурних проектів і розвиваються в напрямі запровадження аспекту сталості.

2) Методи оцінювання екологічних/соціальних впливів. Підходи до оцінювання екологічних та соціальних наслідків інфраструктурних проектів, які оцінюються тут, включають оцінку життєвого циклу (life-cycle analysis) та оцінку соціального життєвого циклу (Social Life Cycle Assessment). Хоча ці методи стосуються здебільшого екологічних чи соціальних тем, ми взяли їх до уваги, оскільки вони часто поєднуються з іншими інструментами для забезпечення повноти оцінювання сталості.

3) Методології порівняльного оцінювання сталості, включаючи рейтингові системи (ranking systems) та основні/керівні рекомендації оцінювання (frameworks and appraisal guidelines).

Розглянемо більш детально кожен із них.

Аналіз зисків і витрат (Cost-benefit analysis) є найбільш широко застосовуваним методом прийняття рішень під час оцінки інфраструктурних проектів. Це відома та широко використовувана методика, яка дає змогу порівняти альтернативи з метою вибору такої, яка максимізує соціальний добробут. Цей підхід, як правило, базується на можливості монетизації переваг для користувачів (наприклад, економія часу в дорозі), а також вартості інвестицій та інших «негативних» ефектів (наприклад, споживання енергії, використання ресурсів та викиди CO<sub>2</sub>). Головний недолік використання для оцінювання сталості інфраструктури – практична складність та недостатність даних

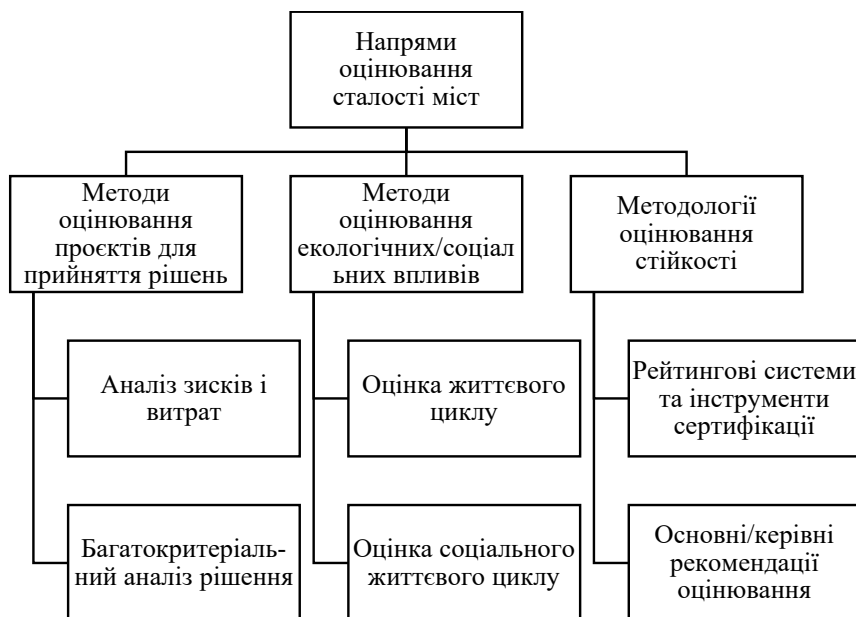


Рис. 1. Схема напрямів оцінювання сталості міст

Джерело: розроблена автором на основі [4–8]

для монетизації зазначених вище переваг та негативних ефектів.

Багатокритеріальний аналіз рішення (Multi-criteria decision analysis) є підходящою методологією прийняття рішень для вирішення складних проблем, що характеризуються високою невизначеністю, суперечливими цілями, різними формами даних та інформації, безліччю інтересів та перспектив. Під час оцінки сталості MCDA зазвичай включає три критерії сталості (економічний, соціальний, екологічний), перелік індикаторів для їх оцінювання та присвоєні індикаторам вагові коефіцієнти і, нарешті, безпосередню оцінку сталості за допомогою методу ранжування альтернатив. Такий підхід забезпечує належну структуру, коли йдеться про оцінку сталості інфраструктури, але процес оцінювання, як правило, стає надзвичайно суб'єктивним. На практиці процес отримання ваги індикаторів може здатися сумнівним.

Д.П. Лоукс описує зважений багатокритеріальний підхід до кількісного оцінювання тенденції сталості системи за допомогою таких компонентів [6]:

- 1) відбір різних екологічних, економічних та соціальних показників, що сприяють сталості;
- 2) визначити задовільний та незадовільний діапазони значень для кожного показника;
- 3) збирати дані про показники з часом і виражати їх як часовий ряд;
- 4) аналізувати часові ряди, використовуючи такі статистичні показники, як надійність (імовірність того, що якесь конкретне значення буде в межах значень, що вважаються задовільними), сталість (показник швидкості відновлення від незадовільного стану) та вразливість (статистичний показник масштабу або тривалості відмови);
- 5) розрахувати відносну сталість системи як зважену комбінацію вищезазначених критеріїв, де відносна сталість посилюється збільшенням надійності та сталості та зменшенням уразливості.

Оцінка життєвого циклу (Life-cycle assessment) – це методика оцінювання впливу продукту, діяльності чи процесу на навколишнє середовище. Використання цього аналізу для прийняття рішень включає оцінку екологічних показників усього життєвого циклу – від «колиски до могили», включаючи видобуток, виготовлення, транспортування та розподіл матеріалів, використання продуктів, обслуговування та ремонту, а також термін експлуатації, такий як повторне використання, переробка, використання енергії та остаточне поводження з відходами. Підхід не включає усі критерії сталості, оскільки його основне призначення обмежується оцінкою екологічних наслідків. Існує потреба в інтеграції цього методу в інші інструменти оцінювання, але сам по собі він є неповним інструментом для оцінювання всіх трьох критеріїв сталості.

Оцінка життєвого циклу (LCA) – це структурована методологія, яка може бути використана для оцінювання екологічних наслідків продуктів, процесів, проєктів чи послуг протягом їхнього життєвого циклу – від видобутку сировини до закінчення терміну експлуатації.

Екологічний слід (Urban Footprint) розглядає екологічний та біофізичний аспекти міста та його периферії та інтерпретує споживання ресурсів із погляду використаної земельної ділянки. Як правило, чітко не розглядається питання інфраструктури, її впливу на кліматичні зміни, економічні та соціальні критерії сталості [29].

Оцінка соціального життєвого циклу (Social Life Cycle Assessment) перебуває на початковій стадії розроблення. Серед недоліків методу можна відзначити невизначеність терміна «соціальні наслідки» та відсутність відповідних інструментів для кількісного оцінювання соціальних впливів. Більшість соціальних оцінок залишається суто якісними та часто дуже поверхневими [30].

Рейтингові системи та інструменти сертифікації – це перелік найкращих практик, розроблених

різними агенціями, інституціями, державними органами, які можуть бути корисними для практиків під час урахування критеріїв сталості у процесі оцінки проєктів.

Наявні комерційні рейтингові системи оцінювання сталості здебільшого орієнтовані на будівельні системи. Серед них – система рейтингу зелених будівель LEED, рейтингова система BREEAM, рейтингова система Green Star тощо [7; 10].

Наприклад, для оцінювання сталості об'єктів та міської інфраструктури використовують такі інструменти: CEEQUAL [13], Envision [11], IS Rating Scheme [12], транспортних проєктів – GreenLITES, Greenroads, I-LAST, INVEST та ін.

Рейтингові системи також представлено цілою низкою індексів, які використовуються для оцінювання сталості міст.

Індекс процвітання міст ООН (City Prosperity Index; UN) базується на 17 показниках, організованих у шести вимірах: продуктивність, розвиток інфраструктури, якість життя, справедливість та соціальна інтеграція, екологічна сталість, управління містом і законодавство. Дані показників спочатку перетворюються на значення від 0 до 1, а потім усереднюються для отримання розмірних та загальних показників [14].

Індекс стійких міст (Sustainable Cities Index; Arcadis) поєднує у собі 32 показники, що вимірюють соціальні, екологічні та економічні виміри сталості, й обчислює загальний індекс сталості шляхом простого усереднення [15].

Індекс «Місто в русі» (City in motion; IESE Business School) оцінює результативність міста за допомогою 77 показників, згрупованих у десять вимірів: економіка, технології, людський капітал, соціальна згуртованість, міжнародна охорона навколишнього середовища, мобільність та транспорт, містобудування, державне управління та управління [16].

Індекс глобального енергетичного міста (Global Power City Index; The Mori Memorial Foundation) оцінює привабливість міст для бізнесу та талантів за 70 показниками, згрупованими у шість вимірів: економіка, дослідження та розвиток, культурна взаємодія, придатність для життя, довкілля та доступність. Середні показники показників у кожній групі підсумовуються, щоб отримати загальний показник [17].

Якість життя Mercer (Mercer's Quality of Living Ranking; Mercer) базується на опитуванні, яке оцінює якість житлових умов за 39 показниками, згрупованими в десять категорій: політичне та соціальне середовище, економіка, соціально-культурне середовище, охорона здоров'я, освіта, державні послуги та транспорт, відпочинок, споживчі товари, житло та природне середовище [18].

Глобальний індекс життєздатності, розроблений Інтелектуальним підрозділом Economist (The Global Liveability Index, The Economist Intelligence Unit) [19], оцінює відносний комфорт, використовуючи понад 40 якісних та кількісних факторів у шести категоріях: стабільність, охорона здоров'я, культура та довкілля, освіта, інфраструктура та просторові характеристики. Бали показників усереднюються та зважуються, щоб надати категоріальні та загальні бали та рейтинги.

К.А. Грант і С. Чуанг поєднують 21 існуючий індекс, перетворений за загальною шкалою у середні

бали за п'ятьма вимірами (глобальні міста, приємні міста, міста знань, інтелектуальні міста та творчі міста), які потім підсумовують, отримуючи загальний індекс CityCard [20].

Проте, незважаючи на розгалуженість і варіативність підходів до оцінювання, серед методів даної групи існує низка недоліків, серед яких – брак прозорості та об'єктивності у визначенні критеріїв та підборі вагових коефіцієнтів, неможливість використання рейтингової системи у різних країнах через відсутність необхідних статистичних даних, відсутність можливостей для порівняння результатів рейтингових систем через їхні унікальні характеристики та спрямованість, варіативність важливості вагових критеріїв (один і той самий критерій має різну вагу в різних рейтингових системах).

Основні/керівні принципи оцінювання (frameworks and appraisal guidelines). Являють собою керівництва з оцінювання сталості, надаючи експертні поради та чітко встановлюючи важливі критерії для оцінювання. І хоча їх корисність є загально визнаною, присутні певні недоліки: по-перше, соціальні наслідки продовжують оцінюватися здебільшого шляхом простого якісного оцінювання; по-друге, вимагають постійного вдосконалення, ураховуючи здобутки наукової спільноти, що здебільшого не здійснюється, тому деякі з них є дещо застарілими.

Найбільш удалими методами для комплексного оцінювання сталості муніципальної інфраструктури автор вважає методи порівняльного оцінювання сталості, а саме рейтингові системи та індекси.

Розглянемо більш детально, які саме компоненти інфраструктури оцінюються в рамках деяких із перелічених індексів для визначення переваг та недоліків їх використання під час оцінки саме сталості муніципальної інфраструктури. Результати представлено в табл. 1.

Як можна бачити з представленої вище таблиці, лише три (SDG Index, City Prosperity Index, Sustainable Cities Index) із дев'яти проаналізованих індексів, що використовуються для оцінки сталості міст, повністю відображають усі компоненти інфраструктури, а отже, теоретично можуть бути використані для оцінювання сталості інфраструктури. Головний недолік одного із зазначених індексів, а саме Sustainable Cities Index, – відсутність розрахунків для 2019 р. і пізніше, що дає змогу науковцям переглянути інформацію лише за чотири роки.

Ще два індекси (City in motion, Smart City Index) майже повністю включають до аналізу компоненти інфраструктури і також можуть використовуватися для оцінювання сталості інфраструктури міста, проте Smart City Index доступний лише для двох років, тому можливості його використання обмежені.

Усі інші індекси хоча і використовуються науковцями під час оцінки сталості інфраструктури міста, є неповними, адже не включають до аналізу всі без винятку компоненти інфраструктури.

Тому на даному етапі можна рекомендувати використання лише трьох індексів (SDG Index, City Prosperity Index, City in motion) під час оцінювання сталості інфраструктури міст, адже вони є найбільш повними за кількістю компонентів та кількістю доступних періодів аналізу.

Таблиця 1

## Індекси оцінювання сталості міст та компоненти інфраструктури, які вони оцінюють

Індекс \ Компонент інфраструктури	Транспорт	Довкілля	Земельні ресурси	Житло	Здоров'я	Безпека	Поводження з відходами	Водні ресурси	Енергія	Освіта	Фінанси	Доступний період
SDG Index [31]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2015-2021
City Ranking – Infrastructure [32]	+	+	+	+	+				+	+	+	2017-2019
Smart City Index [33]	+	+	+	+	+	+	+	+		+		2019-2020
City Prosperity Index [14]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2001-2020
Sustainable Cities Index [15]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2015-2018
City in motion [16]	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	2014-2020
The Global Liveability Index [19]	+	+		+	+	+		+	+	+		2011-2021
Global Power City Index [17]	+	+		+	+	+					+	2009-2020
Mercer's Quality of Living Ranking [18]	+	+		+	+					+	+	2014-2019

Джерело: створено автором на основі [14–18; 31–33]

**Висновки.** Міста в Україні та в усьому світі мають одну схожу актуальну проблему: існуюча інфраструктура, значна частина якої була розроблена наприкінці минулого сторіччя, має серйозні ознаки старіння та погіршення стану. Окрім того, ускладнює цю ситуацію постійний приріст населення, через що міста продовжують дедалі зростати. Як результат, муніципалітети стикаються не лише з проблемами відновлення інфраструктури, а й зі зростанням попиту на розвиток інфраструктури, при цьому беручи до уваги питання сталості.

Водночас інструментарій оцінювання рівня сталості інфраструктури, що є доступним для розробників проєктів, обмежений. Більшість методів, які існують на даний момент, розроблювалися з метою оцінювання

рівня сталості міст, і хоча їх можна застосовувати для оцінювання рівня сталості міських інфраструктур, отримані результати зазвичай є неповними.

Доступні на даний момент методи мають і інший недолік, окрім зазначеного вище. Більшість методів оцінювання сталості міст розроблювали з урахуванням потреб та міських проблем розвинутих країн, які часто суттєво відрізняються від проблем та потреб тих країн, що розвиваються.

У роботі проаналізовано основні методи, що використовуються для оцінювання сталості інфраструктури і приведено їхні переваги та недоліки. Також надано рекомендації стосовно можливості використання індексів оцінювання сталості міст із метою проведення оцінки сталості муніципальних інфраструктур.

## Список використаних джерел:

1. United Nations, World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. *Department of Economic and Social Affairs, Population Division 2019*. New York: United Nations. URL: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>.
2. Komeily L.I., Srinivasan R.S. A need for balanced approach to neighborhood sustainability assessments: A critical review and analysis. *Sustainable Cities and Society*. 2015. Volume 18. P. 32–43, 8. ISSN 2210-6707. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.05.004>.
3. C40. Why Cities? URL: [https://www.c40.org/why\\_cities](https://www.c40.org/why_cities)
4. Sahely H.R., Kennedy C.A., Adams B.J. Developing sustainability criteria for urban infrastructure systems. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 2005. Vol. 32. P. 72–85. DOI: 10.1139/L04-072.
5. Rahman S., Vanier D. Life cycle cost analysis as a decision support tool for managing municipal infrastructure. *CIB 2004 Triennial Congress*. Toronto, Ontario. 2004. P. 1–12. URL: <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/accepted/?id=ade94ea0-397c-4f48-8382-0f82b6a080b3>.
6. Loucks D.P. Quantifying trends in system sustainability. *Hydrological Sciences Journal*. 1997. Vol. 42. Iss. 4. P. 513–530. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02626669709492051>.
7. Ugwu O., Kumaraswamy M., Wong A., Ng S. Sustainability appraisal in infrastructure projects (SUSAIP): Part 1. Development of indicators and computational methods. *Automation in construction*. 2006. Vol. 15. P. 239–251. URL: [https://www.researchgate.net/publication/222527231\\_Sustainability\\_appraisal\\_in\\_infrastructure\\_projects\\_SUSAIP\\_Part\\_1\\_Development\\_of\\_indicators\\_and\\_computational\\_methods](https://www.researchgate.net/publication/222527231_Sustainability_appraisal_in_infrastructure_projects_SUSAIP_Part_1_Development_of_indicators_and_computational_methods).
8. Baloloy C. Benefit cost analysis as a tool for sustainability and resiliency of transport infrastructure system to future climate uncertainty. *NTNU*. 2018. URL: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2570003>.
9. Haimes Y.Y. Sustainable development: a holistic approach to natural resource-management. *Systems, Man and Cybernetics*. 1992. *IEEE Transactions*. № 22(3). P. 413–417. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/155942>.
10. Lockwood C. Building the green way. *Harvard business review*. 2006. Vol. 84. P. 129–137. URL: <https://hbr.org/2006/06/building-the-green-way>.
11. ISI. About ENVISION. Institute for Sustainable Infrastructure. URL: <https://sustainableinfrastructure.org/envision/overview-of-envision/>.
12. ISOA. The IS Rating Scheme. URL: <https://www.isca.org.au/Get-Involved/IS-Ratings>.
13. BRE Group. CEEQUAL Version 6. URL: <https://www.ceequal.com/>.
14. UN Habitat. City Prosperity Initiative. URL: <https://unhabitat.org/programme/city-prosperity-initiative>.

15. Arcadis. Singapore and Hong Kong among Top Ten cities in Arcadis' Sustainable Cities Index. URL: <https://www.arcadis.com/en/news/asia/2018/10/singapore-and-hong-kong-among-top-ten-cities-in-arcadis-sustainable-cities-index>.
16. IESE Business School. IESE Cities in Motion Index. URL: <https://media.iese.edu/research/pdfs/ST-0509-E.pdf>.
17. The Mori Memorial Foundation. What is the GPCI? URL: <http://mori-m-foundation.or.jp/english/ius2/gpci2/index.shtml>.
18. Mercer. Quality of living city ranking. URL: <https://mobilityexchange.mercer.com/Insights/quality-of-living-rankings#Americas>.
19. The Economist Intelligence Unit. The Global Liveability Index 2021. URL: <https://www.eiu.com/n/campaigns/global-liveability-index-2021/>.
20. Kenneth A. Grant & Steven Chuang. An aggregating approach to ranking cities for knowledge-based development. *International Journal of Knowledge-Based Development*. 2018. Vol. 3(1). P. 17–34. URL: <https://ideas.repec.org/a/ids/ijkbde/v3y2012i1p17-34.html>.
21. Горяня І.В. Формування методики оцінювання сталості розвитку регіонів. *Економічний аналіз*. 2013. Вип. 14. № 1. С. 59–63. ISSN 1993-0259.
22. Тульчинська С.О., Кириченко С.О. Дослідження методичних підходів до оцінювання розвитку соціальної інфраструктури в регіонах. *Економічний вісник НТУУ «КПІ»*. 2017. Вип. 14. С. 67–75. URL: <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/108739>.
23. Гречко А.В. Методичні підходи оцінювання сталості розвитку продуктивних сил регіонів України. *Ефективна економіка*. 2018. № 8. URL: [http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/8\\_2018/56.pdf](http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/8_2018/56.pdf).
24. Леонова С.В., Барвінська Х.Б. Ідентифікація та оцінювання перспектив сталого розвитку автотранспортної системи України. *Інфраструктура ринку*. 2020. Вип. 40. С. 103–109. URL: [http://www.market-infr.od.ua/journals/2020/40\\_2020\\_ukr/19.pdf](http://www.market-infr.od.ua/journals/2020/40_2020_ukr/19.pdf).
25. Філіпішина Л.М. Інтегральна оцінка стійкості розвитку промислових підприємств. Глобальні та національні проблеми економіки. 2017. Вип. 19. URL: <http://global-national.in.ua/archive/19-2017/56.pdf>.
26. Тимошенко М.М. Методичні засади оцінки сталого розвитку сільських територій: алгоритм, структурна схема та інструментарій дослідження. *Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського*. 2018. Вип. 2. С. 214–220. URL: <http://global-national.in.ua/archive/21-2018/44.pdf>.
27. Tietenberg T.H., Lewis L. *Environmental and natural resource economics* (9th ed.). Routledge. URL: [https://fcom.stafpu.bu.edu/eg/Economy/3898/crs-15010/Files/environmental\\_and\\_natural\\_resource\\_economics\\_by\\_tom\\_tietenberg\\_9th\\_edition.pdf](https://fcom.stafpu.bu.edu/eg/Economy/3898/crs-15010/Files/environmental_and_natural_resource_economics_by_tom_tietenberg_9th_edition.pdf).
28. Reston Va. Sustainability criteria for water resource systems. *Task Committee on Sustainability Criteria, Water Resources Planning and Management Division, American Society of Civil Engineers and the working group of UNESCO/IHP IV Project 7 1988*. URL: <https://catalogue.nla.gov.au/Record/652309>.
29. UrbanFootprint. Urban Footprint Tool. The Urban Intelligence Platform. URL: <https://urbanfootprint.com/>.
30. UN Environment programme. Social Life Cycle Assessment (S-LCA). URL: <https://www.lifecycleinitiative.org/starting-life-cycle-thinking/life-cycle-approaches/social-lca/>.
31. Sachs, J., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G., Woelm, F. *The Decade of Action for the Sustainable Development Goals: Sustainable Development Report 2021*. Cambridge: Cambridge University Press. URL: <https://www.sdindex.org/>.
32. Dynamic Cities. City Ranking. URL: <https://www.dynamiccities.savillsim.com/city-rankings>.
33. IMD. Smart City Index 2020. Institute for Management Development. URL: <https://www.imd.org/smart-city-observatory/smart-city-index/>.

### References:

1. United Nations (2019). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. New York: United Nations. Available at: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>.
2. Komeily L.I., Srinivasan R.S. (2015) A need for balanced approach to neighborhood sustainability assessments: A critical review and analysis. *Sustainable Cities and Society*, vol. 18, pp. 32–43, 8. ISSN 2210-6707. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.05.004>.
3. C40 (2021). Why Cities? Available at: [https://www.c40.org/why\\_cities](https://www.c40.org/why_cities) (accessed 27 June 2021).
4. Sahely H.R., Kennedy C.A., Adams B.J. (2005) Developing sustainability criteria for urban infrastructure systems. *Canadian Journal of Civil Engineering*, no. 32, pp. 72–85. DOI: 10.1139/L04-072.
5. Rahman S., Vanier D. (2004) Life cycle cost analysis as a decision support tool for managing municipal infrastructure. *CIB 2004 Triennial Congress*. Toronto, Ontario, pp. 1–12. Available at: <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/accepted/?id=ade94ea0-397c-4f48-8382-0f82b6a080b3>.
6. Loucks D.P. (1997) Quantifying trends in system sustainability. *Hydrological Sciences Journal*, no. 42(4), pp. 513–530. Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02626669709492051>.
7. Ugwu O., Kumaraswamy M., Wong A., Ng S. (2006) Sustainability appraisal in infrastructure projects (SUSAIP): Part 1. Development of indicators and computational methods. *Automation in construction*, no. 15, pp. 239–51. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/222527231\\_Sustainability\\_appraisal\\_in\\_infrastructure\\_projects\\_SUSAIP\\_Part\\_1\\_Development\\_of\\_indicators\\_and\\_computational\\_methods](https://www.researchgate.net/publication/222527231_Sustainability_appraisal_in_infrastructure_projects_SUSAIP_Part_1_Development_of_indicators_and_computational_methods).
8. Baloloy C. (2018) Benefit cost analysis as a tool for sustainability and resiliency of transport infrastructure system to future climate uncertainty. *NTNU*. Available at: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2570003>.
9. Haimes Y.Y. (1992) Sustainable development: a holistic approach to natural resource management. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactionson*, no. 22(3), pp. 413–417. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/155942>.
10. Lockwood C. (2006) Building the green way. *Harvard business review*, no. 84, pp. 129–37. Available at: <https://hbr.org/2006/06/building-the-green-way>.
11. ISI (2021). About ENVISION. Institute for Sustainable Infrastructure. Available at: <https://sustainableinfrastructure.org/envision/overview-of-envision/> (accessed 27 June 2021).
12. ISOA (2021). The IS Rating Scheme. Available at: <https://www.isca.org.au/Get-Involved/IS-Ratings> (accessed 27 June 2021).
13. BRE Group (2021). CEEQUAL Version 6. Available at: <https://www.ceequal.com/> (accessed 27 June 2021).
14. UN Habitat (2021). City Prosperity Initiative. Available at: <https://unhabitat.org/programme/city-prosperity-initiative> (accessed 27 June 2021).
15. Arcadis (2018). Singapore and Hong Kong among Top Ten cities in Arcadis' Sustainable Cities Index. Available at: <https://www.arcadis.com/en/news/asia/2018/10/singapore-and-hong-kong-among-top-ten-cities-in-arcadis-sustainable-cities-index> (accessed 27 June 2021).

16. IESE Business School (2021). IESE Cities in Motion Index. Available at: <https://media.iese.edu/research/pdfs/ST-0509-E.pdf>.
17. The Mori Memorial Foundation (2021). What is the GPCI? Available at: <http://mori-m-foundation.or.jp/english/ius2/gpci2/index.shtml> (accessed 27 June 2021).
18. Mercer (2021). Quality of living city ranking. Available at: <https://mobilityexchange.mercer.com/Insights/quality-of-living-rankings#Americas> (accessed 27 June 2021).
19. The Economist Intelligence Unit (2021). The Global Liveability Index 2021. Available at: <https://www.eiu.com/n/campaigns/global-liveability-index-2021/> (accessed 27 June 2021).
20. Kenneth A. Grant, Steven Chuang (2012) An aggregating approach to ranking cities for knowledge-based development, *International Journal of Knowledge-Based Development, Inderscience Enterprises Ltd*, vol. 3(1), pp. 17–34. Available at: <https://ideas.repec.org/a/ids/ijkbde/v3y2012i1p17-34.html>.
21. Horiana I.V. (2013) Formuvannia metodyky otsiniuvannia stalosti rozvytku rehioniv [Formation of methods for assessing the sustainability of regional development]. *Ekonomichnyi analiz*, vol. 14. Iss. 1, pp. 59–63. ISSN 1993-0259. (in Ukrainian)
22. Tulchynska S.O., Kyrychenko S.O. (2017). Doslidzhennia metodychnykh pidkhodiv do otsiniuvannia rozvytku sotsialnoi infrastruktury v rehionakh [Research of methodological approaches to assessing the development of social infrastructure in the regions]. *Ekonomichnyi visnyk NTUU «KPI»*, vol. 14, pp. 67–75. Available at: <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/108739>. (in Ukrainian)
23. Hrechko A.V. (2018). Metodychni pidkhody otsiniuvannia stalosti rozvytku produktyvnykh syl rehioniv Ukrainy. *Efektivna ekonomika*. Vol. 8. – Available at: [http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/8\\_2018/56.pdf](http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/8_2018/56.pdf). (in Ukrainian)
24. Leonova S.V., Barvinska Kh.V. (2020) Identyfikatsiia ta otsiniuvannia perspektyv staloho rozvytku avtotransportnoi systemy Ukrainy. [Methodical approaches to assessing the sustainability of the development of productive forces of the regions of Ukraine]. *Infrastruktura rynku*, vol. 40, pp. 103–109. Available at: [http://www.market-infr.od.ua/journals/2020/40\\_2020\\_ukr/19.pdf](http://www.market-infr.od.ua/journals/2020/40_2020_ukr/19.pdf). (in Ukrainian)
25. Filipishyna L.M. (2017) Intehralna otsinka stiikosti rozvytku promyslovykh pidpriemstv [Integral assessment of the sustainability of industrial enterprises]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky*, vol. 19. Available at: <http://global-national.in.ua/archive/19-2017/56.pdf>. (in Ukrainian)
26. Tymoshenko M.M. (2018) Metodychni zasady otsinky staloho rozvytku silskykh terytorii: alhorytm, strukturna skhema ta instrumentarii doslidzhennia [Methodical bases of estimation of sustainable development of rural territories: algorithm, structural scheme and research tools]. *Mykolaivskiy natsionalnyi universytet imeni V.O. Sukhomlynskoho*, vol. 2, pp. 214–220. Available at: <http://global-national.in.ua/archive/21-2018/44.pdf>. (in Ukrainian)
27. Tietenberg T.H., Lewis L. (2018) Environmental and natural resource economics (9th ed.). *Routledge*. Available at: [https://fcom.stafpu.bu.edu.eg/Economy/3898/crs-15010/Files/environmental\\_and\\_natural\\_resource\\_economics\\_by\\_tom\\_tietenberg\\_9th\\_edition.pdf](https://fcom.stafpu.bu.edu.eg/Economy/3898/crs-15010/Files/environmental_and_natural_resource_economics_by_tom_tietenberg_9th_edition.pdf).
28. Reston Va. (1998) Sustainability criteria for water resource systems. Task Committee on Sustainability Criteria, Water Resources Planning and Management Division, American Society of Civil Engineers and the working group of UNESCO/IHP IV Project M-4.3. Available at: <https://catalogue.nla.gov.au/Record/652309>.
29. UrbanFootprint (2021). Urban Footprint Tool. The Urban Intelligence Platform. Available at: <https://urbanfootprint.com/> (accessed 27 June 2021).
30. UN Environment programme (2021). Social Life Cycle Assessment (S-LCA). Available at: <https://www.lifecycleinitiative.org/starting-life-cycle-thinking/life-cycle-approaches/social-lca/> (accessed 27 June 2021).
31. Sachs J., Kröll C., Lafortune G., Fuller G., Woelm F. (2021) The Decade of Action for the Sustainable Development Goals: Sustainable Development Report 2021. Cambridge: Cambridge University Press. Available at: <https://www.sdindex.org>.
32. Dynamic Cities (2021). City Ranking. Available at: <https://www.dynamiccities.savillsim.com/city-rankings> (accessed 27 June 2021).
33. IMD (2021). Smart City Index 2020. Institute for Management Development. Available at: <https://www.imd.org/smart-city-observatory/smart-city-index/> (accessed 27 June 2021).