

УДК 004.92

Д.В. ВОРОНЦОВА, А.О. ДАШКЕВИЧ, Т.В. ГРИЩЕНКО
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ПІДХІД ДО ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ВПРАВ ДЛЯ М'ЯЗІВ ОБЛИЧЧЯ

Сьогодні ІТ технології не тільки надають змогу збирати, опрацьовувати, зберігати інформацію, але і демонструвати її в інтересах користувачів. Одним із способів презентації інформації є комп'ютерна графіка. За допомогою комп'ютерної графіки з'явилась можливість унаочнити те, що неможливо побачити у реальному житті: зазирнути, роздивитись, навіть торкнутись речей, які раніше були представлені тільки на ілюстраціях.

На сьогодні існує велика кількість програм, додатків, Інтернет ресурсів, цифрових атласів, відео, що презентують пристрої складних механізмів, явища природи, анатомію людини, виконання фізичних вправ і т.п. Не дуже розвиненою сферою, з точки зору цифрового унаочнення, виявилась сфера фейсбїлдингу. Вправи гімнастики обличчя, презентовані на малюнках, або представлені на реальних відео яєї не демонструють м'язи, що навантажені. Необхідно відмітити: розуміння внутрішнього розподілу зусиль на відповідні м'язи при виконанні вправ призводить до кращого результату та допомагає уникнути помилок.

В роботі наведено загальну схему 3D моделювання, текстурування, рїгу, анімації та візуалізації для створення базової моделі інструктора фейсбїлдингу із застосуванням таких програмних пакетів, як Autodesk Maya, Zbrush, Adobe Photoshop. Розроблено спосіб 3D унаочнення на анатомічному рівні певних груп м'язів обличчя та шийного відділу. За базові приймались вправи спортивно-оздоровчого комплексу для обличчя, розроблених лікарем-косметологом центру лазерних технологій. На основі розробленої моделі, за запропонованим підходом унаочнення, з урахуванням рекомендацій лікаря-косметолога створені демонстраційні відео виконання фізичних вправ фейсбїлдингу засобами Sony Vegas Pro з аудіо супроводженням. Початкові кадри демонструють виконання вправ моделі з реалістичною текстурою. Наступні кадри показують обліт камери й зміну матеріалу моделі, а саме модель інструктора приймає білий матовий колір, а м'язи, що навантажені, підсвічуються червоним кольором. Така зміна матеріалів надає змогу більш інформативно представити виконання вправ. Отримані відеоролики можуть використовуватись у медичній практиці та косметології для демонстрації вправ м'язів шийного відділу та обличчя.

Ключові слова: 3D модель, фейсбїлдинг, унаочнення роботи м'язів, анімація, демонстраційне відео, візуалізація, м'язи шийного відділу та обличчя.

Д.В. ВОРОНЦОВА, А.А. ДАШКЕВИЧ, Т.В. ГРИЩЕНКО
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ПОДХОД К ВИЗУАЛИЗАЦИИ УПРПЖНЕНИЙ МЫШЦ ЛИЦА

Сегодня ІТ технологии не только дают возможность собирать, обрабатывать, хранить информацию, но и демонстрировать ее в интересах пользователей. Одним из способов презентации информации является компьютерная графика. С помощью компьютерной графики появилась возможность увидеть то, что невозможно увидеть в реальной жизни: заглянуть, рассмотреть, даже коснуться вещей, которые ранее были представлены только на иллюстрациях.

На сегодня существует большое количество программ, приложений, Интернет ресурсов, цифровых атласов, видео, представляющих устройства сложных механизмов, явления природы, анатомию человека, выполнение физических упражнений и т.д. Не очень развитой сферой, с точки зрения цифровой визуализации, оказалась сфера фейсбилдинга. Упражнения гимнастики лица представлены на рисунках, или представлены на реальных видео, которые не демонстрируют мышцы, на которые идет нагрузка. Необходимо отметить, что понимание внутреннего распределения усилий на соответствующие мышцы при выполнении упражнений приводит к лучшему результату и помогает избежать ошибок.

В работе приведена общая схема 3D моделирования, текстурирования, рига, анимации и визуализации для создания базовой модели инструктора фейсбилдинга с применением таких программных пакетов как Autodesk Maya, Zbrush, Adobe Photoshop. Разработан способ 3D визуализации на анатомическом уровне определенных групп мышц лица и шейного отдела. В качестве базовых принимались упражнения спортивно-оздоровительного комплекса для лица, разработанные врачом-косметологом центра лазерных технологий. На основе разработанной модели, подхода визуализации, рекомендаций врача-косметолога созданы демонстрационные видео выполнения физических упражнений фейсбилдинга средствами Sony Vegas Pro с учетом аудио сопровождения. Начальные кадры демонстрируют выполнение упражнений модели с реалистичной текстурой. Следующие кадры показывают облет камеры и изменение материала модели, а именно: модель инструктора принимает белый матовый цвет, а нагруженные мышцы подсвечиваются красным цветом. Такое изменение материалов дает возможность более информативно представить выполнение упражнений. Полученные видеоролики могут использоваться в медицинской практике и косметологии для демонстрации упражнений мышц шейного отдела и лица.

Ключевые слова: моделирование, 3D модель, фейсбилдинг, визуализация (работы) мышц, анимация, демонстрационные видео, мышцы шейного отдела и лица.

D.V. VORONTSOVA, A.O. DASHKEVICH, T. V. HRYSHCHENKO
National technical university 'Kharkiv polytechnic institute'

APPROACH FOR VISUALIZATION OF FACE MUSCLES EXERCISES

Today, IT technologies not only allow to collect, process, store information, but also to demonstrate it in the interests of users. One of the way of information presentation is computer graphics. With the help of computer graphics, it is possible to visualize what cannot be seen in real life: to look, even to touch things that were previously presented only in illustrations.

Today there are a large number of programs, applications, Internet resources, digital atlases and videos, which present complex mechanisms, natural phenomena, human anatomy, exercise and more. From the point of view of digital visualization, the sphere of face building is not very developed sphere. Exercises are presented by pictures, or by real videos that do not show the muscle, which had been used. It should be noted that understanding the internal distribution of effort on the relevant muscles during exercise leads to better results and helps to avoid mistakes. This work is devoted to the development of a 3D demonstration method of facial muscles exercise with visualization at the anatomical level of certain muscle groups.

The paper also provides a general scheme of 3D modeling, texturing, rigging, animation and visualization to create a basic model of a facebuilding instructor using software packages such as Autodesk Maya, Zbrush, Adobe Photoshop. The basic exercises

were face building's exercises, which were developed by the cosmetologist. On the basis of the developed model, of the visualization approach, of doctor beautician recommendations demonstration videos of physical exercises of face building by means of Sony Vegas Pro taking into account audio support were created. It was decided that the initial shots would demonstrate the model execution of an exercises with a realistic texture. Next, the camera was flown over the model and the material of the model was changed, namely the girl's model was take on a matte white color, and some muscles were highlighted in red. This change of materials allowed for a clearer presentation of the exercises. The resulting videos can be used in medical practice and cosmetology to demonstrate the exercises of the neck and face muscles.

Keywords: 3D model, face building, muscle visualization, animation, demonstration video, visualization, neck and face muscles

Постановка проблеми

Сьогоднішній світ перейшов на новий етап життя, де головну роль виконують ІТ-технології. Інформаційні технології надають змогу збирати, опрацювати, демонструвати, зберігати і розповсюджувати інформацію в інтересах її користувачів. Способи подання інформації з розвитком ІТ - технологій значно виросли не тільки в кількості, але також і в якості. За допомогою комп'ютерної графіки з'явилась можливість унаочнити те, що не можливо побачити у реальному житті: зазирнути, роздивитись, навіть торкнутись речей, які раніше були тільки представлені на ілюстраціях.

На сьогодні існує велика кількість програм, додатків, Інтернет ресурсів, цифрових атласів, відео що презентують пристрої складних механізмів, явища природи, анатомію людини, виконання фізичних вправ та інш. Не дуже розвиненою сферою, з точки зору цифрового унаочнення, виявилась сфера фейсбїлдингу. Вправи презентовані на малюнках, або представлені на реальних відео, що не демонструють м'язи, на які йде навантаження. Необхідно відмітити, що розуміння внутрішнього розподілу зусиль на відповідні м'язи при виконанні фізичних вправ приводить до кращого результату та допомагає уникнути помилок.

Дана робота присвячена розробці способу 3D демонстрації виконання фізичних вправ м'язів обличчя з унаочненням на анатомічному рівні певних груп мускул.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сьогодні застосування комп'ютерної графіки в навчальних системах не тільки збільшує швидкість сприйняття інформації учнями і підвищує рівень її розуміння, але і сприяє розвитку таких важливих для фахівця будь-якої галузі якостей, як інтуїція, образне і логічне мислення [1]. Наприклад в курсі анатомії на медичному факультеті створюються повні перенесення в тривимірний простір [2, 3].

Взагалі, анатомія - галузь біологічної науки в медичній освіті, яку досить важко пізнати особливо якщо це робиться лише при читанні книг. Технологічні розробки, особливо додатки, що ґрунтуються на 3 вимірах, допомагають процесу навчання цього предмета науки. В роботі [4] запропоновано використовувати віртуальну реальність (VR). Завдяки VR користувачі відчули досвід занурення під час вивчення анатомії, який вони не можуть отримати через навчання, лише читаючи книги.

В роботах [5, 6] приводиться аналіз тривимірних візуалізацій, які використовуються для вивчення анатомії, та оцінюють, чи покращують вони медичні розуміння учнями анатомії порівняно з традиційними методами навчання. З 1148 статей, студенти-медики вважають, що краще використовувати тривимірну візуалізацію для вивчення анатомії.

Також в медицині використовують комп'ютерну графіку для наукових досліджень, наприклад, таких як, імітація фіброзного середовища, що характеризує м'язову дистрофію [7].

Автори роботи [8] пропонують основу для ознайомлення нового способу вивчення анатомічної кінетики опорно-рухового апарату за допомогою інтерактивної взаємодії та візуалізації руху, що можна використовувати для полегшення вивчення анатомії медицини та спорту студентам, а також для широкої громадськості спільноти зрозуміти анатомію людини в дії.

Наочна демонстрація актуальна не тільки в освітньому процесі. Наочне зображення, наприклад, м'язів при демонстрації виконання фізичних вправ, є ефективним та дійним методом під час спортивних тренувань або дистанційних занять. Велика кількість існує ілюстрацій, відео роликів, комп'ютерних додатків, які пояснюють як виконувати вправу та які м'язи приймають участь під час її виконання. Навіть існують додатки для допомоги у спортивних тренуваннях [9]. В мобільних додатках віртуальний спортсмен точно відтворює рух реальних гімнастичних спортсменів, далі здійснюється аналіз рухів та надаються поради для підвищення технічного рівня спортсмена.

У спортивних мобільних додатках представлені вправи для різних частин тіла, але, як виявилось, гімнастиці м'язів обличчя приділено мало уваги. Фейсбїлдінг дозволяє зміцнити м'язи, вирівняти шкіру і зробити її більш пружною, а також забезпечити кращий контроль над мімікою [10]. Перша письмова згадка про аеробіку обличчя зустрічається в 1710 році в брошурі з порадами по догляду за собою авторства Джинн Совалов. Аеробіка для обличчя продовжила розвиватися на початку 1900-х років, коли Беннетт Сенфорд опублікував свою легендарну книгу «*Exercising in Bed*» [11]. Також велика кількість прийомів, відомих сьогодні, були розроблені в кінці 50-х років і популяризувались в 60-х автором книги про фейсліфтінг Сента Марією Рунге [12].

В роботі [13] проводяться дослідження ефективності фейсбїлдингу. 50 жінок (середній вік, $40,0 \pm 10,0$ років; діапазон, 30-63 роки) приймали участь у експерименті та надали дані для аналізу. Дослідження виконувались за допомогою тривимірних 3D анатомічних моделей та впливу на них вправ м'язів обличчя. Отримані результати продемонстрували сприятливий вплив фізичних вправ для обличчя на омолодження та стан шкіри обличчя.

Аналіз сучасного мультимедійного матеріалу для вправ фейсбїлдингу виявив, що існує велика кількість ілюстрацій, відео записів людей, які демонструють вправи. Але зазначені види презентацій мають недоліки: не чіткі інструкції, які приводять до не коректного виконання вправ, що в свою чергу може привести не до прогресу, а до регресу; відсутність унаочнення м'язів, які підлягають навантаженню, що приводить до неусвідомленого виконання вправ.

Отже, фейсбїлдинг лише починає набувати популярність в нашій країні і відповідні демонстраційні матеріали існують поки ще на низькому рівні. Тому можна зробити висновок, що створення демонстраційних відео аеробіки для обличчя з поясненням та унаочненням відповідних м'язів є актуальною задачею.

Мета дослідження

В даній роботі необхідно здійснити геометричне моделювання виконання вправ фейсбїлдингу з урахуванням 3D унаочнення на анатомічному рівні певних груп м'язів обличчя. На основі отриманих 3D анімацій створити ряд демонстраційних відео з урахуванням аудіо супроводження.

Викладення основного матеріалу дослідження

За базові вправи приймалися вправи спортивно-оздоровчого комплексу для обличчя розроблених лікарем-косметологом Наталею Григор'євою центра лазерних технологій «ЛОРЕДАН ПЛЮС». Щоб коректно відтворити усі вправи здійснювалась зйомка лікаря косметолога (рис. 1), в процесі якої детально були обговорені та виконані вправи для м'язів обличчя та шийного відділу. Були розглянуті вправи для розігріву м'язів шийного відділу та ряд вправ направлених на розтягнення м'язи під назвою платизма (рис.2). Необхідно було, щоб відео мало інформацію про коректне виконання вправ з ракурсами з різних кутів спостереження, наочно показувало м'язи, які навантажуються та розтягуються, а також супроводжувалось відповідними аудіо інструкціями.

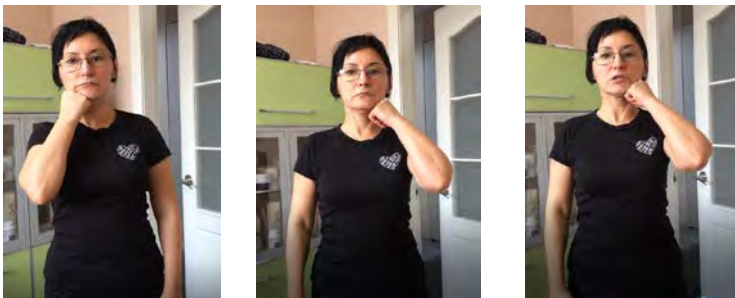


Рис. 1. Кадри з відео зйомки спортивно-оздоровчого комплексу лікаря косметолога.

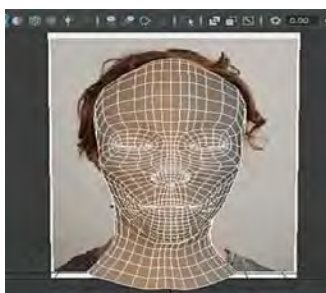


Рис. 2. М'язя платизма виділена червоним кольором.

Щоб здійснити поставлену задачу прийшли до висновку, що на основі аналізу вже існуючих методів і підходів розробки демонстраційних відео необхідно:

- створити 3D модель та навколишнє середовище;
- налаштувати анімацію;
- створити відображення м'язів під час виконання вправ;
- виконати зйомку камер з відповідних кутів спостереження;
- здійснити монтаж відео з урахуванням аудіо ряду.

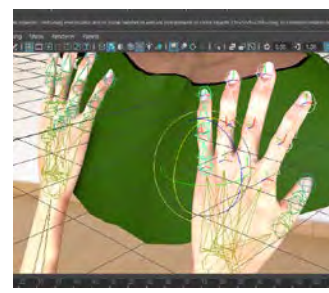
Для створення 3D моделі та навколишнього середовища застосовували програмне забезпечення Autodesk Maya. Ця програма володіє широкою функціональністю 3D-моделювання, анімації та візуалізації.



а



б



в

Рис. 3. Моделювання 3D моделі.

В даній роботі було використано полігональне моделювання та NURBS моделювання. Також було застосовано техніку 3d-скульптинга за допомогою програми ZBrush. Моделювання персонажу було розпочато зі створення геометрії обличчя. За основу було обрано площину (рис.3, а). Спрощену модель голови було експортовано до програми ZBrush для скульптинга дрібних деталей. Вирішено було обрати таку зачіску

яка не буде приховувати шию (рис. 3, б). Останнім етапом моделювання у програмному комплексі Autodesk Maya було створення геометрії рук. (рис. 3, в).

На рисунку 4 представлено розміщення основних кістей (джоїнтів) геометрії тіла та голови для подальшої анімації. Було зафіксовано точки плечей, щоб вони не піддавались впливу інших джоїнтів. Керуючим джоїнтом в процесі рігу був джоїнт, що розміщений у верхній частині шиї, в місці де починається голова. Також були створені інші фіксуючі точки у геометрії голови для того щоб уникнути деформування інших поверхонь під час анімації.

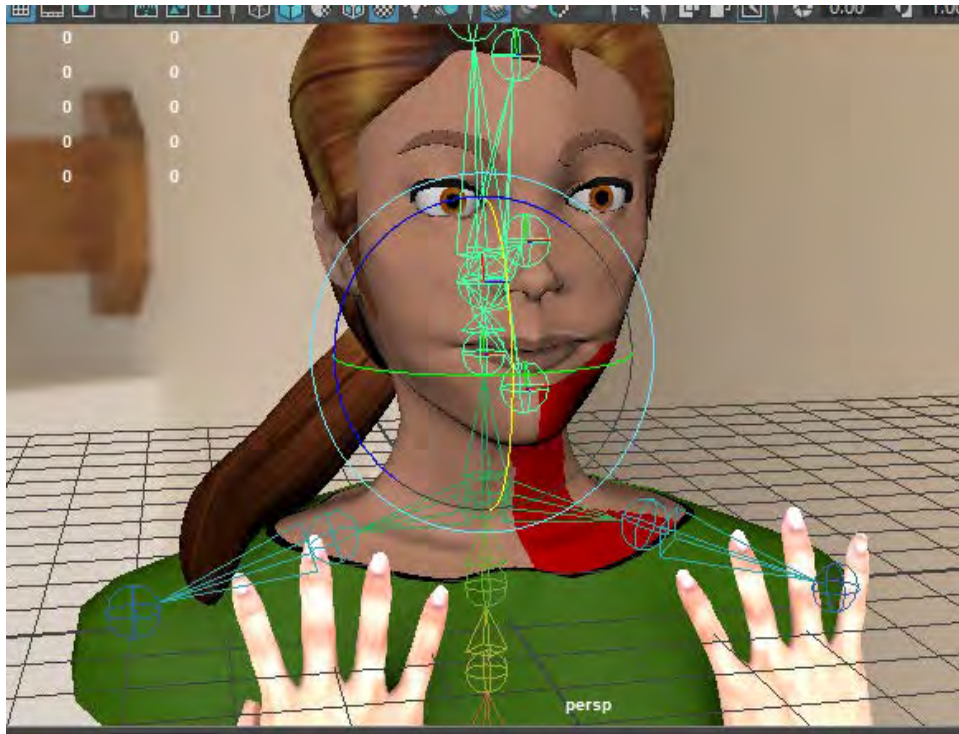


Рис. 4. Ріг моделі.

Далі було розглянуто питання вибору способу унаочнення м'язів обличчя з урахуванням аналізу вже існуючих методів демонстрації анатомії людини. Необхідність розробки новітнього способу обумовлена особливостями майбутнього відео. У зв'язку з тим, що майбутні демонстраційні відео фейсбїлдіну не планується використовувати у навчальному процесі в сфері медицини, вирішили спростити геометричне моделювання м'язів. Було вирішено демонструвати не всі м'язи обличчя та шийного відділу, а тільки окремі, на які йде найбільше навантаження під час виконання вправ. Першим варіантом відображення м'язів було налаштування видимості накладних поверхонь, що симулювали розташування та розмір м'язів (рис. 5). Цей варіант виглядав не реалістично. Наступним варіантом унаочнення була зміна кольору шкіри моделі в області, що відповідає розташуванню та розмірам задіяної м'язи (рис. 6). М'язи на цьому варіанті виглядали мало помітними. Наступний спосіб унаочнення включав в себе комбінацію перших двох варіантів, а саме моделі було призначено базовий матовий однотонний матеріал, а ділянку м'язи позначили червоним кольором (рис. 7). Третій варіант був визначений найбільш інформативним і на базі нього виконувались наступні демонстраційні відео.

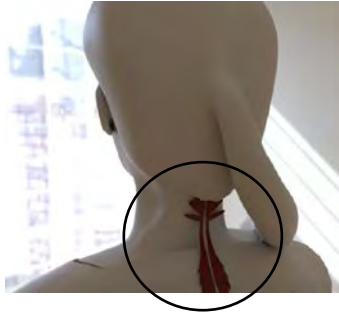


Рис. 5. Перший варіант унаочнення м'язів.

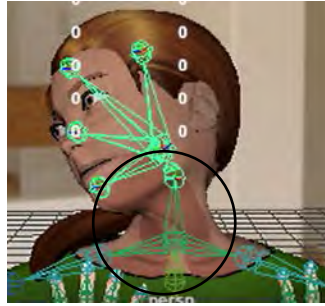


Рис. 6. Другий варіант унаочнення м'язів.

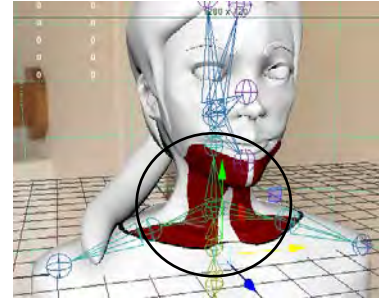


Рис. 7. Третій варіант унаочнення м'язів.

Розглянемо створення демонстраційних відео на основі отриманих анімацій 3D моделі. Було вирішено, що початкові кадри демонструватимуть виконання вправ моделі з реалістичною текстурою. У наступних кадрах було здійснено обліт камери й зміна матеріалу на моделі, а саме модель інструктора приймала білий матовий колір, а м'яза, що навантажена, підсвічувалась червоним кольором. Така зміна матеріалів надала змогу більш інформативно представити виконання вправ. Монтаж відео здійснювався засобами програми Sony Vegas Pro. Приклад деяких кадрів з відео ролику приведено на рисунках 8, 9.

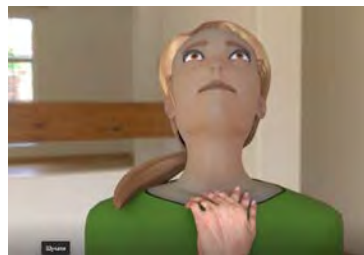
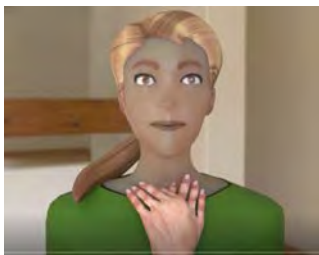


Рис.8. Кадри з відео ролику вправ для розтягнення м'язи платизма.

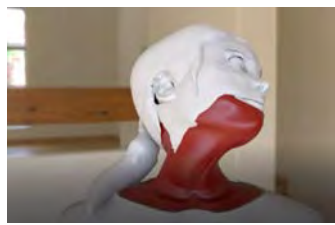
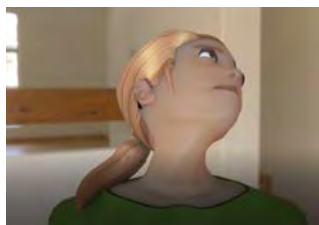


Рис. 9. Кадри з відео ролику вправ для м'язів шийного відділу.

Висновки

В роботі проаналізовано сучасні види 3D унаочнення м'язів людини. На основі отриманих знань було розроблено підхід до візуалізації вправ для м'язів шийного відділу та обличчя. В ході роботи було створено 3D модель та анімацію інструктора фейсбілдингу, на базі цього було застосовано розроблений спосіб унаочнення м'язів обличчя та отримано ряд демонстраційних відео з урахуванням аудіо супроводження.

Практична направленість результатів полягає в провадженні отриманих результатів у медичну практику центра лазерних технологій «ЛОРЕДАН ПЛЮС». Розроблені демонстраційні відео можуть бути використані в медичній практиці або косметології.

Список використаної літератури

1. Соловов А. В. Когнитивная компьютерная графика в инженерной подготовке. *Высшее образование в России*. 1998. №2. С. 90–96.
2. Said C. S., Khairulanuar S., Ramlah M., Rasyidi J., Firdaus S. The Application of 3D Visualization Tool in Anatomy Education. Proceedings of the *International Conference on University Teaching and Learning* (Malaysia, Shah Alam, December 02, 2014). DOI: 10.13140/RG.2.1.4403.3445.
3. Brazina D., Fojtik R., Rombova Z. 3D Visualization in Teaching Anatomy. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2014. Vol. 143. P. 367–371. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.07.496
4. Fahmi F., Nainggolan F., Siregar B. 3D Anatomy Learning System Using Virtual Reality and VR Controller. Proceedings of the *3rd International Conference on Computing and Applied Informatics* (Indonesia, Medan, September 18-19, 2018). DOI: 10.1088/1742-6596/1235/1/012043.
5. Boshkovikj V., Fluke C. J., Crawford R. J., Ivanova E. P. Three-Dimensional Visualization of Nanostructured Surfaces and Bacterial Attachment Using Autodesk® Maya®. *Scientific Reports*. 2015. Vol. 4. Issue 4228. <https://doi.org/10.1038/srep04228>
6. Azer S. A., Azer S. 3D Anatomy Models and Impact on Learning: A Review of the Quality of the Literature. *Health Professions Education*. 2016. Issue 2. P. 80–98. DOI: 10.1016/j.hpe.2016.05.002
7. Bersini S., Gilardi M., Ugolini G. S., Sansoni V., Talò G., Perego S., Zanotti S., Ostano P., Mora M., Soncini M., Vanoni M., Lombardi G., Moretti M. Engineering an Environment for the Study of Fibrosis: A 3D Human Muscle Model with Endothelium Specificity and Endomysium. *Cell Reports*. 2018. Issue 25. DOI: 10.1016/j.celrep.2018.11.092.
8. Bauer A., Palet F., Cahouet V., Dicko A.H., Palombi O., Faure F. et al. Interactive Visualization of Muscle Activity During Limb Movements: Towards Enhanced Anatomy Learning. Proceedings of the *4th Eurographics Workshop on Visual Computing for Biology and Medicine*. (Switzerland, Aire-la-Ville, Switzerland, September 7, 2017), pp. 191–198.
9. Yang J. The Application Research of 3D Simulation Modeling Technology in the Sports Teaching. Proceedings of the *4th National Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering* (China, Xi'an, December 12-13, 2015). DOI: 10.2991/nceese-15.2016.304.
10. Агаєва С. Фейсблдинг: ліпимо обличчя. *ELLE*. 2013. № 6.
11. Reinhold Benz. Five-minute Face-lift: A Daily Program for a Beautiful, Wrinkle-Free Face. 2008. 64p. URL: <https://www.amazon.com/Five-Minute-Face-lift-Program-Beautiful-Wrinkle-Free/dp/1402753721>.
12. Кундерт-Гиббс Джон, Ларкинс Майк, Деракшани Дариус, Кунзендорф Эрик. Освоение Maya 8.5 Mastering Maya 8.5. М.: Диалектика, 2007. 928 с.
13. Hwang U., Kwon O., Jung S., Ahn S., Gwak G. Effect of a Facial Muscle Exercise Device on Facial Rejuvenation. *Aesthetic Surgery Journal*. 2018. № 38. С. 463–476. DOI: 10.1093/asj/sjx238.

References

1. Solovov, A. V. (1998). Cognitive computer graphics are in engineering preparation. *Higher education in Russia*. **2**, 90–96.
2. Said, C. S., Khairulanuar, S., Ramlah, M., Rasyidi, J., & Firdaus, S. (2014). The Application of 3D Visualization Tool in Anatomy Education. Proceedings of the *International Conference on University Teaching and Learning* (Malaysia, Shah Alam, December 02, 2014). DOI: 10.13140/RG.2.1.4403.3445.
3. Brazina, D., Fojtik, R., Rombova, Z. (2014). 3D Visualization in Teaching Anatomy. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. **143**, 367–371. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.07.496.
4. Fahmi, F., Nainggolan, F., & Siregar, B. (2018). 3D Anatomy Learning System Using Virtual Reality and VR Controller. Proceedings of the *3rd International Conference on Computing and Applied Informatics* (Indonesia, Medan, September 18-19, 2018). DOI: 10.1088/1742-6596/1235/1/012043.
5. Boshkovikj, V., Fluke, C. J., Crawford, R. J., & Ivanova, E. P. (2015). Three-Dimensional Visualization of Nanostructured Surfaces and Bacterial Attachment Using Autodesk® Maya®. *Scientific Reports*. **4**, 4228. <https://doi.org/10.1038/srep04228>.
6. Azer, S. A., & Azer, S. (2016). 3D Anatomy Models and Impact on Learning: A Review of the Quality of the Literature. *Health Professions Education*. **2**, 80–98. DOI: 10.1016/j.hpe.2016.05.002
7. Bersini, S., Gilardi, M., Ugolini, G. S., Sansoni, V., Talò, G., Perego, S., Zanotti, S., Ostano, P., Mora, M., Soncini, M., Vanoni, M., Lombardi, G., & Moretti, M. (2018). Engineering an Environment for the Study of Fibrosis: A 3D Human Muscle Model with Endothelium Specificity and Endomysium. *Cell Reports*. **25**. DOI: 10.1016/j.celrep.2018.11.092.
8. Bauer, A., Paquet, F., Cahouet, V., Dicko, A.H., Palombi, O., Faure, F., et al. (2017). Interactive Visualization of Muscle Activity During Limb Movements: Towards Enhanced Anatomy Learning. Proceedings of the *4th Eurographics Workshop on Visual Computing for Biology and Medicine*. (Switzerland, Aire-la-Ville, Switzerland, September 7, 2017), pp. 191–198.
9. Yang, J. (2015). The Application Research of 3D Simulation Modeling Technology in the Sports Teaching. Proceedings of the *4th National Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering* (China, Xi'an, December 12-13, 2015). DOI: 10.2991/nceece-15.2016.304.
10. Agaieva Sabina. (2013). Facebook building: hypocritically revealing. *ELLE*. **6**.
11. Reinhold Benz. (2008). Five-minute Face-lift: A Daily Program for a Beautiful, Wrinkle-Free Face. URL: <https://www.amazon.com/Five-Minute-Face-lift-Program-Beautiful-Wrinkle-Free/dp/1402753721>.
12. Kundert-Gibbs Dzhon, Larkins Mayk, Derakshani Darius, Kunzendorf Erik. (2007). *Osvoenie Maya 8.5 Mastering Maya 8.5. M.: Dialektika*.
13. Hwang, U., Kwon, O., Jung, S., Ahn, S., & Gwak, G. (2018). Effect of a Facial Muscle Exercise Device on Facial Rejuvenation. *Aesthetic Surgery Journal*. **38**, 463–476. DOI: 10.1093/asj/sjx238.

Воронцова Дар'я Володимирівна – к.т.н., доцент кафедри геометричного моделювання та комп'ютерної графіки Харківського національного університету «Харківський політехнічний інститут», e-mail: dvorontso@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7868-0067.

Дашкевич Андрій Олександрович – к.т.н., доцент кафедри геометричного моделювання та комп’ютерної графіки Харківського національного університету «Харківський політехнічний інститут», e-mail: dashkewich.a@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9963-09.

Грищенко Тетяна Віталіївна – студентка кафедри геометричного моделювання та комп’ютерної графіки Харківського національного університету «Харківський політехнічний інститут», e-mail: tatyanaadoluda@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1360-4116.