



ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НА РАЗВИТИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

EVOLUTION OF TEACHING AND LEARNING THROUGH TECHNOLOGY

DOI: 10.22363/2312-8631-2024-21-1-7-20

EDN: LKDVYR

УДК 372.851

Научная статья / Research article

Расширение перспектив применения технологии стереоскопических изображений в преподавании геометрии как следствие информатизации образования

Е.А. Богданова¹, П.С. Богданов¹, С.Н. Богданов²✉¹Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Российская Федерация²Самарский филиал Московского городского педагогического университета, Самара, Российская Федерация

✉ bogdanovsan@rambler.ru

Аннотация. *Постановка проблемы.* Информатизация образования существенным образом влияет на возможности развития пространственного мышления учащихся, например, она значительно расширяет перспективы применения технологии стереоскопических изображений в преподавании геометрии. Актуальной является проблема выбора программных сред, позволяющих получать качественные стереоскопические изображения, а также отбора технических средств для наилучшего восприятия обучающимися этих изображений в процессе изучения стереометрии. Цель исследования – обоснование целесообразности использования стереоскопических, в частности анаглифических, изображений для изучения стереометрии, а также выявление наиболее подходящих и доступных для этого электронных сред конструирования подобных изображений и выбор технологии трансляции их учащимся. *Методология.* Анализируются особенности некоторых программных сред для конструирования стереоизображений и их применения при изучении геометрии, выявляются основные методы получения и трансляции стереоскопического изображения, формулируются рекомендации по внедрению технологии стереоскопических изображений в учебный процесс. *Результаты.* Обоснована целесообразность использования стереоскопических изображений при изучении стереометрии. Установлено, что самый дешевый и простой вариант получения стереоизображений дает технология цветового разделения, поэтому именно ее следует рекомендовать для использования в развитии пространственного мышления учащихся. Анализ программных сред для конструирования изображений со стереоскопическим эффектом, а также научных работ,

© Богданова Е.А., Богданов П.С., Богданов С.Н., 2024

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

посвященных применению стереоскопических изображений при изучении различных дисциплин и при организации проектно-исследовательской деятельности учащихся, показывает, что информатизация образования существенным образом расширяет перспективы применения технологии стереоскопических изображений. В частности, учителя математики, используя различные программы, могут самостоятельно быстро и доступно создавать качественные анаглифические изображения для преподавания геометрии. Проведенные исследования позволили выяснить, что оптимальным средством для этого является система динамической математики GeoGebra. **Заключение.** Выявлены электронные среды, наиболее подходящие для конструирования качественных стереоскопических изображений с целью применения их в процессе обучения геометрии, выбраны доступные технологии трансляции таких изображений. Актуальными остаются вопросы разработки методики использования анаглифических изображений в преподавании стереометрии и организации подготовки учителей математики к реализации этой методики.

Ключевые слова: анаглиф, пространственное мышление, система динамической математики, GeoGebra

Вклад авторов. Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 22 августа 2023 г.; доработана после рецензирования 17 сентября 2023 г.; принята к публикации 20 сентября 2023 г.

Для цитирования: Богданова Е.А., Богданов П.С., Богданов С.Н. Расширение перспектив применения технологии стереоскопических изображений в преподавании геометрии как следствие информатизации образования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2024. Т. 21. № 1. С. 7–20. <http://doi.org/10.22363/2312-8631-2024-21-1-7-20>

Expanding the prospects of applying stereoscopic image technology in geometry teaching as a consequence of education informatization

Elena A. Bogdanova¹, Pavel S. Bogdanov¹, Sergey N. Bogdanov²✉

¹Samara National Research University, Samara, Russian Federation

²Samara Branch of the Moscow City University, Samara, Russian Federation

✉ bogdanovsan@rambler.ru

Abstract. *Problem statement.* Informatization of education pointedly affects the development of students' spatial thinking, that fact significantly expands the prospects for applying stereoscopic image technology in geometry teaching. The problem of choosing software environments that allow obtaining high-quality stereoscopic images, as well as the problem of technical equipment selection for the best perception by students of these images in the process of studying stereometry, are relevant. The purpose of this study is to substantiate the appropriateness of using stereoscopic anaglyph images to study stereometry, as well as to identify the most suitable and accessible electronic environment for constructing such images and choosing a technology for transmitting them to students. *Methodology.* The authors analyze the features of some software environments for constructing stereoscopic images and their application in the study of geometry, identify the main methods for obtaining and transmitting stereoscopic images, and formulate recommendations for introducing stereoscopic image technology into

the educational process. *Results.* The work substantiates the appropriateness of using stereoscopic images in the study of stereometry. It has been established that the cheapest and simplest option for obtaining stereo images is provided by color separation technology, therefore it should be recommended for use in the development of students' spatial thinking. Analysis of software environments for constructing images with a stereoscopic effect, as well as scientific works devoted to the use of stereoscopic images in the study of various disciplines and in organizing the project-oriented and research activities of students shows that informatization of education significantly expands the prospects for using stereoscopic image technology. In particular, mathematics teachers, using various programs, can quickly and easily create high-quality anaglyph images for geometry teaching. The conducted research made it possible to find out that the optimal tool for this is the GeoGebra system of dynamic mathematics. *Conclusion.* The work identified electronic environments that are most suitable for constructing high-quality stereoscopic images for the purpose of using them in the geometry teaching process, and selected available technologies for transmitting such images. The issues of developing a methodology for using anaglyph images in stereometry teaching and organizing the training of mathematics teachers to implement this methodology remain relevant.

Keywords: anaglyph, spatial thinking, dynamic mathematics system, GeoGebra

Author's contribution. The authors contributed equally to this article.

Conflicts of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Article history: received 22 August 2023; revised 17 September 2023; accepted 20 September 2023.

For citation: Bogdanova EA, Bogdanov PS, Bogdanov SN. Expanding the prospects of applying stereoscopic image technology in geometry teaching as a consequence of education informatization. *RUDN Journal of Informatization in Education.* 2024;21(1):7–20. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2312-8631-2024-21-1-7-20>

Постановка проблемы. Информатизация среднего и высшего образования позволяет с каждым годом увеличивать совокупность средств, способных существенным образом влиять на интеллектуальное развитие человека. Одной из составляющих такого развития является пространственное мышление. Благодаря этому виду умственной деятельности создаются пространственные образы и осуществляется оперирование ими при решении различных практических и теоретических задач.

Закономерности реального трехмерного пространства каждый человек ощущает практически с рождения. Тем не менее при изучении стереометрии в старших классах средней школы учащиеся, видя изображение пространственных фигур, часто не могут представить истинное расположение отдельных геометрических объектов относительно друг друга, что обусловлено их слаборазвитыми пространственными представлениями. Пространственные образы, создание которых является составной частью пространственного мышления, первоначально формируются с опорой на наглядную основу [1]. При этом оценка взаимного расположения объектов становится возможной за счет восприятия глубины пространства, что обусловлено способностью ощущения физиологического параллакса¹. Согласно теории нашего зрения,

¹ Назаров А.С. Фотограмметрия: учебное пособие для студентов вузов. Минск: ТетраСистемс, 2006. 368 с.

человек наделен возможностью фиксировать даже незначительную разницу изображений, воспринимаемых левым и правым глазом. Поэтому, если с помощью некоторого технического средства транслировать на каждый глаз специальным образом подготовленное изображение, то и в этом случае человек способен почувствовать глубину пространства, поскольку, рассматривая два таких плоских рисунка (стереопару), он получит единое пространственное (стереоскопическое) изображение. Такой подход позволяет формировать у школьников правильные пространственные образы геометрических объектов, не прибегая к классическим натуральным моделям.

Свойства стереоскопического изображения зависят как от качества используемой стереопары, так и от способа передачи изображения соответствующему глазу. Современный уровень развития информационных технологий позволяет создавать стереопары с использованием различных программ. Это могут быть и известные графические редакторы, и специализированные программы. Некоторые из них допускают конструирование стереопары из одного плоского изображения пространственного объекта. Для получения стереоскопического изображения геометрических фигур можно также с успехом применять системы динамической математики.

Способ трансляции плоских рисунков на каждый глаз связан с типом стереопары (совмещенная или разделенная), а также с техническим устройством, осуществляющим передачу изображения.

Таким образом, существует проблема выбора программных сред, позволяющих получать качественные стереоскопические изображения, а также отбора технических средств для наилучшего восприятия обучающимися этих изображений в процессе изучения стереометрии. Выводы, полученные при исследовании перечисленных проблем, могут иметь существенное значение для организации учебной деятельности школьников по формированию у них правильных пространственных представлений о различных геометрических фигурах, их конфигурациях и свойствах.

Основные принципы построения стереоскопических изображений отражены в работах А.С. Назарова², Г.В. Тихомировой³, А.С. Коротина, Е.В. Попова, С.И. Роткова [2], В.Г. Чафоновой, И.В. Газеевой [3] и др. Различные технологии достижения стереоскопического эффекта описаны в публикациях Ю.Ф. Книжникова [4], Н.М. Федоренко, В.В. Петровой, Л.О. Рубенштейна [5] и др. Применению стереоскопических изображений при изучении различных дисциплин в школе и вузе, а также организации проектно-исследовательской деятельности учащихся посвящены работы А.Н. Сергеева, О.С. Марковича, Т.В. Ворфоломеевой [6–8], Н.М. Федоренко, В.В. Петровой, Л.О. Рубенштейна [5], Т.В. Алексеевой, Е.В. Зиненко [9], Н.М. Бадановой, А.Г. Баданова [10], Т.С. Шеромовой, А. Сысолятиной [11], М. Кметовой [12], Р. Каендерс, Й. Вайс [13] и многих других авторов.

Цель исследования – обоснование целесообразности использования стереоскопических, в частности анаглифических, изображений для изучения

² Назаров А.С. Фотограмметрия...

³ Тихомирова Г.В. Физические основы получения зрительной информации: учебное пособие. СПб.: СПбГУКиТ, 2005. 146 с.

стереометрии, а также выявление наиболее подходящих и доступных для этого электронных сред конструирования таких изображений и выбор технологии трансляции их учащимся.

Методология. Для достижения указанной цели осуществлен анализ отечественной и зарубежной научной литературы, в которой отражаются теоретические основы формирования у обучающихся пространственных образов геометрических фигур, математические и физиологические особенности конструирования стереоизображений, описываются основные технологии получения стереоскопического изображения, рассматриваются направления применения стереоскопических изображений для организации учебной и проектно-исследовательской деятельности школьников и студентов, изучается практический опыт реализации такой деятельности в школах и вузах России, а также произведен выбор компьютерных программ, позволяющих быстро и несложно создавать качественные стереопары для применения их при изучении стереометрии.

В процессе исследования применялись такие общенаучные методы, как обзор научной и методической литературы в области организации учебной и проектно-исследовательской деятельности школьников и студентов с применением стереоскопических изображений, анализ особенностей некоторых программных сред для конструирования стереоизображений и их применения при изучении различных дисциплин в школе и вузе, классификация методов получения и трансляции стереоскопического изображения, формулирование выводов и рекомендаций по итогам аналитической работы.

Результаты и обсуждение. Важнейшей задачей преподавания геометрии в школе является развитие пространственного мышления учащихся, которое включает в себя формирование пространственных образов и умение оперировать ими. Школьники, обладающие пространственным мышлением, легко создают новые трехмерные образы, в которых воспроизводятся и преобразуются пространственные свойства и отношения объектов. Для первичного формирования пространственных образов необходимо зрительное восприятие объемного вещественного наглядного материала. Формируемый пространственный образ должен обладать такими качествами, как гибкость и динамичность. Этого можно достичь, рассматривая изучаемый объект с различных позиций, перемещая его в пространстве. Кроме натуральных вещественных моделей (геометрические тела, макеты и т. д.) в качестве наглядности рассматривают и условные графические изображения (чертежи, изображения в разных проекциях) [14]. В современных условиях создание пространственных образов с помощью условных графических изображений и оперирование ими в основном достигается за счет применения компьютерных программ.

У каждого из названных типов наглядности есть свои недостатки и преимущества. Например, натуральная вещественная наглядность, в частности, позволяет ощутить взаимное расположение частей изучаемой геометрической конфигурации друг относительно друга, но при этом не для всякой задачи или теоремы их условия можно представить в объемной модели [15].

Условные графические изображения обычно представляют собой проекции видимой части пространства на плоскость. Применение компьютера для

представления такой наглядности позволяет рассматривать сколь угодно много плоских проекций изучаемой совокупности пространственных фигур на экране монитора. На условных графических изображениях можно отразить практически любые геометрические конфигурации и отношения между их элементами, задаваемые условиями задачи или теоремы. Тем не менее такая наглядность обладает одним существенным недостатком: по данному изображению обучающимся с низким уровнем развития пространственного мышления трудно определить взаимное расположение геометрических фигур друг относительно друга. Отмеченный недостаток условных графических изображений можно устранить, применяя системы, использующие стереоскопический эффект для визуализации пространственных объектов.

Согласно теории человеческого зрения, оценка взаимного расположения предметов в реальном пространстве достигается за счет восприятия глубины пространства, то есть ощущения разности расстояний от человеческих глаз до рассматриваемых объектов. Эта теория утверждает, что человек способен фиксировать даже малые смещения изображения, воспринимаемого одним глазом, относительно изображения, воспринимаемого другим глазом. Достигается это за счет способности человека ощущать физиологический параллакс⁴. По величине и знаку физиологического параллакса человеческий мозг строит объемный образ рассматриваемого объекта.

Восприятие глубины оказывается возможным и в том случае, когда каждый глаз видит свое отдельное изображение, которое получено по законам центрального проектирования и удовлетворяет определенным свойствам. Два таких плоских изображения образуют стереопару, рассматривая которую с помощью специальных технических средств наблюдатель получает единое объемное изображение, называемое стереоскопической моделью или стереоскопическим эффектом (стереомоделью или стереоэффектом).

Различные типы устройств, позволяющих демонстрировать стереоскопическое изображение, значительным образом зависят от технологий трансляции этого изображения на глаза человека, основными из которых являются технология цветового разделения, технология поляризационного разделения, свето-затворная технология, оптико-бинокулярный класс технологий [4; 5].

Технология цветового разделения предполагает показ каждому глазу изображения в отдельных частях цветового спектра. К таким технологиям можно отнести анаглиф и INFITEC. Преимуществами данной технологии являются ее минимальная стоимость и простота, а недостатками – некоторая потеря цвета из-за использования спектрального сдвига [2].

Поляризационное разделение изображения для левого и правого глаз обеспечивается за счет использования специальных поляризованных линз, что позволяет улучшить цветопередачу по сравнению с предыдущей технологией. Основной недостаток этой технологии в том, что ее осуществление возможно только при наличии специального монитора.

Свето-затворная технология реализуется с помощью попеременного показа каждому глазу своего изображения. Для этого необходимы специаль-

⁴ Назаров А.С. Фотограмметрия...

ные активные очки и экран, которые должны синхронно работать при высокой частоте смены кадров.

При использовании оптико-бинокулярной группы технологий либо каждый глаз видит полноцветное изображение, предназначенное только ему, либо для создания иллюзии объема применяются различные оптические свойства. К средствам данных технологий можно отнести шлемы виртуальной реальности и видеоочки, где для каждого глаза задействуется свой отдельный миниатюрный монитор или некоторая часть одного экрана. Технологии этой группы также являются основой конструирования стереоскопических изображений в автостереоскопии и голографии. Для последнего направления требуется экран с линзовым растром, но при этом не нужны очки. Существенным недостатком автостереоскопии можно считать вычислительную сложность алгоритмов предварительной обработки изображений.

Как уже было отмечено, самый дешевый и простой вариант получения стереоскопического изображения дает технология цветового разделения. Ясно, что некоторая потеря цвета никоим образом не может повлиять на достижения образовательных результатов при обучении стереометрии, поэтому именно эту технологию в первую очередь следует рекомендовать для использования в формировании и развитии пространственного мышления учащихся. В свою очередь, в рамках отмеченной технологии простотой и дешевизной выделяется анаглифическое изображение, поскольку этот способ пространственной визуализации стереоскопической информации основан на принципе цветового сдвига и не требует использования сложных фотограмметрических технологий. В анаглифе элементы стереопары совмещаются на одном рисунке, а для представления каждого элемента используются разные цветовые диапазоны, например красный и голубой цвета. Просмотр таких изображений осуществляется с помощью очков, в которых вместо стекол вставлены специальные светофильтры, как правило, для левого глаза – красный, для правого – голубой.

Впервые метод анаглифических изображений был разработан в 1852 г. немецким изобретателем Вильгельмом Роллманом [12]. Уже в XIX в. он использовался для создания 3D-фотографий, 3D-слайдов, а затем и 3D-фильмов. Но анаглифы использовались не только для развлечений. В 60-х гг. XX в. издавались как учебники по геометрии с анаглифическими иллюстрациями [16], так и отдельные издания стереоскопических чертежей к определенным учебникам. Например, в 1962 г. вышло пособие для учащихся старших классов средней школы Г.А. Владимирского [15], в котором представлены анаглифические чертежи к учебнику стереометрии А.П. Киселева издания 1951 г. и сборнику задач по геометрии Н.А. Рыбкина 1955 г. издания.

Технология применения стереоскопических изображений при изучении геометрии в те годы не получила широкого распространения, в частности потому, что учителю нужно было использовать готовые чертежи, самостоятельное же изготовление качественного анаглифа было весьма затруднительно. На современном этапе развития информационных технологий существует достаточно много программ, позволяющих легко строить стереопары для анаглифических изображений.

Основой для создания любой стереопары являются два изображения одного пространственного объекта, например две фотографии, выполненные с разных точек, удаленных друг относительно друга на расстояние, примерно равное расстоянию между глазами человека. Далее эти два изображения, представленные в разных цветовых диапазонах, определенным образом совмещаются. Реализовать это совмещение можно в графических редакторах Photoshop, GIMP и других, но сделать это не просто. Более легкий вариант построения анаглифических изображений можно получить с использованием специальных программ, например 3D Anaglyph Maker, StereoPhoto Maker, 3DMasterKit и др.

Бесплатный и простой в использовании графический редактор StereoPhoto Maker является достаточно мощным инструментом для обработки изображений, в том числе и для создания стереопар. Дополнительный функционал этому компьютерному приложению обеспечивают подключаемые модули. Данная программа способна сконструировать стереопару как из двух изображений, так и из одного плоского рисунка, но в последнем случае требуется либо задание карты глубины, либо подключение дополнительного модуля. Более простая бесплатная программа с минимальными настройками, которая позволяет создать стереопару из двух изображений, выполненных с разных ракурсов, – 3D Anaglyph Maker. В целом платная программа 3DMasterKit предоставляет некоторые бесплатные функции, например создание анаглифа.

Работа в этих программах с различными изображениями геометрических фигур показала, что наиболее качественные анаглифические изображения с наименьшими затратами сил получаются в графическом редакторе StereoPhoto Maker (рис. 1).

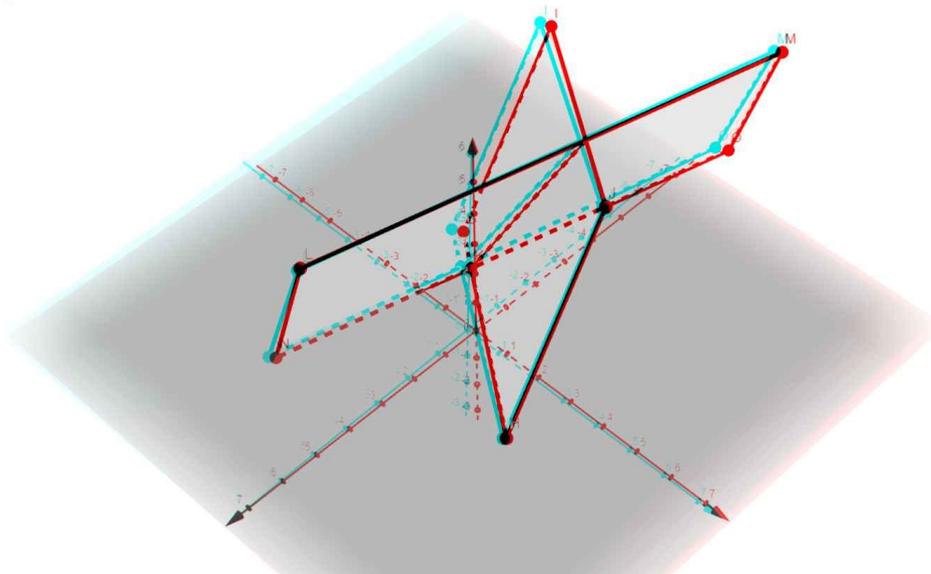


Рис. 1. Анаглифическое изображение в графическом редакторе StereoPhoto Maker
Figure 1. Anaglyph image in the StereoPhoto Maker graphics editor

Источник: создано Е.А. Богдановой, П.С. Богдановым, С.Н. Богдановым.
Source: created by Elena A. Bogdanova, Pavel S. Bogdanov, Sergey N. Bogdanov.

Кроме того, создание стереопар возможно и с помощью нейросетей. Так, оболочка Stable Diffusion WebUI для нейросети Stable Diffusion позволяет установить дополнение, которое, взаимодействуя с различными нейросетями, разработанными для создания карт глубины, преобразует одно плоское изображение в стереопару. Для получения карт глубины и последующей генерации на их основе анаглифов использовались нейросеть res101, а также различные модели MiDaS и ZoeDepth. При работе с изображениями стереометрических фигур наилучший результат показала модель ZoeDepth_n (рис. 2).

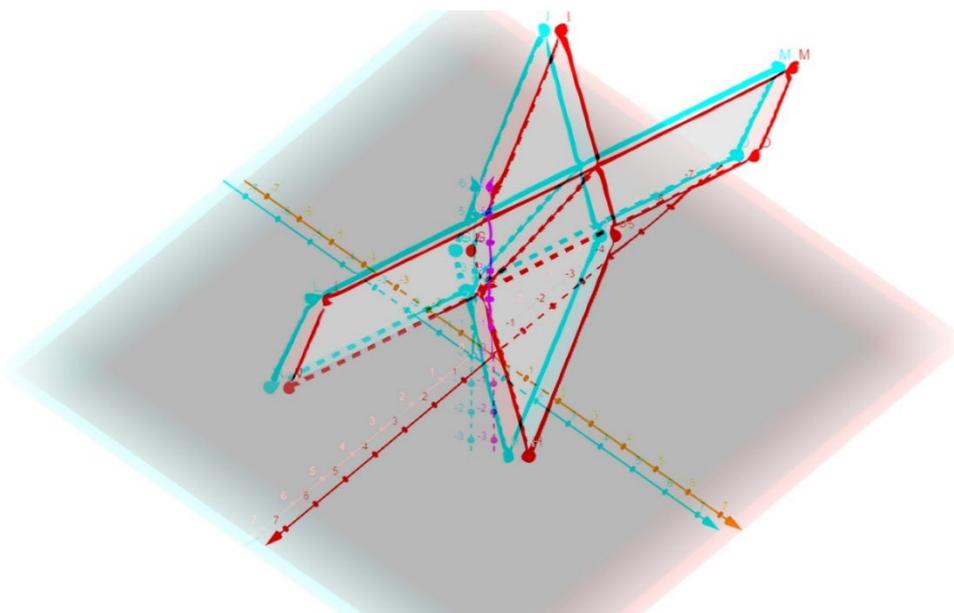


Рис. 2. Анаглиф, созданный с помощью нейросети ZoeDepth
Figure 2. Anaglyph created using the ZoeDepth neural network

Источник: создано Е.А. Богдановой, П.С. Богдановым, С.Н. Богдановым.
Source: created by Elena A. Bogdanova, Pavel S. Bogdanov, Sergey N. Bogdanov.

Наконец, анаглифическое изображение геометрических фигур для изучения стереометрии можно получить с помощью системы динамической математики GeoGebra. Для этого обычный 3D-чертеж с помощью встроенной команды преобразуется в анаглифический: в меню *Настройки* (Settings) открываем вкладку *Проекция* (Projection) и выбираем команду *Проекция для очков* (Projection for glasses). В строке *Очки* можно изменять расстояние между линзами, а также выбрать представление изображения в цветном или в черно-белом форматах. Пример анаглифического изображения, выполненного в программе GeoGebra, представлен на рис. 3.

Экспериментируя с построением анаглифических изображений в различных программных средах, установлено, что самое качественное стереоскопическое изображение геометрических объектов получается в системе динамической математики GeoGebra. Это вполне объяснимо, так как в данной программе элементы стереопары создаются с помощью математических расчетов как проекции пространственной фигуры. Более того, GeoGebra позволяет создавать динамические модели со стереоскопическим эффектом.

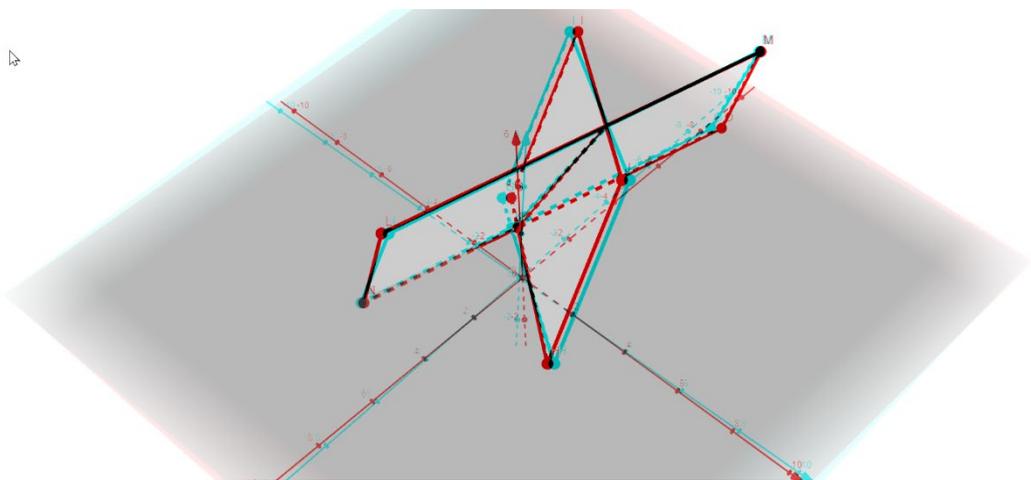


Рис. 3. Анаглифическое изображение, выполненное в программе GeoGebra
Figure 3. Anaglyph image made in GeoGebra program

Источник: создано Е.А. Богдановой, П.С. Богдановым, С.Н. Богдановым.
Source: created by Elena A. Bogdanova, Pavel S. Bogdanov, Sergey N. Bogdanov.

Следует заметить, что комфортное восприятие стереоизображения в программе GeoGebra зависит как от размера демонстрационного экрана, так и от расстояния до него. Более того, при демонстрации стереоскопического изображения с помощью проектора качество стереоэффекта значительно снижается. Потому в образовательном процессе следует рекомендовать использование мониторов, на которые изображение подается непосредственно с компьютера или электронного носителя.

Если говорить о преподавании геометрии в целом, то для внедрения технологии стереоскопических изображений в учебный процесс, кроме решения вопроса о конструировании анаглифов, в частности выбора программ для их изготовления, актуальными остаются такие направления научной и педагогической деятельности, как разработка методики использования анаглифических изображений в обучении стереометрии и подготовка учителей математики к реализации этой методики.

Вопрос о разработке методик использования стереоскопических изображений поднимается в работе А.Н. Сергеева [8], где он указывает на редкое применение технологий стереоизображений в современной школе и высших учебных заведениях, объясняя это «отсутствием разработанных теоретических и технологических основ использования трехмерных стереоскопических изображений в образовательном процессе, отсутствием конкретных методик их использования, а также самих таких изображений, разработанных для применения в образовательном процессе». Заметим, что некоторые методические рекомендации по использованию готовых стереоскопических изображений в обучении стереометрии приведены в работе Г.А. Владимирского [15], но стремительное развитие информационных технологий теперь позволяет каждому учителю самостоятельно создавать необходимые ему стереопары, поэтому эти рекомендации требуют доработки. Актуальным является также создание методики применения анаглифов для формирования первичных пространственных представлений в начальной и основной школах.

Если говорить о подготовке педагогических кадров к применению технологии стереоскопических изображений в образовательном процессе, то следует отметить, что в некоторых учебных заведениях высшего образования будущих учителей математики знакомят с основами теории стереоскопических изображений, программами, позволяющими их создавать, а также с методическими рекомендациями по использованию анаглифов в изучении стереометрии. Например, в Самарском филиале Московского городского педагогического университета это реализуется при изучении раздела высшей геометрии «Методы изображений» [17].

Заключение. Обоснована целесообразность использования стереоскопических изображений при изучении стереометрии, выявлены электронные среды, наиболее подходящие для конструирования качественных стереоскопических изображений с целью применения их в процессе обучения геометрии, выбраны доступные технологии трансляции таких изображений. Установлено, что самый дешевый и простой вариант получения стереоизображений дает технология цветового разделения, поэтому именно ее следует рекомендовать для использования в развитии пространственного мышления учащихся.

Информатизация образования существенным образом расширяет перспективы применения технологии стереоскопических изображений в преподавании геометрии, в частности использование различных программ позволяет учителям математики самостоятельно быстро и доступно создавать анаглифические изображения, необходимые для организации учебного процесса. Оптимальным средством для этого является система динамической математики GeoGebra.

Методика применения стереоскопических изображений для изучения систематического курса стереометрии, а также для формирования первичных пространственных представлений учащихся младшей и основной школ требует дальнейшей разработки.

Основы конструирования стереоскопических изображений и методику их применения при изучении геометрии необходимо включать в систему подготовки и повышения квалификации педагогических кадров.

Список литературы

- [1] Якиманская И.С. Индивидуально-психологические различия в оперировании пространственными отношениями у школьников // Вопросы психологии. 1976. № 3. С. 69–82.
- [2] Коротин А.С., Попов Е.В., Ротков С.И. Формирование изображений-анаглифов по результатам геометрического моделирования цифровых моделей объектов // Приволжский научный журнал. 2014. № 4 (32). С. 54–59.
- [3] Чафонова В.Г., Газеева И.В. Методы формирования изображений стереопары с заданным значением параллакса // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. № 6 (94). С. 41–47.
- [4] Книжников Ю.Ф. Основы стереоскопического геомоделирования. М.: Научный мир, 2013. 196 с.
- [5] Федоренко Н.М., Петрова В.В., Рубенштейн Л.О. 3D-технологии в образовательной и научно-познавательной сферах // Вестник МГУП имени Ивана Федорова. 2015. № 5. С. 95–98.

- [6] *Сергеев А.Н., Маркович О.С.* Использование трехмерных стереоскопических изображений как новое направление информатизации образования // Школа будущего. 2013. № 2. С. 54–60.
- [7] *Ворфоломеева Т.В., Сергеев А.Н.* Технологии трехмерных стереоизображений как фактор повышения наглядности обучения и совершенствования проектно-исследовательской деятельности учеников // Актуальные проблемы развития вертикальной интеграции системы образования, науки и бизнеса: экономические, правовые и социальные аспекты: материалы II Международной научно-практической конференции, 23–24 октября 2014 г. Воронеж: ВЦНТИ, 2014. Т. 4. С. 104–109.
- [8] *Сергеев А.Н.* Использование трехмерных стереоскопических изображений для разработки электронных ресурсов образовательного назначения // Электронные ресурсы в непрерывном образовании («ЭРНО-2015»): труды IV Международного научно-методического симпозиума. Анапа – Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2015. С. 76–80
- [9] *Алексеева Т.В., Зиненко Е.В.* Инновационные подходы к обучению химии студентов технических направлений подготовки // Педагогический опыт: теория, методика, практика. 2015. Т. 1. № 3 (4). С. 133–135.
- [10] *Баданова Н.М., Баданов А.Г.* 3D-технологии в образовании: анаглиф // Школьные технологии. 2014. № 5. С. 144–148.
- [11] *Шеромова Т.С., Сысолятина А.* Пример учебного проекта «иллюзия объема» // Образование в сельской школе: интеллектуализация и профориентированность на деятельность в аграрной сфере: сборник научно-методических статей. Киров: Радуга-ИПРЕСС, 2015. С. 70–76.
- [12] *Kmetová M.* Rediscovered anaglyph in program GeoGebra // Acta Mathematica Nitriensia. 2015. Vol. 1. No. 1. Pp. 86–91. <http://doi.org/10.17846/AMN.2015.1.1.86-91>
- [13] *Kaenders R., Weiss Y.* Historical methods for drawing anaglyphs in geometry teaching // CERME, 10 February 2017. Dublin, 2017. Pp. 1739–1747.
- [14] *Якиманская И.С.* Развитие пространственного мышления школьников. М.: Педагогика, 1980. 240 с.
- [15] *Владимирский Г.А.* Стереоскопические чертежи по геометрии. М.: Учпедгиз, 1962. 176 с.
- [16] *Pál I.* Térlátatás ábrázoló mértan. Budapest: MK, 1961. 196 ol.
- [17] *Богданова Е.А., Богданов П.С., Богданов С.Н.* Включение основ стереографических изображений в курс геометрии педагогических университетов // Математика и проблемы образования: материалы 41-го Международного научного семинара преподавателей математики и информатики университетов и педагогических вузов. Киров: ВятГУ; ВЕСИ, 2022. С. 65–67.

References

- [1] Yakimanskaya IS. Individual psychological differences in schoolchildren handling of spatial relationships. *Voprosy Psychologii*. 1976;(3):69–82. (In Russ.)
- [2] Korotin AS, Popov EV, Rotkov SI. Formation of anaglyph images based on the results of geometric modeling of digital models of objects. *Privolzhsky Scientific Journal*. 2014;(4):54–59. (In Russ.)
- [3] Chafonova VG, Gazeeva IV. Methods of stereo pair images formation with a given parallax value. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*. 2014;(6):41–47. (In Russ.)
- [4] Knizhnikov YuF. *Fundamentals of stereoscopic geomodeling*. Moscow: Nauchnyi Mir Publ.; 2013. (In Russ.)
- [5] Fedorenko NM, Petrova VV, Rubenshteyn LO. 3d-technologies in the educational, scientific and educational sphere. *Vestnik MGUP imeni Ivana Fedorova*. 2015;(5):95–98. (In Russ.)

- [6] Sergeev AN, Markovich OS. The use of three-dimensional stereoscopic images as a new direction in informatization of education. *School of the Future*. 2013;(2):54–60. (In Russ.)
- [7] Vorfolomeeva TV, Sergeev AN. Technologies of three-dimensional stereo images as a factor in increasing the visibility of learning and improving the design and research activities of students. *Current Problems in the Development of Vertical Integration of the Education System, Science and Business: Economic, Legal and Social Aspects: Materials of the II International Scientific and Practical Conference, 23–24 October 2014* (vol. 4, p. 104–109). Voronezh: VTsNTI Publ.; 2014. (In Russ.)
- [8] Sergeev AN. Using three-dimensional stereoscopic images for the development of electronic educational resources. *Electronic Resources in Lifelong Education (ERNO-2015): Proceedings of the IV International Scientific and Methodological Symposium*. Anapa, Rostov-on-Don: Southern Federal University; 2015. p. 76–80. (In Russ.)
- [9] Alekseeva TV, Zinenko EV. Innovative approaches to teaching chemistry to students of technical areas of training. *Pedagogical Experience: Theory, Methodology, Practice*. 2015;1(3):133–135. (In Russ.)
- [10] Badanova NM, Badanov AG. 3D technologies in education: anaglyph. *School Technologies*. 2014;(5):144–148. (In Russ.)
- [11] Sheromova TS, Sysolyatina A. An example of an educational project “illusion of volume”. *Education in a Rural School: Intellectualization and Career Orientation for Activities in the Agricultural Sector: Collection of Scientific and Methodological Articles*. Kirov: Raduga-PRESS; 2015. p. 70–76. (In Russ.)
- [12] Kmetová M. Rediscovered anaglyph in program GeoGebra. *Acta Mathematica Nitriensia*. 2015;1(1):86–91. <http://doi.org/10.17846/AMN.2015.1.1.86-91>
- [13] Kaenders R, Weiss Y. Historical methods for drawing anaglyphs in geometry teaching. *CERME, 10 February 2017*. Dublin; 2017. p. 1739–1747.
- [14] Yakimanskaya IS. *Development of spatial thinking in schoolchildren*. Moscow: Pedagogika Publ.; 1980. (In Russ.)
- [15] Vladimírsky GA. *Stereoscopic drawings on geometry*. Moscow: Uchpedgiz Publ.; 1962. (In Russ.)
- [16] Pál I. *Terlátatós ábrázoló mértan*. Budapest: MK; 1961.
- [17] Bogdanova EA, Bogdanov PS, Bogdanov SN. Integration of the basics of stereographic images in the geometry course of pedagogical universities. *Mathematics and Problems of Education: Materials of the 41st International Scientific Seminar of Teachers of Mathematics and Computer Science of Universities and Pedagogical Universities*. Kirov: VyatGU Publ.; VESI Publ.; 2022. p. 65–67. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Богданова Елена Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры высшей математики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Российская Федерация, 443086, Самара, Московское шоссе, д. 34. ORCID: 0000-0002-0274-2695. E-mail: bogdanovaea2014@gmail.com

Богданов Павел Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладных математики и физики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Российская Федерация, 443086, Самара, Московское шоссе, д. 34. ORCID: 0000-0002-8139-1386. E-mail: poulsmb@rambler.ru

Богданов Сергей Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой высшей математики и информатики, Самарский филиал Московского городского педагогического университета, Российская Федерация, 443081, Самара, ул. Стара Загора, д. 76. ORCID: 0000-0001-6119-3529. E-mail: bogdanovsan@rambler.ru

Bio notes:

Elena A. Bogdanova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, Samara National Research University, 34 Moskovskoye Shosse, Samara, 443086, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-0274-2695. E-mail: bogdanovaea2014@gmail.com

Pavel S. Bogdanov, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics and Physics, Samara National Research University, 34 Moskovskoye Shosse, Samara, 443086, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-8139-1386. E-mail: poulsmb@rambler.ru

Sergey N. Bogdanov, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Higher Mathematics and Informatics, Samara Branch of the Moscow City University, 76 Stara Zagora St, Samara, 443081, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-6119-3529. E-mail: bogdanovsan@rambler.ru