

6. Об организации совместной работы с листовыми деталями в системе Windchill во взаимодействии с Creo Parametric и регламент по организации совместной работы НТЦК и УГТ по листовым деталям : Распоряжение от 14.11.2018. – № 295.
7. Режим доступа: <https://pavel-samuta.livejournal.com>.
8. 3D-модель как основной источник данных при организации совместной работы при проектировании, технологической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации / И. А. Кольцова [и др.].

ОСОБЕННОСТИ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АНАТОМИЧЕСКИХ СТРУКТУР ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ В ОРТОПЕДИИ И НЕЙРОХИРУРГИИ

Е. В. Ковалев

Учреждение «Гомельская областная клиническая больница»

Д. А. Довгало, А. В. Ковалевич, С. В. Стельмашонок

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научные руководители: С. И. Кириленко, И. Н. Степанкин

Использование современных информационных технологий в сферах деятельности человека является неотъемлемой частью прогрессивного развития сегодняшней техносферы. Конструкторское сопровождение медицинских технологий – залог успешного внедрения 3D-моделирования в хирургическое лечение пациентов, в области ортопедии и нейрохирургии.

Применение компьютерной графики и последующей процедуры 3D-прототипирования костных структур позволяет существенно детализировать объекты планируемого оперативного вмешательства и на стадии предоперационной подготовки тщательно проработать стратегию хирургических манипуляций, и при необходимости подготовить имплантируемые элементы.

Предоперационное планирование заключается в том, что перед каждым хирургическим вмешательством операционная бригада планирует ход операции и готовится к возможным осложнениям, которые могут возникнуть в ходе нее. В этом им помогают напечатанные 3D-модели. Трехмерные модели позволяют выполнить симуляционный тренинг, подобрать размер имплантата и различных удерживающих устройств.

Печать трехмерных моделей является достаточно тривиальной задачей, которая технически реализуется термоэкструзионными принтерами на основе соответствующих компьютерных файлов. Основной задачей при получении модели ортопедического объекта является точное воспроизведение костных и других анатомических структур на основании преобразования файлов DICOM, полученных в процессе компьютерной томографии (КТ) [1].

В статье приведены примеры быстрой конверсии КТ-сканов в готовые модели для трехмерной печати. Для преобразования использована программа «3D Slicer», которая находится в свободном доступе для всех пользователей [слисер]. Программа графического редактора «Meshmixer» обеспечивает оптимизацию модели за счет уменьшения полигонов и «скульптинга», т. е. удаление неровностей, сглаживание поверхностей [миксер].

Начальным этапом моделирования является перемещение Dicom файлов пациента в программу «3D Slicer». Уже на данном этапе сформируется 3D-модель и с помощью настроек улучшается ее качество за счет удаления артефактов. Как видно из рис. 1, *а*, фрагмент ортопедического объекта импортируется в том объеме, который представляет собой набор цифровых образов, конвертированных в соответствующие виртуальные объекты.

Процесс получения трехмерной модели осуществляется при участии нейрохирурга. Формируется модель заданного участка позвоночника с максимальной степенью детализации (рис. 1, *б*). Особенностью построения реальной модели является необходимость мануального построения межпозвоночных дисков, которые в процессе компьютерной томографии дают недостаточно контрастные отклики на цифровых файлах КТ.

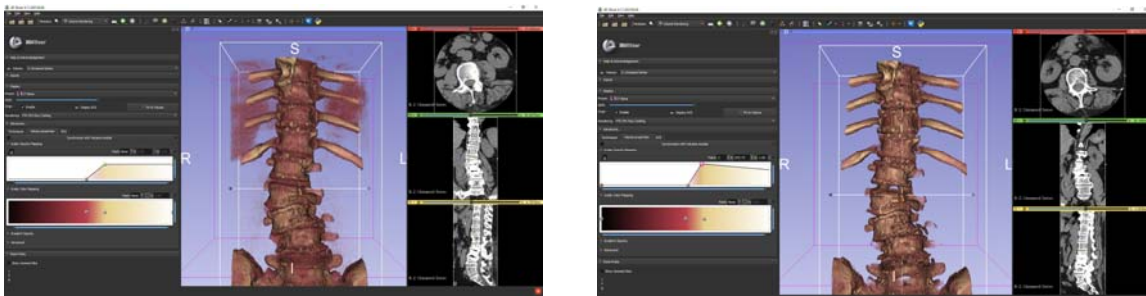
*а)**б)*

Рис. 1. Общий вид интерфейса пакета «3D-slicer»:
а – до удаления артефактов; *б* – после удаления артефактов

Окончательная оптимизация рассматриваемого примера заключается в вычлениении заданного объема модели позвоночника, который представляет собой объект оперативного вмешательства (рис. 2).

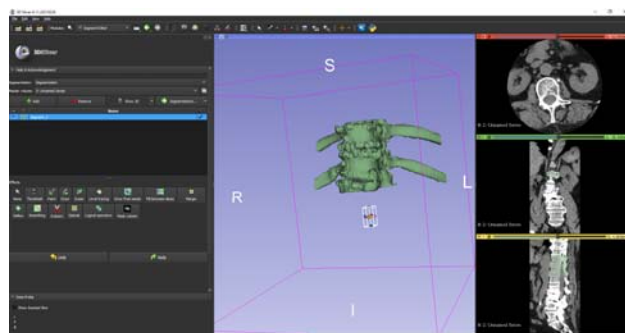
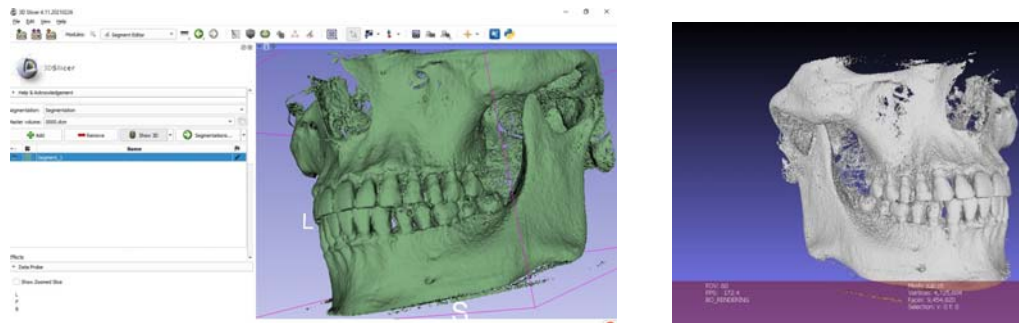


Рис. 2. Пример фрагментации модели позвоночника
для детализации оперативного вмешательства

Второй пример практического применения 3D-моделирования посвящен разработке трехмерного объекта челюсти человека. Особенностью данной модели является развитая геометрия внешней поверхности объекта, состоящего из двух сложно-профильных частей (рис. 3).



а)

б)

Рис. 3. Общий вид модели «Челюсти»:
а – до удаления артефактов, б – после удаления артефактов (9,5 млн полигонов)

Как видно из рис. 3, процесс построения модели заключается не только в трансляции исходных цифровых файлов в формат *.STL, но и мануальный процессинг разработчика в направлении заполнения некорректно отсканированных областей, например, мелких полостей в костной ткани. Еще одним важным этапом формирования окончательного вида модели является оптимизация количества полигонов – дискретных элементов, из которых предпроцессор программы строит виртуальную 3D-модель. Их большое количество затрудняет компьютерную обработку на всех этапах работы – от построения модели до трехмерной печати. В такой ситуации по признакам визуального соответствия проведена дополнительная оптимизация модели, которая за счет уменьшения количества полигонов позволяет существенно повысить производительность всех описанных процессов. Главной задачей финишной оптимизации является сохранение соответствия между готовой моделью и ее биологическим прототипом (рис. 4).

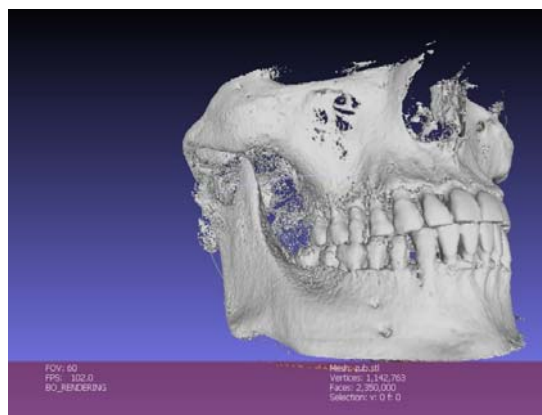


Рис. 4. Вид модели «Челюсти» после оптимизации количества полигонов (2,35 млн полигонов)

Литература

1. Денисов, О. Е. Информационная система для изучения анатомии человека / О. Е. Денисов, И. А. Левашов, А. В. Кузьмин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2014. – № 2 (10). – С. 153–157.