

Применение объемной стереоанимации в челюстно-лицевой хирургии

К.К. Кобец¹, С.В. Андреев², А.Е. Бондарев², А.В. Бондаренко³

¹ Российский университет дружбы народов ул. Миклухо-Маклая, д.6, Москва, 117198, Россия

² ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Миусская пл., д.4, Москва, 125047, Россия

³ Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем (ГосНИИАС), ул.Викторенко, д.7, Москва, 125319, Россия

Аннотация

Работа посвящена применению ранее разработанных алгоритмов и методов построения стереоанимаций в области челюстно-лицевой хирургии. Построение стереоизображений может быть полезно для решения проблемы наглядных пособий в медицине. Работа базируется на разработанных алгоритмах и программных средствах представления 3D объектов в стереорежиме на современных автостереоскопических мониторах. Построены и приведены в виде иллюстраций тестовые примеры объемных 3D анимаций результатов реальных компьютерных томографий пациентов. Подобный подход может быть применен для виртуальной объемной 3D визуализации органов человека в различных областях медицины. Практическое сотрудничество медиков и разработчиков методов стереоанимации на автостереоскопических мониторах на примере практических задач позволяет разрабатывать новые, необходимые специалистам подходы. Для медицинских работников создание базы стереопредставлений помогает выявлять патологии пациентов, устанавливать коммуникации с пациентом за счет наглядных объемных представлений, устанавливать коммуникации между медицинскими специалистами. Распространение подобных стереоскопических образов в различных областях является чрезвычайно важным. Подобные визуальные представления помогают перевести процессы анализа пациентов, обработки данных на новый, более высокий уровень.

Ключевые слова

Челюстно-лицевая хирургия, стереоанимация, автостереоскопия, системы визуализации.

Application of Volumetric Stereoanimation in Maxillofacial Surgery

K.R. Kobets¹, S.V. Andreev², A.E. Bondarev², A.V. Bondarenko³

¹ Peoples' Friendship University of Russia 6, Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russia

² Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS, Miuskaya sq, 4, Moscow, 125047, Russia

³ State Res. Institute of Aviation Systems (GosNIAS), Victorenko str., 7, Moscow, 125319, Russia

Abstract

The work is devoted to the application of previously developed algorithms and methods of stereo imaging in the field of maxillofacial surgery. Construction of stereo images can be useful for solving the problem of visual aids in medicine. The work is based on the developed algorithms and software tools for presenting 3D objects in stereo mode on modern autostereoscopic monitors. Test examples of 3D volumetric animations of the results of real CT scans of patients are constructed and presented as illustrations. A similar approach can be used for virtual volumetric 3D visualization of human organs in various fields of medicine. Practical cooperation of medical

ГрафиКон 2022: 32-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-22 сентября 2022 г., Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, Рязань, Россия

EMAIL kobetskonstantin@gmail.com (К.К. Кобец); email2@mail.com (С.В. Андреев); bond@keldysh.ru (А.Е. Бондарев); cod@fgosnias.ru (А.В. Бондаренко)

ORCID: 0000-0002-8141-0460 (К.К. Кобец); 0000-0001-8029-1124 (С.В. Андреев); 0000-0003-3681-5212 (А.Е. Бондарев); 0000-0003-4765-6034 (А.В. Бондаренко)



© 2022 Copyright for this paper by its authors.

Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

workers and developers of methods of stereo animation on autostereoscopic monitors on example of practical tasks allows to develop new approaches, necessary for specialists. For medical workers creation of stereopresentation base helps to identify patients' pathologies, to establish communication with the patient by means of visual volumetric representations, to establish communication between medical specialists. The dissemination of such stereoscopic images in various fields is extremely important. Such visual representations help to move the processes of patient analysis, data processing to a new, higher level.

Keywords

Maxillofacial surgery, stereoanimation, autostereoscopy, imaging systems.

1. Введение

Появление, развитие и совершенствование современных стереоустановок, как пассивного, так и активного типов, сделало возможным построение стереоанимационных представлений результатов научных исследований.

Значимость и актуальность новых возможностей, открываемых использованием стереоустановок, трудно переоценить. Зрение является основным источником сведений об окружающем мире, человек получает через зрительный анализатор более 80% осознаваемой информации [1].

Широкое распространение современных систем, позволяющих визуализировать объекты в объемном виде, породило большой интерес к разработке практических алгоритмов стереопредставления статических и анимированных изображений, что отражено, например, в работах [2-4]. В настоящее время стерео визуализация вызывает интерес как в развлекательной сфере (3D фильмы в кинотеатрах на большом экране, широкое распространение бытовых смарт-телевизоров, позволяющих просмотр 3D фильмов с использованием специальных очков в домашних условиях), так и в научной сфере с использованием современных компьютерных систем и технологий.

Трехмерное представление популяризирует проведенное исследование и его результаты для социума, в том числе и для лиц, принимающих решения. Все перечисленное делает теоретические и практические разработки в области построения стереопредставлений весьма важными.

Необходимо отметить, что практическое применение совместной работы ученых, специалистов в различных областях науки, таких как, например, медицина, компьютерная графика, математическое моделирование, достаточно востребована и имеет огромное значение. Например, алгоритмы и практическое применение математических методов в стоматологии описаны в [5-8].

2. Применение современных средств объемной компьютерной визуализации в медицине

Внедрение в медицину стереоанимации - метода визуального представления информации в объемном виде – открывает перспективные возможности в области подготовки студентов-медиков, постдипломного повышения квалификации врачей, проведении дистанционных врачебных консилиумов и даже конференции. Использование стереоанимации – это новый уровень взаимопонимания между врачом и пациентом на этапе предоперационной подготовки и планирования хирургического лечения.

Объемная визуализация позволит лучше понять взаимное расположение органов и тканей, избегая тем самым недостатков плоских иллюстраций в учебниках и атласах (Рисунок 1). На наглядных моделях из пластика в некоторых случаях невозможно показать анатомические структуры в натуральную величину, что с легкостью решается масштабируемостью виртуального изображения.

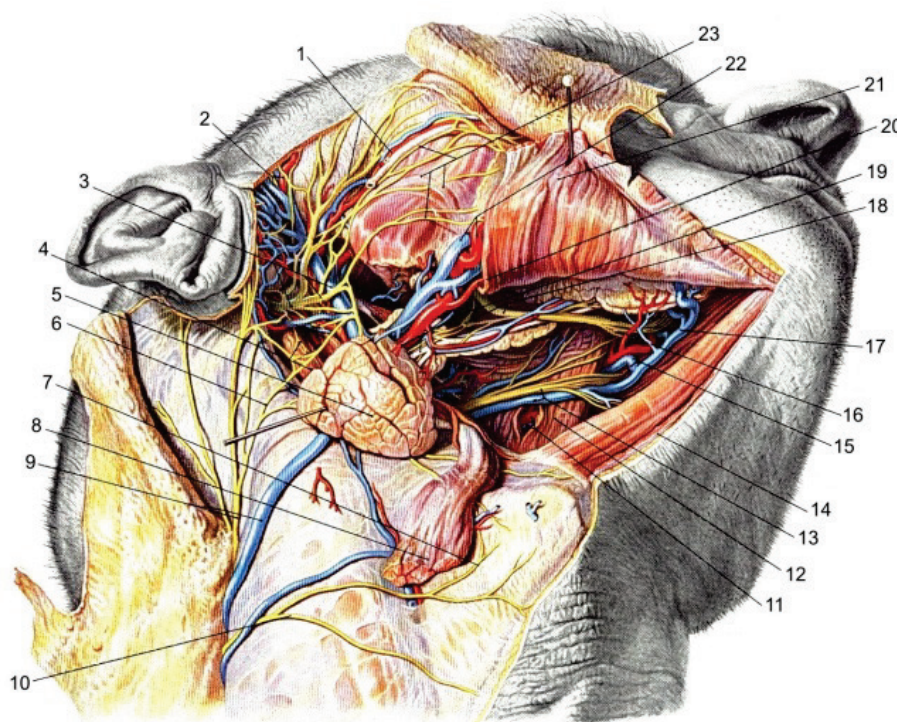


Рисунок 1 – Иллюстрация из анатомического атласа [9]

С помощью стереоанимаций можно наглядно показывать глубокие анатомические структуры, которые сложно выделить на анатомических препаратах. Также преимуществом стереоанимации является отсутствие необходимости создания анатомических залов для демонстрации и специализированных помещений для хранения препаратов.

Наличие оборудования, создающего реалистичное объемное изображение, даёт обучающимся возможность лучше оценить пропорции и взаимоотношения объектов в операционном поле, что, например, в стоматологии и в челюстно-лицевой хирургии является решающим критерием, как для реставрации зуба пломбой, так и при выполнении хирургического перемещения челюстей.

Планирование и проведение лечения в челюстно-лицевой области требует зачастую взаимодействия врачей разных специальностей. Так, проведение реконструктивных операций в области челюстей требует поэтапного участия стоматолога-ортодонта и челюстно-лицевого хирурга, которые могут находиться в сотнях или даже тысячах километров друг от друга. Применение объемной визуализации позволило бы радикально сократить количество перемещений пациента из одного населенного пункта в другой, т.е. применяться в качестве средства телемедицины.

Отметим, что достаточно большое количество компьютерных программ, используемых врачами, например, для визуализации результатов компьютерной томографии пациентов, позволяют представлять объекты исследования в объемном трехмерном стереоскопическом виде (i-CAT Vision [10], OnDemand3D Viewer [11], RadiAnt Dicom Viewer [12]). Тем самым подтверждая значимость такого представления в медицине. Однако все эти программы используют достаточно примитивные методы объемной визуализации с использованием метода анаглифа. Но использование метода анаглифа обладает низким качеством визуализации, и обладает другими существенными недостатками, что является проблематичным для практического применения в медицине.

Использование современных систем для представления объектов в объемном виде позволяет поднять уровень медицинского исследования на совершенно новый уровень.

Так, в работах [3,4,13,14] в частности описаны методы разработки алгоритмов для объемной визуализации результатов математических научных расчетов на таких устройствах, как **автостереоскопические мониторы**. Использование автостереоскопических мониторов не только для визуализации результатов научных расчетов, математического моделирования, но

также и в медицине, в частности в челюстно-лицевой хирургии, стоматологии и других областях медицины, является, по мнению авторов, важным и перспективным направлением, позволяя решать проблемы, описанные выше, на практике, при применении для обучения студентов медицинских вузов, постдипломного повышения квалификации врачей, проведении дистанционных врачебных консилиумов, конференций и в качестве инструмента телемедицины.

3. Создание и использование стереоанимаций для показа на экране автостереоскопического монитора

Неоценимым по важности вкладом является создание стереоанимаций для показа на экране автостереоскопического монитора для практического применения в медицине (Рисунок 2), то есть создание полноценных многокадровых видеофильмов, каждый кадр которого является составным, состоящим из 9 видов объекта.

При этом оператор стереоустановки может в любой момент приостановить показ анимации, ставя его на паузу (например, для комментариев лектора при демонстрации, по просьбе зрителей или давая возможность зрителям «оглядеть» важную деталь демонстрируемого органа с различных точек зрения при перемещении зрителей в различные секторы наблюдения перед плоскостью монитора).

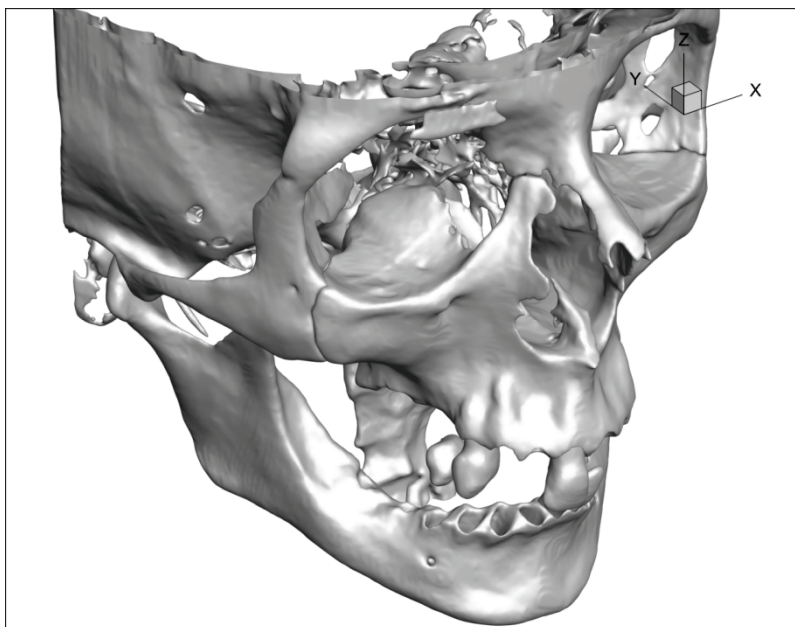


Рисунок 2 – Визуализация результатов компьютерной томографии на экране автостереоскопического монитора

Каждый кадр для автостереоскопического монитора состоит из девяти обычных кадров, но при этом каждый из этих девяти обычных кадров является новым видом объекта (Рисунок 3). В результате, даже при создании одноминутного видеофильма для автостереоскопического монитора в формате PAL нам необходимо иметь 13500 кадров.

Как описано в работе [14], авторами было найдено решение для этой проблемы, возникающей при визуализации результатов научных расчетов, а также визуализации результатов компьютерной томографии для автостереоскопических мониторов и названное авторами «методом облета камеры» вокруг объекта. Данное решение заключается в использовании угловой стереобазы и метода повторного использования уже полученных кадров.

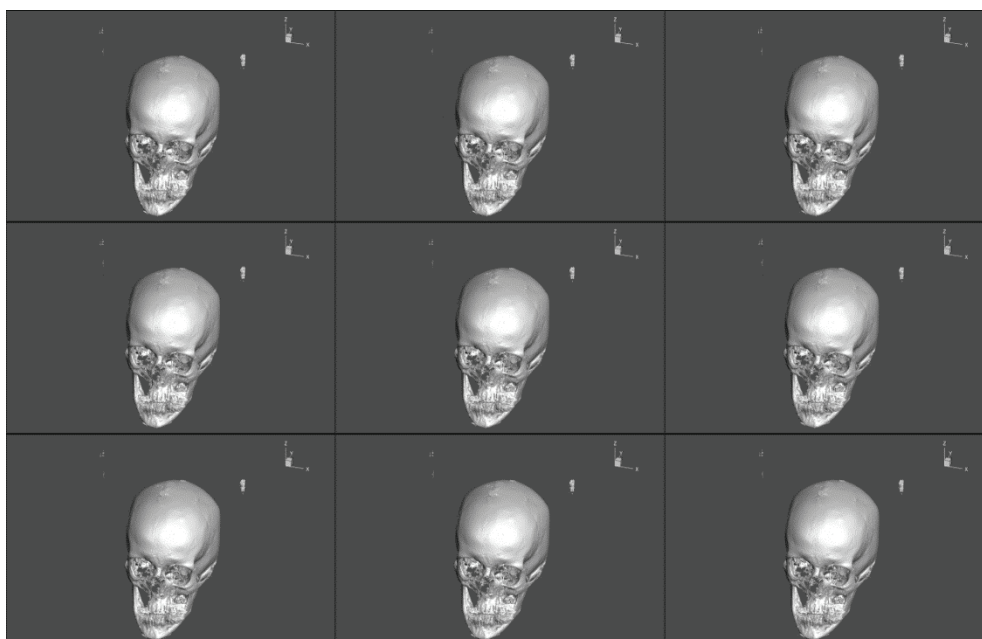


Рисунок 3 – Результирующий составной кадр автостереоскопического монитора для визуализации результатов компьютерной томографии

4. Практические результаты

Авторами были исследованы возможности практического применения технологии создания стереоанимаций для нескольких реальных случаев в челюстно-лицевой хирургии. В качестве устройства объемной визуализации использовался автостереоскопический монитор Dimenco DM654MAS [15] ИПИМ им. М.В.Келдыша РАН. Монитор использовался в режиме визуализации с использованием составного кадра, содержащего виды объекта визуализации под различными углами, обеспечивающего максимальное качество.

В качестве тестовых объектов визуализации были использованы реальные результаты компьютерной томографии нескольких пациентов. При создании стереоанимаций использовался как «метод облета камеры», так и специально созданные программные средства автоматизации создания многоплановых составных видеокадров.

5. Заключение

Применение стереоанимации является новым и перспективным методом визуализации, позволяющим повысить эффективность обучения студентов медиков, интернов, ординаторов, и врачей, проходящих повышение квалификации. Также данный метод может иметь клиническое применение в эстетической хирургии как для планирования самих операций, так и для представления визуального плана лечения пациентам. При этом использование современных устройств объемной визуализации, таких как автостереоскопические мониторы, обеспечивающие наиболее высокое качество представления графической информации в формате 3D, значительно улучшает этот процесс и обеспечивает комфортное восприятие визуальной информации врачами специалистами.

6. Список источников

- [1] Физиология сенсорных систем: учебно-методическое пособие // А.Ф. Каюмова, Г.С. Тупиневич, О.С. Киселева, А.О. Курмаева, Л.Н. Шафиева, Изд-во ГОУ ВПО «БГМУ Росздрава», 2011, 115с.

- [2] Андреев С., Филина А. Применение стереоизображений для визуализации результатов научных вычислений // Научная визуализация. 2012. Т.4. № 1. С.12-21.
- [3] Моделирование и визуализация работы узла лопастей сложной формы в энергетической установке / Андреев С.В. [и др.] // Научная визуализация. 2015. Т.7. № 4. С.1-12.
- [4] Андреев С.В., Бондарев А.Е. Построение стереоанимаций на современных стереоустановках активного и пассивного типов // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2018. № 156. 19 с. doi:10.20948/prepr-2018-156.
- [5] Knyaz V.A., Gaboutchian A.V. Photogrammetry-based automated measurements for tooth shape and occlusion analysis // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B5, 2016. DOI: 10.5194/isprsarchives-XLI-B5-849-2016.
- [6] Muraev A.A., Dymnikov A.B., Korotkova N.L., Kobets K.K., Ivanov S.Yu. Planning Technique in Maxillofacial Plasty. // Modern Technologies in Medicine. 2013;5:3:57-62.
- [7] Gaboutchian A.V., Knyaz V.A., Leybova N.A., Petrosyan G., Simonyan H., Vasilyev S.V. Application of photogrammetric techniques in palaeodontological studies trough automated digital shape analysis of human teeth // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W12, 2019, DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W12-75-2019.
- [8] Gaboutchian A.V., Knyaz V.A., Korost D.V. New Approach to Dental Morphometric Research Based on 3D Imaging Techniques // Journal of Imaging, 2021, MDPI, Basel, Switzerland. DOI: 10.3390/jimaging7090184.
- [9] Синельников Р.Д., Синельников Я.Р. Атлас анатомии человека. Т.4, М.:Медицина, 1996, 320 с.
- [10] i-CAT Vision, URL: <https://kavoimaging.com/en-us/i-cat-flx-v-series#downloads>
- [11] OnDemand3D Viewer, URL: <https://www.ondemand3d.com/pages/ondemand3d/Packages/project-viewer>
- [12] RadiAnt Dicom Viewer, URL: <https://www.radiantviewer.com/products/radiant-dicom-viewer-standard/>
- [13] Андреев С.В., Бондарев А.Е., Галактионов В.А., Бондарева Н.А. Задачи построения стереоанимаций на современных стереоустановках. // Научная визуализация, 2018, т. 10, N 4, С. 40 - 52, DOI: 10.26583/sv.10.4.04.
- [14] Kobets K.K., Andreev S.V., Bondarev A.E. Stereoanimation in maxillofacial surgery // Scientific Visualization, 2022, V. 14, N 1, P. 121-133, DOI: 10.26583/sv.14.1.10.
- [15] Dimenco DM654MAS, URL: http://dimenco.com.br/wp-content/uploads/2017/05/DM654MAS_product_leaflet.pdf.