

Т.В. РАТУШНЯК, О.В. ГЛАДЧЕНКО, А.А. ОМЕЛЬЧУК
 Державний податковий університет
 Я.С. ВИШЕМИРСЬКА
 Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського

ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ СФЕРИЧНОЇ 3D-ПАНОРАМИ ДЛЯ СОЦІАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ FACEBOOK

Створення тривимірних панорам дає змогу користувачам отримати вражаючий імерсивний ефект і відчуття присутності. Завдяки розвитку програмного забезпечення й відповідних алгоритмів створення тривимірних панорам зі звичайних фотографій стало більш доступним.

3d-панорами знайшли застосування в різних галузях, таких як туризм, нерухомість, віртуальна реальність, відеоігри, дизайн та архітектура. Тривимірні панорами є важливим елементом у VR та AR-додатках. Користувачі вимагають інтерактивного й захопливого контенту, що спонукає популярні соціальні мережі та веб-сайти впроваджувати й підтримувати 3d-технології.

У роботі досліджується питання створення віртуальної сферичної 3d-панорами для соціальної мережі Facebook. Запропоновано технологію створення віртуальної сферичної 3d-панорами з допомогою сучасних цифрових інструментів. Актуальність запропонованої технології зумовлена розвитком галузі цифрового дизайну й користувацьким попитом у соціальних мережах на нові технології обробки графічної інформації.

На першому етапі розглянуто технічні прийоми й особливості процесу фотографування приміщення на звичайній фотоапарат.

На другому етапі виконується огляд сучасних цифрових інструментів для зшивання фотокадрів у сферичну розгортку; виконується зшивання фотокадрів за стандартним алгоритмом, який базується на математичних методах обробки кольорового зображення формату RGB і включає пошук контрольних точок на кожному фотокадрі, зіставлення таких точок, вирівнювання та змішування зображень.

На третьому етапі проводиться корекція метаданих файлу-розгортки з урахуванням вимог до параметрів зображення, які необхідні для розпізнавання й демонстрації засобами соціальної мережі Facebook.

На четвертому етапі проводиться тестова публікація віртуальних сферичних 3d-панорам у соціальній мережі Facebook.

Ключові слова: 3d-панорама, сферична панорама, технологія створення сферичної панорами, зшивання зображень у панораму, зшивання растрових зображень, математичні методи зшивання растрових зображень, цифрові інструменти обробки графічної інформації.

T.V. RATUSHNYAK, O.V. HLADCHENKO, A.A. OMELCHUK
 State Tax University
 Ya.S. VYSHEMIRSKA
 V.I. Vernadsky Taurida National University

TECHNOLOGY FOR CREATING A VIRTUAL SPHERICAL 3D-PANORAMA FOR THE SOCIAL NETWORK FACEBOOK

Creating three-dimensional panoramas allows users to get an impressive immersive effect and a sense of presence. Thanks to the development of software and corresponding algorithms, the creation of three-dimensional panoramas from ordinary photos has become more accessible.

3D panoramas have found application in various industries such as tourism, real estate, virtual reality, video games, design, and architecture. Three-dimensional panoramas are an important element in VR and AR applications. Users demand interactive and engaging content, which encourages popular social networks and websites to implement and support 3D technologies.

The work explores the issue of creating a virtual spherical 3d panorama for the Facebook social network. The technology of creating a virtual spherical 3d panorama with the help of modern digital tools is proposed. The relevance of the proposed technology is due to the development of the field of digital design and user demand in social networks for new graphic information processing technologies.

At the first stage, we consider the techniques and peculiarities of the process of photographing a room with a conventional camera.

At the second stage, an overview of modern digital tools for stitching photo frames into a spherical scan is performed; stitching of photo frames is performed according to a standard algorithm, which is based on mathematical

methods of processing color images in RGB format and includes the search for control points on each photo frame, comparison of such points, alignment and mixing of images.

At the third stage, the metadata of the scanning file is corrected, taking into account the requirements for image parameters, which are necessary for recognition and display by means of the Facebook social network.

At the fourth stage, a test publication of virtual spherical 3d panoramas is carried out on the Facebook social network.

Key words: 3d-panorama, spherical panorama, technology for creating a spherical panorama, stitching images into a panorama, stitching of raster images, mathematical methods of stitching raster images, digital tools for processing graphic information.

Постановка проблеми

3d-панорама – це плоске фотозображення, яке зібране з декількох фотокадрів у сферичну, кубічну або циліндричну проєкцію з метою отримання віртуальної моделі предметно-просторового середовища. Віртуальна модель реалізується засобами інформаційних технологій Flash, QuickTime, DevalVR, Java або JavaScript шляхом розпізнавання й демонстрації 3d-панорами на комп'ютерних пристроях. 3d-панорами створюють з метою збільшення кута огляду предметно-просторового середовища (приміщення або ландшафту) або підвищення деталізації зображення.

Розрізняють такі види 3d-панорам: сферичні – з кутом огляду 360° по горизонталі та 180° по вертикалі; циліндричні – з кутом огляду 360° по горизонталі та близько 150° по вертикалі, з обмеженням огляду по вертикалі – кут огляду таких панорам менше ніж 360° по горизонталі та до 180° по вертикалі, кубічні.

Перевагами сферичних панорам є легке управління й передавання реалістичності. Переглядаючи сферичні панорами, користувач може самостійно змінювати напрямок погляду та переміщатися в будь-яку точку зображення.

Сферичні панорами є сучасним засобом передавання графічної інформації й мають великий попит на ринку цифрового дизайну. Варто відзначити популярність таких проєктів, як «Автентична Україна» [1], у рамках якого розроблено сайт із панорамами музеїв України, або «Віртуальний музей пам'яті війни» [2], на сайті якого зібрано сферичні панорами зруйнованих міст України під час російсько-української війни.

Напрями використання 3d-панорам у галузі цифрового дизайну постійно оновлюються, серед них, зокрема, створення віртуальної реальності за допомогою спеціальних шоломів або окулярів; можливість перегляду 3d-панорам будівлі або території установи на сайті; розміщення 3d-панорам місцевості на картах Google за вказаною адресою; наповнення каталогів 3d-панорам з актуальних місць світової карти на спеціалізованих ресурсах, зокрема 360cities.net або Roundme.com, із яких можна здійснювати перегляд, редагування 3d-панорами (додавати текст, фото, відео) й отримання URL-адресу 3d-панорами для розміщення на сторонніх сайтах; побудова віртуальних екскурсій на основі 3d-панорам [3–5]; публікація 3d-панорам у дописах соціальних мереж [6].

За даними дослідних груп Meltwater і We Are Social [7], у світі переважно використовуються такі соціальні мережі та месенджери, як Facebook, YouTube, WhatsApp, Instagram, WeChat. Серед них тільки соціальна мережа Facebook надає користувачам можливість публікувати й переглядати сферичні панорами. Тому технологія побудови сферичної 3d-панорами для соціальної мережі Facebook є актуальним питанням для галузі комп'ютерних наук.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Для створення 3d-панорам використовують переважно два способи: фотографування на спеціальні камери 360° ; фотозйомка на звичайний фотоапарат з подальшим збиранням (так званим склеюванням або зшиванням) фотокадрів.

Зшивання зображень – це процес створення сцени із ширшим оглядом із декількох зображень, які перекриваються, тобто мають спільні сегменти. Алгоритми зшивання зображень базуються на математичних методах і мають два основні етапи: вирівнювання та змішування.

Огляд алгоритмів зшивання викладено в роботах таких закордонних учених, як М. Brown, D.G. Lowe, М. Fu, М.V.S. Sakharkar, S.R. Gupta [8–10]. Детально описано окремі алгоритми в роботах таких науковців, як М. Meng, S. Liu [11] та М.J.R. Aguiar, T.d.R. Alves, L.M. Honório, I.C.S. Junior, V.F. Vidal [12].

Так, у роботі [11] для зшивання у високоякісне сферичне панорамне зображення фотографій, зроблених камерою з об'єктивом типу «риб'яче око», запропоновано алгоритм на основі асиметричного двонапрямого оптичного потоку. Працю [12] присвячено аналізу сучасних біоінспірованих алгоритмів, застосування яких здатне покращити результати вирівнювання порівняно з відомим чисельним методом Левенберга-Марквардта.

Окремі питання щодо зшивання зображень із використанням детекторів і дескрипторів контрольних (ключових, особливих) точок вивчали такі вітчизняні науковці, як В.О. Гороховатський, А.А. Васильченко, К.П. Манько, Р.П. Пономаренко, Д.В. Пупченко, К.Г. Солодченко.

Детектором називають метод визначення ключової точки, що виділяє її на фоні зображення. Дескриптором є метод, який забезпечує вилучення ключових точок двох зображень і порівняння їх між собою; дескриптори повинні забезпечувати інваріантність знаходження відповідності між ключовими точками щодо перетворень зображень. У роботі [13] розглянуто основні методи, які використовують під час побудови детекторів і дескрипторів: FAST (Features from Accelerated Segment Test), SIFT (Scale Invariant Feature Transform), ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF), AKAZE (Accelerated KAZE), BRIEF (Binary Robust Independent Elementary Features), BRISK (Binary Robust Invariant Scalable Keypoints); головним об'єктом цього дослідження був час, витрачений на знаходження ключових точок і порівняння їх на схожість. У працях [14; 15] проаналізовано особливості новітніх детекторів особливих точок ORB, BRISK і вирішено завдання класифікації зображень на базі структурного опису у вигляді множини особливих точок.

Мета дослідження

У статті розкривається технологія створення сферичної панорами приміщення для демонстрації в соціальній мережі Facebook способом знімання на звичайний фотоапарат із подальшим зшиванням фотокадрів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Технологія створення сферичної панорами приміщення для соціальної мережі Facebook має декілька етапів.

Перший етап – знімання. Технічні прийоми й особливості процесу знімання розгорнуто викладено в роботах [5; 16]. Камера фотоапарата встановлюється вертикально на панорамну головку, що дає змогу обертати камеру навколо безпаралаксної точки. Під час процесу фотозйомки робиться необхідна кількість фотокадрів приміщення з поворотом і/або нахилом камери (рис. 1).

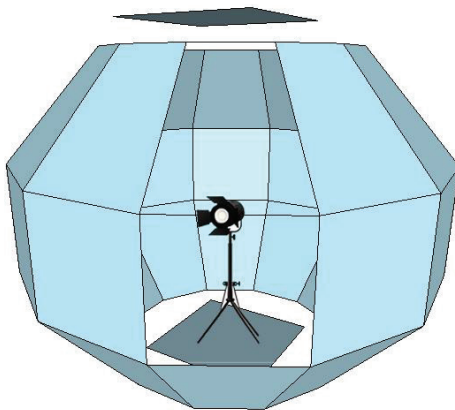


Рис. 1. Фотографування приміщення на звичайний фотоапарат

Для налаштування кроку обертання панорамної головки потрібно визначити кут, у разі повороту на який камера фіксуватиме кожне таке повертання. Це значення залежить від кута огляду об'єктива й розміру матриці фотоапарата. Наприклад, для фотоапарата зі стандартним об'єктивом рекомендується крок зйомки у 30° ; у такому разі варто зробити три ряди фотографій по 12 кадрів у кожному, а також фото зеніту й надиру (рис. 1). «Перекриття сусідніх знімків має бути не менше ніж 20–25%. У деяких випадках, щоб забезпечити якість панорами, збільшують перекриття до половини кадру (50%)» [5]. Тому під час фотографування заплановану кількість кадрів може бути збільшено.

У роботі наведено результати фотографування приміщень Державного податкового університету: аудиторії 220 і 221 (рис. 2, 3). Зроблено 29 фотокадрів аудиторії 220 і 26 фотокадрів аудиторії 221. Фотозйомка проведена у 2018 році для підготовки 3d-туру університетом до його сторіччя; ці матеріали набули нової цінності у 2022 році, коли в ході російсько-української війни російські війська окупували місто Ірпінь та обстрілами зруйнували центральний корпус університету.



Рис. 2. Фотографування аудиторії 220 Державного податкового університету



Рис. 3. Фотографування аудиторії 221 Державного податкового університету

Другий етап – зшивання фотокадрів у розгортку (сцену). Отримані фотокадри потрібно зібрати у сферичну розгортку 3d-панорами за допомогою комп'ютерних програм (наприклад,

PTGui або AutoPano) в автоматичному або напівавтоматичному режимі. Зшивання в таких програмах базується на математичних методах обробки кольорового зображення формату RGB і відбувається за таким алгоритмом [8–12]: пошук контрольних точок на кожному зображенні, зіставлення точок, вирівнювання зображень, змішування зображень.

У нашому випадку для зшивання фотокадрів використано програму Kolor Autopano Giga v2.6.0 ML Portable, представлену на рисунку 4. Для завантаження в робочу ділянку програми групи фотокадрів потрібно скористатися кнопкою «Вибрати зображення» з пункту меню «Файл».

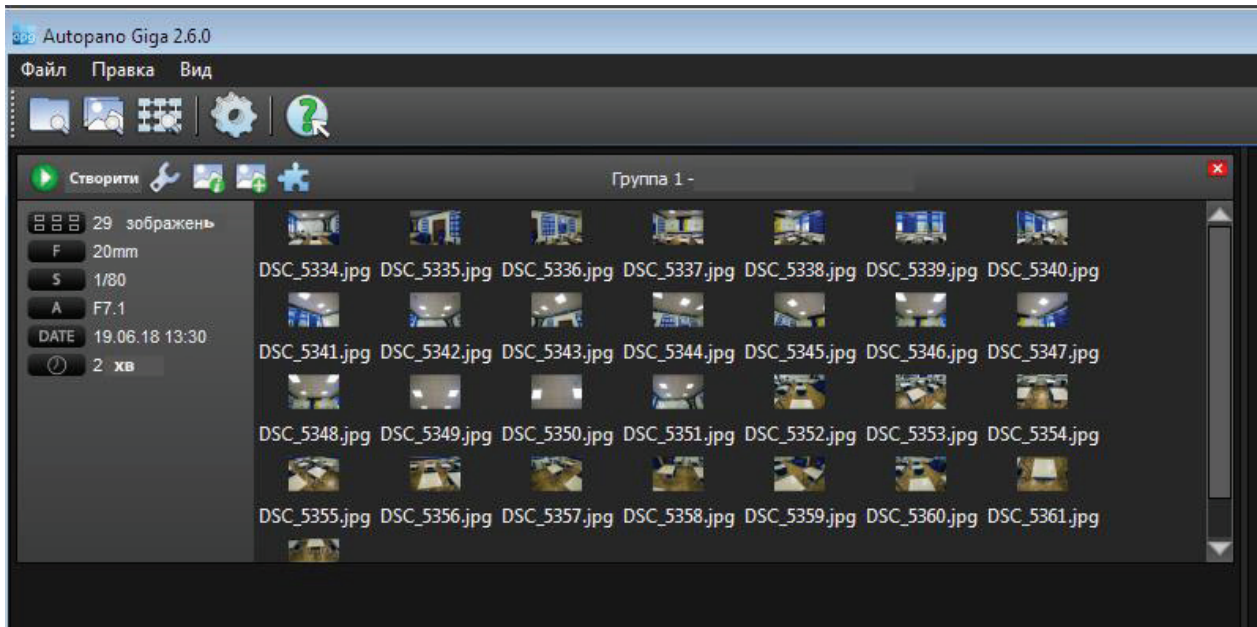


Рис. 4. Завантаження групи фотокадрів у програму Kolor Autopano Giga v2.6.0

Далі потрібно виконати команду «Створити», у результаті чого буде побудовано «чорновий» варіант сферичної розгортки. Результати роботи програми в автоматичному режимі після виконання команди «Створити» представлено на рисунках 5 і 6.



Рис. 5. Розгортка сферичної 3d-панорами аудиторії 220



Рис. 6. Розгортка сферичної 3d-панорами аудиторії 221

Під час фотозйомки та зшивання фотокадрів можуть виникати деякі похибки, описані в роботі [16]. У програмі Kolor Autopano Giga v2.6.0 є можливість виправити їх, скориставшись командою «Редагувати» (рис. 7).

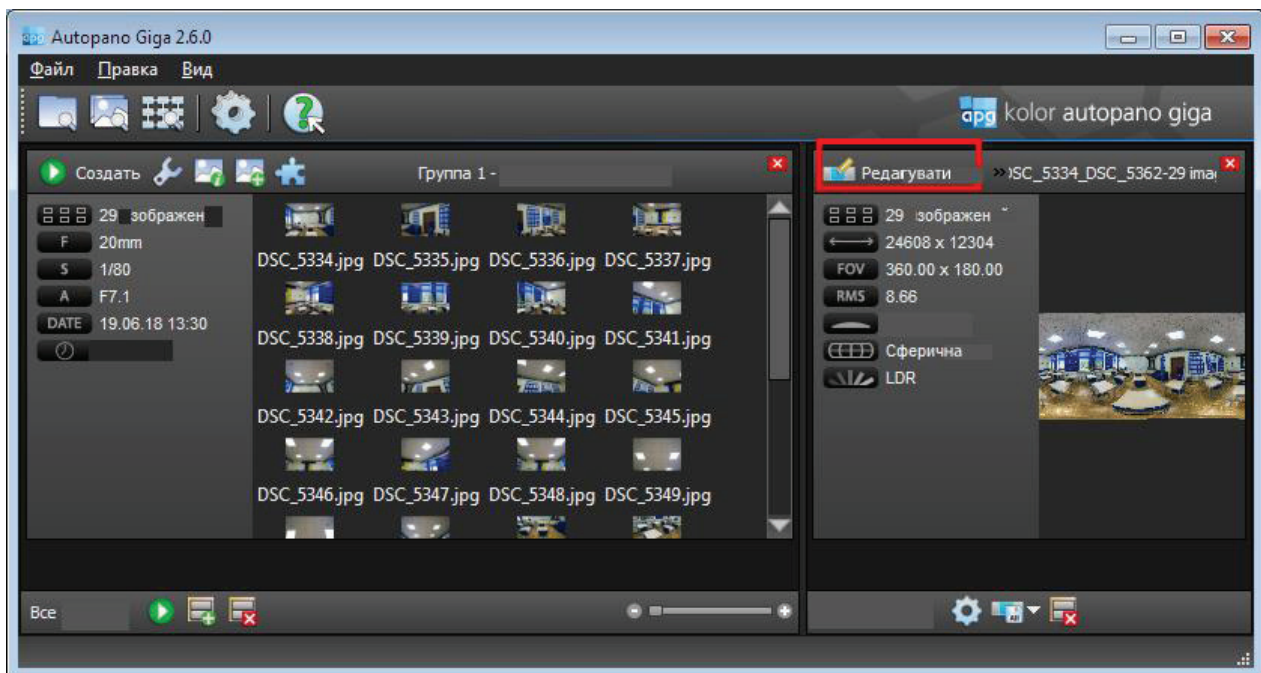



Рис. 7. Виправлення похибок на панорами у програмі Kolor Autopano Giga v2.6.0

Після виправлення похибок (або за їх відсутності) потрібно виконати команду «Зібрати панораму», позначеною відповідною піктограмою . У вікні налаштування можна уточнити висоту й ширину панорами, глибину кольору, формат зображення (JPEG, TIFF, PNG, PSD), роздільну щільність пікселів, формат змішування. У результаті роботи програми на основі «чорнового» варіанта сферичної розгортки буде завершено зшивання фотокадрів у якісну сферичну розгортку.

Третій етап – підготовка метаданих файлу-розгортки. Розпізнавання й демонстрацію файлу-розгортки здійснюють засоби соціальної мережі Facebook, для цього вони звертаються до метаданих файлу. Тому метадані файлу-розгортки повинні мати необхідні параметри, серед яких важливими є ширина й висота зображення відповідно 6000x3000 пікселів.

Для редагування цих параметрів можна використати редактор Adobe Photoshop: через пункт «File» вибрати команду «File Info», експортувати метадані у файл формату XMP, відкрити його текстовим редактором і вставити наведений код (рис. 8) після третього рядка; зберегти файл із метаданими; у редакторі Adobe Photoshop імпортувати ці дані знову в панораму й зберегти її. Також необхідно виконати зміну розміру зображення, відповідно, 6000x3000 пікселів через пункт меню «Image» командою «Size».

```
<rdf:Description rdf:about="" xmlns:GPano="http://ns.google.com/photos/1.0/panorama/">
<GPano:CroppedAreaImageHeightPixels>3000</GPano:CroppedAreaImageHeightPixels>
<GPano:CroppedAreaImageWidthPixels>6000</GPano:CroppedAreaImageWidthPixels>
<GPano:FullPanoHeightPixels>3000</GPano:FullPanoHeightPixels>
<GPano:FullPanoWidthPixels>6000</GPano:FullPanoWidthPixels>
</rdf:Description>
```

Рис. 8. Фрагмент метаданих файлу-розгортки сферичної 3d-панорами

Четвертий етап – публікація файлу-розгортки в соціальній мережі Facebook. Виконується під час створення допису шляхом стандартного додавання світлини/відео.

Результати роботи продемонстровано на рисунку 9 і за посиланнями [18].

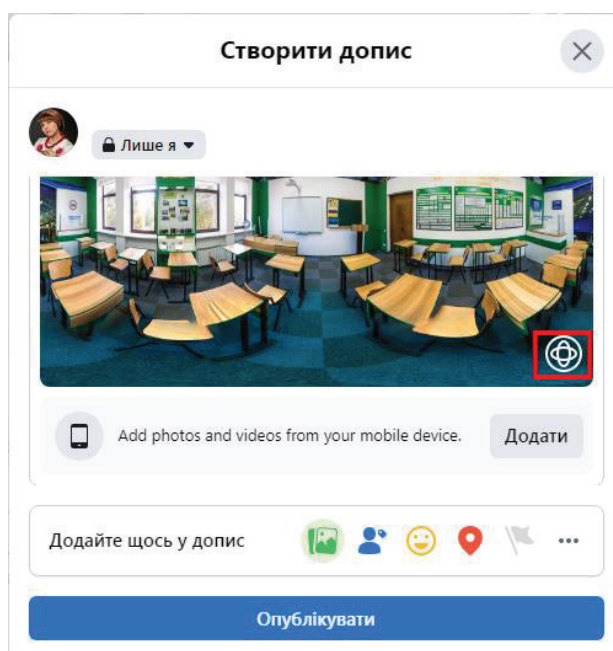


Рис. 9. Публікація файлу-розгортки в соціальній мережі Facebook

Висновки

Запропонована технологія створення віртуальної сферичної 3d-панорами відповідає користувацькому попиту в соціальних мережах на нові цифрові технології обробки графічної інформації. Перспективою створення таких панорам може бути розробка на їх основі віртуальних екскурсій [4; 5; 17].

Викладена в статті технологія може бути корисною для здобувачів вищої освіти галузі 122 «Комп’ютерні науки», які навчаються за освітньою програмою «Технології цифрового дизайну».

Список використаної літератури

1. Музеї України проста неба. Ukrainian open-air museums. URL: <https://museums.authenticukraine.com.ua/en/> (дата звернення: 04.07.2023).
2. Віртуальний музей пам’яті війни. Київщина. URL: <https://kyivregiontours.gov.ua/war> (дата звернення: 04.07.2023).
3. Марусей Т.В. Віртуальна екскурсія як напрямок розвитку сучасного туризму. *Економіка та суспільство*. 2021. Вип. 26. doi: 10.32782/2524-0072/2021-26-75
4. Ратушняк Т.В., Вишемірська Я.С. Використання 3d-туру як маркетингового елементу вступної компанії та іміджу ВНЗ. *Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці* : матеріали ІХ міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Ірпінь, 17–18 трав., 2018 р.). Ірпінь, 2018. С. 193–195.
5. Євсєєв К., Казімірова І. Створення 3D-екскурсій в архівних установах: методичні рекомендації. Київ : Держ. архів. служба України, ЦДЕА України, 2021. 26 с.
6. Ратушняк Т.В., Павленко М.Д. Технологія створення сферичної 3d-панорами для соціальної мережі Facebook. *Інформаційні технології – 2021* : зб. тез VIII Всеукр. наук.-практ. конф. молодих науковців (м. Київ, 20 трав. 2021 р.). Київ, 2021. С. 86–88.
7. Digital 2023 – We Are Social UK. We Are Social UK. URL: <https://wearesocial.com/uk/blog/2023/01/digital-2023/> (дата звернення: 04.07.2023).
8. Brown, M., Lowe, D.G. Automatic Panoramic Image Stitching using Invariant Features. *Int J Comput Vision*. 2007. № 74. P. 59–73. doi: 10.1007/s11263-006-0002-3 (дата звернення: 04.07.2023).
9. Image Stitching Techniques Applied to Plane or 3-D Models: A Review / M. Fu et al. *IEEE Sensors Journal*. 2023. Vol. 23. № 8. P. 8060–8079. doi: 10.1109/JSEN.2023.3251661
10. Sakharkar V.S., Gupta S.R. Image stitching techniques-an overview. *International Journal of Computer Science and Applications*. 2023. Vol. 6. № 2. P. 324–330. URL: <http://researchpublications.org/IJCSA/NCAICN-13/230.pdf> (дата звернення: 04.07.2023).
11. Meng M., Liu S. High-quality Panorama Stitching based on Asymmetric Bidirectional Optical Flow. *2020 5th International Conference on Computational Intelligence and Applications (ICCIA)*. Beijing, China, 2020. P. 118–122. doi: 10.1109/ICCIA49625.2020.00030
12. Performance Evaluation of Bundle Adjustment with Population Based Optimization Algorithms Applied to Panoramic Image Stitching / M.J.R. Aguiar et al. *Sensors*. 2021. № 21(15). P. 5054. doi:10.3390/s21155054 (дата звернення: 04.07.2023).
13. Вибір методів для пошуку однакових або схожих зображень / О.М. Верес та ін. *Вісник Нац. ун-ту «Львів. політехніка»*. Серія «Інформаційні системи та мережі». 2018. Вип. 887. С. 43–50. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPICM_2018_887_8 (дата звернення: 04.07.2023).
14. Гороховатський В.О., Пупченко Д.В., Солодченко К.Г. Аналіз властивостей, характеристик та результатів застосування новітніх детекторів для визначення особливих точок зображення. *Системи управління, навігації та зв’язку*. 2018. Вип. 1. С. 93–98. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_1_22 (дата звернення: 04.07.2023).
15. Investigation of the relevance image objects estimation method modifications with descriptions in the form of keypoints features set / V. Gorokhovatskyi et al. *Control, Navigation and Communication Systems. Academic Journal*. 2018. № 5(51). P. 74–78. doi: 10.26906/SUNZ.2018.5.074 (дата звернення: 04.07.2023).
16. Мартусь Д.А., Бокарева Ю.С. Дослідження методів зйомки для різних видів панорам. *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті* : матеріали 20-го ювілейного Міжнар. молодіж. форуму (м. Харків, 19–21 квіт., 2016 р.). Харків, 2016. С. 617–618.

17. Ратушняк Т.В. Інформаційні технології банерної реклами в Internet. *Problems of implementation of information technologies in the economy of v-4 countries* : Scientific works. Bratislava, 2019. С. 151–157.
18. Віртуальна сферична 3d-панорама аудиторії 220 Державного податкового університету. Facebook. URL: https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=190038349370340&id=108312920876217 (дата звернення: 04.07.2023).

References

1. Ukrainian open-air museums. (2023). Ukrainian open-air museums. URL: <https://museums.authenticukraine.com.ua/en/> [in English]
2. Virtual Museum of War Memory (2023). Kyiv Region. URL: <https://kyivregiontours.gov.ua/war> [in English]
3. Marusei, T. (2021). Virtualna ekskursiia yak napriamok rozvytku suchasnoho turyzmu – [Virtual excursion as a direction of the development of modern tourism]. *Economy and Society*. Vol. 26. doi: 10.32782/2524-0072/2021-26-75 [in Ukrainian]
4. Ratushniak, T. & Vysheirskaya, Ya. (2018) Vykorystannia 3d-turu yak marketynhovoho elementu vstupnoi kompanii ta imidzhu VNZ – [Using the 3d tour as a marketing element of the admissions company and the image of the university]. *Problemy vprovadzhennia informatsiinykh tekhnolohii v ekonomitsi* : materialy IX Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii – [Problems of implementing information technologies in the economy : materials of the IX International Scientific and Practice Internet Conference]. Irpin. [in Ukrainian]
5. Ievsieiev, K. & Kazimirova, I. (2021) Stvorennia 3D-ekskursii v arkhivnykh ustanovakh : metodychni rekomendatsii – [Creation of 3D tours in archival institutions : methodological recommendations]. Kyiv : Derzh. arkhiv. sluzhba Ukrainy, TsDEA Ukrainy. [in Ukrainian]
6. Ratushniak, T. & Pavlenko, M. (2021) Tekhnolohiia stvorennia sferychnoi 3d-panoramy dlia sotsialnoi merezhi Facebook – [Technology for creating spherical 3d panoramas for the Facebook social network]. *Informatsiini tekhnolohii – 2021 : zbirnyk tez VIII Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh naukovtsiv* – [Information technologies – 2021 : A collection of theses of the VIII All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists]. Kyiv. [in Ukrainian]
7. Digital 2023 – We Are Social UK. (2023) *We Are Social UK*. URL: <https://wearesocial.com/uk/blog/2023/01/digital-2023/> [in English]
8. Brown, M., & Lowe, D. (2007) Automatic Panoramic Image Stitching using Invariant Features. *Int J Comput Vision*. Vol. 74. doi: 10.1007/s11263-006-0002-3 [in English]
9. Fu, M., Liang, H., Zhu, C., Dong, Z., Sun, R., Yue, Y. & Yang, Y. (2023). Image Stitching Techniques Applied to Plane or 3-D Models: A Review. *IEEE Sensors Journal*. Vol. 23. doi: 10.1109/JSEN.2023.3251661 [in English]
10. Sakharkar, V. & Gupta, S. (2013). Image stitching techniques-an overview. *International J of Computer Science and Applications*, Vol. 6. No. 2. URL: <http://researchpublications.org/IJCSA/NCAICN-13/230.pdf> [in English]
11. Meng, M. & Liu, S. (2020). High-quality Panorama Stitching based on Asymmetric Bidirectional Optical Flow. *5th International Conference on Computational Intelligence and Applications (ICCI)*. Beijing. doi: 10.1109/ICCI49625.2020.00030 [in English]
12. Aguiar, M.J.R., Alves, T. da R., Honório, L.M., Junior, I.C.S. & Vidal, V.F. (2021). Performance Evaluation of Bundle Adjustment with Population Based Optimization Algorithms Applied to Panoramic Image Stitching. *Sensors*. Vol. 21(15). P. 5054. doi: 10.3390/s21155054 [in English]
13. Veres, O., Kis, Ya., Kuhivchak, V. & Rishniak, I. (2018) Vybir metodiv dlia poshuku odnakovykh abo skhozhykh zobrazhen – [Selection of methods for searching identical or similar images]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu “Lvivska politekhnika”. Seriia “Informatsiini systemy ta merezhi”*. Vol. 887. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPICM_2018_887_8 [in Ukrainian]

14. Horokhovatskyi, V., Pupchenko, D. & Solodchenko, K. (2018) Analiz vlastyivostei, kharakterystyk ta rezultatyv zastosuvannia novitnikh detektoriv dlia vyznachennia osoblyvykh tochok zobrazhennia – [Analysis of the properties, characteristics and results of the use of the latest detectors to determine the special points of the image]. *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku*. Vol. 1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_1_22 [in Ukrainian]
15. Gorokhovatskyi, V., Vasylychenko, A., Manko, K. & Ponomarenko, R. (2018). Doslidzhennia modyfikatsii metodu vstanovlennia relevantnosti zobrazen obektiv za opysamy u vyhliadi mnozhyny deskryptoriv kliuchovykh tochok – [Investigation of the relevance image objects estimation method modifications with descriptions in the form of keypoints features set]. *Control, Navigation and Communication Systems. Academic Journal*. Vol. 5(51). P. 74–78. doi: 10.26906/SUNZ.2018.5.074 [in Ukrainian]
16. Martus, D. & Bokareva, Yu. (2016). Doslidzhennia metodiv ziomyky dlia riznykh vydiv panorama – [Study of shooting methods for different types of panoramas]. *Radioelektronika ta molod u XXI stolitti* : materialy 20-ho yuvileinoho mizhnarodnoho molodizhoho forumu – [Radio electronics and youth in the XXI century : materials of the 20th anniversary international youth of the forum]. Kharkiv. [in Ukrainian]
17. Ratushniak, T. (2019) Informatsiini tekhnolohii baneranoi reklamy v Internet – [Information technologies of banner advertising on the Internet.]. *Problems of implementation of information technologies in the economy of v-4 countries* : Scientific works. Bratislava. [in Ukrainian]
18. Virtualna sferychna 3d-panorama audytorii 220 Derzhavnoho podatkovoho universytetu – [Virtual spherical 3d panorama of auditorium 220 of the State Tax University]. (2023) *Facebook*. URL: https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=190038349370340&id=108312920876217 [in Ukrainian]

Ратушняк Тетяна Володимирівна – к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри комп’ютерних та інформаційних технологій і систем Державного податкового університету, e-mail: ratush_tanya@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9353-4268.

Гладченко Оксана Вікторівна – к.пед.н., доцент, доцент кафедри комп’ютерних та інформаційних технологій і систем Державного податкового університету, e-mail: gov_2016-2017ns@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1668-633X.

Омельчук Антон Анатолійович – к.т.н., провідний фахівець кафедри комп’ютерних та інформаційних технологій і систем Державного податкового університету, e-mail: tareon@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6318-7464.

Вишемірська Ярослава Сергіївна – старший викладач кафедри автоматизованого управління технологічними процесами Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського, e-mail: vishemirskaya@gmail.com.

Ratushniak Tetiana Volodymyrivna – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Computer and Information Technologies and Systems of the State Tax University, e-mail: ratush_tanya@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9353-4268.

Hladchenko Oksana Viktorivna – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Computer and Information Technologies and Systems of the State Tax University, e-mail: gov_2016-2017ns@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1668-633X.

Omelchuk Anton Anatoliiovych – Ph.D., Senior Specialist at the Department of Computer and Information Technologies and Systems of the State Tax University, e-mail: tareon@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6318-7464.

Vyshemirska Yaroslava Serhiivna – Senior Lecturer at the Department of Automated Management of Technological Processes of V.I. Vernadsky Taurida National University, e-mail: vishemirskaya@gmail.com.