

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Дунайський університет Кремс  
Донбаська державна машинобудівна академія  
Західночеський університет  
Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України  
Люблінський технічний університет  
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Національний Центр зі співробітництва з ЄС у сфері науки та технологій  
Політехнічний університет Мадриду  
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України  
Яський технічний університет



**Збірник тез доповідей  
I -ї Міжнародної науково-технічної конференції  
“Перспективи розвитку машинобудування  
та транспорту – 2019”**

13-15 травня 2019 р.

**Abstracts of papers presented at  
I-th International scientific and technical  
conference “Prospects for the development of  
mechanical engineering and transport – 2019”**

13-15 may 2019

Вінниця – 2019 – Vinnytsia

# ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ БЫСТРОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОБУЧАЮЩИХ МОДЕЛЕЙ ВО ФТИЗИАТРИИ

THE CAPABILITIES OF MODERN RAPID PROTOTYPING TOOLS FOR DEVELOPING TRAINING MODELS IN PHTHISIOLOGY

Цзяо Ханькунь<sup>1</sup>, Тымкович М.Ю.<sup>1</sup>, Аврунин О.Г.<sup>1</sup>, Мороз И.И.<sup>1</sup>, Шевченко О.С.<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Харьковский национальный университет радиоэлектроники

<sup>2</sup>Харьковский национальный медицинский университет

*The possibilities of modern rapid prototyping for the development of teaching models in phthisiology are considered. The aim of the work was to develop full-scale models of human lung using rapid prototyping tools. The possibilities of using these models for diagnostics and training are being studied.*

Широкое внедрение технологий быстрого прототипирования переводит прогресс развития медицины на качественно новый уровень. Технологии 3D моделирования позволяют также проводить исследования архитектоники анатомических областей на натуральных моделях и предоперационное планирование оперативных вмешательств на персонализированных фантомах [1, 2]. Разработка 3D моделей и создание различных органов из биосовместимых материалов, а в ближайшей перспективе, и живых тканей расширяет возможности трансплантологии [3]. Такие системы широко применяются, например, в оториноларингологии для натурального моделирования верхних дыхательных путей [4, 5] и позволяют проводить исследования на реальных аэродинамических моделях [6]. Поэтому, при подготовке специалистов по биомедицинской инженерии целесообразным является широкое внедрение 3D печати в учебный процесс для ознакомления студентов с современными возможностями средств быстрого прототипирования, программами трехмерного моделирования, принципами 3D печати и 3D сканирования [7]. В связи с распространенностью заболеваний органов дыхания во фтизиатрии существует задача подготовки специалистов, которые могут по интраскопическим изображениям определять наличие определенных патологий [3, 7]. В этом существенную помощь может оказывать фантомное моделирование по реальным томографическим изображениям легких пациентов, позволяющее получать натурные модели не только в норме, но и с учетом индивидуальной вариабельности и наличия конкретной патологии.

Целью работы являлась разработка натуральных моделей легких человека с помощью средств быстрого прототипирования.

Исходными данными являлись спирально-компьютерно томографические срезы области легких, представленные в формате DICOM, что позволяло сопоставить внутренним органам реальные физические размеры. Данные загружались в специализированное программное обеспечение Slicer3D, которое позволяет производить различные операции над трехмерными медицинскими данными, в частности над томографическим исследованием. С помощью модуля сегментации изображения была произведена посрезовая сегментация области легких. Затем, при помощи метода выделения границ были оставлены только участки перехода от низкой плотности к высокой. Следует учесть, что толщина образуемой поверхности перехода выбиралась исходя из предположения, что объем модели будет уменьшен в 5 раз.

При построении слишком тонкой области перехода существует вероятность невозможности её трехмерной печати. В результате сегментации была получена трехмерная модель легких в формате STL и проведена ее сегментация для устранения артефактов визуализации. С использованием программного обеспечения FreeCAD был смоделирован кронштейн в реальных физических размерах, который в последующем был объединен в одну модель с легкими. Далее, полученная модель была загружена в специализированное программное обеспечение MeshMixer, которое позволяет производить различные манипуляции

над трехмерными моделями перед печатью. С его использованием модель была разделена в горизонтальной плоскости на пять частей (см. рисунок 1, а), которые представляют наибольший интерес. После этого каждая часть была преобразована в G-code с помощью слайсера Cura, и напечатана (см. рис. 1, б). пластиком типа PLA на трехмерном принтере Wanhao Duplicator i3. Затем напечатанные части были объединены вместе с использованием направляющей, поворотом которой управляет микроконтроллер.



Рисунок 1. Иллюстрация прототипирования одиночного среза натурной модели легких: а) компьютерная модель; б) напечатанная натурная модель

Разработка подобной модели легких человека позволила освоить технологию воссоздания анатомических структур по персонализированным данным спиральной компьютерной томографии с учетом индивидуальной вариабельности, что может быть полезным при определении объемов патологически измененных областей и планирования метода лечения. Данные подходы также позволяют существенно усовершенствовать технологии обучения специалистов медицинской и биоинженерной направленности. Перспективой работы является создание комплекта натуральных моделей легких с типичными патологиями и аномалиями развития, которые могут служить для обучения диагностики заболеваний органов дыхания.

### Литература

1. The surgical navigation system with optical position determination technology and sources of errors // O.G. Avrunin, M. Alkhorayef, H.F.I. Saied, M.Y. Tymkovych // *Journal of Medical Imaging and Health Informatics*. – 2015. – Vol. 5. – P. 689–696.
2. Опыт проведения стереотаксических расчетов с использованием интраоперационной компьютерной томографии / В.И. Сипитый, В.А. Пятикоп, И.А. Кутовой, О.Г. Аврунин // *Український нейрохірургічний журнал*. – 2006. – № 3. – С. 58-62.
3. Аврунін О.Г., Безшапочний С.Б., Бодяньський Є.В., Семенець В.В., Філатов В.О. Інтелектуальні технології моделювання хірургічних втручань. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 224 с.
4. Farouk, H., Khaleel, A., Avrunin, O. An attempt of the Determination of. Aerodynamic Characteristics of Nasal Airways. *Advances in Intelligent and Soft. Computing: Image Processing and Communications. Challenges 3*, Springer, 2011, 102, 311-322.
5. K. Al\_Omari, H.F. Ismail Saied, O.G. Avrunin, Analysis of Changes of the Hydraulic Diameter and Determination of the Air Flow Modes in the Nasal Cavity // *Image Processing & Communications, challenges3, AISC 102*. Springer - Verlag Berlin Heidelberg.-2011: P. 303-310.
6. Ismail, H. F., Osman, E., AL-Omari, A. K., Avrunin, O. G. The Role of Paranasal Sinuses in the Aerodynamics of the Nasal Cavities. *International Journal of Life Science and Medical Research*, 2012, 2, 3, 52-55, doi:10.5963/LSMR0203004
7. Аврунин О.Г., Аверьянова Л.А. Бых А.И. Головенко В.М., Скляр О.И. Методика создания виртуальных средств имитации работы рентгеновского компьютерного томографа // *Техническая электродинамика. Тем. Вып.* – Киев, 2007. – Т. 5, С.105-110.