



**Валентина Олександрівна Потієнко,**

кандидат педагогічних наук,  
учитель інформатики УФМЛ КНУ  
імені Тараса Шевченка,  
м. Київ

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-9155-7688>



**Олексій Анатолійович Овсянніков,**

учитель фізики УФМЛ КНУ  
імені Тараса Шевченка,  
м. Київ

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0003-0006-2677>



**Анна Сергіївна Волох,**

учениця 11-го класу  
УФМЛ КНУ  
імені Тараса Шевченка,  
м. Київ

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0003-4733-0771>

УДК 167.33

DOI: [https://doi.org/10.32405/2309-3935-2019-1\(72\)-37-40](https://doi.org/10.32405/2309-3935-2019-1(72)-37-40)

**У СВІТІ 3D**

Анотація.

У статті описано методи побудови стереозображень геометричних фігур. Також оглядово розглянуто можливості 3D-редакторів, але вони потребують потужної мультимедійної системи та комп'ютерної техніки. Метою статті є огляд методів побудови 3D-зображень, їх оцінювання, вибір оптимального методу для реалізації в умовах закладів загальної середньої освіти. Стаття може використовуватися вчителями для розширення методології викладання предмета. У роботі використовувалися: оптика, стереометрія, планіметрія, програмування.

**Ключові слова:** графічні зображення; фігури; стереозображення; 3D-редактори.

Останнім часом наше життя характеризується поширеним використанням комп'ютерів, телефонів, планшетів та інших гаджетів. Але, попри це, у віддалених селах і районах не всюди є доступ до цих благ технічного прогресу. Значна кількість учителів математики не знають, як показати учням ту чи іншу об'ємну фігуру, не маючи її макету або мультимедійної системи зі спеціальним екраном чи окулярів, що можуть пропускати поляризоване світло. Звісно, сьогодні існують графічні 3D-редактори, за допомогою яких можна створити будь-яке зображення [1].

Редактори тривимірної графіки використовують для створення та роботи з тривимірними об'єктами графічними об'єктами, що надають можливість керувати взаємодією зображень поверхонь і джерел світла, створювати тривимірну анімацію. У такі редактори вбудовано значну кількість заготовок-примітивів, з яких можна збирати моделі, кільця, куби, сфери, циліндри. Редактори тривимірної графіки містять методи 3D-моделювання, анімації, обробки відео; набір опцій для створення інтерактивних ігор, візуальні

3D-ефекти. До редакторів тривимірної графіки належать 3Ds Max, Blender for Windows. Потужним професійним пакетом тривимірних редакторів є пакет програм Maya, що використовують провідні кіностудії світу для створення спецефектів. Однак для встановлення та роботи в середовищах названих програмних засобів необхідно мати потужний комп'ютер: усі редактори потребують з'єднання з Інтернет-мережею, використовують багато пам'яті та не дають очікуваного ефекту перегляду стереозображень без використання окулярів і спеціального монітора.

Такі програмні засоби є інструментом роботи фахівців. Постає проблема в потребі демонстрації фігур в освітньому процесі стереометрії та відсутності простих у використанні програм з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом. Програмування візуалізації тривимірних фігур ґрунтується на фізичних законах перетворення фігури на площині у вигляд тривимірної. Метою статті є дослідження методів візуалізації 3D-об'єктів для створення програми стереометричного представлення багатогранників.



Уявлення про об'ємність (тривимірність) оточуючого світу людини має в основі декілька явищ: геометрична та повітряна перспектива, тіні та відблиски на поверхні об'єктів, відносні розміри об'єктів [2–4]. Розглянемо, які особливості людини дають змогу сприймати тривимірність світу. Природа наділила людину бінокулярним зором – парою очей, розташованих на відстані 60–70 мм. За рахунок цього людина бачить світ одночасно з двох точок спостереження. Зображення, отримані лівим і правим оком, відрізняються. Ці два зображення прийнято називати *стереопарою*. Аналізуючи відмінності між зображеннями стереопари, мозок людини отримує інформацію про об'єм і віддаленість об'єктів, які спостерігаються (рис. 1).

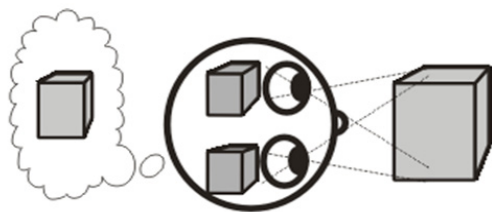


Рис. 1. Схематичне зображення сприйняття людиною тривимірності

Ще один фактор, що надає людині можливість спостерігати розміщення об'єктів у просторі – це їх відносне переміщення при зміні точки спостереження (ближчі об'єкти переміщуються на фоні дальніх). Ця обставина допомагає оцінювати віддаленість об'єктів під час перегляду кіно чи споглядання пейзажу з вікна потягу. Людина, використовуючи власний життєвий досвід, інтерпретує перераховані явища як докази тривимірності простору не лише під час спостереження реальних об'єктів, а й при перегляді малюнків, фотографій чи кіно. До того ж, ефект не залежить від того, одним оком ми дивимось чи двома. Кожне око бачить предмет по-своєму; мозок оцінює різницю і формує об'ємний образ. Удаване зміщення об'єкта, що розглядається, викликане зміною точки спостереження, називається *паралаксом* і є **головним фактором** у сприйнятті тривимірності світу.

Методи відтворення 3D-зображення поділяються на: *просторове; кольірне; темпоральне; поляризаційне*. Вони обґрунтовані на фізичному сприйнятті світу людиною. Нижче ці методи описано більш детально.

*Анагліфний метод* (від грец. *anaglyphos* – рельєфний) засновано на методі кольорового ділення та полягає в малюванні зображень у вигляді стереопари (кожне окреме зображення пари – кадр, що має свій колір). Розподіл лівого і правого кадру відбувається за допомогою кольорових окулярів, зафарбованих у відповідні кольори. Традиційно в стереоскопічних технологіях ліве зображення переважно червоного кольору, а праве – синього. Стереоскопи (рис. 2) для спостереження також мають відповідні світлофільтри (червоний і синій).

Анагліфному методу демонстрації 150 років. Цей метод запропоновано М. д'Альмейда і Дюко дю Ороном у 1858 р., реалізований у кіно Луї Люм'єром у 1935 році.

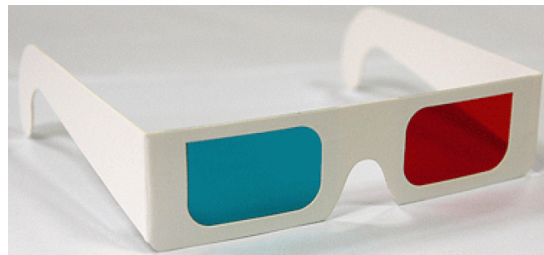


Рис. 2. Вигляд стереоскопічних окулярів

У світі інтерактивних комп'ютерних ігор для імітації тривимірності використовується *метод темпорального розділення* [5]: зображення створюється за допомогою почергового показу картини для лівого та правого ока через спеціальні активні окуляри («окуляри-клапани»). Технологія полягає в позмінній демонстрації на екрані зображень, призначених для лівого і правого ока, а також почерговому затемненні лінз окулярів, так що кожне око почергово бачить зображення, призначене лише йому. Зміна «лівого» і «правого» зображення на екрані та затемнення відповідних лінз строго синхронізовано і відбуваються з дуже високою частотою. За рахунок ефекту інерції зору в людини створюється ілюзія, що вона бачить ціле тривимірне зображення. Цей метод запропонував М. д'Альмейда в 1858 році. У кінематографі цей метод уперше реалізував Е. Банклі в 1936 році.

Після винаходу Е. Лендом у 1935 р. поляризаційної плівки значного поширення отримав *поляризаційний метод* створення стереопроєкції. Два складники зображення шляхом накладання одне на одного створюють на екрані єдине зображення. Складники проєктуються на екран через ортогональні (розташовані під кутом 90 градусів) поляризаційні фільтри в проєкторах.

Глядач одягає окуляри з вбудованими ортогональними поляризаційними фільтрами: кожний фільтр пропускає лише ту частину світлових хвиль, чия поляризація відповідає поляризації фільтра, і блокує ортогонально поляризоване світло.

Під час використання кругової поляризації два зображення також накладаються одне на одне через фільтри з протилежно спрямованою поляризацією. В окуляри, призначені для глядача, вбудовано «аналізуючі» фільтри (з протилежно спрямованою поляризацією). На відміну від лінійної поляризації, якщо глядач нахилив голову, розділення лівого та правого зображень зберігається, відповідно, залишається ілюзія стереозображення.

Поляризаційному методу стереопроєкції понад 120 років. Цей метод запропонував Ж. Андертон у 1891 році.

Для застосування *технології інтерферентної фільтрації* (або «візуалізації через хвильове множення») в проєктор перед лампою встановлюють синхронізований через контролер спеціальний зйомний обертальний дисковий фільтр із сегментами, що формують через кадр зображення для кожного ока окремо. Це зображення змішується за допомогою пасивних спектральних окулярів багаторазового використання, що видаються глядачам. Принцип роботи диска досить простий – дві половини



круга є фільтрами для зображень лівого та правого ока, під час роботи диск обертається з дуже високою швидкістю, забезпечуючи змінне переключення фільтруючих елементів різних довжин хвиль. На кожному кадрі фільму диск повертається три рази, тобто за стандартної частоти фільму 24 кадри за секунду, він обертається зі швидкістю  $3 \times 24 \times 60 = 4320$  обертів за хвилину.

*Безокулярні (автостереоскопічні) методи* використовують у технологіях формування стереозображення, що не вимагають від глядача носіння спеціалізованих окулярів. Їх використовують в експериментальних відеопанелях, що представлені растровими системами [6; 7].

Для показу через растр вихідна стереопара кадрів «нарізається» на вертикальні смуги (полоси), які потім чергуються так, щоб під кожною лінзою опинилась пара полосок: одна від лівого кадра, друга – від правого. Таке «полосате» зображення називають кодованим. Принцип дії лінзово-растрового екрана показано на рисунку 3. Потік світла, що виходить від кодованого зображення, проходячи через лінзи, розділяється так, що ліве око спостерігача бачить ліве зображення стереопари, а праве око – праве зображення.

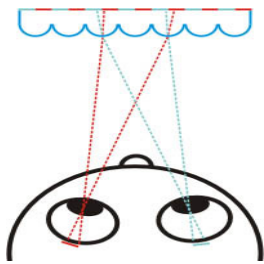


Рис. 4. Схема розділення кодованого зображення стереопари за допомогою лінзового растра

Існують *два типи растрів* – оптичний (щілинний або бар'єрний) та лінзовий (лентикулярний).

*Оптичний растр* створено з вертикальних непрозорих полосок із щілинами між ними. Полоси затіняють для кожного ока «невідповідні» частини зображення.

*Лінзовий растр* (на сучасному етапі його використовують частіше) складається з вертикально розташованих циліндричних плоскно-опуклих лінз. Лінза одночасно виконує функції щілини та затемнювальної полоси. Цей метод також застосовують у процесі виготовлення стереолистівок.

Растровому стерео вже понад 100 років. Уперше метод безокулярного стерео із застосуванням паралельного світлопоглинаючого растра було запропоновано одночасно П. Бертсьє та Е. Лізегангом у 1896 році.

У кожного з описаних методів є певні переваги та недоліки.

*Анагліфний метод.* Перевагами є простота і доступність реалізації, оскільки не потрібно спеціального монітора чи проектора або додаткових програм. Недоліками 3D анагліф-технології кольорового розділення є спотворення у відображенні кольорів, втрата частини кольорів і необхідність використання окулярів.

*Еліпсний метод.* Перевагами є те, що він дає змогу отримати високу якість сепарації та позитивне розширення зображень, зберігаючи кольори. Недоліками цього методу є те, що потрібен спеціальний екран із частотою оновлення монітора не менше 150 Гц, а також спеціальні окуляри, які є досить дорогими.

*Поляризаційний метод.* Перевагами є поляризаційний спосіб, що дає змогу отримати якісне кольорове стереоскопічне зображення. Недоліками цього методу є те, що необхідно використовувати: спеціальний посрібнений екран, який дасть змогу уникнути деполіризації та компенсувати втрату яскравості (оскільки на екран падає лише 0,71 світла, що випромінюється кожним проектором); лінійно поляризовані окуляри вимагають, щоб глядач тримав голову на одному рівні, не нахилиючи її, інакше ефект втрачається, необхідно одразу два проектора, спеціальний екран, поляризатори й окуляри. Окрім того, під час повороту голови вліво чи вправо сепарація зображень зменшується (при 45 – до нуля) і відчуття об'ємності зникає.

*Технології інтерференційних фільтрів.* Переваги – такий метод дає змогу економити на вартості екрана (не потрібен посрібнений або алюмінований екран). Недоліки – вартість самих фільтр-окулярів виявляється набагато вищою ніж вартість екрана.

*Растровий метод.* Переваги методу полягають у тому, що пристрій сепарації об'єднано з самим зображенням і глядачу нема потреби одягати будь-які окуляри для перегляду. Окрім того, формування об'ємного зображення з серії кадрів, знятих із різних точок, дає змогу надати більшу реалістичність кадру. Недоліки растрових систем – це зміна якості стереоскопічного зображення при зміщенні очей користувачем від деякого оптимального положення, що, окрім необхідності розташування глядачів у фіксованих секторах обзору, накладає обмеження на розмір екрана, ефективна роздільна здатність зображення по горизонталі зменшується в два рази.

Для програмного створення візуалізації тривимірних фігур краще використати анагліфний метод показу 3D-зображень, оскільки для його використання непотрібні спеціальні екрани та дорогі окуляри. Як було сказано вище, картинка ділиться на ліву і праву та малюється різними кольорами. Завдяки відповідним фільтрам, кожне око бачить свою частину зображення. У мозок надходить дві різні проєкції малюнку, формується сигнал про об'ємний вигляд.

Таким чином, у створенні програми необхідно врахувати відстань між очима та відстань до екрана комп'ютера. Для кожного ока необхідно промалювати зображення за певними координатами та кольором. Тому створена програма з використанням анагліфного методу відтворення стереозображень може широко використовуватися в освітніх проєктах, для дослідження властивостей і перетворень об'ємних тіл. Наші пошуки та уточнення будуть продовжуватися далі.

#### Використані літературні джерела

1. Потієнко В.О. Вивчення основ роботи графічних редакторів на уроках інформатики / В.О. Потієнко. *Рідна школа*. 2008. № 12 (949) грудень. С. 46–50.



2. Юрин Д.В., Крылов А.С., Волегов Д.Б. Методы и алгоритмы совмещения изображений и их применение в задачах восстановления трехмерных сцен и панорам, анализе медицинских изображений / Д.В. Юрин, А.С. Крылов, Д.Б. Волегов, А.В. Насонов, Н.В. Свешникова. Москва : ВМиК МГУ.

3. Волегов Д.Б., Юрин Д.В. Грубое совмещение изображений по найденным на них прямым линиям / Д.Б. Волегов, Д.В. Юрин. *Труды конференции Графикон*. Новосибирск, 2006. С. 463–466.

4. Дорожинський О.Л., Тукай Р. Фотограмметрія: підручник / О.Л. Дорожинський, Р. Тукай. Львів : Львівська політехніка, 2008. 332 с.

5. Гришин В. А. Оценка точности установления соответствия / В. А. Гришин. *Цифровая обработка сигналов и ее применение: доклады 10 Междунар. конф. и выставки (26–28 марта 2008 г.)*. Вып. X-2. С. 428–431. (Серия «Цифровая обработка сигналов и ее применение»).

6. Потієнко В.О. Формування змісту задач як засобу розвитку учнів під час вивчення графічних редакторів / В.О. Потієнко. *Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: збірник наукових праць*. Вип. V: В 3-х томах. Кривий ріг : НметАУ, 2005. Т. 3: Теорія та методика навчання інформатики. С. 229–233.

7. Потієнко В.О. Аспекти формування графічної культури старшокласників: структура та вимоги до системи графічних задач. *Викладання дисципліни «Нарисна геометрія, інженерна і комп'ютерна графіка» в умовах кредитно-модульної системи навчання: матеріали Всеукр. наук.-метод. конф. (Севастополь, 7–11 лютого 2011 р.)* / [редкол.: В.Г. Середя та ін., наук. ред. В.В. Смагін]. Севастополь : Вид-во СевНТУ. 2011. С. 124–125.

## References

1. Potiienko, V.O. (2008). Vychennia osnov roboty hrafichnykh redaktoriv na urokakh informatyky [Study of the basics of graphic editors in computer science classes]. *Ridna shkola - Native school*. 12, 46-50 [in Ukrainian].

2. Iuryn, D.V., Krylov, A.S., Volehov, D.B., Nasonov, A.V., & Svshnykova, N. V. *Metody u alhorytmy sovmeshchenia yzobrazhenyi u ykh pryumenenye v zadachakh vosstanovleniya trekhmernykh stsien y panoram, analize medytsynskykh yzobrazhenyi* [Methods and algorithms of image combination and their application in problems of restoration of three-dimensional scenes and panoramas, analysis of medical images]. Moscow [in Russian].

3. Volehov, D.B., & Yuryn, D.V. (2006). Hruboe sovmeshchenie yzobrazhenyi po naidennym na nykh priamym lynyiam [Rigorous matching of images by the direct lines found on them.]. *Trudy konferentsyy Hrafykon - Conference Proceedings Graphicon*. Novosybyrsk, 463-466 [in Russian].

4. Dorozhynskiy, O.L., & Tukai, R. (2008). *Fotogrammetriia* [Photogrammetry]. Lviv [in Ukrainian].

5. Hryshyn, V.A. (2008). Otsenka tochnosti ustanovleniya sootvetsviya [Estimation of the accuracy of the establishment of conformity]. *Tsyfrovaia obrabotka syhnalov y ee pryumenenye - Digital Signal Processing and its Application*. 2, 428-431 [in Russian].

6. Potiienko, V.O. (2005). Formuvannia zmistu zadach yak zasobu rozvytku uchniv pid chas vyvchennia hrafichnykh redaktoriv [Formation of the content of tasks as a means of student development during the study of graphic editors]. *Teoriia ta metodyka navchannia matematyky, fizyky, informatyky - Theory and methodology of teaching mathematics, physics, computer science*. Kryvyi Rih [in Russian].

7. Potiienko, V.O. (2011). Aspekty formuvannia hrafichnoi kultury starshoklasnykiv: struktura ta vymohy do systemy

hrafichnykh zadach [Aspects of formation of graphic culture of senior pupils: structure and requirements to the system of graphic tasks]. *Vykkladannia dystsypliny «Narysna heometriia, inzhenerna i kompiuterna hrafika» v umovakh kredytno-modulnoi systemy navchannia - Teaching discipline "Descriptive geometry, engineering and computer graphics" in the conditions of credit-modular system of training*. In V. H. Sereda eds. Sevastopol [in Russian].

## Potienko Valentyna, Ovsyannikov Oleksii, Volokh Anna. In the World 3D.

### Summary.

The article describes the importance of using the latest technologies during training. Many mathematics teachers can not show students this or that bulky figure without having a mockup or multimedia system with a special screen that can skip polarized light and glasses.

Three-dimensional graphics editors are used to create and work with three-dimensional bulk graphic objects, allow you to control the interaction of surface images and light sources, and to create a three-dimensional animation. Three-dimensional graphics editors include 3D-modeling, animation, video processing; set of options for creating interactive games, visual 3D effects. But to install and work in the environments of the named software, you need to have a powerful computer: all editors need to connect to the Internet, use a lot of memory and do not give a blurred effect of viewing stereo images without the use of glasses and a special monitor.

There is a problem in the need to demonstrate the figures in the process of training stereometry and the lack of easy-to-use programs with an intuitive interface. Programming the visualization of 3-dimensional figures is based on the physical laws of transforming the shape of a figure into a plane in the form of a 3-dimensional. The purpose of the article is to study the methods of visualization of 3D objects to create a program of stereometric representation of polyworkers.

Recently, our lives are characterized by the widespread use of computers, phones, tablets and other gadgets. Nevertheless, despite this, in remote villages and areas there is not everywhere access to these benefits of technical progress. A significant number of mathematics teachers do not know how to show students a particular bulky figure without having a mockup or multimedia system with a special screen or glasses.

**Key words:** graphic image; figure; stereo image; 3D-editors.

## Потієнко В.А., Овсянников А.А., Волох А.С. В мире 3D.

### Аннотация.

В статье описываются методы построения 3D-изображений. Также обзорно рассмотрены несколько 3D-редакторов, но их использование требует мощной мультимедийной системы и компьютерной техники. Целью статьи является обзор методов построения 3D-изображений, их оценка, выбор оптимального метода для реализации в условиях общеобразовательных школ. Данная статья может использоваться учителями для расширения методологии преподавания предмета. В работе использовались разделы: оптика, стереометрия, планиметрия.

**Ключевые слова:** графические изображения; фигуры; стереоизображение; 3D-редакторы.

Стаття надійшла до редколегії 20 лютого 2019 року