

УДК 514.18

СИСТЕМА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ІЗОЛІНІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНТЕРПОЛЯЦІЙНОЇ ФУНКЦІЇ ГАУСА

Сидоренко Ю.В., канд. техн. наук,

suliko3@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1953-0410

Тарнавський Ю.А., канд. фіз.-мат. наук,

tarnavski.yu@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3226-3107

Михайлова І.Ю., канд. техн. наук,

i.mykhailova@kpi.ua, ORCID: 0000-0003-1083-2815

Слесь О.Ю.,

alexandra.sles22@gmail.com

Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ, Україна)

У даній статті розглянуто моделювання системи ізоліній засобами інтерполяції, а саме, за допомогою інтерполяційної кривої Гауса. Ізолінії дозволяють відобразити розподіл даних на карті, що полегшує аналіз складних топографічних структур. Точність та гладкість ізоліній критично важливі для практичних задач. З їх допомогою можна легко визначити області підвищених і знижених значень, різкі і плавні зміни даних, і загалом краще розуміти просторові закономірності. Використання ізоліній в наукових дослідженнях та інженерних проектах значно полегшує аналіз складних процесів, таких як розподіл температур, тиску або висотні позначки.

Інтерполяційна функції Гауса дозволяє отримати моделі, які краще відображають реальний розподіл параметрів, ніж класичні методи побудови ізоліній, що дозволяє більш об'єктивно оцінювати ситуацію при прийнятті рішень.

При проведенні інтерполяції методом Гауса виникла проблема з'єднання точок без осциляцій. Ця проблема була розв'язана за допомогою нормалізації даних певним чином, та денормалізації для відображення отриманого результату. Процес нормалізації дозволив отримати гладку функцію без великих стрибків значень.

Розробка веб-застосунку для побудови ізоліній за допомогою інтерполяційної функції Гауса є актуальною і перспективною темою дослідження. Це дасть змогу користувачу відображати розподіл різних параметрів на поверхні, таких як температура, тиск, висота та інші величини, що спростить отримання та відслідковування просторових змін та їх закономірностей, створювати наочні моделі складних даних, що полегшить їх аналіз та зробить інформацію доступною для розуміння.

Метою досліджень є удосконалення способу побудови ізоліній за допомогою інтерполяції методом Гауса нормалізованих даних. У статті

описана система, за допомогою якої можна відстежувати отримання результату у реальному часі.

Ключові слова: моделювання, геометричне моделювання, інтерполяція, інтерполяційна крива Гауса, ізолінія, комп'ютерна система.

Постановка проблеми. У попередніх статтях було наведено способи побудови інтерполяційних кривих за допомогою функцій Гауса, вивчені властивості цієї функції, проведено багато комп'ютерних експериментів з різними видами теоретичних даних. Було перевірено роботу метода на елементарних математичних функціях та показано інтерполяцію точок, заданих по спіралях.

Виникла необхідність оцінити роботу алгоритму інтерполяційної функції Гауса на практиці, на точках, отриманих у ході роботи з картою. Дослідження краще проводити за допомогою комп'ютерної системи, щоб отримані результати можна було побачити наочно, та переконатись в ефективності роботи метода.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1-2] розглянуто терміни, означення та властивості ізоліній та методи їх побудови. У роботі [3] наводиться математичний апарат інтерполяційної функції Гауса та її модифікації. При подальшому вивченні цієї функції було проведено ряд практичних експериментів з метою виявлення її переваг та недоліків. У роботі [4] проведено аналіз роботи алгоритму інтерполяційної функції Гауса на елементарних алгебричних функціях, показано, що цей метод дає кращі наближення на нерегулярних каркасах. Інтерполяція спіралеподібних кривих відображено у роботі [5]. У роботі [6] розглядається вплив розташування базисних точок на відносну похибку інтерполяції способом інтерполяційної Гаус-функції. Наводиться декілька прикладів сприятливого та несприятливого розташування базисних точок для мінімізації похибки інтерполяції в інтерполяційних методах, які базуються на Гаус-функції.

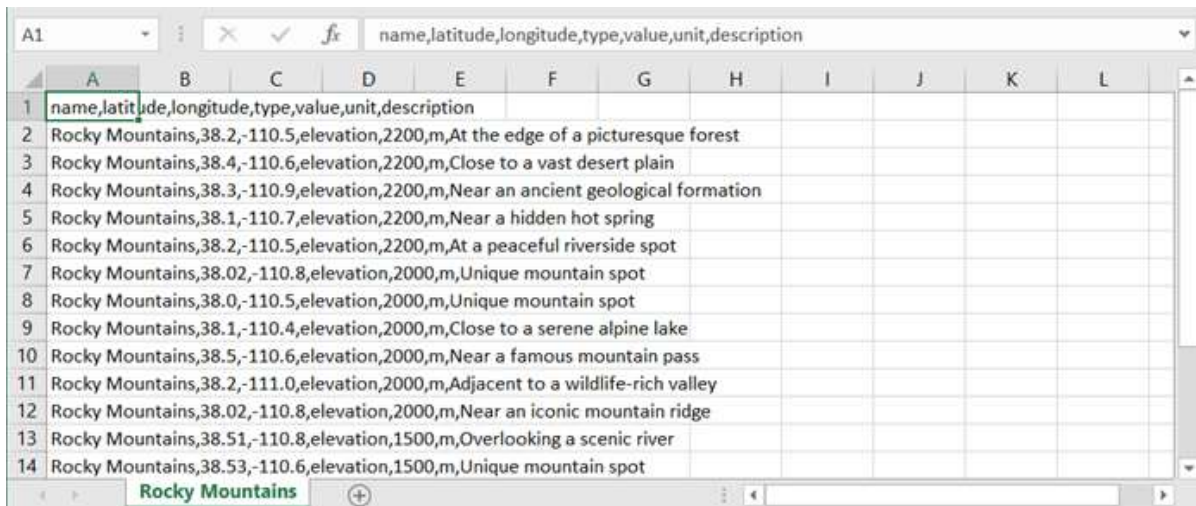
Формулювання цілей статті. Метою дослідження є удосконалення способу побудови ізоліній за допомогою інтерполяції методом Гауса нормалізованих даних та створення системи, за допомогою якої можна відстежувати отримання результату у реальному часі.

Основна частина. Інтерполяційна функції Гауса дозволяє провести інтерполяцію даних, що було показано у попередніх роботах. Виникло питання інтерполяції реальних даних, а саме, наприклад, побудувати ізолінії, які з'єднують однакові показники висоти гір. Причому необхідно зробити обчислення проміжних значень між заданими точками так, щоб ця лінія не давала великих осциляцій. У таких даних є своя специфіка. Ці дані є великими за абсолютним значенням, до того ж каркас є нерегулярним.

За допомогою інтерполяційної Гаус-функції можна отримати моделі, які краще відображають реальний розподіл різних параметрів. Отримання

візуальних відображень таких даних у вигляді ізоліній полегшить їх сприйняття під час аналізу та прийняття рішень.

При створенні комп'ютерної системи в основу була покладена параметризована інтерполяційна функція Гауса. Ізолінії будуть відображатись на гугл-карті. На вхід системи подаються дані з використанням файлу у форматі CSV (Comma-Separated-Values). Приклад такого файлу наведено на рис. 1.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	name,latitude,longitude,type,value,unit,description											
2	Rocky Mountains	38.2	-110.5	elevation	2200	m	At the edge of a picturesque forest					
3	Rocky Mountains	38.4	-110.6	elevation	2200	m	Close to a vast desert plain					
4	Rocky Mountains	38.3	-110.9	elevation	2200	m	Near an ancient geological formation					
5	Rocky Mountains	38.1	-110.7	elevation	2200	m	Near a hidden hot spring					
6	Rocky Mountains	38.2	-110.5	elevation	2200	m	At a peaceful riverside spot					
7	Rocky Mountains	38.02	-110.8	elevation	2000	m	Unique mountain spot					
8	Rocky Mountains	38.0	-110.5	elevation	2000	m	Unique mountain spot					
9	Rocky Mountains	38.1	-110.4	elevation	2000	m	Close to a serene alpine lake					
10	Rocky Mountains	38.5	-110.6	elevation	2000	m	Near a famous mountain pass					
11	Rocky Mountains	38.2	-111.0	elevation	2000	m	Adjacent to a wildlife-rich valley					
12	Rocky Mountains	38.02	-110.8	elevation	2000	m	Near an iconic mountain ridge					
13	Rocky Mountains	38.51	-110.8	elevation	1500	m	Overlooking a scenic river					
14	Rocky Mountains	38.53	-110.6	elevation	1500	m	Unique mountain spot					

Рис.1. Вхідні дані до системи

Після імпорту даних до системи точки будуть відображатись на карті, причому як у ландшафтному, так і супутникову режимі. Користувач може побачити ці точки, як показано на рис. 2 і рис. 3.

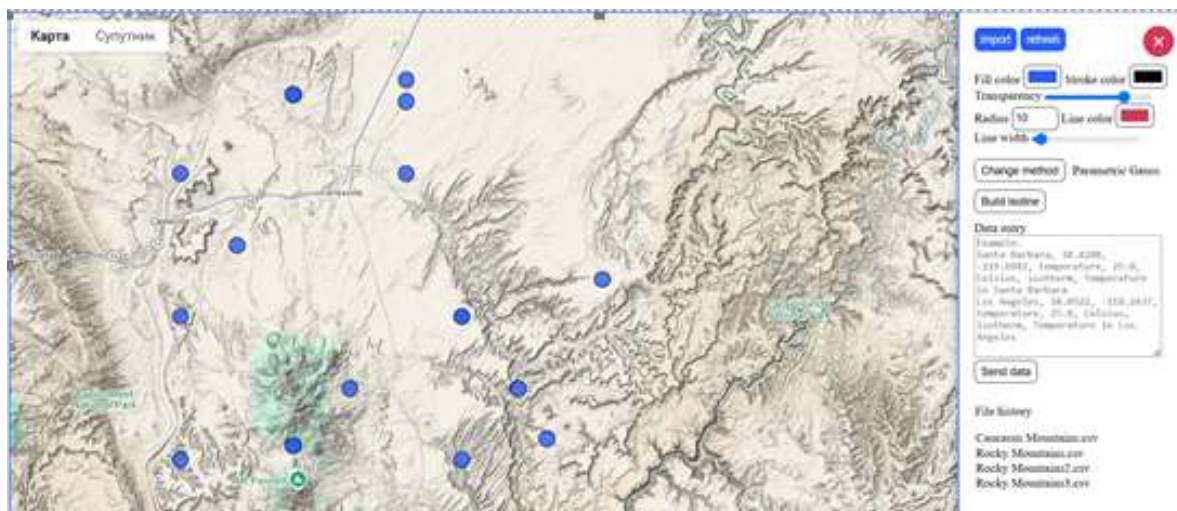


Рис.2. Візуалізація даних у ландшафтному режимі



Рис.3. Візуалізація даних у супутниковому режимі

При проведенні ізоліній за допомогою інтерполяційної функції Гауса виникла проблема, що на проміжках між заданими точками значення функції падали на 0, і, таким чином, задача інтерполяції не відображала реальну ситуацію. Пов'язано це було з тим, що реальні дані великі на модуль, і відстань між точками була не співрозмірна зі звичайними теоретичними даними у задачах, які були розв'язані раніше. Проблема, яка виникла, проілюстрована на рис. 4.

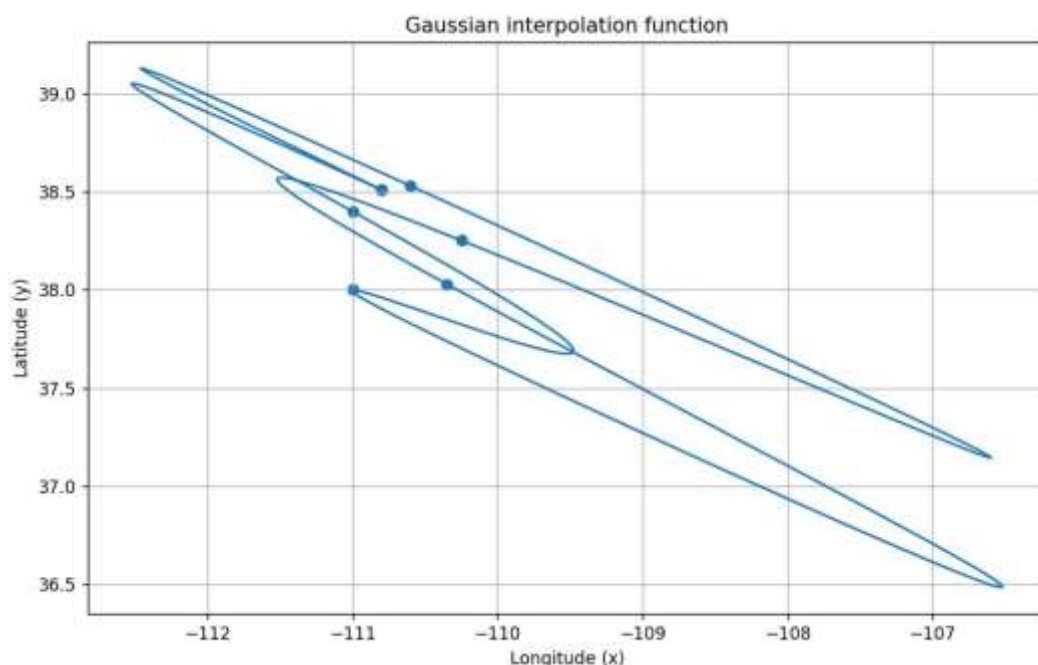


Рис.4. Осциляції при інтерполяції великих даних

Для розв'язання цієї проблеми було запропоновано провести нормалізацію даних при розрахунках, а потім денормалізацію для

відображення отриманого результату. Для нормалізації було обрано такий вираз:

$$\frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \bullet k,$$

де $x_{\max}$ та $x_{\min}$ - максимальне та мінімальне значення аргументу, k – деякий коефіцієнт.

Тобто, кожен x -координату точки спочатку було нормалізовано, а потім, після отримання результату, було денормалізовано для процесу візуалізації результату.

Після вибору потрібних кольорів із запропонованої палітри, наносимо точки на карту. Для прикладу нанесемо 4 точки, Обираємо ландшафтний вигляд і побачимо на карті задані точки (рис. 5).

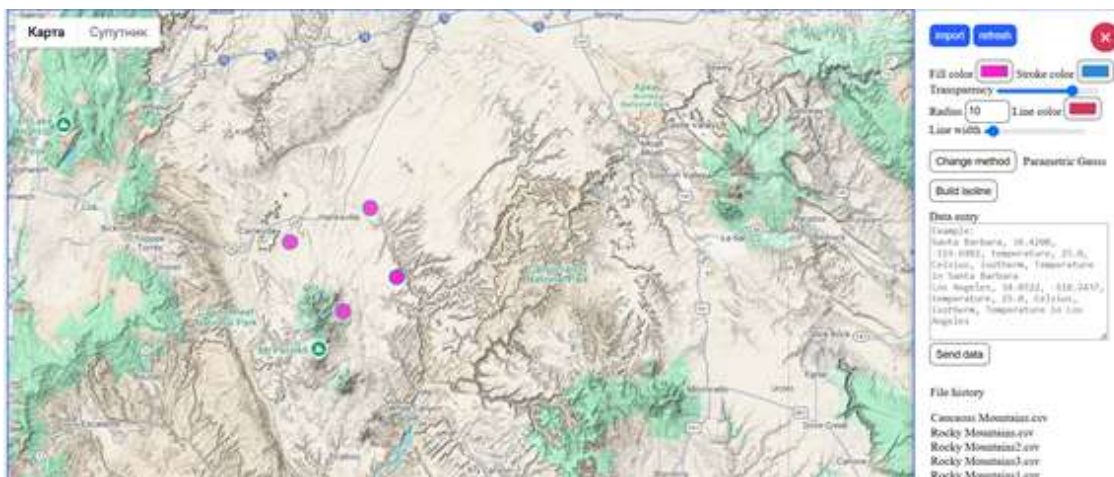


Рис.5. Візуалізація заданих точок

Після нанесення точок виконуємо інтерполяцію із застосуванням нормалізації. У цьому випадку жодних осциляцій не виникає, як показано на рис. 6.

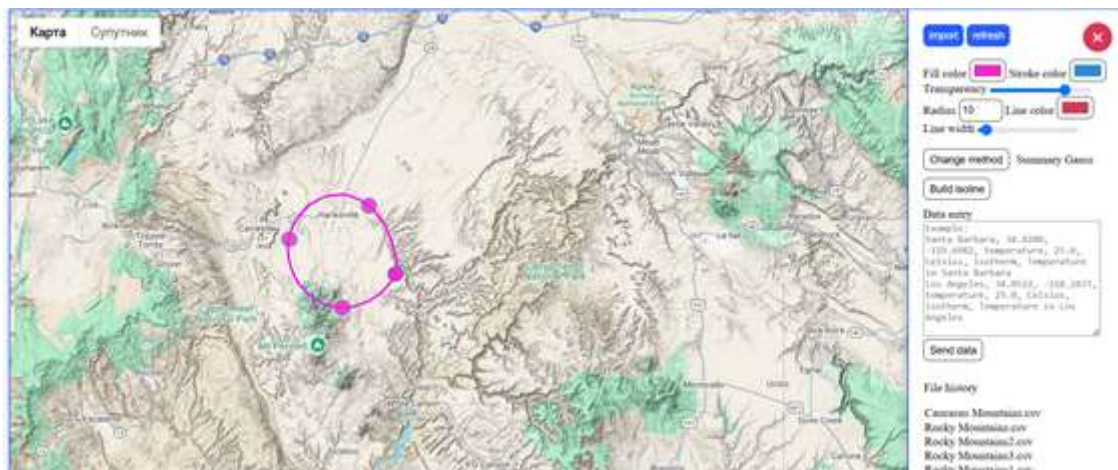


Рис.6. Інтерполяція нормалізованих даних

Система також дає змогу подивитись інформаційне вікно, яке відображає інформацію, наприклад, назву, значення, одиниці виміру та інше.

Ця ізолінія побудована на основі даних о висоті Скелястих гір та відображає розподіл висоти, шляхом з'єднання точок зі значеннями висоти (2200 м) на певній території.

Для повної роботи системи потрібно ввести на бічній панелі параметри візуалізації, від кольору точок та ліній, до вигляду карти і значень тих висот, по яких будуть проводитись група ізоліній. Це дозволяє у он-лайн режимі побачити перепади висоти гір і оцінити та проаналізувати цю інформацію. Приклади побудови декількох ізоліній наведені на рис. 7 (ландшафтний режим) та рис.8 (супутниковий режим).

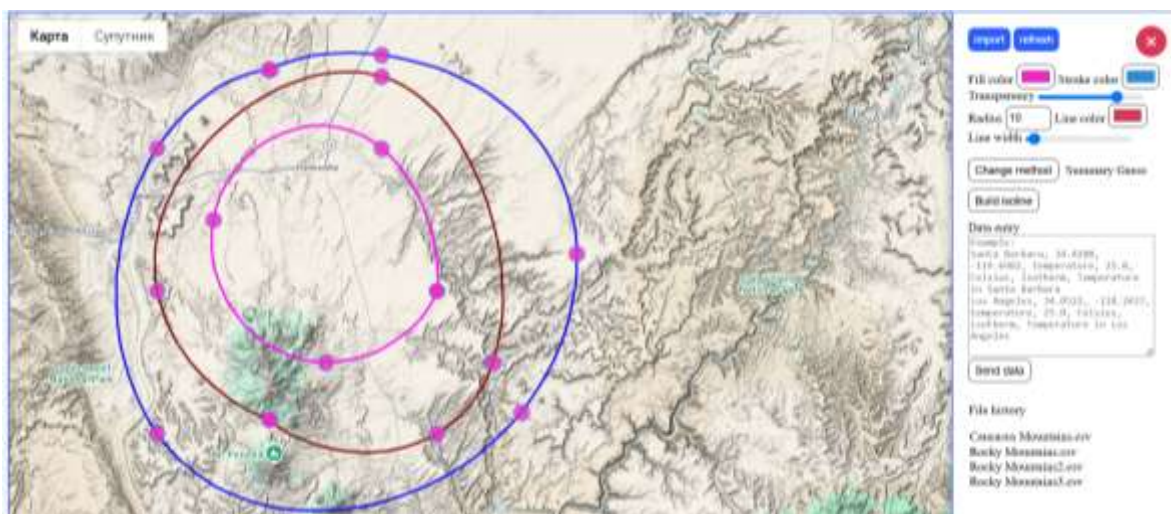


Рис.7. Побудовані ізолінії у ландшафтному режимі



Рис.8. Побудовані ізолінії у супутниковому режимі

Ізолінії побудовані на основі даних о вершинах Скелястих гір. Вони відображають розподіл висоти, з'єднуючи точки з однаковими значеннями висоти по території. Використання таких даних дозволяє не тільки візуалізувати закономірності, але і проводити аналітичні дослідження.

Висновки. Розроблена веб-система побудови ізолінії за допомогою інтерполяційної функції Гауса дасть змогу користувачу відображати розподіл різних параметрів на поверхні, таких як температура, тиск, висота та інші величини, що спростить отримання та відслідковування просторових змін та їх закономірностей, створювати наочні моделі складних даних, що полегшить їх аналіз та зробить інформацію доступною для розуміння.

Література

1. Visualizing Data with Isoline Maps. URL: <https://mapscaping.com/visualizing-data-with-isoline-maps-a-beginners-guide/> (дата звернення: 17.09.2024).
2. Types of Interpolation Methods. URL: https://gisresources.com/types-of-interpolation-methods_2/ (дата звернення: 20.09.2024).
3. Сидоренко Ю. В. Параметрична інтерполяційна функція Гауса. *Комп'ютерне моделювання в хімії і технологіях та системах сталого розвитку КМХТ-2014*, Київ. 2014. С. 67-73.
4. Сидоренко Ю.В., Городецький М.В. Аналіз роботи алгоритму інтерполяційної функції Гауса на елементарних алгебричних функціях. *Сучасні проблеми моделювання*, 2020. Вип.19. С.138-145. DOI:10.33842/22195203/2020/19/138/145.
5. Sydorenko Yu.V., Onysko A.I., Shaldenko O.V., Horodetskyi M.V. Interpolation of different types of spiral-like curves by gauss-interpolation methods. *Control Systems and Computers*, 2022. 3(299), 1–10. DOI: 10.15407/csc.2022.03.003.
6. Сидоренко Ю.В., Залевська О.В., Городецький М.В., Найдиш А.В. Peculiarities of location of basic nodes of Gaussfunction on the example of spiral-curved curves. *Сучасні проблеми моделювання*, 2022. Вип.23. С.151-158. DOI: 10.33842/2313-125X-2023-23-151-158.

SYSTEM FOR VISUALIZING ISOLINES USING THE GAUSSIAN INTERPOLATION FUNCTION

Iuliia Sydorenko, Yuri Tarnavski, Iryna Mykhailova, Oleksandra Sles

This article discusses the modeling of a system of contour lines by interpolation, namely, using a Gaussian interpolation curve. Contour lines allow us to display the distribution of data on a map, which facilitates the analysis of complex topographic structures. The accuracy and smoothness of contour lines are critically important for practical tasks. They can be used to easily identify areas of high and low values, sharp and smooth changes in data, and generally

better understand spatial patterns. The use of contour lines in scientific research and engineering projects greatly facilitates the analysis of complex processes, such as temperature, pressure, or elevation distributions.

Gaussian function interpolation allows you to obtain models that better reflect the real distribution of parameters than classical methods of constructing isolines, which allows you to more objectively assess the situation when making decisions.

When performing Gaussian interpolation, there was a problem of connecting points without oscillations. This problem was solved by normalizing the data in a certain way, and denormalizing it to display the result. The normalization process allowed us to obtain a smooth function without large jumps in values.

The development of a web application for constructing contour lines using the Gaussian interpolation function is a relevant and promising research topic. This will allow the user to display the distribution of various parameters on the surface, such as temperature, pressure, height and other values, which will simplify obtaining and tracking spatial changes and their patterns, and create visual models of complex data, which will facilitate their analysis and make the information accessible for understanding.

The aim of the research is to improve the method of constructing isolines using Gaussian interpolation of normalized data. The article describes a system with which it is possible to track the result in real time.

Keywords: modeling, geometric modeling, interpolation, Gaussian interpolation curve, isoline, computer system.

References

1. Visualizing Data with Isoline Maps URL: <https://mapscaping.com/visualizing-data-with-isoline-maps-a-beginners-guide/> (date of application: 17.09.2024).
2. Types of Interpolation Methods URL: https://gisresources.com/types-of-interpolation-methods_2/ (date of application: 20.09.2024).
3. Sydorenko, Yu.V. (2014) Parametric Gaussian interpolation function. *Kompiuterne modeliuвання v khimii i tekhnolohiiakh ta systemakh staloho rozvytku – KMKhT-2014*, Kyiv. pp. 67-73. [in Ukrainian].
4. Sydorenko, Yu.V., Horodetskyi M.V. (2020) Analysis of the Gaussian interpolation function algorithm on elementary algebraic functions. *Suchasni problemy modeliuвання*. Melitorol. Vyp.19. pp.138-145. DOI:10.33842/22195203/2020/19/138/145. [in Ukrainian].
5. Sydorenko, Yu.V., Onysko, A.I., Shaldenko, O.V., Horodetskyi, M.V. (2022). Interpolation of different types of spiral-like curves by gaus-interpolation methods. *Control Systems and Computers*, 3 (299), pp. 1–10. DOI: 10.15407/csc.2022.03.003.
6. Sydorenko Yu.V., Zalevska O.V., Horodetskyi M.V., Naidysh A.V. (2022) Regularities of location of basic nodes of Gausfunction on the example of spiral-curved curves. *Suchasni problemy modeliuвання*, Vyp.23, pp.151-158. DOI: 10.33842/2313-125X-2023-23-151-158.