

## Технологічні особливості проведення оцінки культурних екосистемних послуг

Наталія Корогода<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент, кафедра фізичної географії та геоєкології,

<sup>1</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,

e-mail: [nkorogoda@knu.ua](mailto:nkorogoda@knu.ua),  <https://orcid.org/0000-0003-1518-2997>;

Тетяна Купач<sup>1</sup>

к. геогр. н., доцент, кафедра географії України,

e-mail: [tkupach@knu.ua](mailto:tkupach@knu.ua),  <https://orcid.org/0000-0001-8710-7107>

Вигоди, що отримують жителі міста від зелених зон, пов'язані із підтримкою їх здоров'я становлять групу культурних екосистемних послуг (КЕП). Для уникнення суб'єктивності в оцінці КЕП наявна методика, що спирається на визначення ефективності зелених зон у їх наданні. Наразі не окреслено доступної для містопланувальників технологічної схеми оцінювання КЕП. Відповідно, метою роботи є висвітлення технологічних особливостей оцінки КЕП. Робота полягає у створенні бази геоданих (БД) про стан зелених зон та антропогенні навантаження на них. Всі розрахункові показники, запропоновані в методиці, мають входити до БД у якості атрибутів, а їх розрахунок – у якості робочих сценаріїв, що задокументовані у вигляді автоматизованих моделей розрахунку тощо. Файлова база даних у форматі GeoPackage відповідно до стандартів Open Geospatial Consortium - Model\_CES, за вхідні набори даних має наступні: табличні: «survey\_all»; векторні: «Vegetation», «BGI», «local\_district», «hollow», «age\_construct». Технологія базується на інструментарії просторового аналізу QGIS/SAGA (версія QGIS 3.32.1-Lima), що містить необхідні базові алгоритми геообробки та модулі для обчислення КЕП. Технологічні процедури та алгоритм обчислень обсягів КЕП та ризиків їх втрати в Model\_CES формують наступні блоки розрахунків: 1. блок встановлення потенціалу зелених зон у наданні КЕП; 2. блок визначення ефективності зеленої зони у наданні КЕП – реальної пропозиції КЕП; 3. блок обрахунків обсягів екосистемних послуг та ризиків їх втрати; 4. блок обрахунків бального показнику альтернативної доступності зеленої зони. Вихідний набір геоданих «BGI\_CES», після реалізації технології містить атрибутивну інформацію про кожну зелену зону, зокрема, про їхню здатність надавати культурні екосистемні послуги, ефективність у наданні КЕП, про обсяги КЕП та ризики їх втрати. Представлена технологія може використовуватись у практиці міського планування, як інструмент підвищення якості міських зелених зон, їх сталого розвитку та забезпечення містян максимальними обсягами КЕП.

**Ключові слова:** культурні екосистемні послуги (КЕП), міські зелені зони (МЗЗ), географічні інформаційні системи, база даних.

**Як цитувати:** Корогода Наталія. Технологічні особливості проведення оцінки культурних екосистемних послуг / Наталія Корогода, Тетяна Купач // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2024. – Вип. 60. – С. 342-353. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-25>

**In cites:** Korohoda Nataliia, Kupach Tetiana (2024). Technological features of cultural ecosystem services assessment. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (60), 342-353. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-25> [in Ukrainian]

**Постановка проблеми.** Вигоди, що отримують жителі міста від зелених зон, пов'язані із підтримкою їх фізичного, морального та психологічного здоров'я становлять групу культурних екосистемних послуг (КЕП) [9]. Серед КЕП, міські зелені зони (МЗЗ) найчастіше надають рекреаційні, естетичні та послуги соціальних відносин тощо [21]. Для забезпечення максимального обсягу послуг МЗЗ мають відповідати низці вимог: по-перше - сприйматися містянами як бажані для використання, по-друге – знаходитись у легкому доступі, по-третє - не мати характеристик, які б знижували бажання їх відвідати. Таким чином, зрозуміло, що не всі зелені зони мають однакову «ефективність» у наданні КЕП. Оцінювання такої ефективності є однією з найважливіших задач для забезпечення сталого розвитку міст, адже дозволяє виявити МЗЗ, що потребують першочергової уваги для забезпечення ними оптимального обсягу КЕП.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Роботи, присвячені оцінюванню КЕП у міських зелених зонах наразі активно проводяться серед інших суспільно-географічних досліджень. Про це свідчить аналіз публікацій, наведений у [3]. Більша частина робіт стосується сприйняття мешканцями МЗЗ, зокрема чинників його покращення чи погіршення [1, 10, 11, 12]. Також наразі представлено низку робіт, що стосуються кількісної оцінки КЕП [14, 15, 17, 21, 22, 24]. Така оцінка є доволі проблемною, передусім через суб'єктивність. Для уникнення суб'єктивності було запропоновано методику оцінки КЕП, що спирається на визначення ефективності зелених зон у наданні КЕП [3]. Параметрами такої оцінки є й «суб'єктивні» показники: сприйняття МЗЗ мешканцями, типи їх рекреаційного використання, а також групи «об'єктивних» параметрів рекреаційного потенціалу, що залежить від стану зеленої зони. Адже набір функцій, що здатна ви-

конувати будь – яка екосистема, на пряму залежить від її структури та стану, відповідно - від стану залежать й обсяги екосистемних послуг [16]. Параметрами, за якими доцільно визначати стан МЗЗ та їх придатність виконувати рекреаційні та оздоровчі функції є медико-біологічна сприятливість (рекреаційна корисність), естетичність та облаштованість [3, 6].

**Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми.** Не зважаючи на значну кількість методичних робіт, що стосуються оцінки КЕП, вони наразі дуже часто лишаються такими, що не застосовуються у прикладних дослідженнях. Через те, що, як правило, спираються на складні показники. Останнє, зокрема зумовлює проведення оцінки лише в окремих зелених зонах, оскільки є досить часо- та трудомістким. Таким чином, наразі не окреслено доступної для містопланувальників технологічної схеми оцінювання, яка б створювала можливість проводити оцінку у всіх зелених зонах міста. Така технологія має задовольняти наступним вимогам: а) бути придатною для обробки інформації, яка є просторово-розподіленою; б) бути орієнтованою на наявність невизначених і часто обмежених даних; в) бути доступною для використання фахівцями проектних та інших установ, які можуть бути обмеженими в даних.

**Формулювання мети статті.** Необхідність проведення оцінки КЕП стала причиною того, що нами було запропоновано методика такої оцінки. Методика базується на визначенні того, наскільки ефективною щодо виконання рекреаційних, естетичних та ін. функцій є кожна зелена зона, тобто наскільки вона здатна задовольнити потреби населення у відпочинку, зниженні рівня стресу тощо [3]. Загальний алгоритм проведення оцінки обсягів надання КЕП та ризиків їх втрати полягає у послідовному виконанні наступних завдань: 1. встановити потенціал зелених зон у наданні КЕП (*CES\_potential*). 2. Визначити ефективність зеленої зони у наданні КЕП, тобто реальну пропозицію КЕП, з огляду на стан зеленої зони. Під ефективністю слід розуміти обсяги КЕП, що здатна надавати зелена зона з урахуванням обмежень - проблем, що визначають небажання містянами відвідувати МЗЗ. 3. Перевести значення ефективності у обсяги КЕП (*CES\_offer*) та обрахувати їх. 4. Визначити ризики втрати (недоотримання) КЕП.

Технологічно реалізація методики полягає у створенні бази геоданих (БД) про стан зелених зон та антропогенні навантаження на них. Всі згадані розрахункові показники мають входити до БД у якості атрибутів, а їх розрахунок – у якості робочих сценаріїв, що задокументовані у вигляді автоматизованих моделей розрахунку тощо.

Відповідно, метою даної роботи є висвітлення технологічних особливостей оцінки КЕП. Дане оцінювання має спиратися на доступні інструменти та зрозумілі алгоритми. Також має бути можливість модифікації технології для вирішення ширшого кола задач міського планування та/або роботи з іншими базами даних, що відповідає сучасним стандартам відкритої науки. Зокрема створена БД має бути застосовною для проведення інтегральної оцінки МЗЗ, зважаючи на їх ефективність у наданні інших груп екосистемних послуг [2, 4, 5, 18 -20, 23].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Технологічні рішення геоінформаційного оцінювання КЕП та ризиків їх втрати (недоотримання) є відображенням методики [3]. Технологія базується на інструментарії просторового аналізу QGIS/SAGA (версія QGIS 3.32.1-Lima), що містить необхідні базові алгоритми геообробки та модулі для обчислення КЕП.

Технологія оцінювання КЕП представлена моделлю Model\_CES. Функціонування та коректність роботи Model\_CES залежить від обсягів і якості вхідних даних (Input Data). В цілому рішення геоінформаційного оцінювання базуються на використанні відкритої інформації про: міські зелені зони; рослинність; ландшафти; райони із різновіковою забудовою міста; локальні райони зосередженості населення міста; дані статистики опитування тощо. Таким чином, вся атрибутивна інформація (таблиці 2 - 7) визначатиме особливості кожної зеленої зони. Ці особливості безпосередньо впливають на потенційні обсяги КЕП. Атрибутика є основою для коректної роботи алгоритмів Model\_CES, зокрема розрахунку показників (табл.1), за якими пропонується оцінювати обсяги КЕП [3].

Отже вхідними наборами даних (Input Data) у Model\_CES є:

1. Набір просторових даних векторної геометрії «Vegetation» (.shp), що відображає рослинний покрив території дослідження. Атрибути набору повинні відповідати вимогам, представленим у таблиці 2.

2. Набір просторових даних векторної геометрії «BGI» (.shp), що відображає межі МЗЗ. Атрибути набору мають відповідати вимогам, наведеним у таблиці 3.

3. Набір просторових даних векторної геометрії «hollow» (.shp), що відображає яружно-балкову мережу території, атрибути якого повинні відповідати вимогам наведеним у таблиці 4.

4. Набір просторових даних векторної геометрії «age\_construct» (.shp), що відображає «вік» забудови. Атрибути набору на вході моделі повинні відповідати вимогам представленим у таблиці 5.

Розрахункові показники, необхідні для оцінювання КЕП /  
The calculation indicators used to assess the CES

Розрахунковий показник	Зміст показника	Атрибут БД
<i>Perception</i>	Типи зелених зон, що обиралися респондентами, як бажані для відвідування (%)	percpt
<i>Using</i>	Типи рекреаційного використання зелених зон, що обиралися респондентами (%)	use
<i>Total_Recreation</i>	Показник рекреаційної цінності та придатності зелених зон	recr_all
<i>Derogation</i>	Характеристики, що визначають обмеження у використанні зелених зон	dergt
<i>Demand-supply</i>	Показник співвідношення «пропозиції - попиту» зелених зон у житлових мікрорайонах	int_cls

Таблиця 2

Атрибути вхідного набору геоданих «Vegetation» / The attributes of the input geodata set «Vegetation»

Атрибут	Тип даних	Зміст поля	Код	Зміст коду
Veg_class	Float	Категорія рослинного покриву [13]	1	Деревна рослинність (Veg_type:1,2,3)
			2	Трав'яна рослинність (Veg_type: 4)
			3	Водно-болотна (вологолюбна) рослинність (Veg_type: 5)
Veg_type	Float	Тип рослинного покриву [8]	1	Хвойна деревна рослинність
			2	Листяна деревна рослинність
			3	Мішано лісова рослинність
			4	Трав'яна рослинність
			5	Водно-болотна (вологолюбна) рослинність

5. Табличний набір даних статистики опитування «survey\_all» (.xlsx), атрибути якого повинні відповідати вимогам, наведеним у таблиці 6. Кожен атрибут набору відповідає окремим результатам соціологічного опитування щодо сприйняття містянами зелених зон.

6. Набір просторових даних векторної геометрії «local\_district» (.shp), що представляє забезпеченість зеленими зонами мікрорайонів міста. Атрибути набору повинні відповідати вимогам, наведеним у таблиці 7.

Технологічні процедури та алгоритм обчислень обсягів КЕП та ризиків їх втрати в Model\_CES формують наступні блоки розрахунків відповідно до методики [3]:

1. Блок встановлення потенціалу зелених зон у наданні КЕП - *CES\_potential*: Потенціал слід розраховувати, як усереднену величину з унормованих показників сприйняття, використання та рекреаційної цінності території. Для цього необхідно визначити тип зелених зон (атрибут «type\_CES»), оскільки сприйняття різних

типів 33 є одним з показників їх потенціалу у наданні КЕП [1, 11, 12]. Визначення здійснюється відповідно до складної алгоритмічної схеми із використанням наступних процедур:

- оверлейного аналізу *Vector overlay / module Intersection* між наборами геоданих «BGI», в якому попередньо обраховуються картометричні параметри, зокрема, площа зеленої зони, та «Vegetation». У результаті аналізу отримується набір векторних даних «BGI\_CES».

- Обрахунку поля «type\_CES» векторними обчисленнями *Vector Table/ module Field calculator* у наборі «BGI\_CES», що отримано оверлеєм, між полями із використанням запитів SQL\* (таблиця 8).

- Створення вибірки масивів із старою та новою забудовою за допомогою запитів до атрибутивних таблиць у векторному наборі «age\_consruct» - *Vector selection / module Select by expression* та процедурами відбору об'єктів за місцезнаходженням *Vector selection / module Select by location* (вибірki значень передаються у

Таблиця 3

Атрибути вхідного набору геоданих «BGI» / The attributes of the input geodata set «BGI»

Атрибут	Тип даних	Зміст поля		
			Код	Зміст коду
ID	Float	Унікальний номер		Код зеленої зони
Usage_class	Float	Категорія зеленої зони [7]	1	Зелені насадження загального користування
			2	Зелені насадження обмеженого користування
			3	Зелені насадження спеціального призначення
Usage_type	Float	Тип зеленої зони[7]	1	Насадження на територіях лісопарків, лугопарків
			2	Насадження на територіях загальноміських і районних парків, спеціалізованих парків, парків культури та відпочинку, зоопарків та ботанічних садів, скверів, бульварів, насадження на схилах, набережних та ін.
			3	Насадження на між квартальних територіях або при групі житлових будинків
			4	Насадження на територіях громадських та житлових будинків, закладів освіти, охорони здоров'я, культурно-освітніх і спортивно-оздоровчих установ, промислових і складських зон та ін.
			5	Насадження транспортних магістралей і вулиць, пришляхові насадження, на ділянках санітарно-захисних зон довкола промислових підприємств, ліній електропередач високої напруги
			6	Насадження на територіях кладовищ і крематоріїв

Таблиця 4

Атрибути вхідного набору геоданих «hollow» / The attributes of the input geodata set «hollow»

Атрибут	Тип даних	Зміст поля		
			Код	Зміст коду
Number	Integer (64)10	Унікальний номер	24-38	Обрані ландшафтні комплекси яружно-балкової мережі

Таблиця 5

Атрибути вхідного набору геоданих «age\_consruct» /  
The attributes of the input geodata set «age\_consruct»

Атрибут	Тип даних	Зміст поля		
			Код	Зміст коду
id	Integer (64)10	Унікальний номер		ідентифікатор об'єкту
age	Integer (64)10	Категорія забудови	1	нова забудова
			2	стара забудова

поле «age» набору «BGI\_CES»).

- Дообчислення «type\_CES» із врахуванням «віку» масивів забудови, де розташовано зелені зони векторними обчисленнями *Vector Table/ module Field calculator* між полями отриманого оверлейного набору із використанням запитів SQL\* (таблиця 9).

- Оверлейного аналізу *Vector overlay / module Intersection* наборів геоданих «BGI\_CES» та «hollow», за допомогою якого доповнюються дані про тип зелених зон, що відноситься до яружно-балкових масивів і на основі цього дообчислюється поле «type\_CES», якщо площа таких масивів в зеленій зоні складає 50% та більше. До-

Таблиця 6

Атрибути вхідного набору геоданих «survey\_all» /  
The attributes of the input geodata set «survey\_all»

Атрибут	Тип даних	Зміст поля	
		Код	Зміст коду
id	Integer (64)10	Унікальний номер	ідентифікатор об'єкту
recr_all	Float, Precision – 10	числовий вираз сумарного балу оцінки рекреаційного потенціалу зелених зон	3 - мінімально можливе значення 43- максимально можливе значення
percpt	Float, Precision – 10	Відносне значення кількості уподобань мешканцями різних типів МЗЗ (%)	
use	Float, Precision – 10	Відносне значення кількості рекреаційних занять (%)	
dergt	Integer (64)10	Відносне значення кількості лімітуючих привабливості до відвідування чинників (%)	

Таблиця 7

Атрибути вхідного набору геоданих «local\_district» /  
The attributes of the input geodata set «local\_district»

Атрибут	Тип даних	Зміст поля
int_cls	Integer (64)10	значення показника альтернативної доступності
hectares	Real 10(2)	значення площі району, га

Таблиця 8

Запит для обчислень значень атрибуту «type\_CES» /  
Query for calculating the values of the "type\_CES" attribute

* процедура запиту до створення і обчислення атрибуту «type_CES»
<pre> CASE WHEN ( "Veg_type" = 1) AND ( "Usage_type" = 1) THEN 1 WHEN ( "Veg_type" = 2) AND ( "Usage_type" = 1) THEN 2 WHEN ( "Veg_type" = 3) AND ( "Usage_type" = 1) THEN 3 WHEN ( "Veg_type" = 4 OR "Veg_type" = 5 ) AND ( "Usage_type" = 1) THEN 4 WHEN "Usage_type" = 5 THEN 13 WHEN "Usage_type" = 6 THEN 14 END </pre>

Таблиця 9

Запит для дообчислення значень атрибуту «type\_CES» на основі даних про «вік» забудови /  
Query for additional calculation of the "type\_CES" attribute values based on the data on the "age" of the built-up area

* процедура запиту для дообчислення атрибуту «type_CES»
<pre> CASE WHEN "age" = 1 AND "Usage_type" = 2 THEN 6 WHEN "age" = 1 AND "Usage_type" = 3 THEN 8 WHEN "age" = 1 AND "Usage_type" = 4 THEN 11 ELSE "type_CES" END </pre>
<pre> CASE WHEN "age" = 2 AND "Usage_type" = 2 THEN 7 WHEN "age" = 2 AND "Usage_type" = 3 THEN 9 WHEN "age" = 2 AND "Usage_type" = 4 THEN 12 ELSE "type_CES" END </pre>

обчислення відбувається алгоритмами *Vector Table/ module Field calculator* між полями отриманого оверлейного набору із використанням запитів SQL\* (таблиця 10).

- Оверлейного аналізу *Vector overlay / module Intersection* між набором геоданих «BGI\_CES» та табличними даними опитування «survey\_all». Як результат набір доповнюється інформацією отриманою при соціологічному опитуванні мешканців міста. На основі процедури векторних обчислень *Vector Table/ module Field calculator* в результаті аналізу обчислюють-

ся значення у атрибутах набору «percpt», «use», «recr\_all», «dergt». Також обчислюються унормовані (в частках одиниці) значення потенційних обсягів КЕП в атрибутах набору: «P\_percpt», «P\_use», «P\_recr», «K\_dergt», «K\_loss».

- Обчислення потенціалу зелених зон у наданні КЕП (атрибут «CES\_p») з використанням процедур векторних обчислень *Vector Table/ module Field calculator* (рис. 1). Обрахунки між полями таблиці набору відбувається за формулою:  $(( "P\_use" + "P\_percpt" + "P\_recr" ) / 3)$ , відповідно до методики.

Таблиця 10

Запит для дообчислення значень атрибуту «type\_CES» на основі даних про відношення до яружно-балкових масивів /  
Query for additional calculation of the "type\_CES" attribute values based on data on ravine, gully and hollow formations

* процедура запиту для дообчислення атрибуту «type_CES»
CASE WHEN "sum" > "S_bgi" / 2 THEN 1 ELSE 0 END
CASE WHEN "holl50" = 1 THEN 5 ELSE "type_CES" END

2. Блок визначення ефективності зеленої зони у наданні КЕП – реальної пропозиції КЕП. Адже реальна пропозиція КЕП (*CES\_offer*), як правило, є меншою ніж потенційна (*CES\_potential*), через часткову втрату КЕП (*K\_derogation*) за наявних у МЗЗ проблем (рис. 2). Обчислення відбувається із використанням процедур *Vector Table/ module Field calculator*. Обрахунки між полями таблиці набору «BGI\_CES» у доданому атрибутивному полі «CES\_of» відбувається за формулою:  $( "CES\_p" - ("dergt" * "K\_loss") )$ , відповідно до методики [3].

3. Блок обрахунків обсягів екосистемних послуг та ризиків їх втрати. Оскільки отримані значення ефективності, вже подано в унормованих показниках, то реалізація даного блоку, являє собою лише ранжування отриманих показників ефективності на п'ять діапазонів відповідно до функції бажаності Харрінгтона [2 -5, 18 - 20, 23], що і вказуватимуть на обсяги КЕП – розрахунковий параметр *CES*. Процедура відбувається відбувається за допомогою векторних обчислень *Vector Table/ module Field calculator*, а запит\* формується відповідно до методики. Результат передається у атрибутивне поле «CES\_val» векторного набору «BGI\_CES».

Оцінка ризиків недоотримання КЕП, як різниці між максимальними обсягами та актуальними, обумовленими станом зеленої зони здійс-

нюється за процедурою векторних обчислень *Vector Table/ module Field calculator* та запитам до атрибутивних таблиць набору, а результат передається у атрибутивне поле «CES\_risk» та «CES\_R\_name» у набір геоданих «BGI\_CES» (рис. 2).

4. Блок обрахунків (рис.3) бального показнику альтернативної доступності зеленої зони (*I\_alternative\_availability*). Даний показник відбиває співвідношення пропозиції - попиту КЕП. Тож розрахунок даного показника дозволяє зрозуміти, що зелена зона, розташована на території з найбільшою кількістю мешканців та найменшою кількістю альтернативних зелених зон має найвищий показник потенційних можливостей щодо забезпечення попиту на КЕП, а отже потребує найбільшої уваги в управлінні. Обчислення показнику відбувається за допомогою процедур:

- оверлейного аналізу *Vector overlay / module Intersection* між наборами геоданих «BGI\_CES» та «local\_district»;

- у отриманому оверлеєм наборі картометричними обрахунками визначаються площі фрагментів зелених зон у житлових масивах «Area\_frac»;

- обчисленням статистики за категоріями *Vector analysis / module Statistics by categories* в отриманому наборі обраховується статистичний

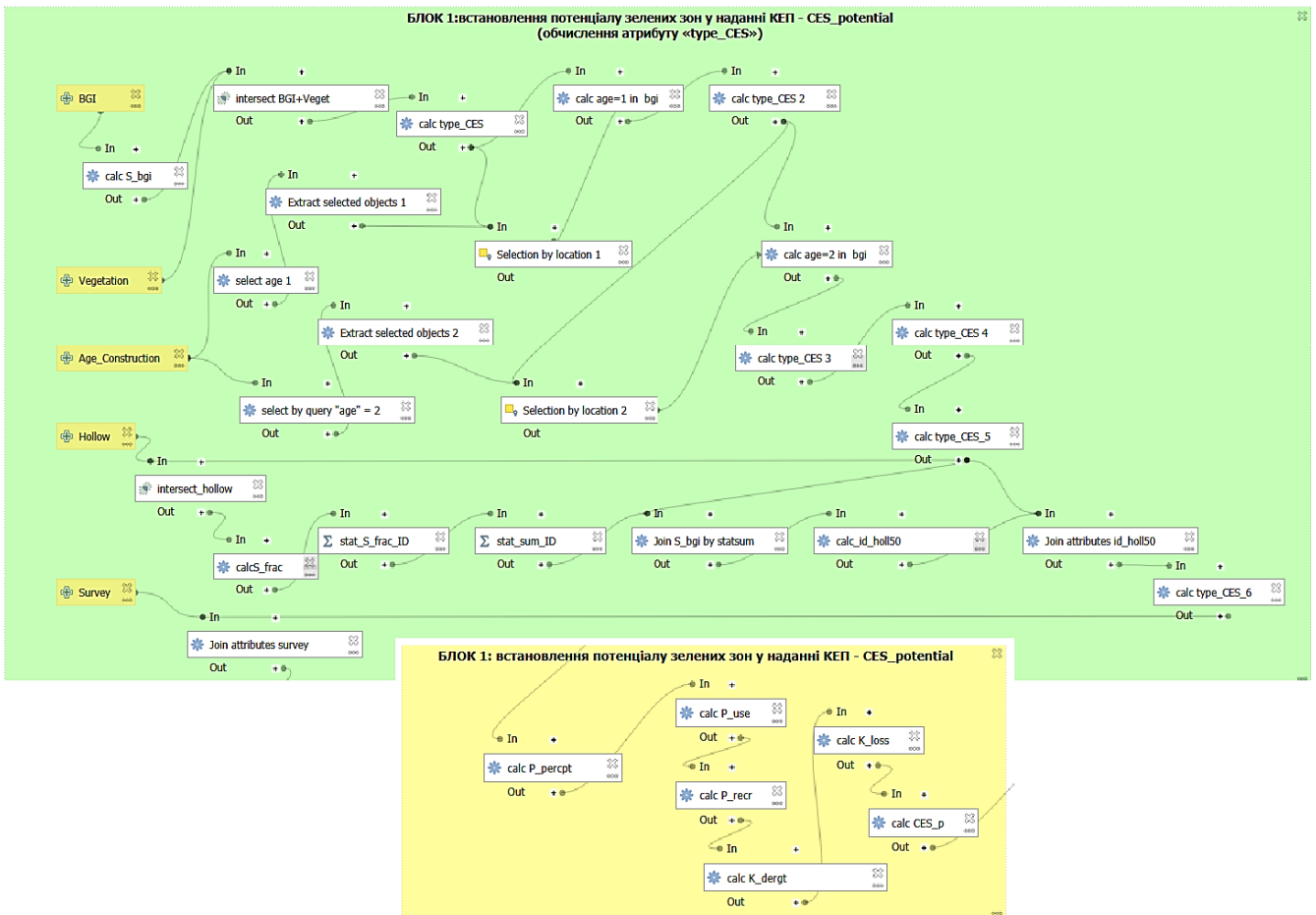


Рис. 1. Фрагмент алгоритму обчислень Model\_CES:

Блок встановлення потенціалу зелених зон у наданні КЕП /

Fig. 1. The part of the Model\_CES calculation algorithm: unit for detection of the potential of green areas in providing CES

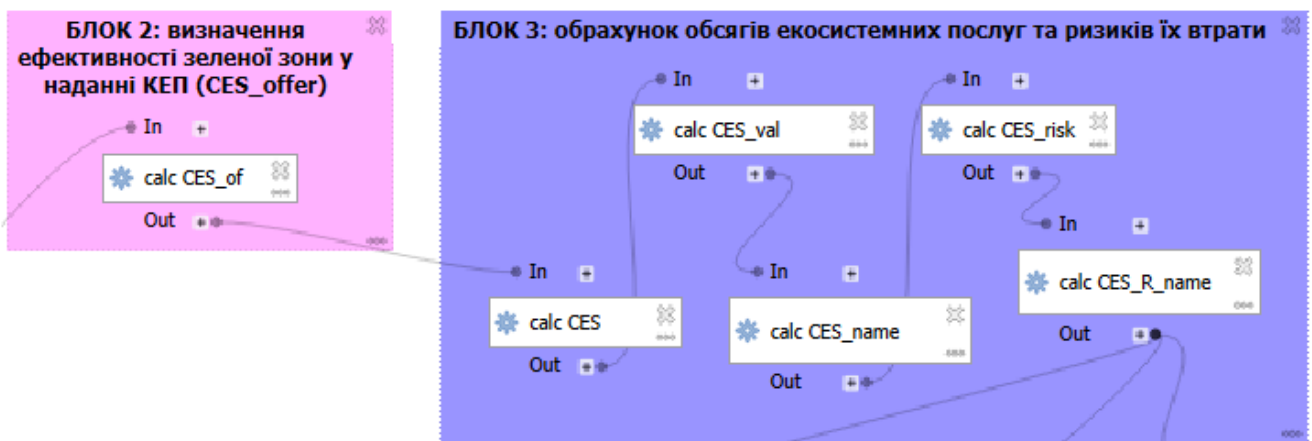


Рис. 2. Фрагмент алгоритму обчислень Model\_CES: Блоки 2-3 визначення ефективності зеленої зони у наданні КЕП та обрахунків обсягів КЕП та ризиків їх втрати /

Fig. 2. The part of the Model\_CES calculation algorithm: blocks 2-3 assessing the effectiveness of the green zone in providing CES and calculating the amounts of CES and the risks losses

показник суми площ зелених зон у житлових масивах міста (проміжний атрибут «Area\_frac\_sum»);  
 - приєднання значень проміжного атрибуту «Area\_frac\_sum» до набору «BGI\_CES» відбувається алгоритмом геообробки *Vector general / module Join attributes by field value* використо-

вуючи унікальний ідентифікатор зеленої зони у ключовому полі «ID» для з'єднання таблиць;  
 - створенням запитів до атрибутивних таблиць в процедурах векторних обчислень (*Vector Table/ module Field calculator*) та за допомогою створення вибірки даних на основі критеріїв



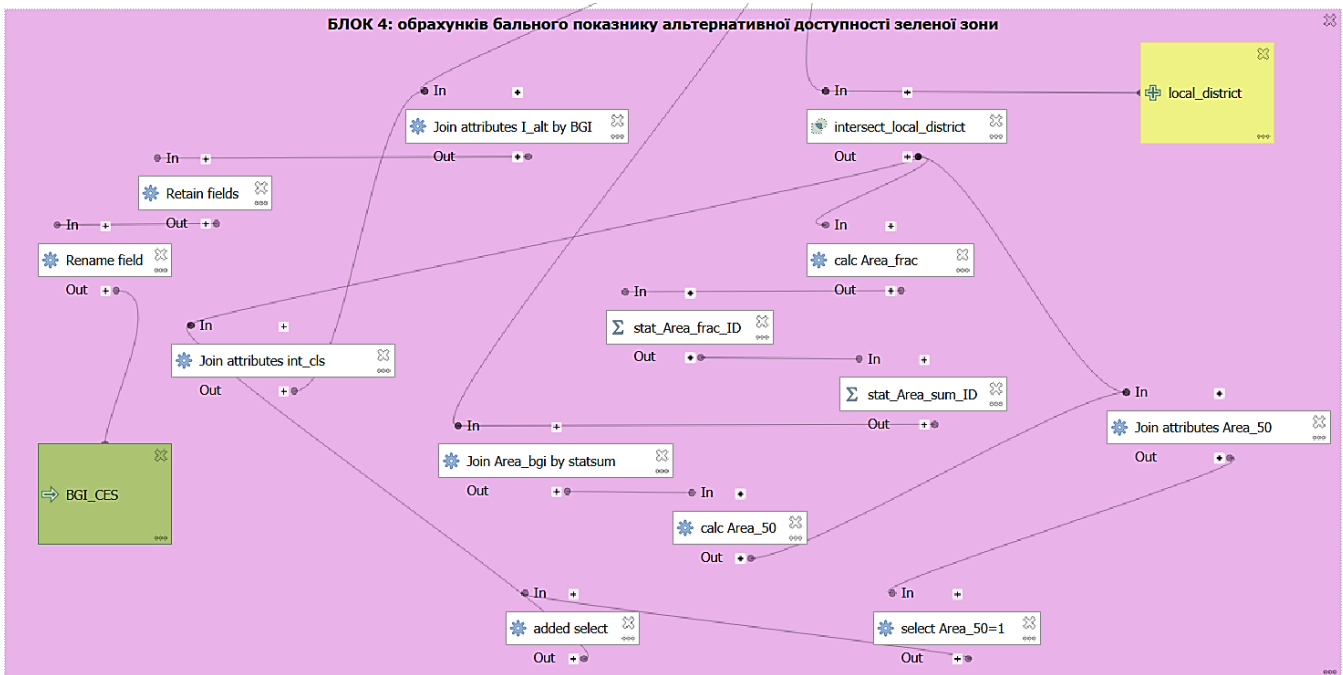


Рис. 3. Фрагмент алгоритму обчислень Model\_CES: Блок обрахунків бального показнику альтернативної доступності зеленої зони /  
 Fig. 3. The part of the Model\_CES calculation algorithm: block of calculations for the indicator of alternative availability of green areas (in scores)

(*Vector selection / module Select by expression*) визначаються ті зелені зони які на 50% та більше своєї площі розташовані у житлових масивах з певною альтернативною доступністю. Значення показнику альтернативної доступності з набору «local\_district» (атрибут «I\_alt») передаються у результуючий набір даних процедурами *Vector general / module Join attributes by field value* використовуючи унікальний ідентифікатор зеленої зони у ключовому полі «ID» для з'єднання таблиць.

Результуючим (Output Data) набором гео-даних визначення обсягів КЕП та ризиків їх недоотримання є векторний набір «BGI\_CES». Геодані набору описані атрибутивною інформацією про кожну з зелених зон (природні та антропогенні характеристики, що впливають на обсяги надання КЕП). Після реалізації моделі Model\_CES, векторний набір гео-даних (Output Data) - «BGI\_CES» має містити атрибутивну інформацію про обсяги КЕП та ризики їх втрати (рис. 4).

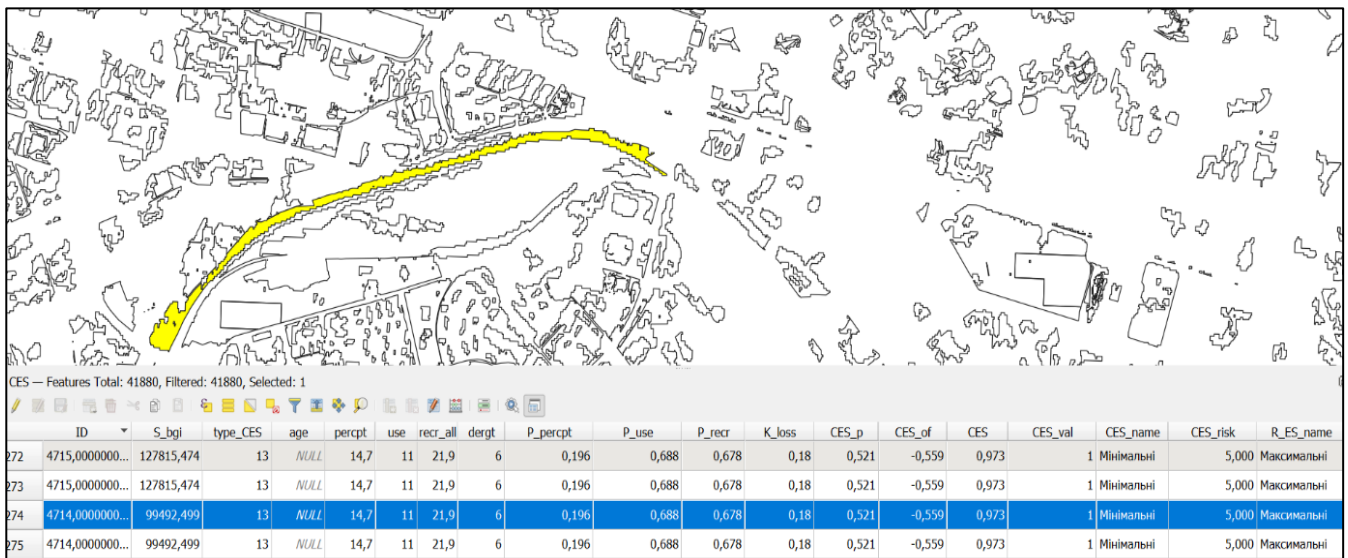


Рис. 4. Візуалізація результуючого набору гео-даних Model\_CES та атрибутивної таблиці до набору даних «BGI\_CES» /  
 Fig. 4. Visualisation and attributive table of the resulting dataset for the Model\_CES



Результатом реалізації технології, що представлена геоінформаційною моделлю визначення обсягів КЕП та оцінювання ризиків їх недоотримання Model\_CES – є файлова база даних у форматі GeoPackage відповідно до стандартів Open Geospatial Consortium, що містить всі необхідні векторні та растрові набори геоданих, їх стилі та представлення. Зміст, структура, походження, параметри точності та обмеження геоданих задокументовані в метаданих.

БД Model\_CES, за вхідні набори даних має наступні: табличні: «survey\_all»; векторні: «Vegetation», «BGI», «local\_district», «hollow», «age\_constrct». Вихідний набір «BGI\_CES», після реалізації технології оцінки містить атрибутивну інформацію про кожну зелену зону, зокрема про: їхній потенціал у наданні КЕП, ефективність у наданні КЕП, обсяги КЕП та ризики їх втрати.

**Висновки.** В роботі представлені технологічні особливості реалізації методики оцінювання культурних екосистемних послуг, що їх надають міські зелені зони. Технологія базується на інструментарії просторового аналізу QGIS/SAGA (версія QGIS 3.32.1-Lima), що містить необхідні базові алгоритми геообробки та модулі для обчислення КЕП.

Технологія оцінювання КЕП представлена в моделі Model\_CES. Функціонування та коректність роботи Model\_CES залежить від обсягів і якості вхідних даних (Input Data). Задля включення в оцінку всіх аспектів, що обумовлюють пропозицію КЕП, в технологічній схемі у якості атрибутів до БД було включено інформацію про: міські зелені зони; рослинність; ландшафти; райони із різновіковою забудовою міста; локальні райони зосередженості населення міста; дані статистики опитування тощо. Вся атрибутивна інформація є основою для коректної роботи ал-

горитмів Model\_CES, зокрема розрахунку показників, за якими пропонується оцінювати обсяги КЕП.

Адекватно до розроблених показників, була сформована файлова база даних у форматі GeoPackage відповідно до стандартів Open Geospatial Consortium - Model\_CES, яка за вхідні набори даних має наступні: табличні: «survey\_all»; векторні: «Vegetation», «BGI», «local\_district», «hollow», «age\_constrct».

Технологічні процедури та алгоритм обчислень обсягів КЕП та ризиків їх втрати в Model\_CES формують наступні блоки розрахунків: 1. блок встановлення потенціалу зелених зон у наданні КЕП; 2. блок визначення ефективності зеленої зони у наданні КЕП – реальної пропозиції КЕП; 3. блок обрахунків обсягів екосистемних послуг та ризиків їх втрати; 4. блок обрахунків бального показнику альтернативної доступності зеленої зони.

Вихідний набір «BGI\_CES», після реалізації технології містить атрибутивну інформацію про кожну зелену зону, зокрема, про їхню здатність надавати культурні екосистемні послуги, ефективність у наданні КЕП, про обсяги КЕП та ризики їх втрати.

Представлена технологія може використовуватись у практиці міського планування, як інструмент підвищення якості міських зелених зон, їх сталого розвитку та забезпечення містян максимальними обсягами КЕП.

**Подяка.** Дане дослідження виконане в рамках проекту «Технологія геоінформаційного оцінювання надання екосистемних послуг міськими зеленими зонами», що фінансується за рахунок зовнішнього інструменту допомоги Європейського Союзу для виконання зобов'язань України у Рамковій програмі Європейського Союзу з наукових досліджень та інновацій «Горизонт 2020».

#### Список використаної літератури

1. Гродзинський М. Д., Корогода Н.П., Гродзинська О.Ю., Свідзінська Д.В. Чинники сприйняття та оцінка проблем зелених зон м. Києва його мешканцями [Текст] / М. Д. Гродзинський, Н.П. Корогода, О.Ю. Гродзинська, Д.В. Свідзінська // Український географічний журнал. – 2023. - №1. - С. 15–22. <https://doi.org/10.15407/ugz2023.01.015>
2. Корогода Н.П., Ковтонюк О.В., Галаган О.О., Купач Т. Г. Геоінформаційне оцінювання екосистемних послуг з контролю швидкості ерозії ґрунту у ландшафтах міських зелених зон [Текст] / Н.П. Корогода, О.В. Ковтонюк, О.О. Галаган, Т. Г. Купач // Ландшафтознавство. – 2023. - № 4 (2). – С. 55-67. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-4-54-67>
3. Корогода Н., Купач Т. Оцінка обсягів надання культурних екосистемних послуг зеленими зонами міста Києва / Н. Корогода, Т. Купач // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія». - 2023.- Вип. 58. - С. 159-170. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-13>.
4. Корогода Н.П. Оцінка екосистемних послуг зі зниження рівня шуму від дорожнього руху у міських ландшафтах [Текст] / Н.П. Корогода // Ландшафтознавство. – 2023. - № 3 (1). – С. 56-67. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-3-56-67>
5. Корогода Н., Яценко Ю. Оцінка екосистемних послуг зі зниження рівнів пилового забруднення атмосферного повітря міста вздовж автошляхів [Текст] / Н. Корогода, Ю. Яценко // Фізична географія та геоморфологія. – 2023. - № 46, 1–6 (117–119). - С. 38 – 46. <https://doi.org/10.17721/phgg.2023.1-6.04>

6. Купач Т. Г., Корогода Н.П. Показники рекреаційної цінності та придатності міських зелених зон для оцінки культурних екосистемних послуг [Текст] / Т. Г. Купач, Н.П. Корогода // *Географія та туризм*. - 2022. - № 70, 71-80 <https://doi.org/10.17721/2308-135X.2022.70.71-80>
7. Про затвердження Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України. Наказ №105 від 10.04.2006, Київ, Міністерство розвитку громад та територій України, 2006. - 48с.
8. Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: collection 3: epoch 2019: Globe (V3.0.1) / M. Buchhorn, B. Smets, L. Bertels [et al.], 2020. [Data set] / Available from: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3939050>
9. Daniel T. C., Muhar A., Arnberger A., Dunk A. Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. - 2012. - 109 (23). - P. 8812–8819 <https://doi.org/10.1073/pnas.1114773109>.
10. Dinda S., Ghosh S. Perceived benefits, aesthetic preferences and willingness to pay for visiting urban parks: A case study in Kolkata, India // *International Journal of Geoheritage and Parks*. - 2021. - 9 (1). - P. 36-50. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2020.12.007>
11. Elbakidze M., Dawson L., Kraft van Ermel LE. et al. Understanding people's interactions with urban greenspace: Case studies in Eastern Europe / M. Elbakidze, L. Dawson, LE. Kraft van Ermel et al. // *Urban Forestry & Urban Greening*. -2023. - Vol. 89. - P. 128117. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128117>
12. Elbakidze M., Dawson L., Milberg P., Mikusiński G., Hedblom M., Kruhlov I., Yamelynets T., Schaffer C., Johansson K-E., Grodzynski M. Multiple factors shape the interaction of people with urban greenspace: Sweden as a case study // *Urban Forestry & Urban Greening*. - 2022. - 74. - P. 127672 <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127672>.
13. ESA WorldCover 10 m 2020 v100 / D. Zanaga, R. Van De Kerchove, W. De Keersmaecker [et al.], 2021 [Electronic resource] / Available from: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5571936>.
14. Fischer L.K., Botzat A., Honold J., Cvejić R., Brinkmeyer D., Delshammar T., et al. Recreational ecosystem services in European cities: sociocultural and geographical contexts matter for park use // *Ecosystem Services*. - 2018. - 31. - P. 455–467. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.01.015>
15. Hutcheson W., Hoagland P., Jin D. Valuing environmental education as a cultural ecosystem service at Hudson River Park // *Ecosystem Services*. - 2018. - 31. - P. 387–394. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.03.005>
16. Kasparinskis R., Ruskule A., Vinogradovs I., Pecina M. V. The guidebook on ecosystem service framework in integrated planning / R. Kasparinskis, A. Ruskule, I. Vinogradovs, M. V. Pecina. - Riga: University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences, 2018. - 63 p.
17. Ko H., Son Y. Perceptions of cultural ecosystem services in urban green spaces: a case study in Gwacheon, Republic of Korea // *Ecological Indicators*. - 2018. - 91. - P.299–306. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.006>
18. Korohoda N., Kovtoniuk O., Halahan O. Kyiv green areas: assessment of the functioning efficiency and volumes of ecosystem services for erosion control / N. Korohoda, O. Kovtoniuk, O. Halahan // *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. - 2023. - Vol.32 (3). - P. 516-524. <https://doi.org/10.15421/112346>
19. Korohoda N., Kovtoniuk O., Halahan O. The use of GIS and remote sensing data in determining the condition of green areas in Kyiv // *XVI International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"* 15–18 November 2022, Kyiv, Ukraine <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580056>
20. Korohoda N., Kovtoniuk O., Halahan O., Kupach T. Technological features of the assessment ecosystem services control of erosion rates / N. Korohoda, O. Kovtoniuk, O. Halahan, T. Kupach // *XVII International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"* 7 - 10 November 2023, Kyiv, Ukraine <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/11/Mon23-071.pdf>
21. Mao Q., Wang L., Guo Q., Li Y., Liu M. and Xu G. Evaluating Cultural Ecosystem Services of Urban Residential Green Spaces From the Perspective of Residents' Satisfaction With Green Space // *Front. Public Health*. -2020. - 8. - P.226. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00226>
22. Plieninger T., Sebastian D., Oteros-Rozas S., Bieling C. Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level // *Land Use Policy*. - 2013. - 33. - P. 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.013>
23. Pochaievets O., Korohoda N. The use of GIS and remote sensing data for assessing ecosystem services for hydrological cycle and water flow regulation / O. Pochaievets, N. Korohoda // *XVII International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"* 7 - 10 November 2023, Kyiv, Ukraine <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/11/Mon23-115.pdf>
24. Zwierzchowska I., Hof A., Iojă I.C., Mueller C., Ponizy L., Breuste J., et al. Multi-scale assessment of cultural ecosystem services of parks in Central European cities // *Urban For Urban Green*. - 2018. - 30. - P. 84–97. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.12.017>

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

**Конфлікт інтересів:** автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

## Technological features of cultural ecosystem services assessment

Nataliia Korohoda <sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor, Department of Physical Geography and Geoecology,

<sup>1</sup> Kyiv National University named after Taras Shevchenko, Kyiv, Ukraine;

Tetiana Kupach <sup>1</sup>

PhD (Geography), Associate Professor, Department of Geography of Ukraine

### ABSTRACT

The benefits that city residents receive from green spaces related to maintaining their health are a group of cultural ecosystem services (CES). To avoid subjectivity in the assessment of CES, there is a methodology based on determining the effectiveness of green spaces in providing them. Currently, there is no technological scheme for assessing the CES available to urban planners. Accordingly, **the purpose of the paper** is to highlight the technological features of the CES assessment. **Methodologically**, the work consists in creating a geodatabase (DB) on the state of green spaces and anthropogenic pressure on them. All the calculation indicators proposed in the methodology should be included in the database as attributes, and their calculation should be performed as working scenarios documented in the form of automated calculation models, etc. The technology is based on QGIS/SAGA spatial analysis tools (QGIS version 3.32.1-Lima), which contains the necessary basic geoprocessing algorithms and modules for calculating the CES.

The technology for estimating CES is presented in the Model\_CES. The functioning of the Model\_CES depends on the amount and quality of input data. As input data, the database includes information on: urban green spaces; vegetation; landscapes; areas with multi-age urban development; local areas of urban population concentration; survey statistics, etc. Attribute information is the basis for the correct operation of the Model\_CES algorithms, in particular, the calculation of parameters by which it is proposed to assess the volume of CES. Adequate to the parameters, a file database in the GeoPackage format was formed in accordance with the standards of the Open Geospatial Consortium - Model\_CES, which contains the input data sets: tabular: "survey\_all"; vector: "Vegetation", "BGI", "local\_district", "hollow", "age\_construct".

Technological procedures and algorithm for calculating CES volumes and risks of their loss in Model\_CES form calculation blocks: 1. a block for determining the potential of green spaces in providing CES; 2. a block for determining the effectiveness of the green space in providing CES - the real supply of CES; 3. a block for calculating the volume of ecosystem services and the risks of their loss; 4. a block for calculating the score of alternative availability of the green space.

As a **result**, the proposed algorithm produces the output geodataset "BGI\_CES". After the implementation of the technology, this dataset contains attribute information about each green space, in particular, their ability to provide cultural ecosystem services, efficiency in providing CES, the volume of CES and the risks of their loss.

Thus, the paper **solves the scientific task** of creating an assessment technology that meets the following requirements: it is suitable for processing information that is spatially distributed; it is focused on the availability of uncertain and often limited data; it is available for use by specialists of design and other institutions that may be limited in data. The presented technology **can be used in urban planning practice** as a tool for improving the quality of urban green spaces, their sustainable development and providing citizens with the maximum amount of CES.

**Keywords:** cultural ecosystem services (CES), urban green spaces (UGS), geographic information systems, database.

### References

1. Grodzynski, M., Korohoda, N., Grodzynska, O., Svidzinska, D. (2023). Factors of perception and assessment of problems of green areas in Kyiv by its residents. *Ukrainian Geographical Journal*, 1, 15-22. <https://doi.org/10.15407/ugz2023.01.015> [in Ukrainian]
2. Korohoda N. P., Kovtoniuk O. V., Halahan O. O., Kupach T. H. (2023) Geoinformation assessment of ecosystem services for controlling the rate of soil erosion in landscapes of urban green zones. *Landscape Science*, 4 (2), 55-67. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-4-54-67> [in Ukrainian]
3. Korohoda N., Kupach T. (2023) Assessment of the volume of provision of cultural ecosystem services by Kyiv green zones. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*, (58), 159-170. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-13> [in Ukrainian]
4. Korohoda N.P. (2023) Assessment of ecosystem traffic noise reduction service in the urban landscapes. *Landscape Science*, 3 (1), 56-67. <https://doi.org/10.31652/2786-5665-2023-3-56-67> [in Ukrainian]
5. Korohoda N., Yatsenko Yu. (2023) Assessment of ecosystem services to reduce the level of dust pollution in the urban air along roads. *Physical geography and geomorphology*, 46, 1-6 (117-119), 38-46. <https://doi.org/10.17721/phgg.2023.1-6.04> [in Ukrainian]
6. Kupach T., Korohoda N. (2022) The values of recreational importance and suitability of urban green areas for the assessment of cultural ecosystem services. *Geography and Tourism* 70, 71-80. <https://doi.org/10.17721/2308-135X.2022.70.71-80> [in Ukrainian]
7. *On the approval of the Rules for the maintenance of green spaces in populated areas of Ukraine* (2006). Order No. 105 dated April 10, 2006, Kyiv, Ministry of Community and Territorial Development of Ukraine, 48 [in Ukrainian]



8. Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: collection 3: epoch 2019: Globe (V3.0.1). M. Buchhorn, B. Smets, L. Bertels [et al.] (2020). [Data set]. Available from: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3939050>
9. Daniel, T. C., Muhar, A., Arnberger, A., Dunk, A. (2012). Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109 (23), 8812–8819. <https://doi.org/10.1073/pnas.1114773109>
10. Dinda, S., Ghosh, S. (2021). Perceived benefits, aesthetic preferences and willingness to pay for visiting urban parks: A case study in Kolkata, India. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 9 (1), 36-50. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2020.12.007>
11. Elbakidze M., Dawson L., Kraft van Ermel LE. et al. (2023). Understanding people's interactions with urban green-space: Case studies in Eastern Europe. *Urban Forestry & Urban Greening*, 89, 128117. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128117>
12. Elbakidze, M., Dawson, L., Milberg, P., Mikusiński, G., Hedblom, M., Kruhlov, I., Yamelynet, s T., Schaffer, C., Johansson, K-E., Grodzynski, M. (2022). Multiple factors shape the interaction of people with urban greenspace: Sweden as a case study. *Urban Forestry & Urban Greening*, 74, 127672. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127672>
13. ESA WorldCover 10 m 2020 v100 / D. Zanaga, R. Van De Kerchove, W. De Keersmaecker [et al.] (2021). [Electronic resource]. Available from: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5571936>
14. Fischer, L.K., Botzat, A., Honold, J., Cvejić, R., Brinkmeyer, D., Delshammar, T., et al. (2018). Recreational ecosystem services in European cities: sociocultural and geographical contexts matter for park use. *Ecosystem Services*, 31, 455–467. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.01.015>
15. Hutcheson, W., Hoagland, P., Jin, D. (2018). Valuing environmental education as a cultural ecosystem service at Hudson River Park. *Ecosystem Services*, 31, 387–394. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.03.005>
16. Kasparinskis R., Ruskule A., Vinogradovs I., Pecina M. V. (2018). *The guidebook on ecosystem service framework in integrated planning*. Riga: University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences, 63.
17. Ko, H., Son, Y. (2018). Perceptions of cultural ecosystem services in urban green spaces: a case study in Gwacheon, Republic of Korea. *Ecological Indicators*, 91, 299–306. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.006>
18. Korohoda N., Kovtoniuk O., Halahan O. (2023). Kyiv green areas: assessment of the functioning efficiency and volumes of ecosystem services for erosion control. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 32 (3), 516-524. <https://doi.org/10.15421/112346>
19. Korohoda, N., Kovtoniuk, O., Halahan, O. (2022). The use of GIS and remote sensing data in determining the condition of green areas in Kyiv. XVI International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment" 15–18 November 2022, Kyiv, Ukraine. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580056>
20. Korohoda N., Kovtoniuk O., Halahan O., Kupach T. (2023). Technological features of the assessment ecosystem services control of erosion rates. XVII International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment" 7-10 November 2023, Kyiv, Ukraine. <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/11/Mon23-071.pdf>
21. Mao, Q., Wang, L., Guo, Q., Li, Y., Liu, M. and Xu, G. (2020) Evaluating Cultural Ecosystem Services of Urban Residential Green Spaces From the Perspective of Residents' Satisfaction With Green Space. *Front. Public Health*, 8, 226. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00226>
22. Plieninger, T., Sebastian, D., Oteros-Rozas, S., Bieling, C. (2013). Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy*, 33, 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.013>
23. Pochaievets O., Korohoda N. (2023). The use of GIS and remote sensing data for assessing ecosystem services for hydrological cycle and water flow regulation. XVII International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment" 7 - 10 November 2023, Kyiv, Ukraine. <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2023/11/Mon23-115.pdf>
24. Zwierzchowska, I., Hof, A., Iojă, I.C., Mueller, C., Ponizy, L., Breuste, J., et al. (2018). Multi-scale assessment of cultural ecosystem services of parks in Central European cities. *Urban For Urban Green*, 30, 84–97. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.12.017>

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

**Conflict of Interest:** The authors declare no conflict of interest

Received 14 December 2023

Accepted 15 March 2024