

УДК 528:332.3
UDC 528:332.3

DOI:10.33744/0365-8171-2025-118.2-116-123

**ФОРМУВАННЯ КІЛЬКІСНОЇ ОСНОВИ РОЗРОБКИ Й ЗАСТОСУВАННЯ
ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЇ
ІНФРАСТРУКТУРИ РЕГІОНІВ**

**FORMATION OF A QUANTITATIVE BASIS FOR THE DEVELOPMENT AND APPLICATION
OF GEO-ECOLOGICAL MONITORING OF LAND USE FOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE
IN REGIONS**



***Ватуля Гліб Леонідович**, доктор технічних наук, професор, Проректор з науково-педагогічної роботи, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: Glib.Vatulia@kname.edu.ua*

<https://orcid.org/0000-0002-3823-7201>



***Мамонов Костянтин Анатолійович**, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: kostia.mamonov2017@gmail.com*

<http://orcid.org/0000-0002-0797-2609>



***Гой Василь Васильович**, доктор економічних наук, викладач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна, e-mail: vasssgoi@gmail.com*

<https://orcid.org/0000-0003-1822-4478>



***Нелін Євген Олександрович**, здобувач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна, e-mail: zhekanelin@gmail.com*

<https://orcid.org/0009-0000-8224-3062>

Анотація. У статті вирішено актуальне завдання відносно формування кількісної основи розробки й застосування геоєкологічного моніторингу землекористування транспортної інфраструктури регіонів шляхом використання методу оцінки. Виокремлені екологічні, земельні й чинники транспортної інфраструктури й запропоновані етапи розробки методу оцінки рівня

формування й застосування геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури. Це дозволило сформувати кількісну основу для розробки й застосування геоecологічного моніторингу. Для реалізації методу оцінки розроблені консолідовані й інтегральна моделі, що надало можливості визначити інтегральний показник рівня розробки й застосування геоecологічного моніторингу землекористування транспортної інфраструктури регіонів. У більшості регіонах спостерігається несуттєвий рівень формування й застосування геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури. Встановлено зниження представленого інтегрального показника у прифронтових та регіонах де ведуться бойові дії.

Ключові слова: геоecологічний моніторинг, використання земель транспортної інфраструктури, інтегральний метод оцінки, локальні показники, консолідовані екологічні, земельні й чинники транспортної інфраструктури, консолідовані й інтегральна моделі.

Вступ. Сучасні надзвичайні умови, які характеризуються внутрішніми трансформаційними процесами, зниженням рівня ефективності використання земель (ВЗ), поглибленням внутрішніх диспропорцій, уповільненням темпів регіонального розвитку, впливом наслідків агресії РФ, потребують переосмислення підходів до землекористування транспортної інфраструктури (ТІ) регіонів.

Транспорт є кровоносними судинами держави, що забезпечують функціонування різних виробничих сфер. Поряд з цим, за останні роки відбувається зниження ефективності функціонування транспорту та розвитку транспортної інфраструктури. Виникає необхідність застосування сучасного моніторингового інструментарію для перманентного контролю, обліку за використанням земель транспортної інфраструктури, враховуючи вплив екологічних чинників, важливих яких визначена у Цілях сталого розвитку України на період до 2030 року [1].

Таким чином, тема дослідження щодо формування кількісної основи розробки й застосування геоecологічного моніторингу (ГМ) використання земель транспортної інфраструктури регіонів є актуальним і своєчасним завданням.

Огляд існуючих теоретичних розробок. В існуючих наукових розробках відсутні єдині підходи до визначення геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів. Зокрема, визначені окремі його елементи, а саме геоінформаційна його складова, де виокремлюються функціональна та інструментальна складові [2, 3].

Для розробки ГМ ВЗ транспортної інфраструктури характеризуються відповідні транспортні чинники та напрями їх впливу на землекористування [4, 5]. Геоecологічний моніторинг здійснюється через призму визначення стану та використання земель. На земельних характеристиках відносно реалізації моніторингових процедур зосереджена увага у [6–8].

При здійсненні геоecологічного моніторингу визначаються екологічні чинники, значення й важливість яких наголошується у роботах [9–11].

Узагальнюючи існуючі наукові розробки, удосконалено категоріальний апарат до визначення геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів, який на відміну від існуючих, базується на результатах систематизації теоретико-методичних підходів, застосуванні геоінформаційного й математичного інструментарію, враховуючи вплив екологічних, земельних і чинників транспортної інфраструктури, що надало можливості сформувати наукову основу розробки й реалізації технології ГМ для зростання ефективності використання земель ТІ.

Для розробки й реалізації геоecологічного моніторингу формується кількісна основа шляхом застосування методу оцінки рівня застосування ГМ використання земель транспортної інфраструктури регіонів.

Метою дослідження є формування кількісної основи розробки й застосування геоecологічного моніторингу землекористування транспортної інфраструктури регіонів шляхом використання методу оцінки.

Досягнення поставленої мети здійснюється на основі реалізації поставлених завдань:

- характеристика етапів розробки методу оцінки рівня формування й реалізації геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів;

- визначення чинників багаторівневої системи показників;
- розробка консолідованих та інтегральної моделей оцінки рівня формування й реалізації геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів;
- представлення результатів оцінки інтегрального показника рівня формування й застосування ГМ ВЗ ТІ регіонів;
- інтерпретація отриманих результатів.

Виклад основного матеріалу. Розробка й реалізація методу оцінки рівня формування й реалізації геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів включає сукупність взаємопов'язаних етапів:

1. Формування інформаційно-просторового й аналітичного забезпечення відносно формування й реалізації ГМ ВЗ транспортної інфраструктури регіонів.
2. Виокремлення чинників формування й реалізації геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів.
3. Побудова багаторівневої системи показників оцінки рівня формування й реалізації ГМ ВЗ транспортної інфраструктури регіонів.
4. Оцінка локальних показників із застосуванням аналітичних і експертних методів.
5. Побудова консолідованої моделі оцінки показників рівня формування й реалізації геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів.
6. Оцінка консолідованих показників.
7. Побудова інтегральної моделі оцінки.
8. Визначення вагових коефіцієнтів.
9. Оцінка інтегрального показника рівня формування й реалізації геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів.
10. Інтерпретація отриманих результатів.

Визначено три рівня системи показників формування й реалізації геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів: локальний, консолідований, інтегральний.

Це формує багаторівневу систему показників оцінки. На локальному рівні застосовуються аналітичні й експертні методи для оцінки відповідних чинників (табл. 1).

Відповідно до запропонованих етапів, побудована консолідована модель оцінки показників рівня формування й реалізації геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів:

$$GMLUTI_{ij} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^N GMLUTI_{ijN}}. \quad (1)$$

Консолідовані моделі для конкретних показників наступні:

$$GMLUTI_{11} = \sqrt[21]{GMLUTI_{111} * GMLUTI_{112} * ... * GMLUTI_{1121}}. \quad (2)$$

$$GMLUTI_{21} = \sqrt[12]{GMLUTI_{211} * GMLUTI_{212} * ... * GMLUTI_{2112}}. \quad (3)$$

$$GMLUTI_{31} = \sqrt[34]{GMLUTI_{311} * GMLUTI_{312} * ... * GMLUTI_{3134}}. \quad (4)$$

Для оцінки інтегрального показника рівня формування та використання геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів розроблена модель:

$$I_{GMLUTI} = V_1 * GMLUTI_{11} + V_2 * GMLUTI_{21} + V_3 * GMLUTI_{31}, \quad (5)$$

де V_1, V_2, V_3 – вагові коефіцієнти взаємного впливу та впливу на інтегральний показник, що оцінюються із застосуванням методу аналізу ієрархій, відн. од.

Таблиця 1 – Застосування аналітичних й експертних методів оцінки локальних показників формування й реалізації геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів

Table 1 – Application of analytical and expert methods for assessing local indicators of the formation and implementation of geo-ecological monitoring of land use in regional transport infrastructure

Локальні показники	Аналітичні (А), експертні (Е) методи
<i>Екологічні</i>	
$GMLUTI_{111}, GMLUTI_{112}, GMLUTI_{113}, GMLUTI_{114}, GMLUTI_{115}, GMLUTI_{116}, GMLUTI_{117}, GMLUTI_{118}, GMLUTI_{119}, GMLUTI_{110}, GMLUTI_{111}, GMLUTI_{112}, GMLUTI_{113}, GMLUTI_{114}, GMLUTI_{115}, GMLUTI_{116}, GMLUTI_{117}, GMLUTI_{118}$	E
$GMLUTI_{119}, GMLUTI_{120}, GMLUTI_{121}$	A
<i>Земельні</i>	
$GMLUTI_{211}, GMLUTI_{212}, GMLUTI_{213}, GMLUTI_{214}, GMLUTI_{215}, GMLUTI_{216}, GMLUTI_{217}, GMLUTI_{218}$	E
$GMLUTI_{219}, GMLUTI_{2110}, GMLUTI_{2111}, GMLUTI_{2112}$	A
<i>Транспортної інфраструктури</i>	
$GMLUTI_{311}, GMLUTI_{312}, GMLUTI_{313}, GMLUTI_{314}, GMLUTI_{315}, GMLUTI_{316}, GMLUTI_{317}, GMLUTI_{318}, GMLUTI_{319}, GMLUTI_{3110}, GMLUTI_{3111}, GMLUTI_{3112}, GMLUTI_{3113}, GMLUTI_{3114}, GMLUTI_{3115}, GMLUTI_{3116}, GMLUTI_{3117}, GMLUTI_{3118}, GMLUTI_{3119}, GMLUTI_{3120}, GMLUTI_{3121}, GMLUTI_{3122}, GMLUTI_{3123}, GMLUTI_{3124}, GMLUTI_{3125}, GMLUTI_{3126}, GMLUTI_{3127}, GMLUTI_{3128}, GMLUTI_{3129}, GMLUTI_{3130}$	E
$GMLUTI_{3131}, GMLUTI_{3132}, GMLUTI_{3133}, GMLUTI_{3134}$	A

Враховуючи зміни показників у відповідних періодах, розроблені моделі оцінки інтегрального показника:

у періоді 1:

$$I_{GMLUTI}^1 = V_1^1 * GMLUTI_{11}^1 + V_2^1 * GMLUTI_{21}^1 + V_3^1 * GMLUTI_{31}^1, \quad (6)$$

$$I_{GMLUTI}^2 = V_1^2 * GMLUTI_{11}^2 + V_2^2 * GMLUTI_{21}^2 + V_3^2 * GMLUTI_{31}^2, \quad (7)$$

де $I_{GMLUTI}^1, I_{GMLUTI}^2$ – інтегральні показники рівня формування та використання геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів у періоді 1 і 2, відн. од.;

V_1^1, V_2^1, V_3^1 – вагові коефіцієнти взаємного впливу та впливу на інтегральний показник, що оцінюються із застосуванням методу аналізу ієрархій за період 1, відн. од.;

V_1^2, V_2^2, V_3^2 – вагові коефіцієнти взаємного впливу та впливу на інтегральний показник, що оцінюються із застосуванням методу аналізу ієрархій за період 2, відн. од.

Визначені інтегральні показники рівня формування й застосування геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури (табл. 2).

Досліджений період визначено накопиченням негативних явищ у сфері формування й застосування ГМ ВЗ транспортної інфраструктури. На низькому рівні забезпечуються представлені процеси у регіонах: Донецький, Запорізький, Луганський, Миколаївський, Сумський, Харківський, Херсонський.

Таким чином, зростання кризових явищ проявляються у прифронтових регіонах, областях, де ведуться бойові дії або на окупованих територіях. У більшості регіонах спостерігається несуттєвий рівень формування й застосування геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури.

Таблиця 2 – Результати оцінки інтегрального показника рівня формування й застосування геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів за період 1, відн. од.

Table 2 – Results of the assessment of the integral indicator of the level of formation and application of geo-ecological monitoring of land use by transport infrastructure in regions for period 1, ref. unit.

Регіони	Консолідовані чинники
	I_{GMLUTI}^1
Вінницький	2,373
Волинський	2,335
Дніпропетровський	2,094
Донецький	1,549
Житомирський	2,338
Закарпатський	2,424
Запорізький	1,864
Івано-Франківський	2,343
Київський	2,376
Кіровоградський	2,278
Луганський	0,623
Львівський	2,353
Миколаївський	1,852
Одеський	2,253
Полтавський	2,299
Рівненський	2,361
Сумський	1,975
Тернопільський	2,387
Харківський	1,887
Херсонський	1,619
Хмельницький	2,357
Черкаський	2,45
Чернівецький	2,475
Чернігівський	2,358

За досліджений період відбувається підвищення інтегрального показника рівня формування й застосування ГМ ВЗ транспортної інфраструктури. Поряд з цим, на низькому рівні інтегрального показника визначені у регіонах: Донецькому, Запорізькому, Луганському, Миколаївському, Харківському, Херсонському. У більшості регіонах відбувається несуттєвий рівень формування й застосування геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури. Найбільшими значеннями інтегрального показника характеризувались Чернівецький, Черкаський, Закарпатський, Київський, Тернопільський, Рівненський регіони.

Результати оцінки інтегрального показника рівня формування й застосування геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів за період 2 представлені у табл. 3.

Таблиця 3 – Результати оцінки інтегрального показника рівня формування й застосування геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів за період 2, відн. од.

Table 3 – Results of the assessment of the integral indicator of the level of formation and application of geo-ecological monitoring of land use by transport infrastructure in regions for period 2, ref. unit.

Регіони	Консолідовані чинники
	I_{GMLUTI}^2
Вінницький	2,403
Волинський	2,407
Дніпропетровський	2,176
Донецький	1,613
Житомирський	2,417
Закарпатський	2,52
Запорізький	1,901
Івано-Франківський	2,437
Київський	2,492
Кіровоградський	2,339
Луганський	0,919
Львівський	2,398
Миколаївський	1,889
Одеський	2,316
Полтавський	2,374
Рівненський	2,482
Сумський	2,032
Тернопільський	2,487
Харківський	1,958
Херсонський	1,594
Хмельницький	2,44
Черкаський	2,541
Чернівецький	2,566
Чернігівський	2,462

Висновки. У результаті дослідження сформовано кількісну основу геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів шляхом застосування методу інтегральної оцінки.

Удосконалено типологічну структуру геоecологічного моніторингу ВЗ транспортної інфраструктури регіонів, яка визначається екологічними, земельними і чинниками ТІ, що дозволило побудувати багаторівневу систему показників та сформувати кількісне підґрунтя оцінки рівня застосування ГМ.

Запропоновано метод до оцінки рівня розробки й реалізації геоecологічного моніторингу використання земель транспортної інфраструктури регіонів, який на відміну від наявних, базується на застосуванні багаторівневої системи екологічних, земельних і показників транспортної інфраструктури, математичних експертних і аналітичних методів, що надало можливості для виявлення позитивних прогнозних тенденцій узагальнюючого критерію ГМ ВЗ ТІ.

Для реалізації методу до оцінки побудовані консолідовані й інтегральна моделі, які базуються на результатах визначення екологічних, земельних й чинників транспортної інфраструктури.

Перелік посилань

1. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року. Указ Президента України. Документ 722/2019 від 30.09.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>

2. Mamonov K., Viatkin R., Frolov V. Land use monitoring of the regions: geoinformation aspects. Комунальне господарство міст. Серія: Інженерні науки і архітектура. 2023. Том 6. Вип. 180. С. 98–102. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-98-1027>
3. Мамонов К. А., Кондращенко О. В., Метешкін К. О. Нестеренко С. Г. Містобудівне забезпечення розробки геоінформаційних моніторингових карт використання нерухомості регіонів. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2024. Випуск 115. Частина 2. С. 190–198. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/115.2/190.pdf
4. Комчатних О. В., Петровська С. І., Редько Н. О. Сучасний стан та перспективи розвитку транспортної інфраструктури в Україні. Причорноморські економічні студії. 2021. Вип. 64. С. 11–16. URL: http://bses.in.ua/journals/2021/64_2021/4.pdf
5. Stępnik P., Czapski G., Kruszyński M. Infrastruktura transportowa w Polsce. Rynek-Społeczeństwo-Kultura. 2018. № 1(27). Р. 137–140.
6. Бубир Н., Прасул Ю., Куліш С., Бачуріна Д. Моніторинг землекористування територіальних громад України в умовах воєнного стану. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. 2023. Вип. 37. С. 7–15. URL: <https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/view/23635/21539>
7. Перович Л. М., Винарчик Л. В. Кадастровий моніторинг земель. Геодезія, картографія і аерофотознімання. 2009. Вип. 72. URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/7159/1/15.pdf>
8. Шарапова С. В. Питання інформаційного забезпечення землекористування та охорони земель. Теорія і практика правознавства. 2014. Вип. 2. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/tipp_2014_2_19
9. Іванюта С. П. Екологічні і техногенні загрози у зоні військового конфлікту на сході України. Стратегічна панорама. 2014. № 1. С. 53–60.
10. Jamila M. S., Jamilb M.A., Mazharc A., Ikrama A., Ahmeda A., Munawar U. Smart Environment Monitoring System by Employing Wireless Sensor Networks on Vehicles for Pollution Free Smart Cities. Procedia Engineering. 2015. № 107. Pp. 480–484. URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.106>
11. Шевченко Р. Ю. Мобільна геоінформаційна система екологічного моніторингу міста Києва як науково-методологічна модель запобігання ризикам антропогенного впливу. Екологічні науки. 2019. № 2(25). С. 55–63. URL: <http://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2019/2/11.pdf>

FORMATION OF A QUANTITATIVE BASIS FOR THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF GEO-ECOLOGICAL MONITORING OF LAND USE FOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE IN REGIONS

Vatulia Glib L., Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Scientific and Pedagogical Work, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: Glib.Vatulia@kname.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-3823-7201>

Mamonov Kostiantyn A., Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: kostia.mamonov2017@gmail.com, tel. +380992917354, <http://orcid.org/0000-0002-0797-2609>

Goi Vasyl V., Doctor of Economic Sciences, Lecturer at the Department of Land Administration and Geoinformation Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine, e-mail: yasssgoi@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1822-4478>

Nelin Yevhen O., Postgraduate student of the Department of Land Administration and Geographic Information Systems, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: zhekanelin@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-8224-3062>

Summary. The article addresses the pressing issue of establishing a quantitative basis for the development and application of geo-ecological monitoring of land use in regional transport infrastructure through the use of an assessment method. Environmental, land and transport infrastructure factors are identified and stages are proposed for developing a method for assessing the level of formation and application of geo-ecological monitoring of land use in transport infrastructure. This made it possible to form a quantitative basis for the development and application of geo-ecological monitoring. To implement the assessment method, consolidated and integrated models were developed, which made it possible to determine an integrated indicator of the level of development and application of geo-ecological monitoring of land use in the transport infrastructure of regions. In most regions, there is an insignificant level of formation and application of geo-ecological monitoring of land use in the transport infrastructure. A decrease in the presented integral indicator has been established in frontline regions and regions where hostilities are taking place.

Keywords: geo-ecological monitoring, land use for transport infrastructure, integrated assessment method, local indicators, consolidated environmental, land and transport infrastructure factors, consolidated and integrated models.

References

1. On Ukraine's Sustainable Development Goals for the period up to 2030. Decree of the President of Ukraine. Document 722/2019 dated 30 September 2019. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> [in Ukrainian].
2. Mamonov, K., Viatkin, R., Frolov, V. (2023) Land use monitoring of the regions: geoinformation aspects. Municipal Economy of Cities. Series: Engineering Sciences and Architecture. Volume 6. Issue 180. Pp. 98–102. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-98-1027> [in Ukrainian].
3. Mamonov, K., Kondrashchenko, O., Meteshkin, K., Nesterenko, S. (2024) Urban planning support for the development of geoinformation monitoring maps of real estate in regions. Automobile roads and road construction. Issue 115. Part 2. Pp. 190–198. http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/115.2/190.pdf [in Ukrainian].
4. Komchatnykh, O., Petrovska S., Redko N. (2021) Current state and prospects for the development of transport infrastructure in Ukraine. Black Sea Economic Studies. Issue 64. Pp. 11–16. http://bses.in.ua/journals/2021/64_2021/4.pdf [in Ukrainian].
5. Stempnik, P., Czapski, G., Kruszyński, M. (2018) Transport infrastructure in Poland. Market-Society-Culture. № 1(27). Pp. 137–140.
6. Bubir, N., Prasul, Y., Kulish, S., Bachurina, D. (2023) Monitoring land use by local communities in Ukraine under martial law. Problems of continuous geographical education and cartography. Issue 37. pp. 7–15. <https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/view/23635/21539> [in Ukrainian].
7. Perovich, L., Vinarchik, L. (2009) Cadastral monitoring of land. Geodesy, cartography and aerial photography. Issue 72. <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/7159/1/15.pdf> [in Ukrainian].
8. Sharapova, S. (2014) Issues of information support for land use and land protection. Theory and practice of jurisprudence. Issue 2. http://nbuv.gov.ua/UJRN/tipp_2014_2_19 [in Ukrainian].
9. Ivanyuta, S. (2014) Ecological and technogenic threats in the zone of military conflict in eastern Ukraine. Strategic Panorama. № 1. Pp. 53–60.
10. Jamila, M., Jamilb, M., Mazharc, A., Ikrama, A., Ahmeda, A., Munawar, U. (2015) Smart Environment Monitoring System by Employing Wireless Sensor Networks on Vehicles for Pollution Free Smart Cities. Procedia Engineering. № 107. Pp. 480–484. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.106>
- Shevchenko, R. (2019) Mobile geographic information system for environmental monitoring of the city of Kyiv as a scientific and methodological model for preventing the risks of anthropogenic impact. Ecological Sciences. № 2(25). Pp. 55–63. URL: <http://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2019/2/11.pdf> [in Ukrainian].

Дата надходження до редакції 06.07.2025.