

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-14>

УДК 004.9 : 004.67

ВОЙЧУР Олег

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-8503-6464>

e-mail: o.voichur@gmail.com

ГНАТЧУК Єлизавета

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0003-2989-3183>

e-mail: hnatchuky@khmnu.edu.ua

БОЯРЧУК Артем

Таллінський технічний університет

<https://orcid.org/0000-0001-7349-1371>

e-mail: a.boyarчук@taltech.ee

СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПНОСТІ МИСТЕЦЬКИХ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ

Наразі актуальною задачею є забезпечення доступності до об'єктів мистецтва для людей з вадами зору шляхом розроблення інформаційної технології, яка дозволить перетворювати 2D зображення у 3D моделі та формуватиме опис до них шрифтом Брайля (наприклад, опис кольорової гами, короткий опис того, що зображено на картині, тощо).

Мозок сліпої людини в змозі перетворювати тактильну інформацію у візуальні образи, відтак тактильні картини, створені з використанням технологій 3D моделювання та 3D друку, дадуть змогу незрячим людям «побачити» художні шедеври кінчиками своїх пальців. Змінна висота об'ємних елементів при створенні тактильної графіки для незрячих людей може ефективно та інтуїтивно передавати різні види інформації, відтак при розробленні інформаційної технології забезпечення доступності до об'єктів мистецтва для людей з вадами зору важливим та актуальним завданням буде розпізнавання 2D зображення та його 3D моделювання (нарошення рельєфу для отримання зображення тривимірного об'єкту, а також математична модель, яка описує конструкцію об'єкту, розташування його точок в просторі, математичний опис поверхонь об'єкту). Проведений аналіз відомих методів і засобів розпізнавання 2D зображень та їх 3D моделювання показав, що, незважаючи на ряд наявних засобів рендерингу 2D зображень у 3D моделі, методи і засоби для рендеринга саме об'єктів мистецтва (картин) у 3D моделі наразі відсутні.

Запропонована інформаційна технологія забезпечення доступності до об'єктів мистецтва для людей з вадами зору є мультимодальною – вона автоматизує (з метою спрощення виконання) перетворення 2D-картини у її 3D-модель, готову для друку на 3D-принтері, а також формує опис до картини шрифтом Брайля, готовий для друку на тифлопринтері. Основним джерелом інформації, і відповідно первинною інформацією, в інформаційній технології забезпечення доступності до об'єктів мистецтва для людей з вадами зору є 2D-картина, а також відповіді на запитання опитувальника щодо кольорової гами та змісту зображення на картині.

Ключові слова: тактильна інформація, інформаційна технологія, 2D-зображення, 3D-модель зображення, рендеринг.

VOICHUR Oleg, HNATCHUK Yelyzaveta

Khmelnitskyi National University

BOYARCHUK Artem

TalTech University

STRUCTURE OF INFORMATION TECHNOLOGY FOR PROVIDING AVAILABILITY OF ART OBJECTS FOR THE VISUALLY IMPAIRED PERSONS

The current challenge is to ensure accessibility to art objects for visually impaired people by developing information technology that will allow converting 2D images into 3D models and generating descriptions for them in Braille (for example, a description of the color scheme, a brief description of what is depicted in the picture, etc.)

The brain of a blind person is able to convert tactile information into visual images, so tactile paintings created using 3D modeling and 3D printing technologies will allow blind people to "see" artistic masterpieces with their fingertips. The variable height of volumetric elements when creating tactile graphics for blind people can effectively and intuitively transmit various types of information, so when developing information technology to ensure accessibility to art objects for visually impaired people, an important and urgent task will be to recognize a 2D image and its 3D modeling (building up the relief to obtain an image of a three-dimensional object, as well as a mathematical model that describes the structure of the object, the location of its points in space, the mathematical description of the surfaces of the object). The analysis of known methods and tools for 2D image recognition and 3D modeling showed that, despite a number of existing tools for rendering 2D images into 3D models, methods and tools for rendering art objects (paintings) into 3D models are currently absent. The proposed information technology for providing accessibility to art objects for visually impaired people is multimodal – it automates (in order to simplify the implementation) the conversion of a 2D picture into its 3D model, ready for printing on a 3D printer, and also generates a description of the picture in Braille, ready for printing on a typhloprinter. The main source of information, and therefore the primary information, in the information technology of ensuring accessibility to art objects for the visually impaired is a 2D picture, as well as answers to the questionnaire about the color scheme and content of the image in the picture.

Keywords: tactile information, information technology, 2D image, 3D image model, rendering.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Нерідко люди повністю або частково втрачають зір. До сліпоти або серйозних вад зору можуть призводити різні чинники. Серед них травми і хвороби, через які ушкоджуються очі, зорові нерви чи мозок. Серед інших сліпоту можуть спричинити й травматичні ушкодження ока, інфекції (наприклад, бленорея, сифіліс, тощо). У світі все частіше зустрічається сліпота, що розвивається з віком, а також сліпота, спричинена неконтрольованим цукровим діабетом. За статистикою, в Україні наразі мешкає близько 70 тисяч незрячих людей, але, за неофіційними даними, їх у тричі більше.

Люди з вадами зору користуються тактильним рельєфно-крапковим письмом, яке винайшов незрячий французький педагог Луї Брайль у 1824 році [1]. Наразі в усьому світі (а особливо в Європейському Союзі, США, Канаді, Японії) створюється інформаційний простір Брайля, який полягає у розробці електронних пристроїв з шрифтом Брайля, випуску різноманітних видань шрифтом Брайля, нанесенні написів шрифтом Брайля на упаковку продукції та етикетки, маркуванні кнопок ліфтів, виготовленні інформаційних табличок, тощо [2].

Ратифікована Конвенція ООН про права осіб з інвалідністю покладає обов'язок і на Україну щодо створення необхідного середовища та можливостей для розвитку людей з інвалідністю в рамках сталого розвитку країни [3]. Зокрема, стаття 30 Конвенції зобов'язує державу забезпечити людям з інвалідністю:

- доступність телебачення, фільмів, театральних вистав та інших культурних заходів;
- доступність будівель кінотеатрів, музеїв, бібліотек та інших закладів, де проходять культурні заходи;
- створення можливостей для творчого розвитку людей з інвалідністю;
- доступність творів культури для осіб з різними видами інвалідності;
- адаптування творів для осіб з порушеннями зору без порушень авторського права.

Упродовж багатьох століть у повсякденній свідомості складалося уявлення про сліпу людину як про неповноцінну особистість, сліпу людину уявляли як людину абсолютно іншу, а можливості розвитку такої особистості, її участь у культурному житті вважали вкрай обмеженими. Але, звісно, така думка є помилковою. Дві третини (66.9%) людей з порушеннями зору в Україні вважають мистецтво та участь у культурному житті важливими в своєму житті: 42% – цілком погоджуються з цим твердженням, а майже чверть (24.9%) – скоріше погоджуються [4]. Майже дві третини людей з порушеннями зору (62%), аналогічно до всіх українців, вважають обов'язком держави забезпечувати рівні права людей з інвалідністю у сфері культури [4].

Наразі в Україні, та й загалом у світі, для людей з вадами зору таке мистецтво, як живопис та картини, практично недоступне. Рельєфних картин дуже мало, хоча і є деякі спроби познайомити людей з вадами зору із об'єктами живопису. У 2023 році музей історії в Дніпрі реалізував проєкт доступності. Зокрема, у музеї зробили мнемосхему, за допомогою якої люди з вадами зору можуть орієнтуватися в закладі, видали екскурсію музеєм шрифтом Брайля (15 примірників) та книжку з історії Дніпра шрифтом Брайля (50 примірників). Ресурсний центр «Безбар'єрна Україна» пропонує тактильний арт-альбом «Скарби культури. Світ» для незрячих шрифтом Брайля, вартість якого є доволі високою (від 14200 грн). Більш широке використання такого підходу зробить об'єкти мистецтва доступними для всіх.

Тому наразі *актуальною задачею* є забезпечення доступності до об'єктів мистецтва для людей з вадами зору шляхом розроблення інформаційної технології, яка дозволить перетворювати 2D зображення у 3D моделі та формуватиме опис до них шрифтом Брайля (наприклад, опис кольорової гами, короткий опис того, що зображено на картині, тощо).

Мозок сліпої людини в змозі перетворювати тактильну інформацію у візуальні образи, відтак тактильні картини, створені з використанням технологій 3D моделювання та 3D друку, дадуть змогу незрячим людям «побачити» художні шедеври кінчиками своїх пальців. Звісно, незрячі люди будуть сприймати картини не так, як зрячі, але у них з'явиться можливість відчутти не тільки композицію, але й характерну для того чи іншого художника техніку малюнку. Змінна висота об'ємних елементів при створенні тактильної графіки для незрячих людей може ефективно та інтуїтивно передавати різні види інформації [5], відтак при розробленні інформаційної технології забезпечення доступності до об'єктів мистецтва для людей з вадами зору важливим та актуальним завданням є розпізнавання 2D зображення та його 3D моделювання (нарошення рельєфу для отримання зображення тривимірного об'єкту, а також математична модель, яка описує конструкцію об'єкту, розташування його точок в просторі, математичний опис поверхонь об'єкту).

Проведений у [6] аналіз відомих методів і засобів розпізнавання 2D зображень та їх 3D моделювання, а також підходів до 3D візуалізації [7-10] показав, що, незважаючи на ряд наявних засобів рендерингу 2D зображень у 3D моделі, методи і засоби для рендеринга саме об'єктів мистецтва (картин) у 3D моделі наразі слабо розвинені.

СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПНОСТІ МИСТЕЦЬКИХ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ

Розробимо структуру інформаційної технології забезпечення доступності мистецьких об'єктів для людей з вадами зору (рис. 1).

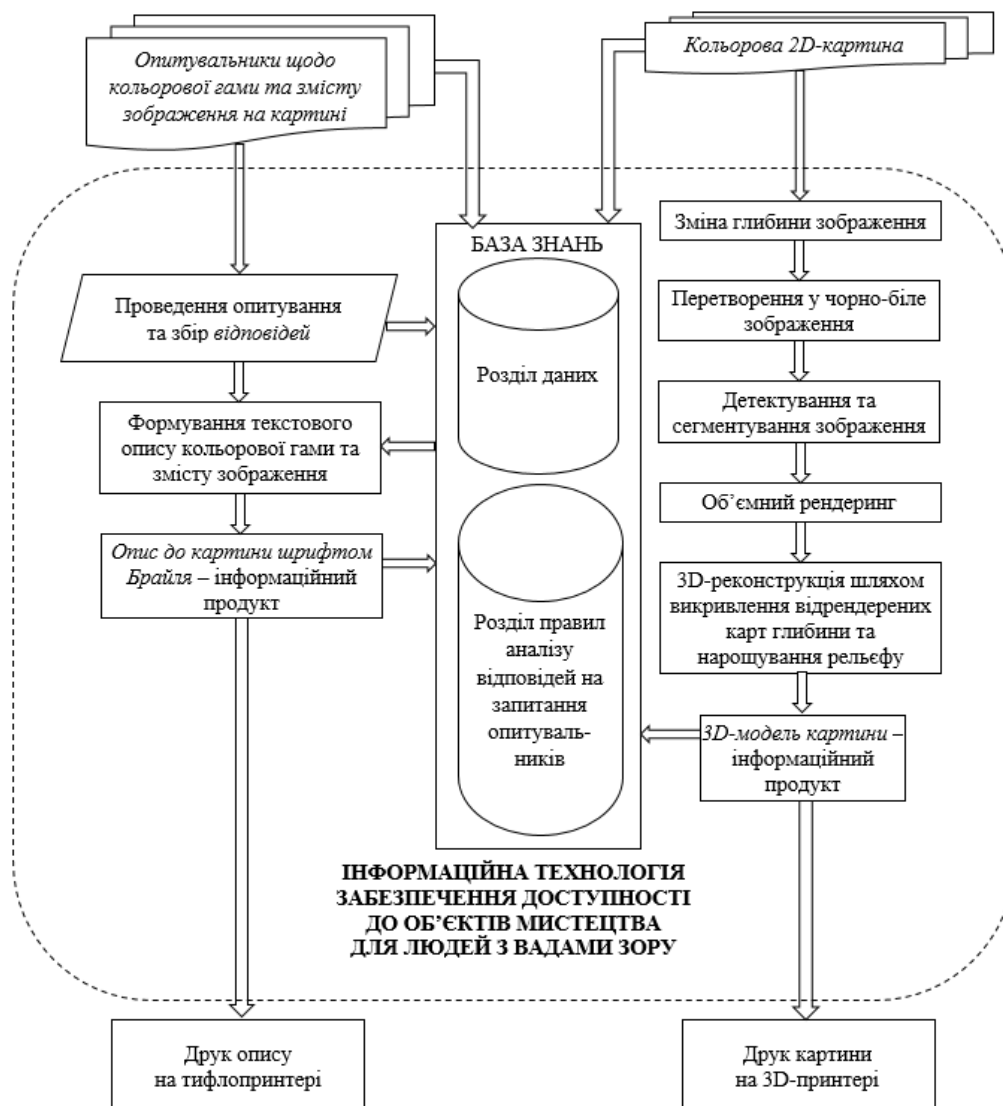


Рис. 1. Інформаційна технологія забезпечення доступності мистецьких об'єктів для людей з вадами зору

Запропонована інформаційна технологія забезпечення доступності до об'єктів мистецтва для людей з вадами зору є мультимодальною – вона автоматизує (з метою спрощення виконання) перетворення 2D-картини у її 3D-модель, готову для друку на 3D-принтері, а також формує опис до картини шрифтом Брайля, готовий для друку на тифлопринтері.

Основним джерелом інформації, і відповідно первинною інформацією, в інформаційній технології забезпечення доступності до об'єктів мистецтва для людей з вадами зору є 2D-картина, а також відповіді на запитання опитувальника щодо кольорової гами та змісту зображення на картині.

Отримана кольорова 2D-картина зберігається у розділі даних бази знань, а також піддається обробці – виконується зміна глибини, перетворення на чорно-біле зображення, детектування та сегментування зображення, об'ємний рендеринг, а також 3D-реконструкція шляхом викривлення відрендерених карт глибини та нарощування рельєфу, в результаті чого формується інформаційний продукт – 3D-модель картини, готова для друку на 3D-принтері, яка також зберігається у розділі даних бази знань інформаційної технології.

Паралельно відбувається збір відповідей на запитання опитувальника щодо кольорової гами та змісту зображення на картині, які зберігаються у розділі даних бази знань, формування текстового опису кольорової гами та змісту зображення згідно із рекомендаціями щодо опису зображень для людей з вадами зору з використанням правил з розділу правил бази знань, а також формування інформаційного продукту –

підготовка опису до картини шрифтом Брайля з метою можливості подальшого друку на тифлопринтері, який також зберігається у розділі даних бази знань інформаційної технології.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Наразі актуальною задачею є забезпечення доступності до об'єктів мистецтва для людей з вадами зору шляхом розроблення інформаційної технології, яка дозволить перетворювати 2D зображення у 3D моделі та формуватиме опис до них шрифтом Брайля (наприклад, опис кольорової гами, короткий опис того, що зображено на картині, тощо).

Мозок сліпої людини в змозі перетворювати тактильну інформацію у візуальні образи, відтак тактильні картини, створені з використанням технологій 3D моделювання та 3D друку, дадуть змогу незрячим людям «побачити» художні шедеври кінчиками своїх пальців. Змінна висота об'ємних елементів при створенні тактильної графіки для незрячих людей може ефективно та інтуїтивно передавати різні види інформації, відтак при розробленні інформаційної технології забезпечення доступності до об'єктів мистецтва для людей з вадами зору важливим та актуальним завданням буде розпізнавання 2D зображення та його 3D моделювання (нарошення рельєфу для отримання зображення тривимірного об'єкту, а також математична модель, яка описує конструкцію об'єкту, розташування його точок в просторі, математичний опис поверхонь об'єкту).

Проведений аналіз відомих методів і засобів розпізнавання 2D зображень та їх 3D моделювання показав, що, незважаючи на ряд наявних засобів рендерингу 2D зображень у 3D моделі, методи і засоби для рендеринга саме об'єктів мистецтва (картин) у 3D моделі наразі відсутні.

Запропонована інформаційна технологія забезпечення доступності до об'єктів мистецтва для людей з вадами зору є мультимодальною – вона автоматизує (з метою спрощення виконання) перетворення 2D-картини у її 3D-модель, готову для друку на 3D-принтері, а також формує опис до картини шрифтом Брайля, готовий для друку на тифлопринтері. Основним джерелом інформації, і відповідно первинною інформацією, в інформаційній технології забезпечення доступності до об'єктів мистецтва для людей з вадами зору є 2D-картина, а також відповіді на запитання опитувальника щодо кольорової гами та змісту зображення на картині.

Література

1. Louis Braille, el ciego que enseñó a ver / J. Peraza-Nieves et al. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*. 2015. Vol. 90, no. 9. P. e71-e73. URL: <https://doi.org/10.1016/j.oftal.2015.02.003>.
2. Handwritten Text to Braille for Deaf-Blinded People Using Deep Neural Networks and Python / T. Parthiban et al. *Mobile Radio Communications and 5G Networks*. Singapore, 2022. P. 379–393. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-16-7018-3_28.
3. P. Hryhoruk, S. Grygoruk, N. Khrushch, T. Hovorushchenko. Using non-metric multidimensional scaling for assessment of regions' economy in the context of their sustainable development. *CEUR-WS*. 2020. Vol. 2713. Pp. 315-333.
4. ART FOR ALL: THE SITUATION WITH THE OBSERVANCE OF CULTURAL RIGHTS OF PEOPLE WITH DISABILITIES IN UKRAINE. Analytical report based on the results of the all-Ukrainian survey "Opinions and Views of the Population of Ukraine" (Omnibus), 2021. URL: https://ffr.org.ua/wp-content/uploads/2022/10/Mystetstvo-dlya-vsih_-sytuatsiya-z-dotrymannyam-kulturnyh-prav-lyudej-z-invalidnistyuv-Ukrayini.pdf_.pdf.
5. Evaluating the Use of Variable Height in Tactile Graphics / R. Gupta et al. *2019 IEEE World Haptics Conference (WHC)*, Tokyo, Japan, 9–12 July 2019. 2019. URL: <https://doi.org/10.1109/whc.2019.8816083>.
6. T. Hovorushchenko, O. Voichur, O. Hovorushchenko, A. Boyarchuk, I. Zasornova. The Concept of Information Technology for Ensuring Accessibility to Art Objects for the Visually Impaired Persons. *CEUR-WS*. 2024. Vol. 3675. Pp. 208-222.
7. Neural 3D face rendering conditioned on 2D appearance via GAN disentanglement method / R. Chen et al. *Computers & Graphics*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cag.2023.08.008>.
8. "Instant 3D" angiography: novel technique for rapid conversion of 2D angiograms into 3D stereoscopic videos / A. P. Wang et al. *World Neurosurgery*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.08.065>.
9. HyperDreamer: Hyper-Realistic 3D Content Generation and Editing from a Single Image / T. Wu et al. *SA '23: SIGGRAPH Asia 2023*, Sydney NSW Australia. New York, NY, USA, 2023. URL: <https://doi.org/10.1145/3610548.3618168>.
10. AniPortraitGAN: Animatable 3D Portrait Generation from 2D Image Collections / Y. Wu et al. *SA '23: SIGGRAPH Asia 2023*, Sydney NSW Australia. New York, NY, USA, 2023. URL: <https://doi.org/10.1145/3610548.3618164>.

References

1. Louis Braille, el ciego que enseñó a ver / J. Peraza-Nieves et al. Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología. 2015. Vol. 90, no. 9. P. e71-e73.
2. Handwritten Text to Braille for Deaf-Blinded People Using Deep Neural Networks and Python / T. Parthiban et al. Mobile Radio Communications and 5G Networks. Singapore, 2022. P. 379–393.
3. P. Hryhoruk, S. Grygoruk, N. Khrushch, T. Hovorushchenko. Using non-metric multidimensional scaling for assessment of regions' economy in the context of their sustainable development. CEUR-WS. 2020. Vol. 2713. Pp. 315-333.
4. ART FOR ALL: THE SITUATION WITH THE OBSERVANCE OF CULTURAL RIGHTS OF PEOPLE WITH DISABILITIES IN UKRAINE. Analytical report based on the results of the all-Ukrainian survey "Opinions and Views of the Population of Ukraine" (Omnibus), 2021. URL: https://ffr.org.ua/wp-content/uploads/2022/10/Mystetstvo-dlya-vsih_-sytuatsiya-z-dotrymannyam-kulturnyh-prav-lyudej-z-invalidnistyu-v-Ukrayini.pdf.
5. Evaluating the Use of Variable Height in Tactile Graphics / R. Gupta et al. 2019 IEEE World Haptics Conference (WHC), Tokyo, Japan, 9–12 July 2019. 2019.
6. T. Hovorushchenko, O. Voichur, O. Hovorushchenko, A. Boyarchuk, I. Zasornova. The Concept of Information Technology for Ensuring Accessibility to Art Objects for the Visually Impaired Persons. CEUR-WS. 2024. Vol. 3675. Pp. 208-222.
7. Neural 3D face rendering conditioned on 2D appearance via GAN disentanglement method / R. Chen et al. Computers & Graphics. 2023.
8. “Instant 3D” angiography: novel technique for rapid conversion of 2D angiograms into 3D stereoscopic videos / A. P. Wang et al. World Neurosurgery. 2023.
9. HyperDreamer: Hyper-Realistic 3D Content Generation and Editing from a Single Image / T. Wu et al. SA '23: SIGGRAPH Asia 2023, Sydney NSW Australia. New York, NY, USA, 2023.
10. AniPortraitGAN: Animatable 3D Portrait Generation from 2D Image Collections / Y. Wu et al. SA '23: SIGGRAPH Asia 2023, Sydney NSW Australia. New York, NY, USA, 2023.